FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Tests 2010

Kollektoren

Speicher

Solaranlagen

Solarregler

Veröffentlichungen

Mai 2011

TZS • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart • Tel. (0711) 685-63536 • Fax (0711) 685-63503

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Tests 2010 wird vom „*Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen*“ *(TZS)* am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart herausgegeben. Dieses Nachschlagewerk soll Firmen, Planern, Beratern und Handwerksbetrieben als Quelle für technische Informationen zu thermischen Solaranlagen und deren Komponenten dienen.

In der vorliegenden Ausgabe sind 49 Kollektor-Prüfberichte des Jahres 2010 enthalten, zu deren Veröffentlichung das Einverständnis der Auftraggeber vorliegt.
Zusätzlich wurden je 1 Prüfbericht für Speicher, 2 Prüfberichte für vorgefertigte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und 1 Muster-Prüfbericht für Solarregler, sowie ausgewählte Veröffentlichungen des TZS mit aufgenommen.

Das Solar Keymark ist ein europäisches Zertifizierungszeichen für Sonnenkollektoren und vorgefertigte Solaranlagen. Die mit diesem Symbol versehenen Produkte haben im Jahr 2010 das „Solar Keymark“ erhalten.

Das SRCC Label ist ein US-amerikanisches Zertifizierungszeichen für Sonnenkollektoren. Die mit diesem Symbol versehenen Produkte haben im Jahr 2010 das „SRCC Label“ erhalten.

Ansprechpartner:
Dr.-Ing. H. Drück
Tel. +49(0)711/685-63553
drueck@itw.uni-stuttgart.de

Dipl.-Ing. S. Fischer
Tel. +49(0)711/685-63231
fischer@itw.uni-stuttgart.de

Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen Stuttgart

Sonnenkollektoren

Auftraggeber Hersteller	Typ	Prüfbericht
Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd. Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd.	Sp125-1.8/58-10	09COL839
Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd. Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd.	Sp125-1.8/58-30	09COL840
Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd. Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd.	Sp125-1.8/58-30	09COL840Q
Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd. Changzhou natural Energy Equipment Co. Ltd.	Sp125-1.8-30	09COL840S
Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd	SKI-CA-58/1800-12	09COL841
Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd	SKI-CA-58/1800-30	09COL842
Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd	SKI-CA-58/1800-30	09COL842Q
Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd	SKI-CA-58/1800-30	09COL842S
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + ARGO 25	10COL911
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + ARGO 25	10COL911Q
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + ARGO 25	10COL911S
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + EVO 15	10COL933
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + EVO 25	10COL934
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + EVO 25	10COL934Q
DIMAS SA Solar Energy Systems DIMAS SA Solar Energy Systems	ENERGY + EVO 25	10COL934S
FK Solartechnik GmbH FK Solartechnik GmbH	FK Basic XL	10COL938
Grand Solar Co. Ltd. Grand Solar Co. Ltd.	GSOL-P20	09COL817S
Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd	FPC2220	09COL822/1
Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd	SMG100-8	09COL823/1
Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd	SMG70-10	10COL921
Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd	SMG70-20	10COL922
Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd	SMG70-20	10COL922Q
Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58	10COL942
Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58	10COL943
Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58	10COL943Q

	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58	10COL944
	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58	10COL945
	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Kloben Sud s.r.l. – KT Solar	PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58	10COL945Q
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB104715	10COL892
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB304715	10COL893
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB304715	10COL893Q
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB104715-AL	10COL894
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB304715-AL	10COL895
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB304715-AL	10COL895Q
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB105818	10COL896
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB305818	10COL897
	Navitron Ltd. Navitron Ltd.	Navitron SFB305818	10COL897Q
	Schüco International KG Schüco International KG	CTE 220 CH2	09COL872S
	Schüco International KG Schüco International KG	CTE 215 CH	09COL873S/1
	Schüco International KG Schüco International KG	CTE 319 CH AR	10COL867
	Schüco International KG Schüco International KG	CTE 319 CH	10COL868/1
	Schüco International KG Schüco International KG	CTE 215 CH	10COL870/1
	Spring Solar Ltd. Spring Solar Ltd.	SK8-CPC	09COL843
	Spring Solar Ltd. Spring Solar Ltd.	SK12-CPC	09COL844
	Spring Solar Ltd. Spring Solar Ltd.	SK12-CPC	09COL844Q
	1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD 1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD	SF-B155818	09COL814
	1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD 1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD	SF-B155818	09COL814S
	1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD 1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD	SF-B305818	09COL815
	1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD 1st SUNFLOWER REN. ENERGY CO.,LTD	SF-B305818	09COL815Q

Speicher

Auftraggeber Hersteller	Typ	Prüfbericht
Jiangsu Sunrain Solar Energy Co., LTD Jiangsu Sunrain Solar Energy Co., LTD	SST-300	10STO189

Vorgefertigte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung

Auftraggeber Hersteller	Typ	Prüfbericht
Solarhart Industries Pty LTD Solarhart Industries Pty LTD	302 J	10SYS82
Solarhart Industries Pty LTD Solarhart Industries Pty LTD	302 KF	10SYS90

Solarregler

Auftraggeber Hersteller	Typ	Prüfbericht
Sonnenschein GmbH (Muster) Sonnenschein GmbH (Muster)	Solreg	01 CTR 99

Veröffentlichungen

Titel	Autor
Performance-Vergleich solar unterstützter Nahwärmeversorgungssysteme mit saisonaler Wärmespeicherung	D. Bauer et. al.
System- und Kontrolltest im dynamischen Sonnensimulator - Prüfen bei jedem Wetter -	F. Bertsch et. al.
Materialuntersuchungen für chemische Langzeitwärmespeicher	F. Bertsch et. al.
Development of a Short-Term Performance Check Procedure for Solar Thermal Collectors	D. Bestenlehner et. al.
Schnellprüfverfahren für die Leistungscharakterisierung von Sonnenkollektoren	D. Bestenlehner et. al.
Utilisation of Solar Energy in Europe - Status and Perspectives -	H. Drück et. al.
Solarthermie 2030 Potentiale, Visionen, Forschungsstrategie	H. Drück et. al.
Solare Klimatisierung – Realisierte Anlagen	B. Ehrismann et al.

Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren unter Verwendung eines 2-Knotenmodells - reif für die Implementierung in EN 12975	S. Fischer et. al.
Extension of the CTSS Test Method towards Solar Cooling Systems	P. Frey et. al.
Thermochemische Speicher für die ganzjährige Nutzung von Solarthermie	H. Kerskes et. al.
Experimental and Numerical Investigations on Thermo-Chemical Heat Storage	H. Kerskes et. al.
Leistungsprüfung einer Solaranlage mit einer in den Kollektorkreislauf integrierten Wärmepumpe	B. Mette et. al.
Evaluation of Solar Combisystems – Overview and Methodology	J. Ullmann et. al.
Untersuchung verschiedener Verschaltungsvarianten bei modularen Speichersystemen	J. Ullmann et. al.
New Solar Thermal Storage Concept – Combined Hot Water and Sorption Store –	R. Weber et. al.

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL839
Test Report No.: 09COL839

Stuttgart, den 17.08.2010
Stuttgart, August 17th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd.**
Typ: *type:*	**SP125-1.8/58-10**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 12
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 15
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China
Ansprechpartner: *contact person:*	Tony Tel.: +86-519-83268350 Fax: +86-519-83260660 email: sales@solarcn.com
Typ: *type:*	SP125-1.8/58-10 *SP125-1.8/58-10*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C839 *C839*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.50 m² *1.50 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	0.95 m² *0.95 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	0.81 m² *0.81 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2167 mm (von Prüflabor bestimmt) *2167 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	765 mm (von Prüflabor bestimmt) *765 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium + rostfreier Stahl *aluminium + stainless steel*
Gewicht: *weight:*	40 kg *40 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	>0.92 *>0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.08 *0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.6 l *0.6 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 0.8 mm *35 x 0.8 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	1/2“ Außengewinde *1/2“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	YangCheng HuaXin Solar Energy Industry *AFG industries*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory *Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory*
Produktbezeichnung: *product name:*	Insulating Rock Wool *Insulating Rock Wool*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	212 kg/m³ *212 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	191 °C (von Prüflabor bestimmt) *191 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	7 bar *7 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreezer*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SP-QJ-125-58-01 bis -22 Datum: 08.08.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language -* *drawing no. A/O SP-QJ-125-58-01 till -22* *date: 08.08.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ Stückliste Kollektor ▪ *ITW data sheet collector* ▪ *Component list of the collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
- *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Manual for Solar Collector
- *Manual for Solar Collector*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☐	☒
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☐	☒
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☐	☒
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☐	☒
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SP125-1.8/58-10. *The test report is valid for collector type SP125-1.8/58-10 as specified above.*

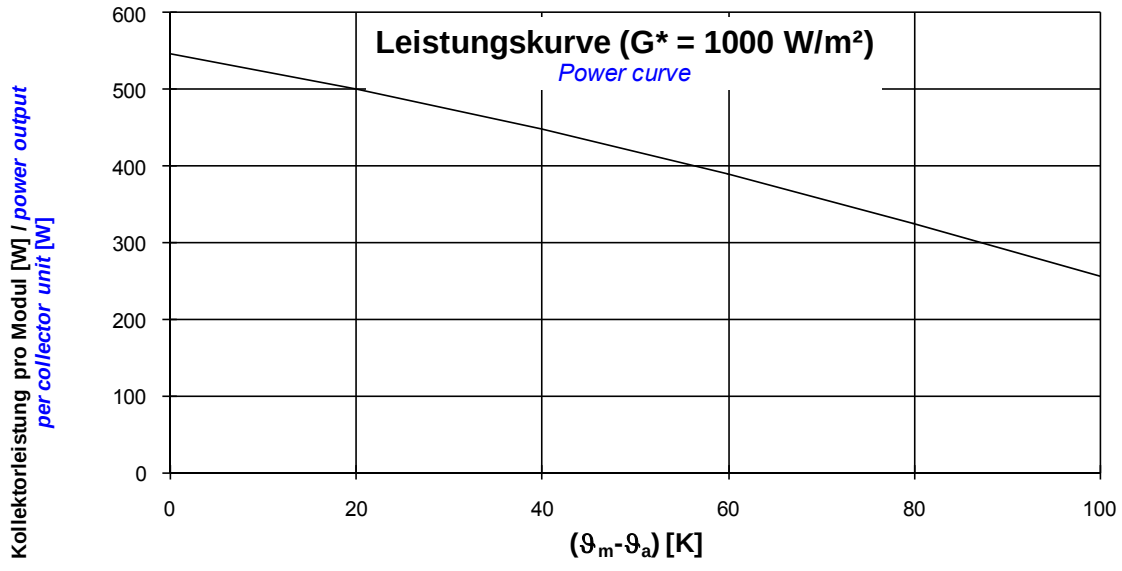
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.575
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.253
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.008
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 11 *See page 11*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	75.900
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	0.95
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	546



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	219	382	546
20	173	337	500
40	121	285	448
60	63	227	390
80	0 *)	163	326
100	0 *)	92	256

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	09.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	15.12. – 06.08.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, M. Wild,

Stuttgart, den 17.08.2010

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.575**	a_1 = **2.253 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.008 W/(m²K²)**	**c = 75.900 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = 1.574	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.18	1.50	1.75	1.66	2.04	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	545	662	712
4	495	593	636
5	450	**530**	567
6	410	474	506

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.495 [-]
$K_{\theta d}$:	1.574 [-]
c_1:	2.253 [W/(m²K)]
c_2:	0.008 [W/(m²K²)]
c_5:	75.900 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.18	1.50	1.75	1.66	2.04	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

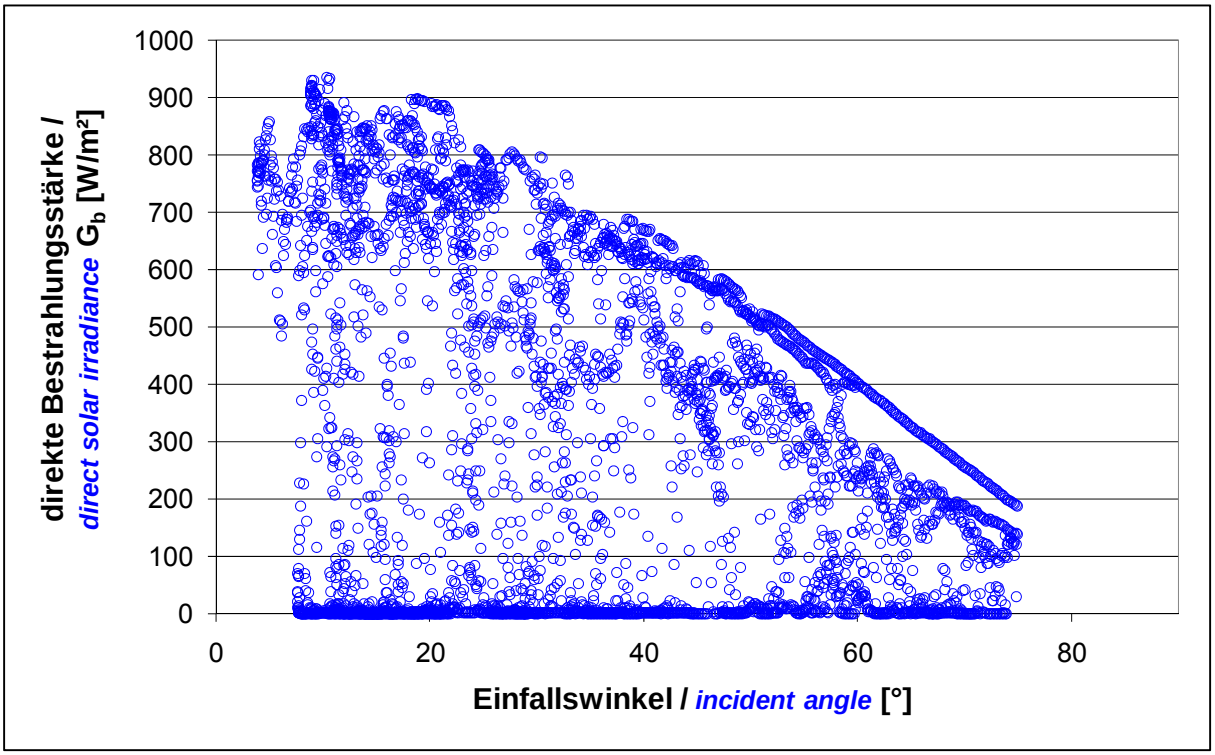


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

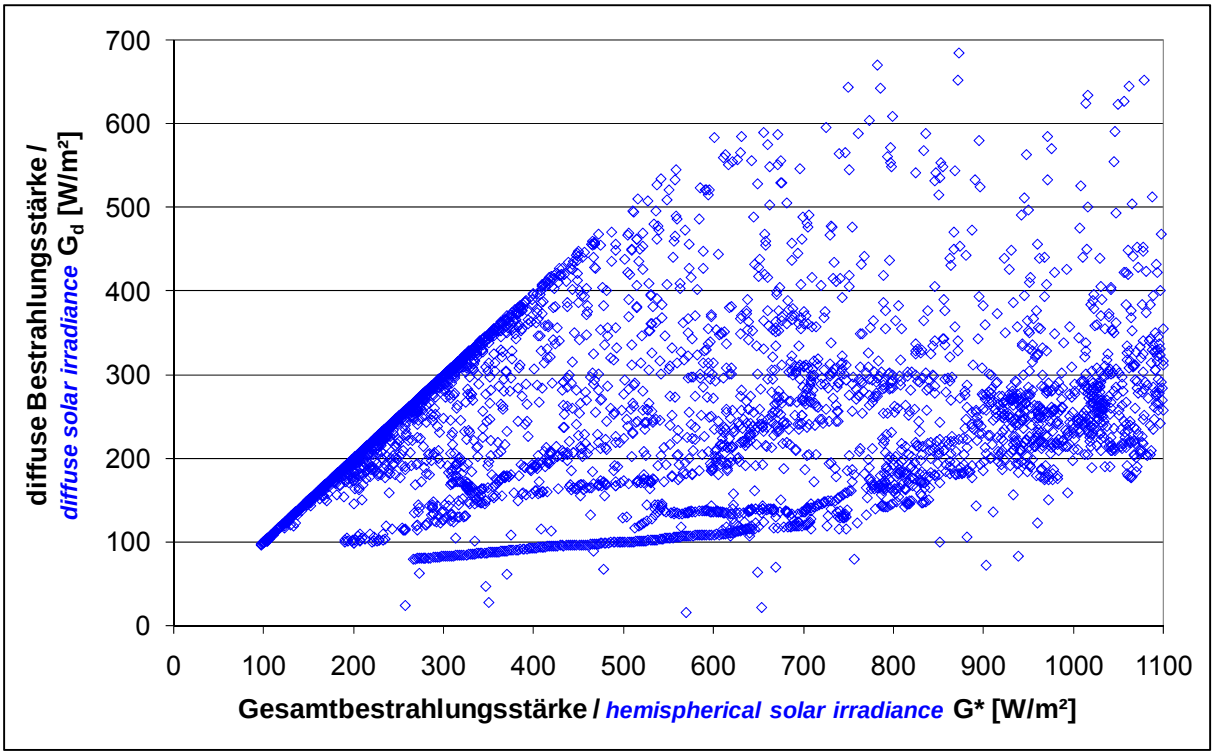


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

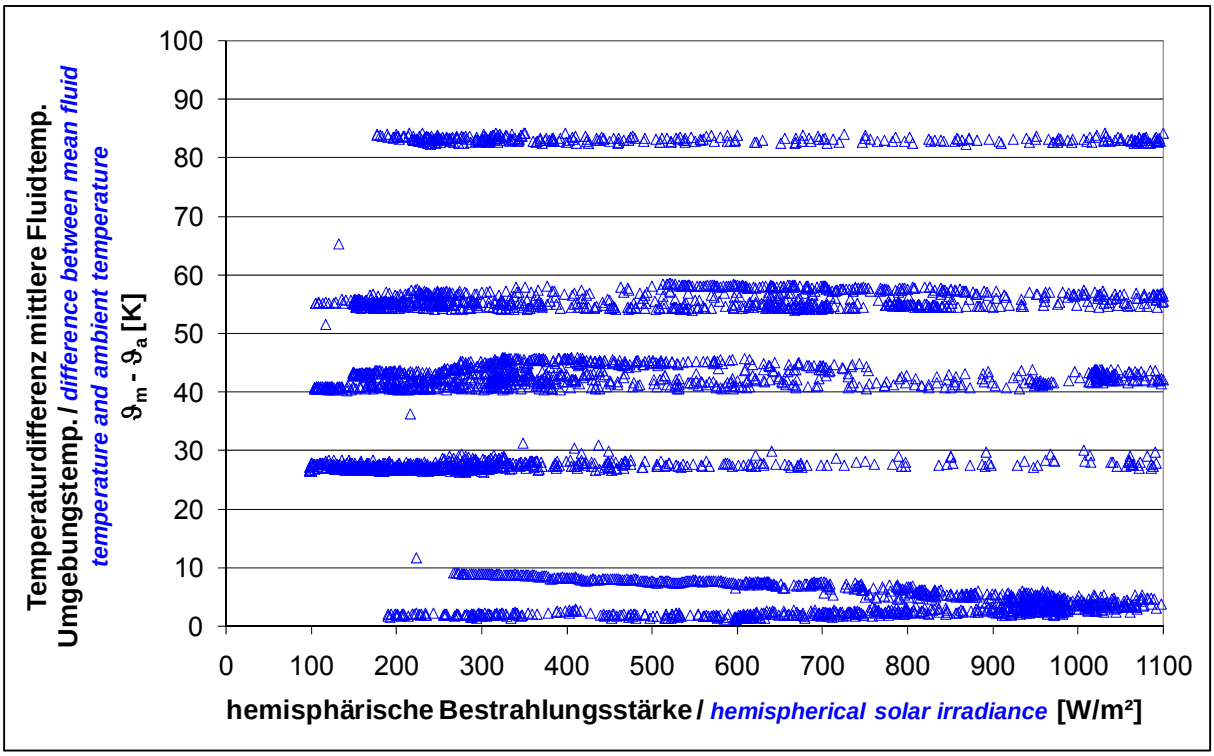


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL840
Test Report No.: 09COL840

Stuttgart, den 17.08.2010
Stuttgart, August 17th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd.**
Typ: *type:*	**SP125-1.8/58-30**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte 12
Annex B: Measured Data

Anhang C: Leistungskurven 13
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 18
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China
Ansprechpartner: *contact person:*	Tony Tel.: +86-519-83268350 Fax: +86-519-83260660 email: sales@solarcn.com
Typ: *type:*	SP125-1.8/58-30 *SP125-1.8/58-30*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C840AS *C840AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.25 m² *4.25 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.84 m² *2.84 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2167 mm (von Prüflabor bestimmt) *2167 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1961 mm (von Prüflabor bestimmt) *1961 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium + rostfreier Stahl *aluminium + stainless steel*
Gewicht: *weight:*	105 kg *105 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	>0.92 *>0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.08 *0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.7 l *1.7 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 0.8 mm *35 x 0.8 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	1/2“ Außengewinde *1/2“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	YangCheng HuaXin Solar Energy Industry *AFG industries*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory *Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory*
Produktbezeichnung: *product name:*	Insulating Rock Wool *Insulating Rock Wool*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	212 kg/m³ *212 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	191 °C (von Prüflabor bestimmt) *191 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	7 bar *7 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreezer*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SP-QJ-125-58-01 bis -22 Datum: 08.08.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language - drawing no. A/O SP-QJ-125-58-01 till -22 date: 08.08.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ Stückliste Kollektor ▪ *ITW data sheet collector* ▪ *Component list of the collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
- *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Manual for Solar Collector
- *Manual for Solar Collector*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☐	☒
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☐	☒
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☐	☒
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☐	☒
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SP125-1.8/58-30 sowie für die baugleichen Kollektoren SP125-1.8/58-12, SP125-1.8/58-15, SP125-1.8/58-18, SP125-1.8/58-20 und SP125-1.8/58-24. *The test report is valid for collector type SP125-1.8/58-30 as specified above as well as for the collectors SP125-1.8/58-12, SP125-1.8/58-15, SP125-1.8/58-18, SP125-1.8/58-20 and SP125-1.8/58-24 identical in construction.*

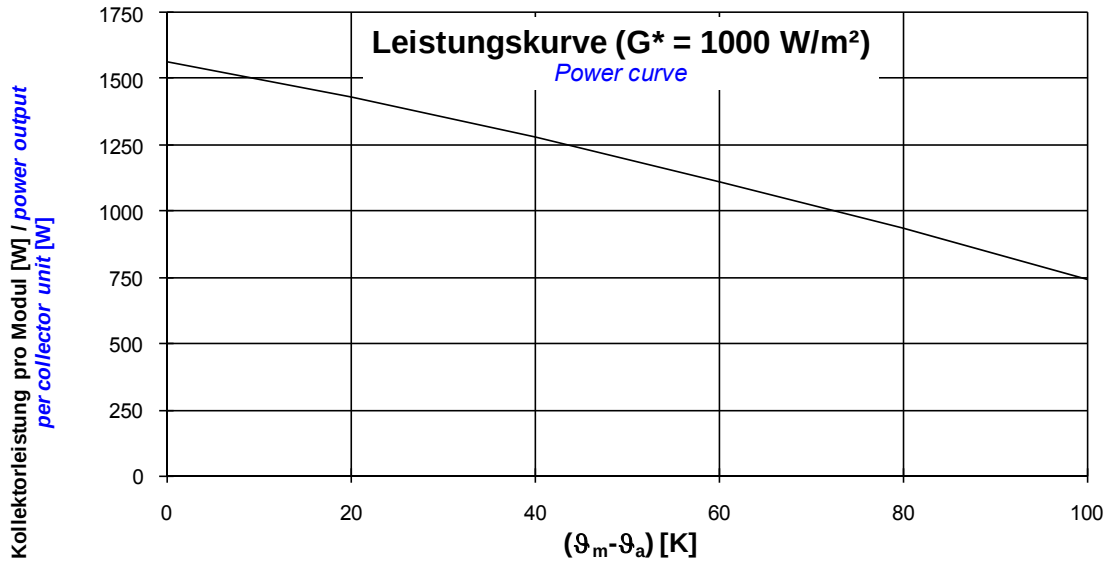
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.552
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.307
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.006
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 11 *See page 11*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	84.870
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.84
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1568



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	627	1097	1568
20	489	960	1430
40	338	808	1278
60	173	643	1113
80	0 *)	464	934
100	0 *)	272	742

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte im Innentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen.

Die Bestimmung des Konversionsfaktors, des Einfallwinkelkorrekturfaktors und der effektiven Wärmekapazität erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen.

Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The determination of the heat loss coefficients was carried out indoors under steady state conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."

The determination of the conversion factor, incident angle modifier and effective heat capacity was carried out outdoors under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."

Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	09.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	15.12. – 06.08.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, M. Wild,

Stuttgart, den 17.08.2010

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.552**	a_1 = **2.307 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.006 W/(m²K²)**	**c = 84.870 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = 1.324	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.07	1.35	1.46	1.40	1.51	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	444	537	579
4	402	484	518
5	371	**444**	476
6	340	405	434

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte
Annex B: Measured Data

	G*	$\dot{m}$	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_e - \vartheta_{in}$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$	η
Nr	[W/m²]	[kg/h]	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	[(m²K)/W]	[-]
1	765.05	201.49	20.76	25.79	5.03	23.27	21.26	2.01	0.0026	0.5417
2	766.69	201.70	20.77	25.84	5.07	23.31	21.59	1.72	0.0022	0.5454
3	745.24	201.28	20.77	25.76	4.98	23.26	21.63	1.63	0.0022	0.5505
4	749.11	205.34	38.76	43.14	4.38	40.95	22.30	18.65	0.0249	0.4906
5	747.53	205.16	38.77	43.17	4.40	40.97	22.33	18.64	0.0249	0.4935
6	741.41	205.44	38.81	43.21	4.40	41.01	22.13	18.88	0.0255	0.4983
7	737.53	207.86	57.69	61.38	3.69	59.54	22.74	36.80	0.0499	0.4265
8	749.47	208.25	57.71	61.43	3.72	59.57	22.92	36.66	0.0489	0.4238
9	737.92	208.07	57.72	61.42	3.70	59.57	23.03	36.54	0.0495	0.4275
10	747.47	209.28	76.71	79.79	3.08	78.25	22.74	55.50	0.0743	0.3548
11	744.92	209.34	76.72	79.79	3.07	78.26	22.93	55.33	0.0743	0.3552
12	745.24	209.54	76.74	79.83	3.10	78.28	22.97	55.31	0.0742	0.3585
13	747.02	211.39	95.65	98.06	2.40	96.85	23.48	73.37	0.0982	0.2818
14	750.70	211.27	95.67	98.11	2.43	96.89	23.58	73.31	0.0977	0.2836
15	749.97	211.49	95.71	98.15	2.44	96.93	23.31	73.62	0.0982	0.2852

Tabelle B.1: Messwerte
Table B.1: Measured values

Anhang C.1: Leistungskurve für SP125-1.8/58-12

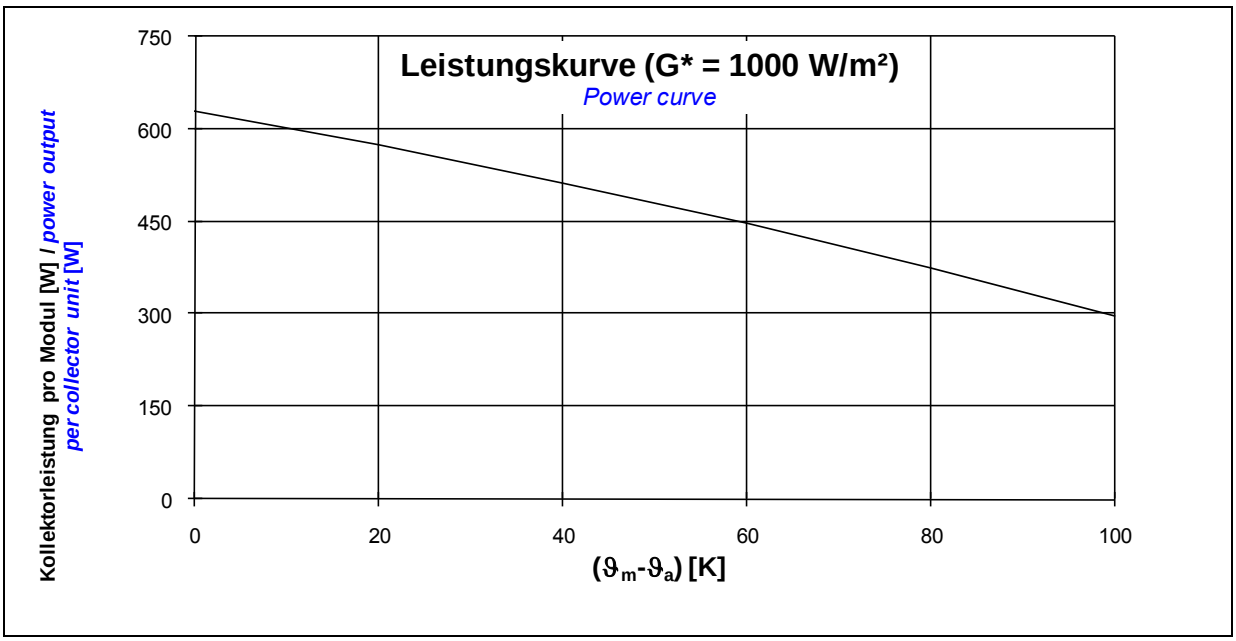
Annex C.1: Power curve for SP125-1.8/58-12

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.14 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.552
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.307 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.006 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 629 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	252	440	629
20	196	385	574
40	136	324	513
60	69	258	447
80	0 *)	186	375
100	0 *)	109	298

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für SP125-1.8/58-15

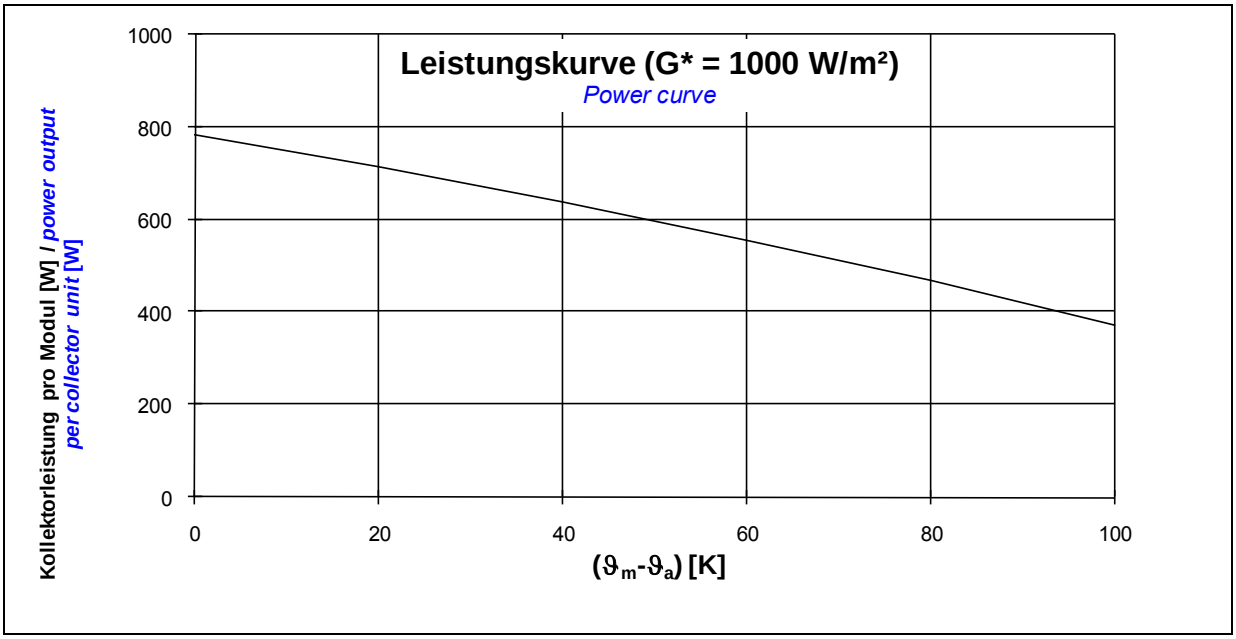
Annex C.2: Power curve for SP125-1.8/58-15

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.42 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.552
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.307 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.006 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 784 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	314	549	784
20	245	480	715
40	169	404	639
60	86	321	557
80	0 *)	232	467
100	0 *)	136	371

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für SP125-1.8/58-18

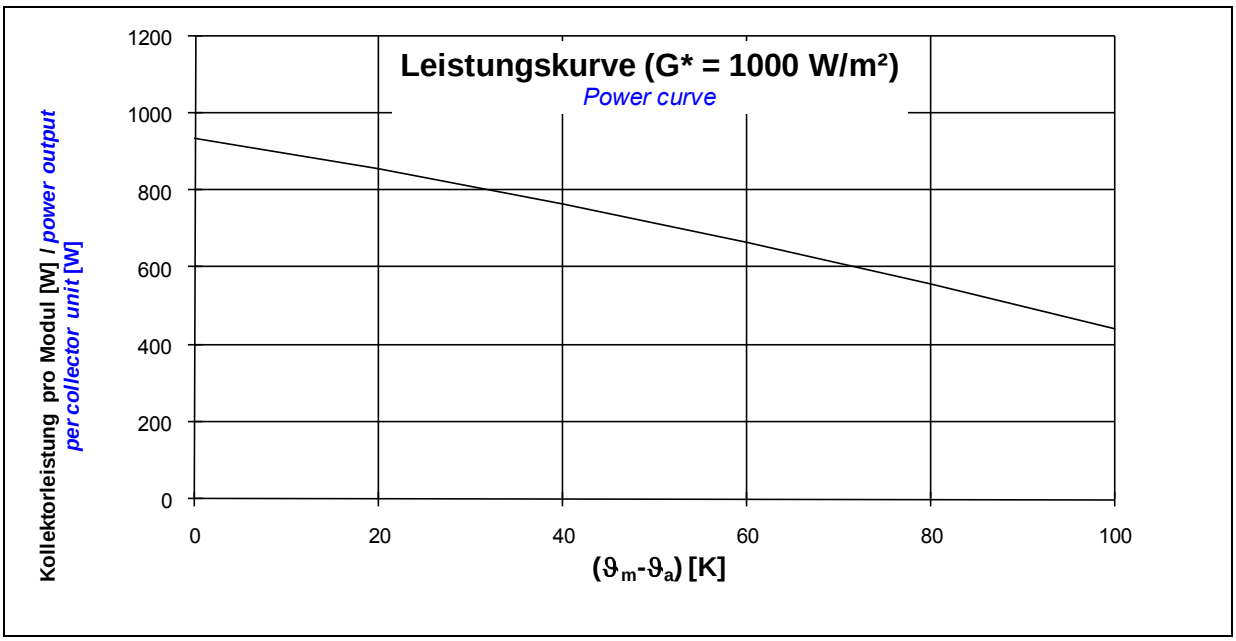
Annex C.3: Power curve for SP125-1.8/58-18

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.70 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.552
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.307 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.006 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 938 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	375	657	938
20	293	574	856
40	202	484	765
60	103	385	666
80	0 *)	278	559
100	0 *)	163	444

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.4: Leistungskurve für SP125-1.8/58-20

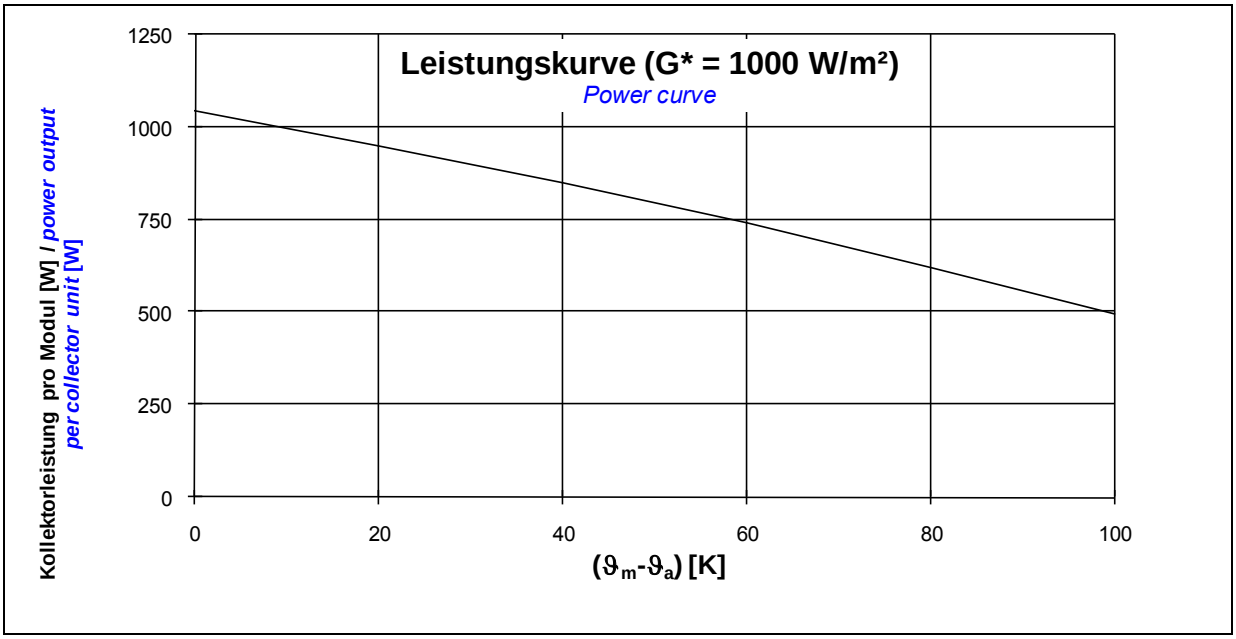
Annex C.4: Power curve for SP125-1.8/58-20

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.89 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.552
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.307 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.006 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1043 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	417	730	1043
20	326	639	952
40	225	538	851
60	115	428	741
80	0 *)	309	622
100	0 *)	181	494

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.5: Leistungskurve für SP125-1.8/58-24

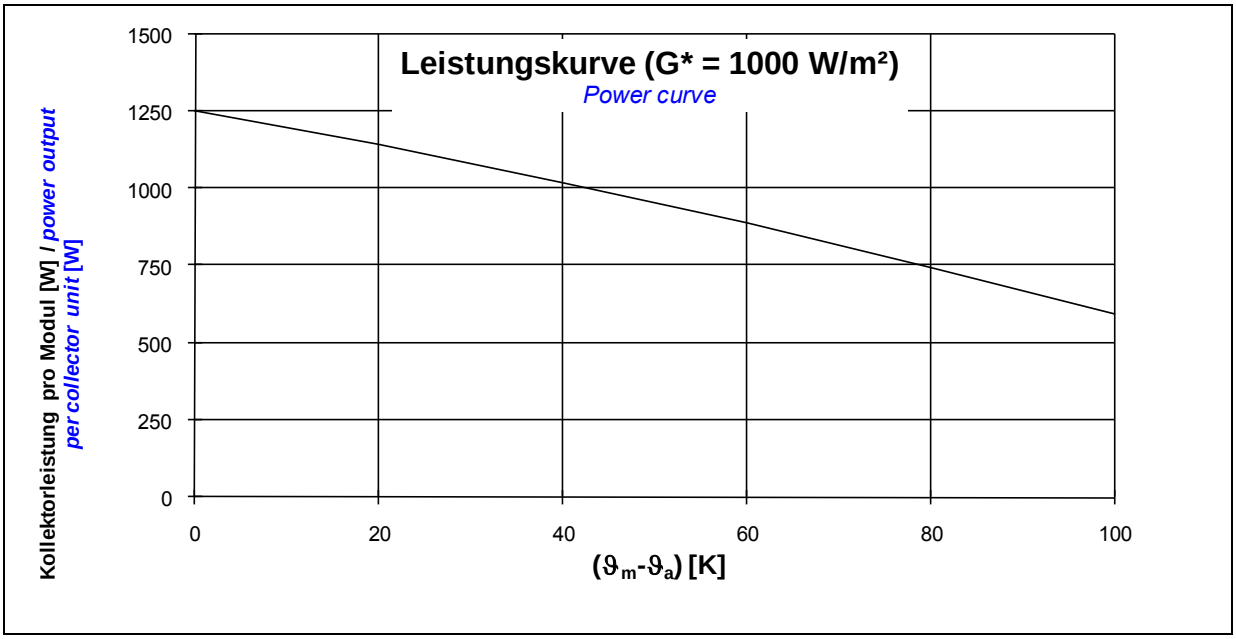
Annex C.5: Power curve for SP125-1.8/58-24

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.27 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.552
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.307 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.006 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1253 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	501	877	1253
20	391	767	1143
40	270	646	1022
60	138	514	890
80	0 *)	371	747
100	0 *)	217	593

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL840Q
Test Report No.: 09COL840Q

Stuttgart, den 17.08.2010
Stuttgart, August 17th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd.**
Typ: *type:*	**SP125-1.8/58-30**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 8
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 8
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 8
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 9
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 10
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 11
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 14
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 14
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China
Ansprechpartner: *contact person:*	Tony Tel.: +86-519-83268350 Fax: +86-519-83260660 email: sales@solarcn.com
Typ: *type:*	SP125-1.8/58-30 *SP125-1.8/58-30*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C840AS *C840AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.25 m² *4.25 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.84 m² *2.84 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2167 mm (von Prüflabor bestimmt) *2167 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1961 mm (von Prüflabor bestimmt) *1961 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium + rostfreier Stahl *aluminium + stainless steel*
Gewicht: *weight:*	105 kg *105 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	>0.92 *>0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.08 *0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.7 l *1.7 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 0.8 mm *35 x 0.8 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	1/2“ Außengewinde *1/2“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	YangCheng HuaXin Solar Energy Industry *AFG industries*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory *Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory*
Produktbezeichnung: *product name:*	Insulating Rock Wool *Insulating Rock Wool*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	212 kg/m³ *212 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	191 °C (von Prüflabor bestimmt) *191 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	7 bar *7 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreezer*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SP-QJ-125-58-01 bis -22 Datum: 08.08.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language -* *drawing no. A/O SP-QJ-125-58-01 till -22* *date: 08.08.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ Stückliste Kollektor ▪ *ITW data sheet collector* ▪ *Component list of the collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
- *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Manual for Solar Collector
- *Manual for Solar Collector*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☐	☒
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☐	☒
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☐	☒
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☐	☒
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SP125-1.8/58-30 sowie für die baugleichen Kollektoren SP125-1.8/58-10, SP125-1.8/58-12, SP125-1.8/58-15, SP125-1.8/58-18, SP125-1.8/58-20 und SP125-1.8/58-24.

The test report is valid for collector type SP125-1.8/58-30 as specified above as well as for the collectors SP125-1.8/58-10, SP125-1.8/58-12, SP125-1.8/58-15, SP125-1.8/58-18, SP125-1.8/58-20 and SP125-1.8/58-24 identical in construction.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 15.12.2009
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
7	**10.5**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 24.02.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1035**	**24**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: Almeria, Spanien 18.12.2009- 02.03.2010 75 Tage
Duration of exposure: *75 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
995	**34**	**341**	**100**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

Expositionsdauer: Stuttgart, 15.03.- 21.04.2010 38 Tage
Duration of exposure: *38 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
536	**13**	**56**	**32**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 23.03.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**988**	**14**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 24.03.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**1015**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 07.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**< 25**	**1043**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 21.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**< 25**	**1036**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 30.04.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.1	**12**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 27.07.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1250 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 1250 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 07.04.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
958	**174**	**20**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 191 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 06.08.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 191 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 191 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	09.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	15.12. – 06.08.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, M. Wild,

Stuttgart, den 17.08.2010

M. Drück

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL840S
Test Report No.: 09COL840S

Stuttgart, den 17. August 2010
Stuttgart, 17.08.2010

Auftraggeber: *Client:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd.** **No190 Yunhe Road,** **Changzhou, Jiangsu,** **China**
Hersteller: *Manufacturer:*	**Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd.**
Typ: *Type:*	**SP125-1.8-30** *SP125-1.8-30*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2009** *2009*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou Natural Energy Equipment Co. Ltd. No190 Yunhe Road, Changzhou, Jiangsu, China
Ansprechpartner: *Contact person:*	Name Ansprechpartner Tel.: +86-519-83268350 Fax: +86-519-83260660 E-Mail: sales@solarcn.com
Typ: *Type:*	SP125-1.8-30 *SP125-1.8-30*
Herstellernummer: *Serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C840AS *C840AS*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	2167 mm * 1961 mm *2167 mm * 1961 mm*	Fläche: 4.25 m² *Area: 4.25 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	30 * 54.8 mm * 1728 mm *30 * 54.8 mm * 1728 mm*	Fläche: 2.84 m² *Area: 2.84 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	30 * 47 mm * 1728 mm *30 * 47 mm * 1728 mm*	Fläche: 2.44 m² *Area: 2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Vakuumröhren Kollektor mit Wärmerohr *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	105 kg *105 k*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	1703 cm³ *1703 cm³*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	156 mm *156 mm*
Material Gehäuse Sammler: *Enclosure manifold material:*	Aluminium + rostfreier Stahl *Aluminium + stainless steel*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Profilrahmen *Profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Prüfdruck: *Test Pressure:*	10.5 bar *10.5 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	35 x 0.8 mm *35 x 0.8 mm*
Anordnung Sammler: *Header configuration:*	Keine Angaben *Not specified*
Beschichtete Länge der Röhre: *Length of coating on the glass:*	1728 mm *1728 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke der beschichteten Röhre: *outside diameter and wall thickness:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubes:*	70 mm *70 mm*
Länge der Heatpipes: *Length of heatpipes:*	1725 mm *1725 mm*
Abmessungen Kondensator Länge * Durchmesser: *Dimensions of condenser Length * Diameter:*	53 mm * 14 mm *53 mm * 14 mm*
Verbindung Kondensator Sammler: *Details of connection condenser and header:*	Trockene Steckverbindung *Dry plug connection*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Vakuumröhren: *Number of concentric tubes:*	30 *30*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubular glazings:*	70 mm *70 mm*
Länge * Durchmesser * Dicke: *Length * Diameter * Thickness:*	1728 mm * 58 mm * 1.6 mm *1728 mm * 58 mm * 1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *Manifold*
Material: *Material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *Manufacturer:*	Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory *Changzhou Jiadeyu New Type insulation Material factory*
Dicke: *Thickness:*	60 mm *60 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	Silikon *Silicon*
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	Silikon *Silicon*

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	191 °C (von Prüflabor bestimmt) *191 °C (determined by test laboratory)*
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SP125-1.8-30.
The test report is valid for collector type SP125-1.8-30 as specified above.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 15. Dezember 2009
Date: 15.12.2009

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 15. Dezember 2009
Date: 15.12.2009

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
7	**10.5**	**15**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 18.12.2009 - 02.03.2010 (Almeria, Spanien, outdoor) 75 Tage
Duration of exposure: 75 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
995	**29**	**341**

Expositionsdauer: 15.03. - 21.04.2010 (Stuttgart, Deutschland) 38 Tage
Duration of exposure: 38 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
536	**12**	**56**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 23. März 2010
1. Test: 23.03.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**988**	**14**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 24. März 2010
2. Test: 24.03.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**1015**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 06. April 2010
3. Test: 06.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**1039**	**13**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 07. April 2010
Date: 07.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
3.2	**< 25**	**1043**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
-[1)]	**-**[1)]	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 23. April 2010
Date: 23.04.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
7	**10.5**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

[1)] keine Messung möglich, da Vakuumröhrenkollektor.
[1)] no measurement possible since evacuated tubular collector.

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 07. Juli 2010
Date: 07.07.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.00005585**
b [(mbar h)/l)]	**0.00253624**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

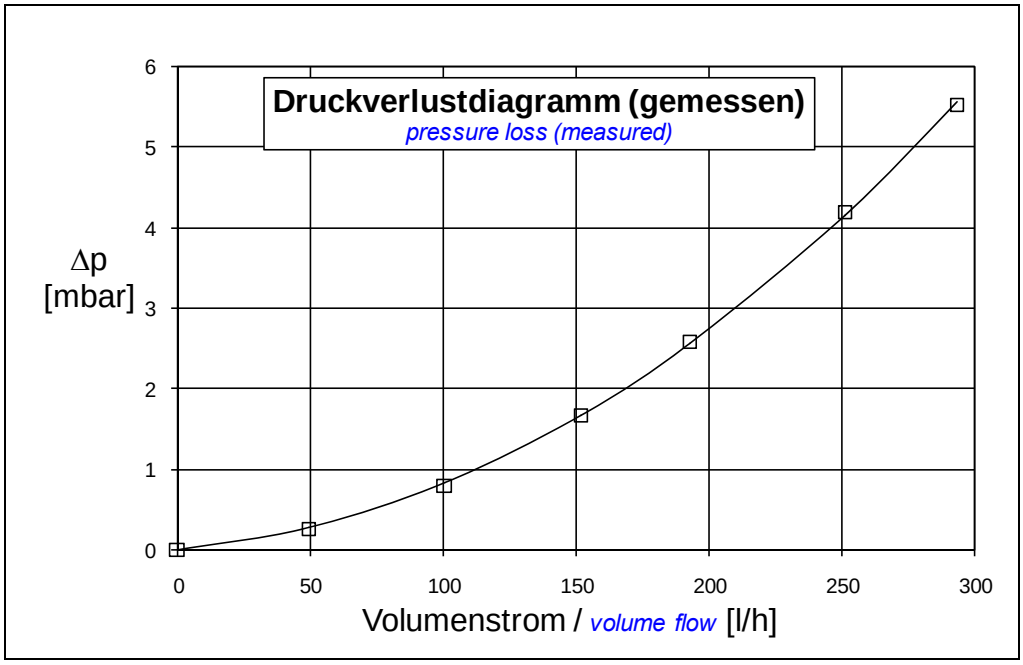


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

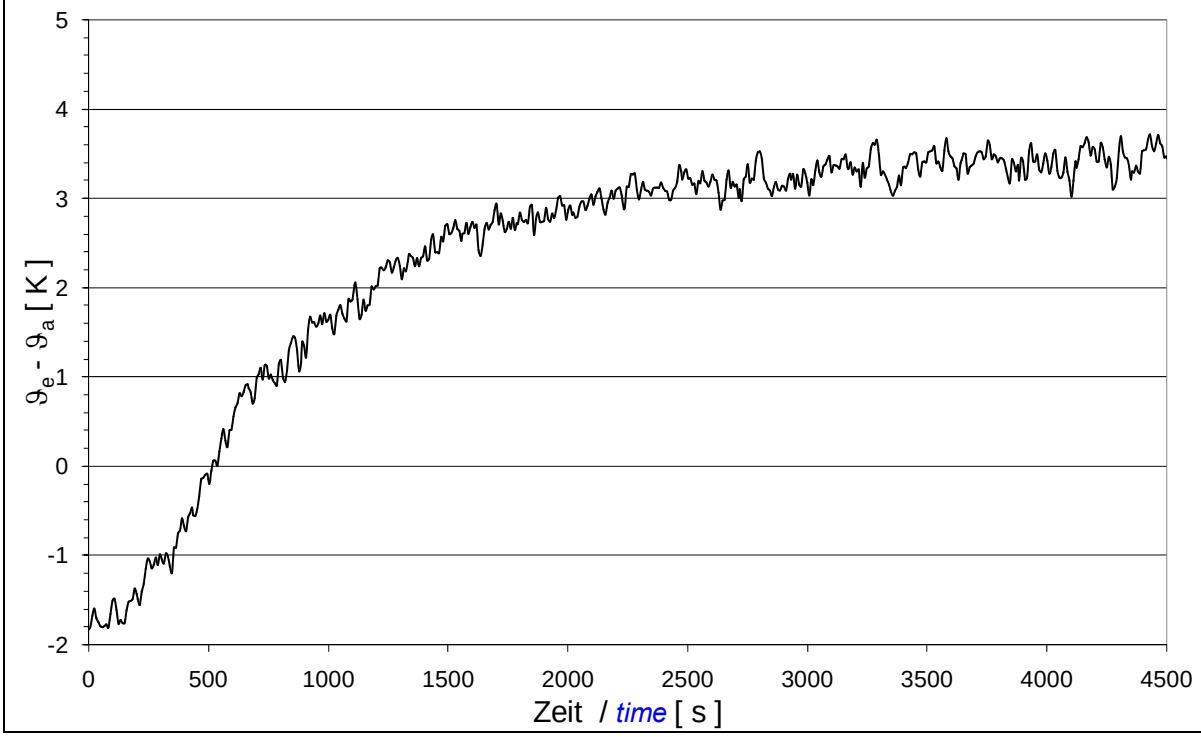
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	49.0	100.6	151.5	192.6	250.8	293.2
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.3	0.8	1.7	2.6	4.2	5.5

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 29. Juni 2010
Date: 29.06.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	951

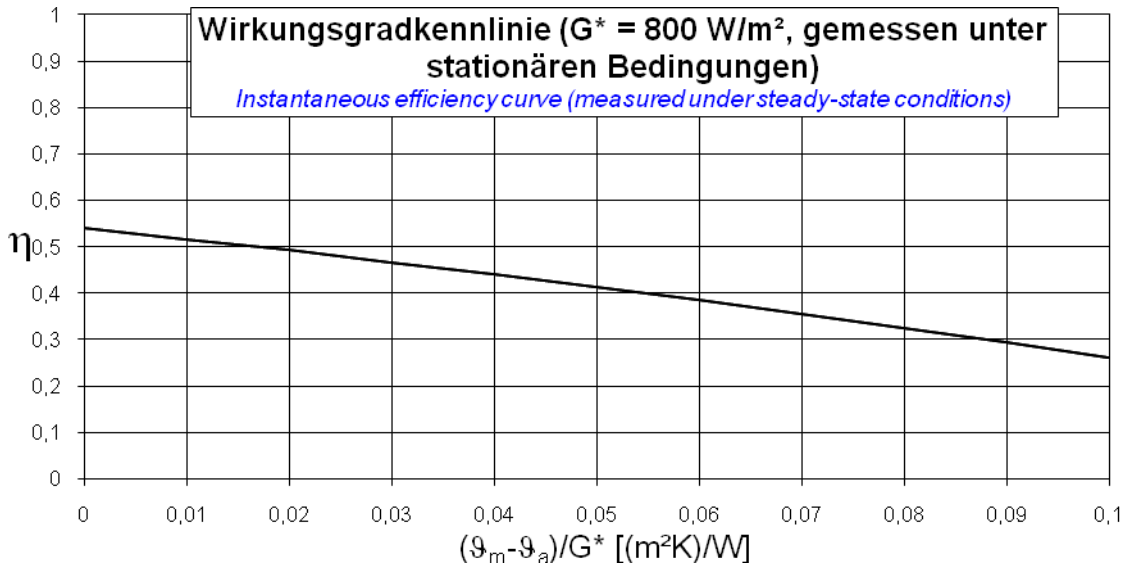


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.540
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	2.304
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.006
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.540	0.516	0.492	0.467	0.440	0.413	0.384	0.355	0.325	0.294	0.262

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 24. und 25. April 2010
Date: 24. and 25.04.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.84	0.70
$K_\theta(\theta_t)$:	1.00	1.17	1.31	1.32	1.36

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 06. August 2010
Date: 06.08.2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: 09.11.2009
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 15.12.2009 – 06.08.2010
Date of measurements:

Prüfer: Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, M. Wild,
Persons making measurements:

Stuttgart, den 17. August 2010

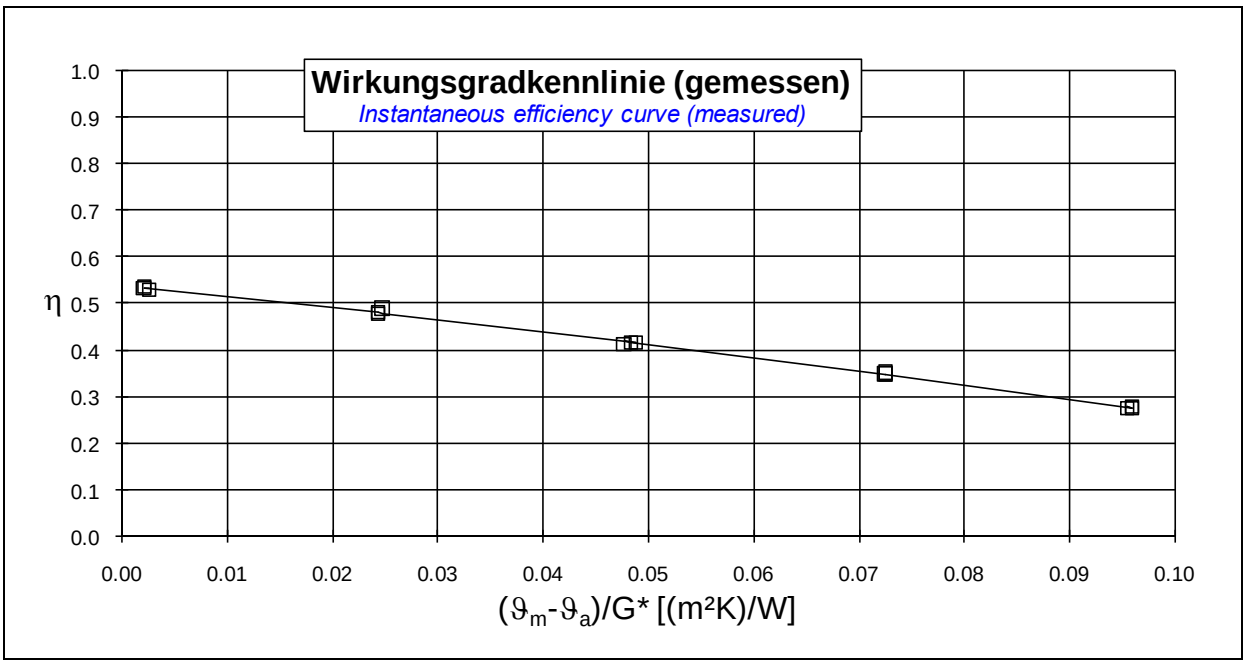
Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	782.83	201.49	20.76	25.79	5.03	23.27	21.26	2.01	0.0026	0.5294
2	784.50	201.70	20.77	25.84	5.07	23.31	21.59	1.72	0.0022	0.5330
3	762.55	201.28	20.77	25.76	4.98	23.26	21.63	1.63	0.0021	0.5380
4	766.51	205.34	38.76	43.14	4.38	40.95	22.30	18.65	0.0243	0.4795
5	764.90	205.16	38.77	43.17	4.40	40.97	22.33	18.64	0.0244	0.4822
6	758.63	205.44	38.81	43.21	4.40	41.01	22.13	18.88	0.0249	0.4870
7	754.67	207.86	57.69	61.38	3.69	59.54	22.74	36.80	0.0488	0.4168
8	766.88	208.25	57.71	61.43	3.72	59.57	22.92	36.66	0.0478	0.4141
9	755.06	208.07	57.72	61.42	3.70	59.57	23.03	36.54	0.0484	0.4178
10	764.83	209.28	76.71	79.79	3.08	78.25	22.74	55.50	0.0726	0.3467
11	762.23	209.34	76.72	79.79	3.07	78.26	22.93	55.33	0.0726	0.3472
12	762.55	209.54	76.74	79.83	3.10	78.28	22.97	55.31	0.0725	0.3504
13	764.38	211.39	95.65	98.06	2.40	96.85	23.48	73.37	0.0960	0.2754
14	768.14	211.27	95.67	98.11	2.43	96.89	23.58	73.31	0.0954	0.2772
15	767.39	211.49	95.71	98.15	2.44	96.93	23.31	73.62	0.0959	0.2787

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL841
Test Report No.: 09COL841

Stuttgart, den 22.10.2010
Stuttgart, October 22nd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd** **Niutang Industrial Park, Niutang town,** **Changzhou City, Jiangsu Province** **China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SKI-CA-58/1800-12**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 12
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 15
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Niutang Industrial Park, Niutang town, Changzhou City, Jiangsu Province China
Ansprechpartner: *contact person:*	Mr. Feng Jiang Tel.: +86-519-8639-3722 Fax: +86-519-8638-2237 email: czskisolar01@vip.163.com
Typ: *type:*	SKI-CA-58/1800-12 *SKI-CA-58/1800-12*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C841 *C841*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.24 m² *2.24 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.14 m² *1.14 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	0.98 m² *0.98 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2000 mm (von Prüflabor bestimmt) *2000 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1120 mm (von Prüflabor bestimmt) *1120 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	150 mm (von Prüflabor bestimmt) *150 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *Aluminium*
Gewicht: *weight:*	45 kg *45 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	A/0 SKL-LX/ZKG-01 *A/0 SKL-LX/ZKG-01*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	≥ 0.86 *≥ 0.86*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 0.08 *≤ 0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.0 l *1.0 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	12 *12*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.2 mm *35 x 1.2 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd. *Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *header*
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd. *Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *product name:*	Keine Angaben *Not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	Keine Angaben *Not specified*
Dichte: *density:*	200 kg/m³ *200 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	246 ℃ (von Prüflabor bestimmt) *246 ℃ (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreeze*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angaben *Not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SKI-LX Datum: 01.09.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language -* *drawing no. A/O SKI-LX* *date: 01.09.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ *ITW data sheet collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *Name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *Collector type*	☒	☐
Seriennummer *Serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *Year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *Gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *Dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30℃ *Stagnation temperature at 1000 W/m² and 30℃*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *Volume of heat transfer fluid*	☐	☒
Leergewicht des Kollektors *Weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *Made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei. Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein.
The collector label was attached as a specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
  - *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Installation Manual
  - *Installation Manual*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:
The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *Dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *Instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Beschreibung des Montageverfahrens *Description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *Recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *Instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *Instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *Dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *Recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *Precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *Pressure drop*	☒	☐
Größter und kleinster Neigungswinkel *Maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
Zulässige Wind- und Schneelast *Permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *Maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SKI-CA-58/1800-12 *The test report is valid for collector type SKI-CA-58/1800-12 as specified above.*

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

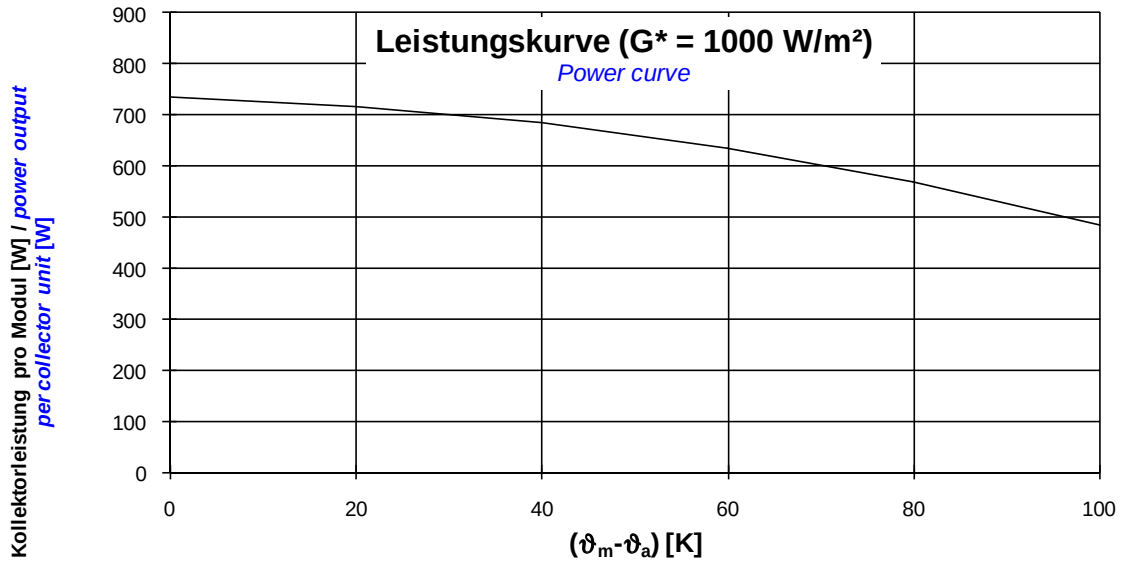
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.644
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	0.384
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.018
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 11 *See page 11*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	69.470
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.14
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	734



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
	400 W/m²	**700 W/m²**	**1000 W/m²**
0	294	514	734
20	277	497	717
40	243	464	684
60	194	414	634
80	127	348	568
100	45	265	485

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

Keine Auffälligkeiten
Nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	21.12.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	08.04. – 07.10.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild,

Stuttgart, den 22.10.2010

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.644**	a_1 = **0.384 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.018 W/(m²K²)**	**c = 69.470 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.269**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.07	1.31	1.68	1.68	1.91	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	605	739	809
4	547	655	718
5	498	**581**	632
6	452	515	557

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.602 [-]
$K_{\theta d}$:	1.269 [-]
c_1:	0.384 [W/(m²K)]
c_2:	0.018 [W/(m²K²)]
c_5:	69.470 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.07	1.31	1.68	1.68	1.91	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

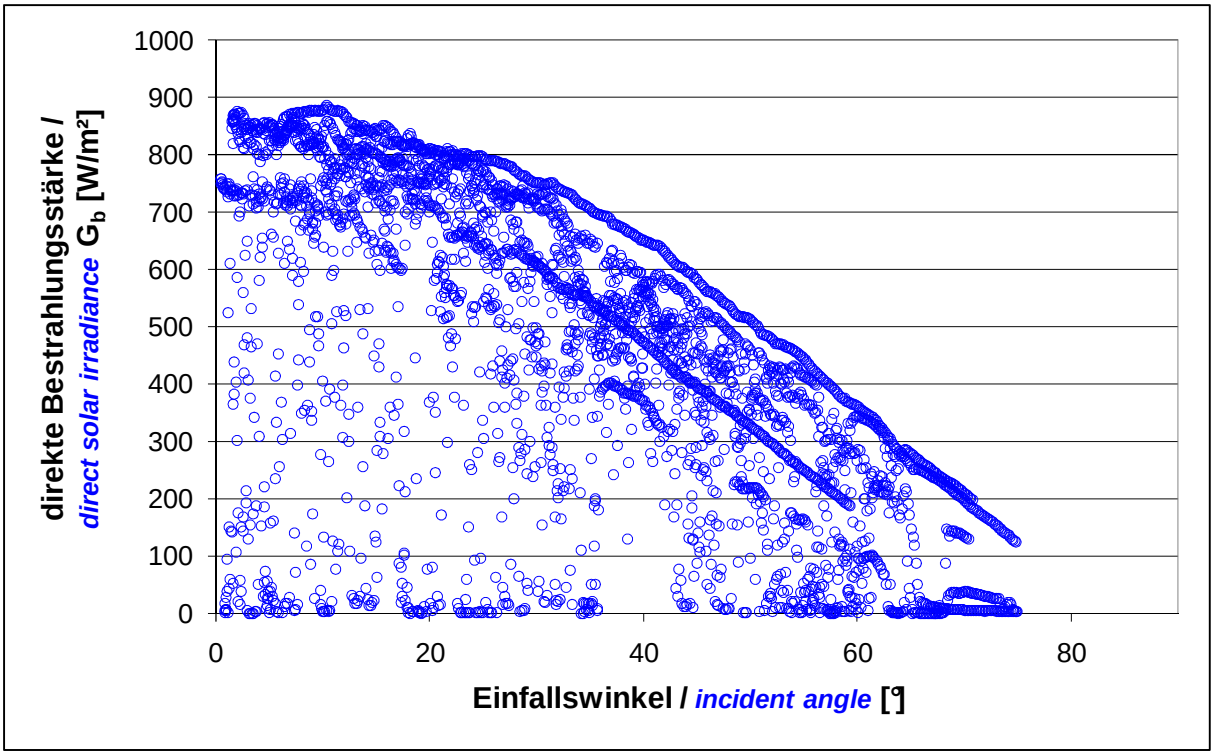


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

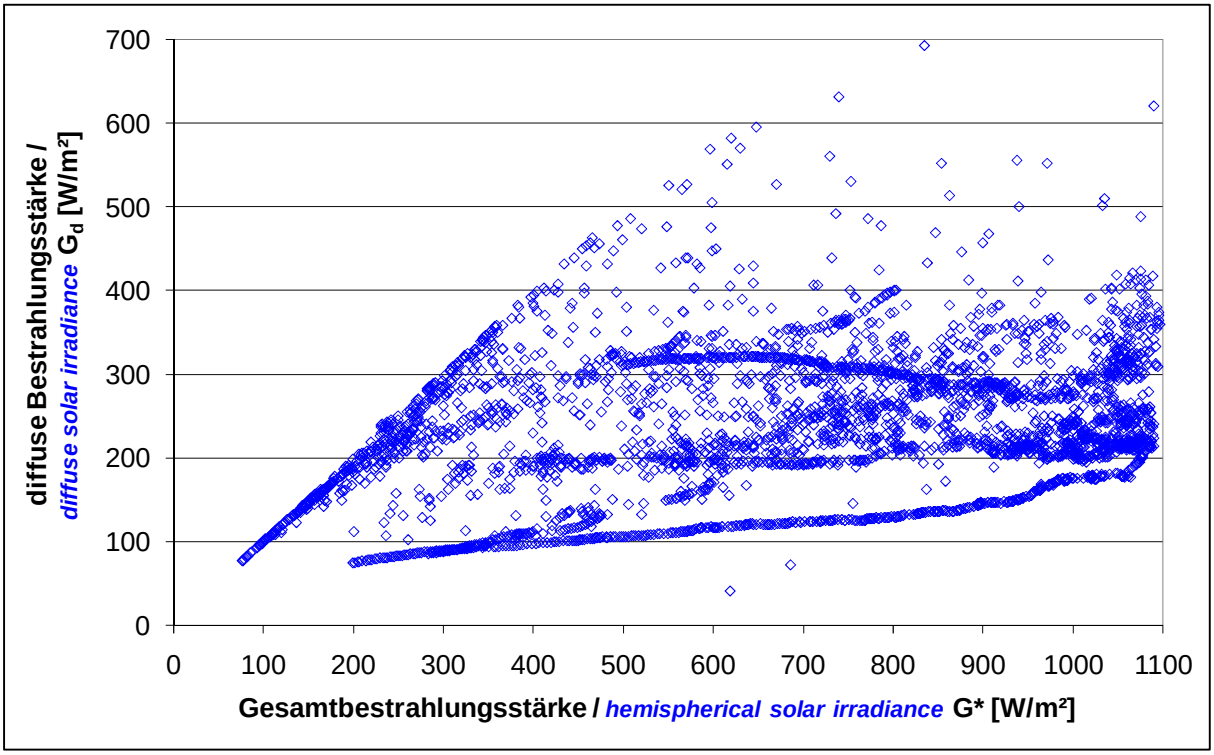


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

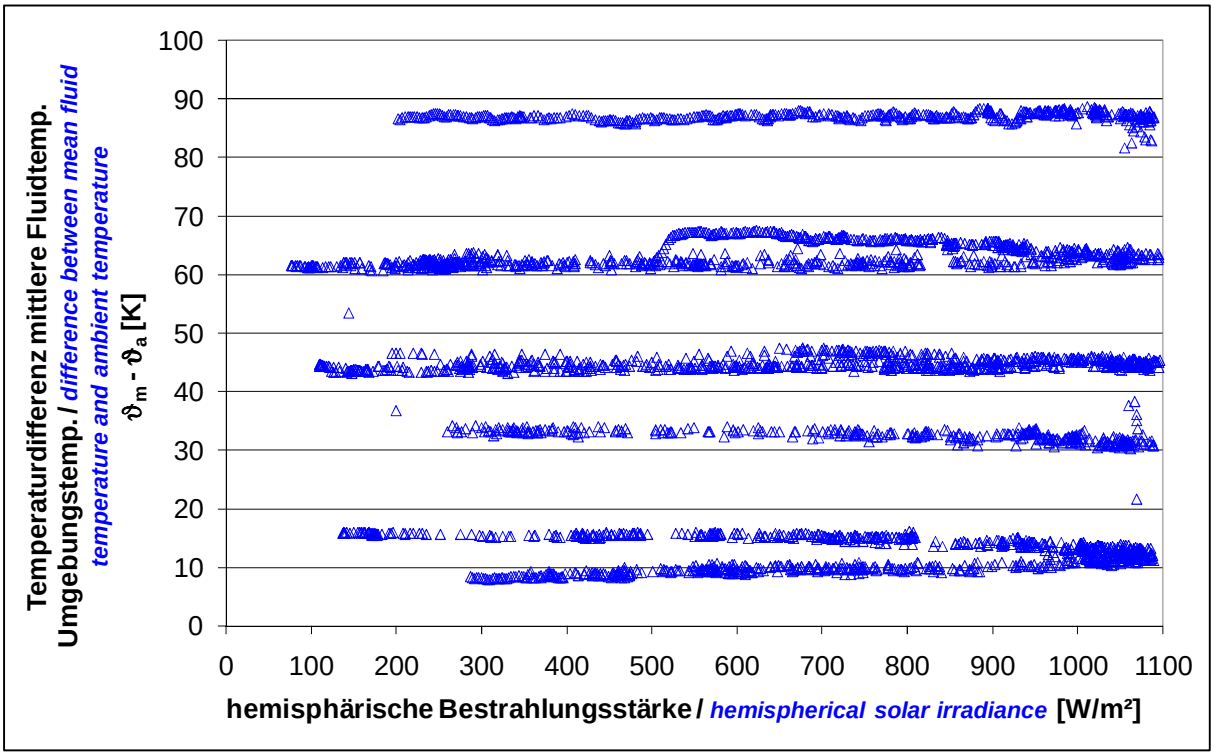


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL842
Test Report No.: 09COL842

Stuttgart, den 22.10.2010
Stuttgart, October 22nd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd** **Niutang Industrial Park, Niutang town,** **Changzhou City, Jiangsu Province** **China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SKI-CA-58/1800-30**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte 12
Annex B: Measured Data

Anhang C: Leistungskurven 13
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 18
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Niutang Industrial Park, Niutang town, Changzhou City, Jiangsu Province China
Ansprechpartner: *contact person:*	Mr. Feng Jiang Tel.: +86-519-8639-3722 Fax: +86-519-8638-2237 email: czskisolar01@vip.163.com
Typ: *type:*	SKI-CA-58/1800-30 *SKI-CA-58/1800-30*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C842AS *C842AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.91 m² *4.91 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.85 m² *2.85 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2000 mm (von Prüflabor bestimmt) *2000 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2453 mm (von Prüflabor bestimmt) *2453 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	150 mm (von Prüflabor bestimmt) *150 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *Aluminium*
Gewicht: *weight:*	107 kg *107 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	A/0 SKL-LX/ZKG-01 *A/0 SKL-LX/ZKG-01*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	≥ 0.86 *≥ 0.86*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 0.08 *≤ 0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	2.3 l *2.3 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.2 mm *35 x 1.2 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd. *Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *header*
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd. *Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *product name:*	Keine Angaben *Not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	Keine Angaben *Not specified*
Dichte: *density:*	200 kg/m³ *200 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	246 ℃ (von Prüflabor bestimmt) *246 ℃ (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreeze*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angaben *Not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SKI-LX Datum: 01.09.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language -* *drawing no. A/O SKI-LX* *date: 01.09.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ *ITW data sheet collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *Name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *Collector type*	☒	☐
Seriennummer *Serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *Year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *Gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *Dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30℃ *Stagnation temperature at 1000 W/m² and 30℃*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *Volume of heat transfer fluid*	☐	☒
Leergewicht des Kollektors *Weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *Made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei. Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein.
The collector label was attached as a specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
  - *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Installation Manual
  - *Installation Manual*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:
The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *Dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *Instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Beschreibung des Montageverfahrens *Description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *Recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *Instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *Instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *Dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *Recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *Precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *Pressure drop*	☒	☐
Größter und kleinster Neigungswinkel *Maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
Zulässige Wind- und Schneelast *Permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *Maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SKI-CA-58/1800-30 sowie für die baugleichen Kollektoren SKI-CA-58/1800-15, SKI-CA-58/1800-18, SKI-CA-58/1800-20 und SKI-CA-58/1800-24.

The test report is valid for collector type SKI-CA-58/1800-30 as specified above as well as for the collectors SKI-CA-58/1800-15, SKI-CA-58/1800-18, SKI-CA-58/1800-20 and SKI-CA-58/1800-24 identical in construction.

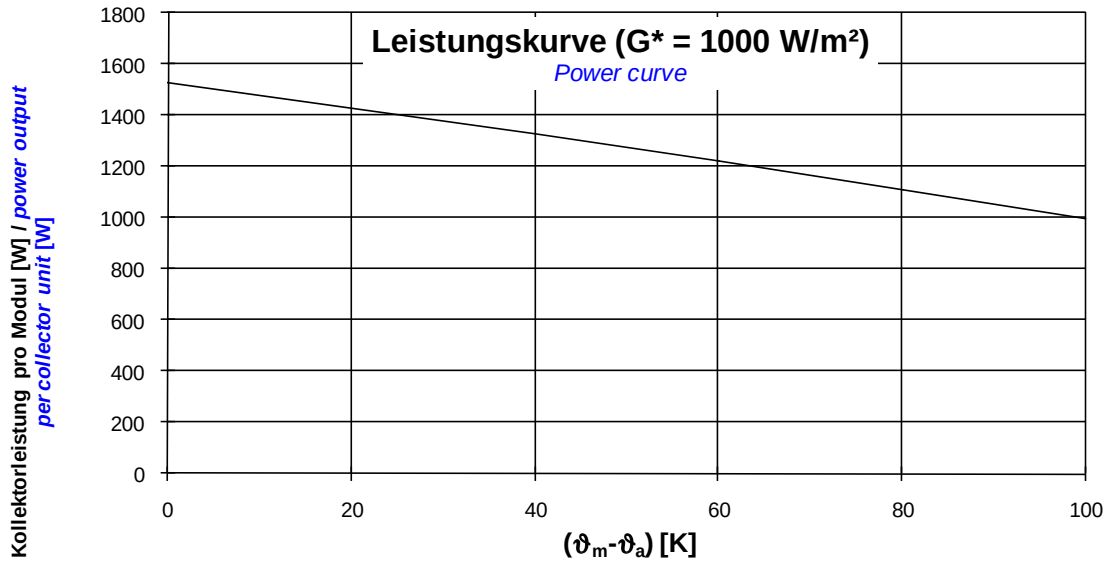
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.536
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.663
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.002
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 11 *See page 11*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	97.780
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.85
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1528



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
	400 W/m²	**700 W/m²**	**1000 W/m²**
0	611	1069	1528
20	514	972	1431
40	412	871	1329
60	306	764	1223
80	195	654	1112
100	80	538	997

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

Keine Auffälligkeiten
Nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte im Innentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen.

Die Bestimmung des Konversionsfaktors, des Einfallwinkelkorrekturfaktors und der effektiven Wärmekapazität erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen.

Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The determination of the heat loss coefficients was carried out indoors under steady state conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."

The determination of the conversion factor, incident angle modifier and effective heat capacity was carried out outdoors under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."

Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	21.12.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	08.04. – 07.10.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild,

Stuttgart, den 22.10.2010

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.536**	a_1 = **1.663 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.002 W/(m²K²)**	**c = 97.780 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.531**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.06	1.32	1.64	1.63	2.4	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	500	604	656
4	453	543	590
5	411	**489**	529
6	378	444	481

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte
Annex B: Measured Data

	G*	$\dot{m}$	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_e - \vartheta_{in}$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$	η
Nr	[W/m²]	[kg/h]	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	[(m²K)/W]	[-]
1	740.51	179.18	20.77	25.83	5.06	23.30	22.52	0.78	0.0011	0.5327
2	746.58	179.00	20.77	25.87	5.10	23.32	22.26	1.06	0.0014	0.5329
3	746.61	179.05	20.81	25.92	5.10	23.37	22.90	0.46	0.0006	0.5330
4	737.07	183.24	38.90	43.48	4.58	41.19	23.03	18.15	0.0246	0.4958
5	750.84	183.20	38.90	43.51	4.62	41.20	22.68	18.52	0.0247	0.4905
6	723.23	183.22	38.92	43.49	4.57	41.20	23.55	17.65	0.0244	0.5041
7	716.35	185.46	57.52	61.42	3.90	59.47	23.33	36.13	0.0504	0.4407
8	740.75	185.47	57.55	61.67	4.12	59.61	23.50	36.11	0.0487	0.4504
9	736.53	185.34	57.56	61.64	4.08	59.60	23.89	35.71	0.0485	0.4483
10	724.83	186.92	76.41	79.99	3.58	78.20	23.58	54.61	0.0753	0.4052
11	724.88	186.81	76.42	79.97	3.54	78.20	23.06	55.14	0.0761	0.4003
12	728.97	186.83	76.42	79.99	3.57	78.20	23.10	55.10	0.0756	0.4008
13	729.06	187.91	95.23	98.26	3.04	96.74	23.05	73.70	0.1011	0.3452
14	720.03	188.17	95.26	98.33	3.07	96.80	22.87	73.93	0.1027	0.3538
15	729.44	188.39	95.28	98.35	3.07	96.81	22.97	73.85	0.1012	0.3500

Tabelle B.1: Messwerte
Table B.1: Measured values

Anhang C.1: Leistungskurve für SKI-CA-58/1800-15

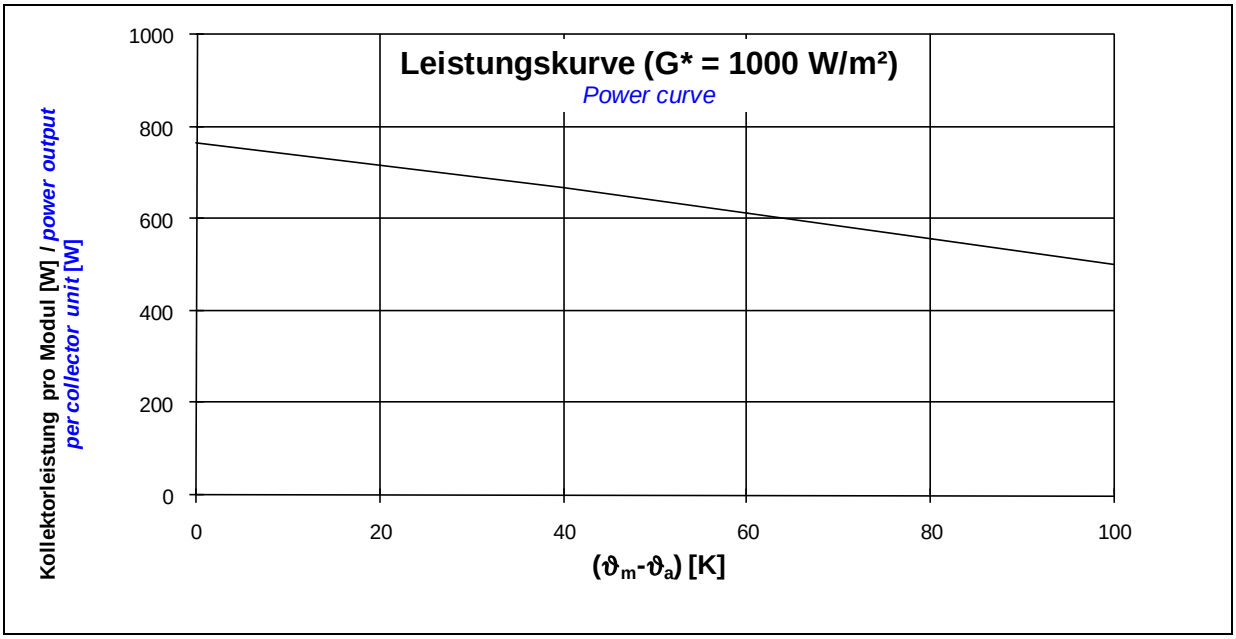
Annex C.1: Power curve for SKI-CA-58/1800-15

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	$A = 1.43\ m^2$
Konversionsfaktor / *conversion factor*	$\eta_0 = 0.536$
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	$a_1 = 1.663\ W/(m^2K)$
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	$a_2 = 0.002\ W/(m^2K^2)$
Peakleistung ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a)= 0$) pro Kollektormodul: *Peak Power ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a) = 0$) per collector unit:*	$W_{peak} = 766\ W$



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	307	537	766
20	258	488	718
40	207	437	667
60	154	384	613
80	98	328	558
100	40	270	500

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für SKI-CA-58/1800-18

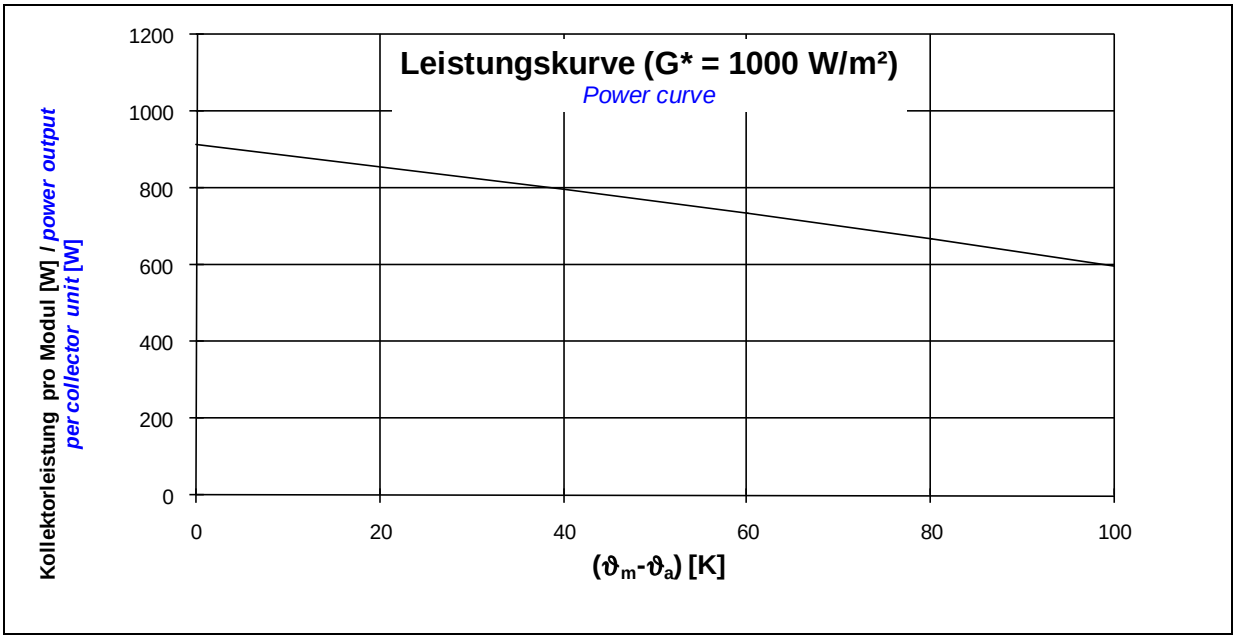
Annex C.2: Power curve for SKI-CA-58/1800-18

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	$A = 1.71\ m^2$
Konversionsfaktor / *conversion factor*	$\eta_0 = 0.536$
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	$a_1 = 1.663\ W/(m^2K)$
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	$a_2 = 0.002\ W/(m^2K^2)$
Peakleistung ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a)= 0$) pro Kollektormodul: *Peak Power ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a) = 0$) per collector unit:*	$W_{peak} = 917\ W$



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	367	642	917
20	308	583	858
40	247	522	797
60	184	459	734
80	117	392	667
100	48	323	598

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für SKI-CA-58/1800-20

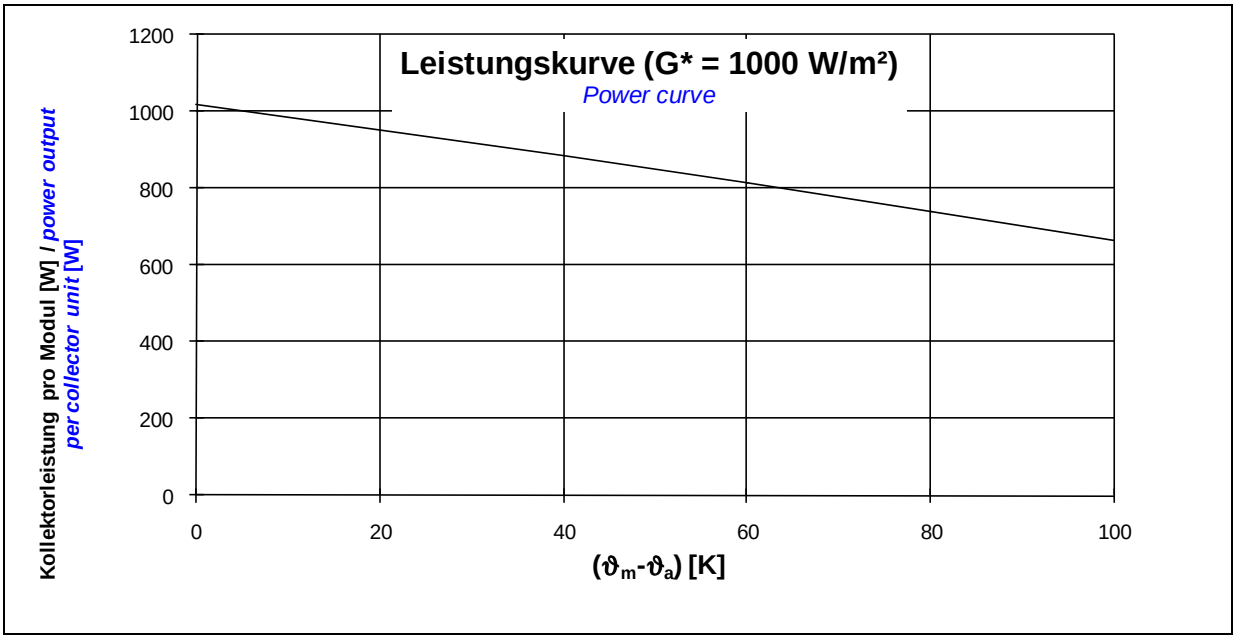
Annex C.3: Power curve for SKI-CA-58/1800-20

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.90 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.536
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.663 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.002 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1018 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	407	713	1018
20	343	648	954
40	275	580	886
60	204	510	815
80	130	436	741
100	53	359	664

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.4: Leistungskurve für SKI-CA-58/1800-24

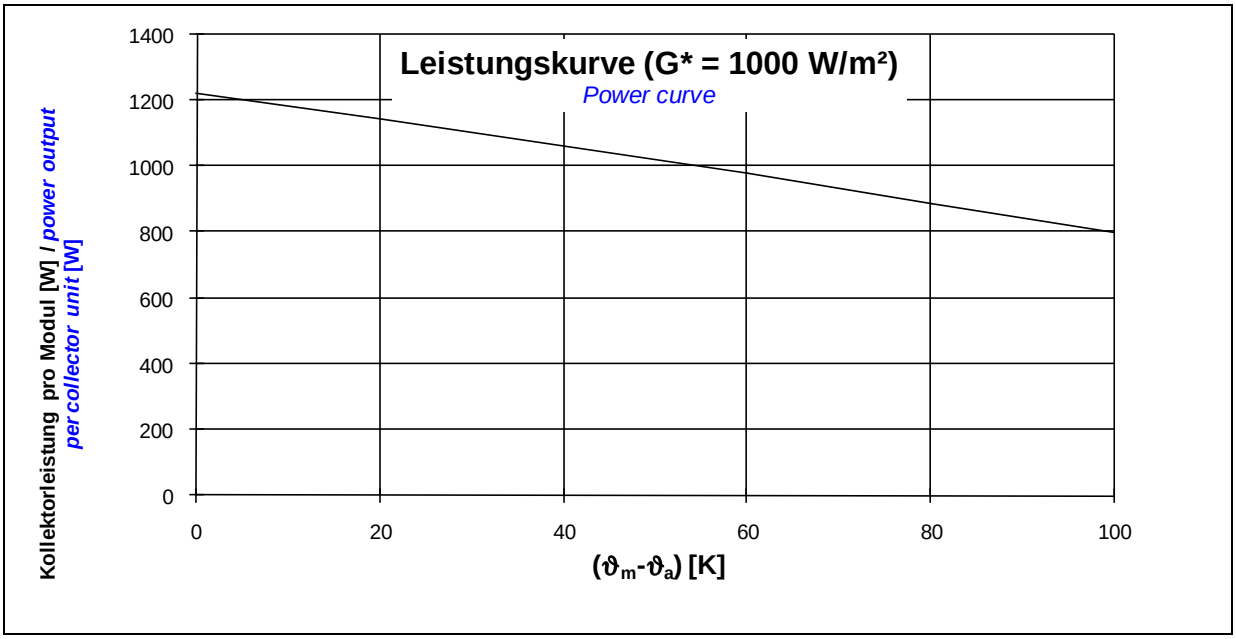
Annex C.4: Power curve for SKI-CA-58/1800-24

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.28 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.536
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.663 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.002 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1222 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	489	855	1222
20	411	778	1144
40	330	696	1063
60	245	612	978
80	156	523	890
100	64	431	797

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL842Q
Test Report No.: 09COL842Q

Stuttgart, den 22.10.2010
Stuttgart, October 22nd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd** **Niutang Industrial Park, Niutang town,** **Changzhou City, Jiangsu Province** **China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SKI-CA-58/1800-30**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 8
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 8
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 8
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 9
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 10
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 11
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 14
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 14
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Niutang Industrial Park, Niutang town, Changzhou City, Jiangsu Province China
Ansprechpartner: *contact person:*	Mr. Feng Jiang Tel.: +86-519-8639-3722 Fax: +86-519-8638-2237 email: czskisolar01@vip.163.com
Typ: *type:*	SKI-CA-58/1800-30 *SKI-CA-58/1800-30*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C842AS *C842AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *Serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.91 m² *4.91 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.85 m² *2.85 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2000 mm (von Prüflabor bestimmt) *2000 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2453 mm (von Prüflabor bestimmt) *2453 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	150 mm (von Prüflabor bestimmt) *150 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *Aluminium*
Gewicht: *weight:*	107 kg *107 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon *Silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Wärmeleitblech *Heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	A/0 SKL-LX/ZKG-01 *A/0 SKL-LX/ZKG-01*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	≥ 0.86 *≥ 0.86*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 0.08 *≤ 0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	2.3 l *2.3 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.2 mm *35 x 1.2 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd. *Changzhou Boshi new energy manufacture Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Vacuum tube *Vacuum tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 0.89 *≥ 0.89*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *header*
Material: *material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd. *Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *product name:*	Keine Angaben *Not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	Keine Angaben *Not specified*
Dichte: *density:*	200 kg/m³ *200 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	60 mm *60 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	246 ℃ (von Prüflabor bestimmt) *246 ℃ (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser, Frostschutzmittel *Water, antifreeze*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angaben *Not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnungssatz in chinesischer Sprache Zeichnung Nr. A/O SKI-LX Datum: 01.09.2009 ▪ *Set of drawings in Chinese language -* *drawing no. A/O SKI-LX* *date: 01.09.2009*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ *ITW data sheet collector*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *Name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *Collector type*	☒	☐
Seriennummer *Serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *Year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *Gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *Dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30℃ *Stagnation temperature at 1000 W/m² and 30℃*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *Volume of heat transfer fluid*	☐	☒
Leergewicht des Kollektors *Weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *Made in:*	☐	☒

Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei. Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein.
The collector label was attached as a specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Assembly Instruction for Solar Collector
  - *Assembly Instruction for Solar Collector*
- Installation Manual
  - *Installation Manual*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:
The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *Dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *Instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Beschreibung des Montageverfahrens *Description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *Recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *Instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *Instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *Dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *Recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *Precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *Maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *Pressure drop*	☒	☐
Größter und kleinster Neigungswinkel *Maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
Zulässige Wind- und Schneelast *Permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *Maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SKI-CA-58/1800-30 sowie für die baugleichen Kollektoren SKI-CA-58/1800-12, SKI-CA-58/1800-15, SKI-CA-58/1800-18, SKI-CA-58/1800-20 und SKI-CA-58/1800-24.

The test report is valid for collector type SKI-CA-58/1800-30 as specified above as well as for the collectors SKI-CA-58/1800-12, SKI-CA-58/1800-15, SKI-CA-58/1800-18, SKI-CA-58/1800-20 and SKI-CA-58/1800-24 identical in construction.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 08.04.2010
Date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 06.09.2010
Date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [℃]
60	**1045**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: Stuttgart, 08.04.- 28.06.2010 81 Tage
Duration of exposure: *81 Days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
1206	**40**	**136**	**68**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 22.04.2010
1. Test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**1030**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 24.04.2010
2. Test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**1046**	**19**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 04.06.2010
1. Test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**984**	**22**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 25.06.2010
2. Test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.0	**< 25**	**987**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 21.07.2010
Date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.2	**14**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 06.10.2010
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1100 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 1100 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 06.09.2010
Date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1045	**243**	**17**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 246 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 07.10.2010
Date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 ℃ beträgt 246 ℃.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30℃ reaches 24 6 ℃.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

Keine Auffälligkeiten
Nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	21.12.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	08.04. – 07.10.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy,

Stuttgart, den 22.10.2010

Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL842S
Test Report No.: 09COL842S

Stuttgart, den 22. Oktober 2010
Stuttgart, 22.10.2010

Auftraggeber: *Client:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd** **Niutang Industrial Park, Niutang town** **Changzhou City, Jiangsu Province,** **China**
Hersteller: *Manufacturer:*	**Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *Type:*	**SKI-CA-58/1800-30** *SKI-CA-58/1800-30*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2009** *2009*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	Changzhou SKI Solar Energy Co., Ltd Niutang Industrial Park, Niutang town Changzhou City, Jiangsu Province, China
Ansprechpartner: *Contact person:*	Mr. Feng Jiang Tel.: +86-519-8639 3722 Fax: +86-519-8338 2237 E-Mail: czskisolar01@vip.163.com
Typ: *Type:*	SKI-CA-58/1800-30 *SKI-CA-58/1800-30*
Herstellernummer: *Serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C842AS *C842AS*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	2000 mm * 2453 mm *2000 mm * 2453 mm*	Fläche: 4.91 m² *Area: 4.91 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	30 * 54.8 mm * 1734 mm *30 * 54.8 mm * 1734 mm*	Fläche: 2.85 m² *Area: 2.85 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	30 * 47 mm * 1734 mm *30 * 47 mm * 1734 mm*	Fläche: 2.44 m² *Area: 2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Vakuumröhren Kollektor mit Wärmerohr *Evacuated tubular collector with heat pipe*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	107 kg *107 kg*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	2300 cm³ *2300 cm³*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	150 mm *150 mm*
Material Gehäuse Sammler: *Enclosure manifold material:*	Aluminium *Aluminium*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Profilrahmen *Profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	A/0 SKL-LX/ZKG-01 *A/0 SKL-LX/ZKG-01*
Prüfdruck: *Test Pressure:*	9 bar *9 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Seriell / Wärmerohr *Serial / Heatpipe*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	35 x 1.2 mm *35 x 1.2 mm*
Anordnung Sammler: *Header configuration:*	Keine Angaben *Not specified*
Beschichtete Länge der Röhre: *Length of coating on the glass:*	1734 mm *1734 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke der beschichteten Röhre: *outside diameter and wall thickness:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubes:*	80 mm *80 mm*
Länge der Heatpipes: *Length of heatpipes:*	1700 mm *1700 mm*
Abmessungen Kondensator Länge * Durchmesser: *Dimensions of condenser Length * Diameter:*	45 mm * 14 mm *45 mm * 14 mm*
Verbindung Kondensator Sammler: *Details of connection condenser and header:*	Trockene Steckverbindung *Dry plug connection*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Vakuumröhren: *Number of concentric tubes:*	30 *30*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Borsilikat Glas 3.3 *Borsilicate glass 3.3*
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubular glazings:*	80 mm *80 mm*
Länge * Durchmesser * Dicke: *Length * Diameter * Thickness:*	1734 mm * 58 mm * 1.6 mm *1734 mm * 58 mm * 1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *Manifold*
Material: *Material:*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *Manufacturer:*	Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd. *Changzhou Shunjie insulation material Co. Ltd.*
Dicke: *Thickness:*	60 mm *60 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	Silikon *Silicon*
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	Silikon *Silicon*

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	246 °C (von Prüflabor bestimmt) *246 °C (determined by test laboratory)*
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SKI-CA-58/1800-30.
The test report is valid for collector type SKI-CA-58/1800-30 as specified above.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 08. April 2010
Date: 08.04.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 08. April 2010
Date: 08.04.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 08.04. - 28.06.2010 (Stuttgart, Deutschland) 81 Tage
Duration of exposure: 81 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
1206	**33**	**136**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 22. April 2010
1. Test: 22.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**10**	**1030**	**12**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 24. April 2010
2. Test: 24.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**10**	**1046**	**19**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 29. April 2010
3. Test: 29.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**11**	**968**	**26**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 07. April 2010
Date: 07.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
3.0	**< 25**	**984**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
-[1)]	**-**[1)]	**22**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 07. Oktober 2010
Date: 07.10.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

[1)] keine Messung möglich, da Vakuumröhrenkollektor.
[1)] no measurement possible since evacuated tubular collector.

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 08. Oktober 2010
Date: 08.10.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.0000761640**
b [(mbar h)/l)]	**0.0035884467**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

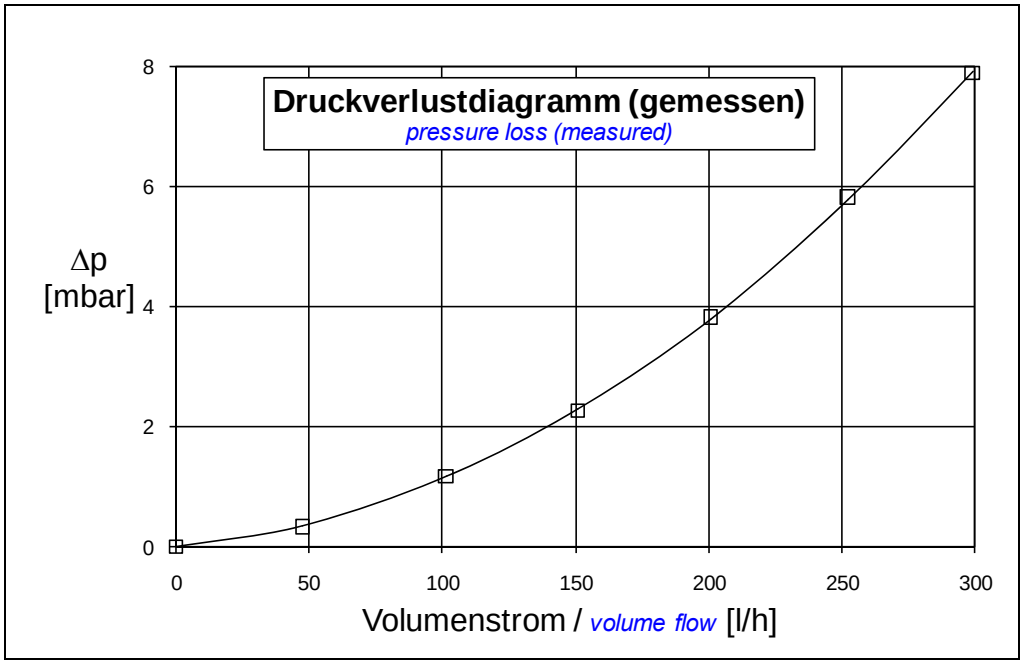


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

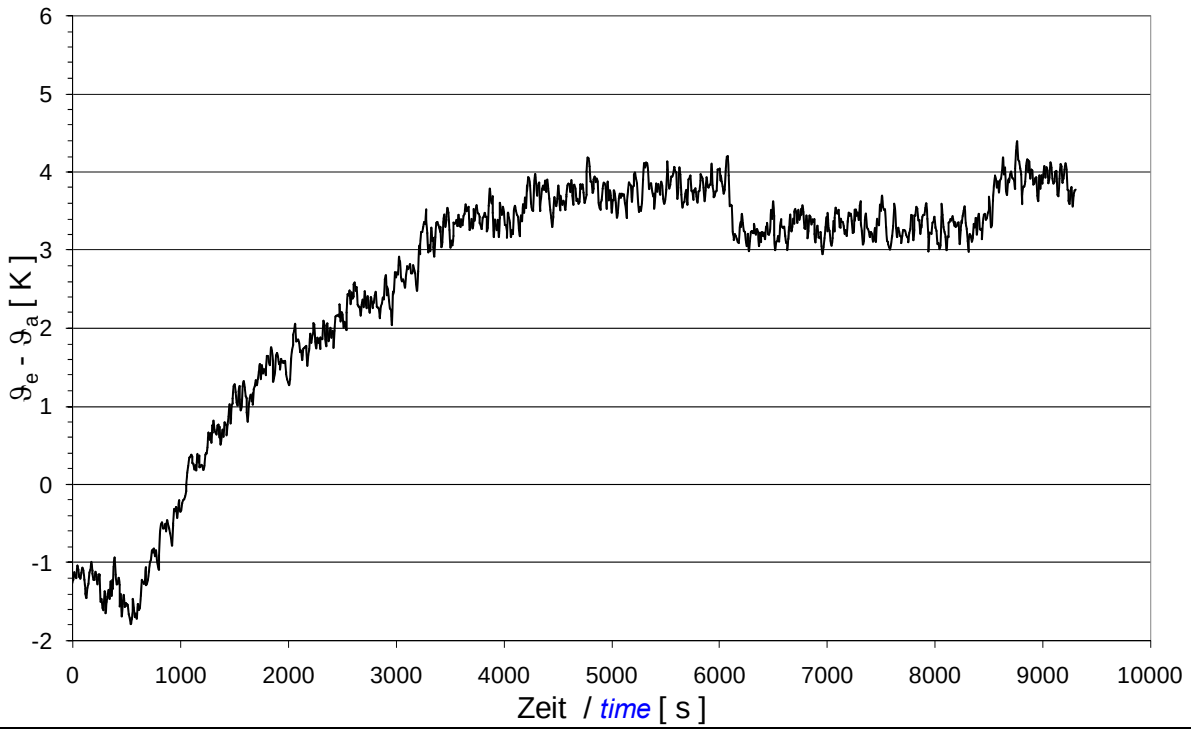
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	47.4	101.7	150.8	200.5	252.5	299.4
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.3	1.2	2.3	3.8	5.8	7.9

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 16. September 2010
Date: 16.09.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	1407

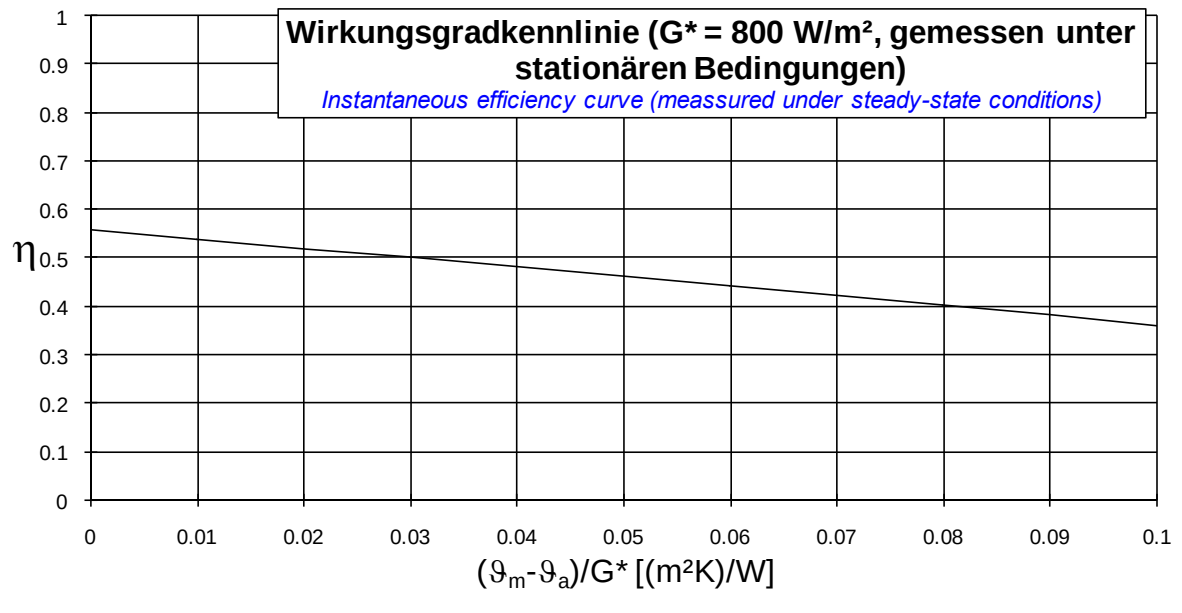


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.557
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	1.796
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.002
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.557	0.539	0.520	0.502	0.483	0.463	0.443	0.423	0.403	0.382	0.361

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 03. Juli 2010
Date: 03.07.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.84	0.70
$K_\theta(\theta_t)$:	1.00	1.12	1.31	1.37	2.05

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 07. Oktober 2010
Date: 07.10.2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: 21.12.2009
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 08.04.2010 – 08.10.2010
Date of measurements:

Prüfer: Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy,
Persons making measurements: Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, M. Wild,

Stuttgart, den 22. Oktober 2010

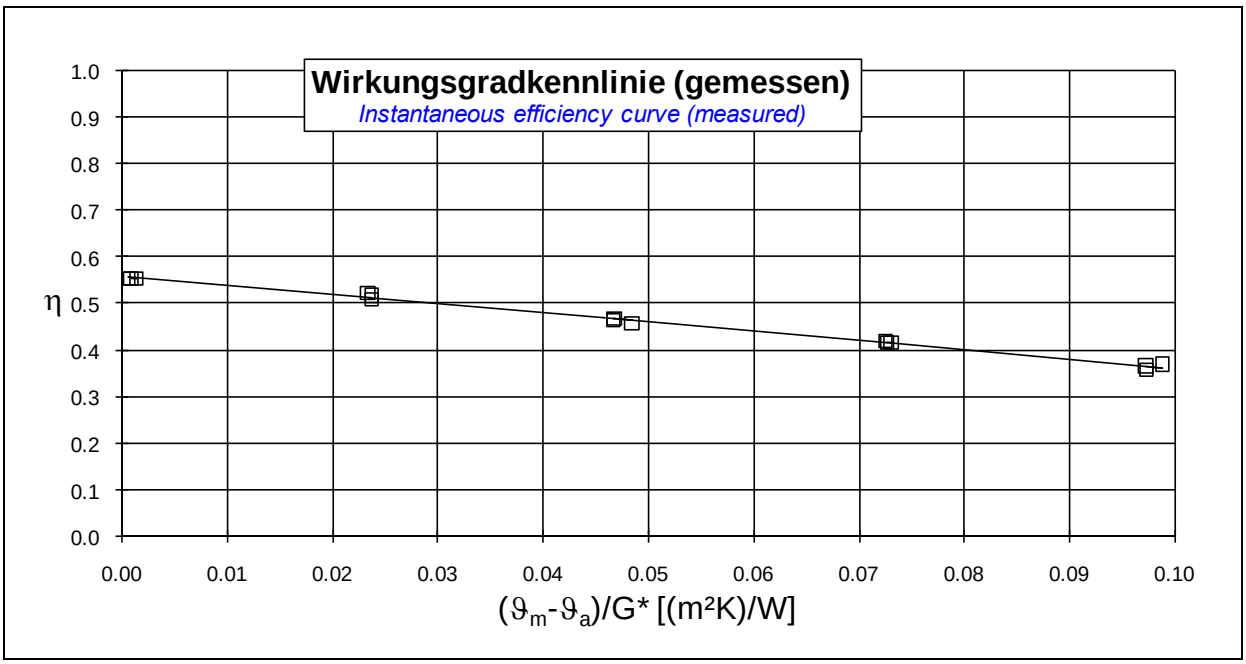
Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

	G^*	$\dot{m}$	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	η
Nr	$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\left[\frac{kg}{h}\right]$	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	$\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	[–]
1	769.52	179.18	20.77	25.83	5.06	23.30	22.52	0.78	0.0010	0.5536
2	775.83	179.00	20.77	25.87	5.10	23.32	22.26	1.06	0.0014	0.5538
3	775.86	179.05	20.81	25.92	5.10	23.37	22.90	0.46	0.0006	0.5539
4	765.95	183.24	38.90	43.48	4.58	41.19	23.03	18.15	0.0237	0.5152
5	780.26	183.20	38.90	43.51	4.62	41.20	22.68	18.52	0.0237	0.5097
6	751.57	183.22	38.92	43.49	4.57	41.20	23.55	17.65	0.0235	0.5238
7	744.42	185.46	57.52	61.42	3.90	59.47	23.33	36.13	0.0486	0.4580
8	769.77	185.47	57.55	61.67	4.12	59.61	23.50	36.11	0.0469	0.4680
9	765.39	185.34	57.56	61.64	4.08	59.60	23.89	35.71	0.0467	0.4659
10	753.23	186.92	76.41	79.99	3.58	78.20	23.58	54.61	0.0725	0.4211
11	753.28	186.81	76.42	79.97	3.54	78.20	23.06	55.14	0.0732	0.4160
12	757.53	186.83	76.42	79.99	3.57	78.20	23.10	55.10	0.0727	0.4165
13	757.62	187.91	95.23	98.26	3.04	96.74	23.05	73.70	0.0973	0.3587
14	748.24	188.17	95.26	98.33	3.07	96.80	22.87	73.93	0.0988	0.3677
15	758.02	188.39	95.28	98.35	3.07	96.81	22.97	73.85	0.0974	0.3637

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL911
Test Report No.: 10COL911

Stuttgart, den 21.01.2011
Stuttgart, January 21st, 2011

Auftraggeber: *client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200**
Hersteller: *manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *type:*	**ENERGY + ARGO 25**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 16
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200
Ansprechpartner: *contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *type:*	ENERGY + ARGO 25 *ENERGY + ARGO 25*
Herstellernummer: *serial no.:*	1081 *1081*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C911AS *C911AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.32 m² *2.32 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.30 m² *2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	2008 mm (von Prüflabor bestimmt) *2008 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1258 mm (von Prüflabor bestimmt) *1258 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	87 mm (von Prüflabor bestimmt) *87 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	43 kg *43 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.4 mm *0.4 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Mirotherm *Mirotherm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	4.05 Liter *4.05 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Parallel, Harfe *Parallel, harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	15 x 0.45 mm *15 x 0.45 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	100 mm *100 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupfer-Rohr *22 mm Cu-Tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	30 kg/m³ *30 kg/m³*	30 kg/m³ *30 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	200 °C (von Prüflabor bestimmt) *200 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	16 bar *16 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Antifreeze / water - mixture *Antifreeze / water - mixture*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- COLLECTOR ENERGY EVO D15 2,5m² Sa, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010
- *COLLECTOR ENERGY EVO D15 2,5m² Sa, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ
- Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155
- *ITW data sheet collector*
- *Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ*
- *Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Technical installation manual for the solar System
- *technical installation manual for the solar System*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + ARGO 25. *The test report is valid for collector type ENERGY + ARGO 25 as specified above.*

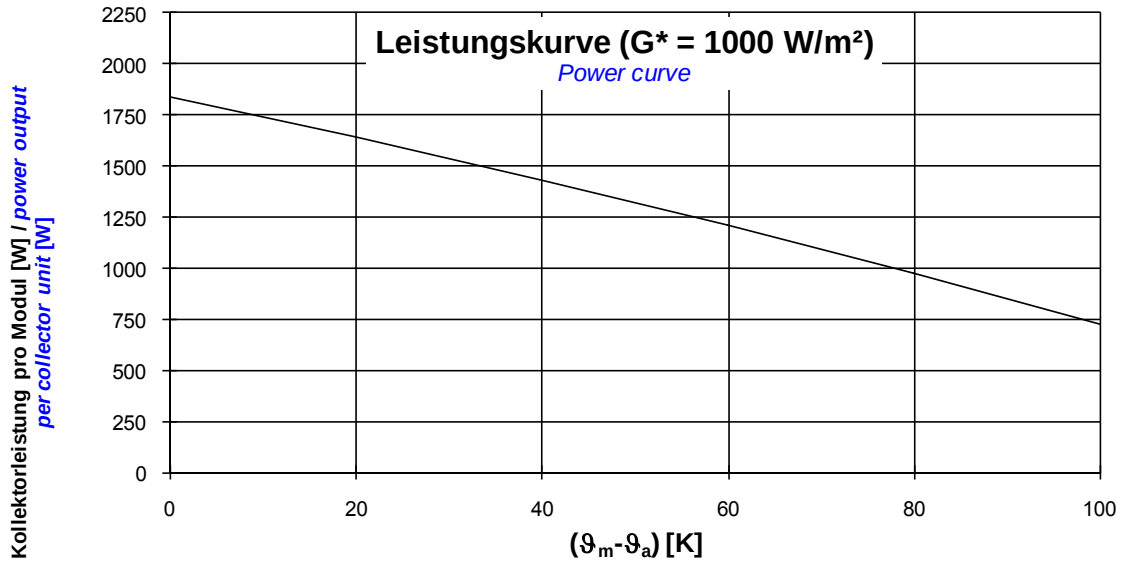
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.794
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	4.114
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.007
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	0.948
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	13.550
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.32
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1842



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	737	1289	1842
20	539	1092	1645
40	329	882	1434
60	106	658	1211
80	0 *)	422	975
100	0 *)	173	725

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	05.08. – 11.01.2011
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 21.01.2011

Harald Drück

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.794**	a_1 = **4.114 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.007 W/(m²K²)**	c = **13.550 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.79	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	472	568	618
4	429	517	561
5	393	**469**	508
6	360	425	459

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.802 [-]
b_0:	0.110 [-]
$K_{\theta d}$:	0.956 [-]
c_1:	4.114 [W/(m²K)]
c_2:	0.007 [W/(m²K²)]
c_5:	13.550 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.79	0

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

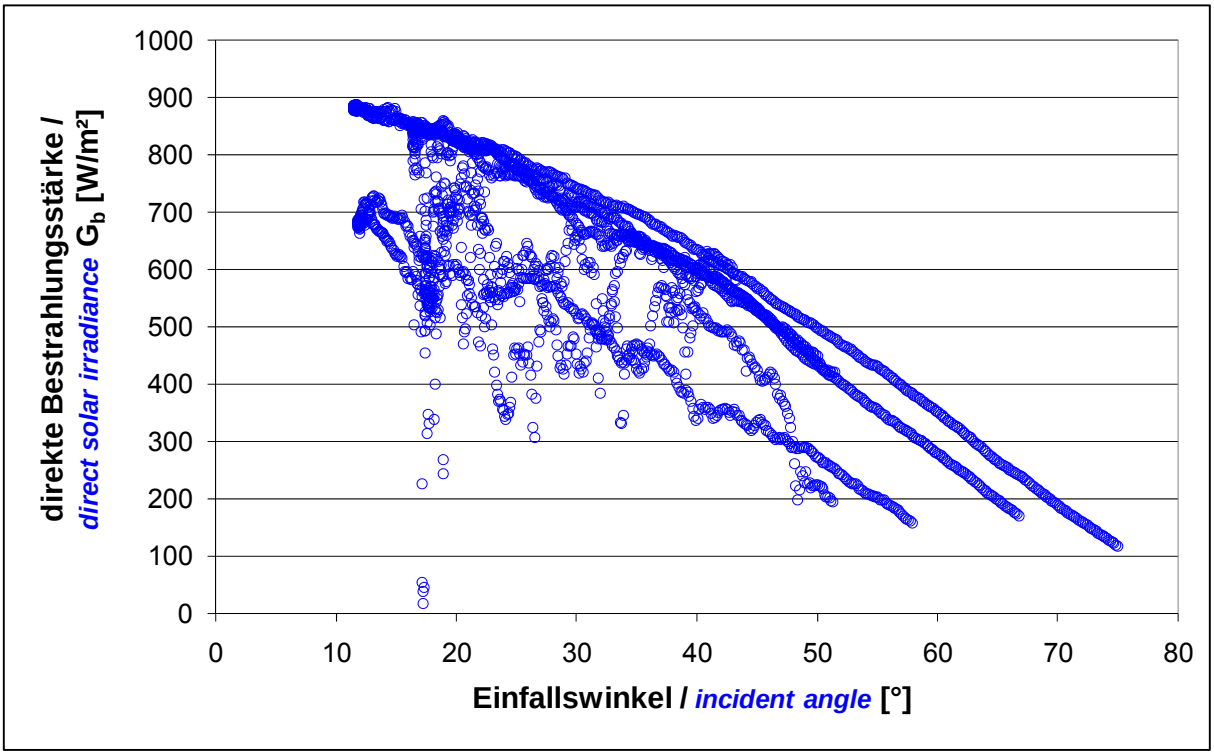


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

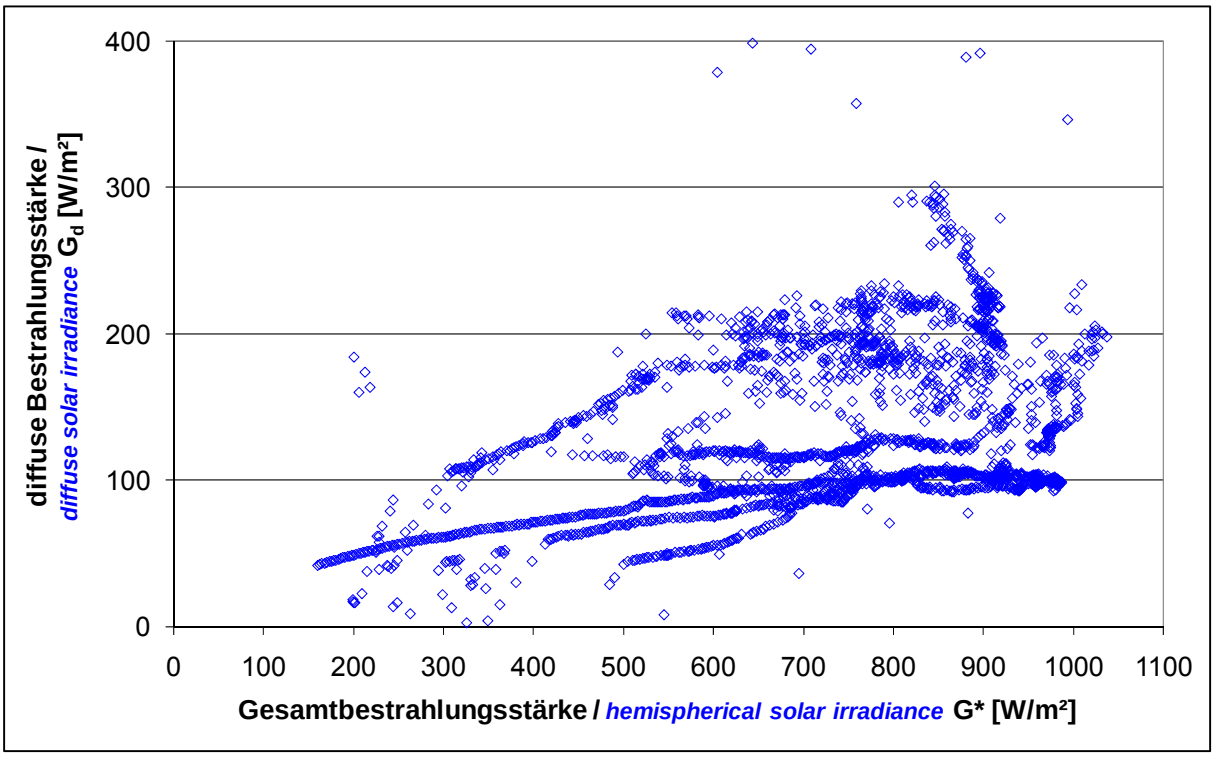


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

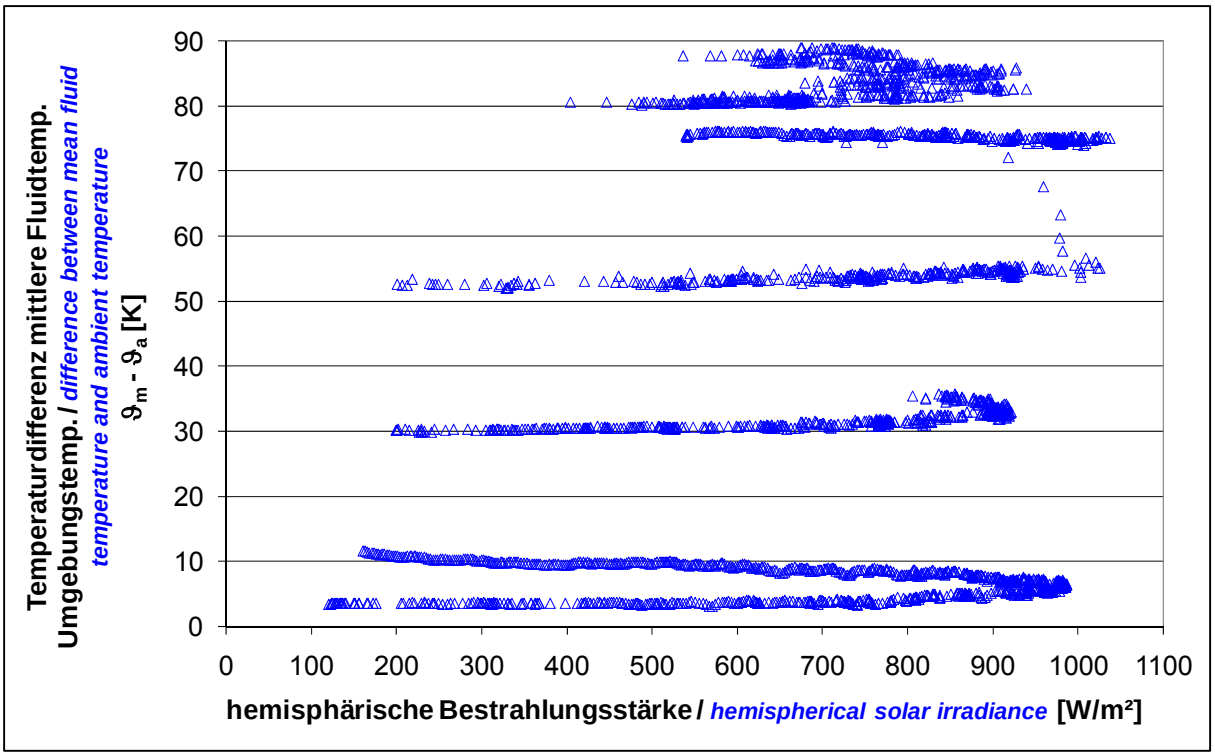


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL911Q
Test Report No.: 10COL911Q

Stuttgart, den 21.01.2011
Stuttgart, January 21st, 2011

Auftraggeber: *client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200** **Greece**
Hersteller: *manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *type:*	**ENERGY + ARGO 25**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 8
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 8
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 8
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 9
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 9
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 10
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 10
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 11
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 14
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 14
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200 Greece
Ansprechpartner: *contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *type:*	ENERGY + ARGO 25 *ENERGY + ARGO 25*
Herstellernummer: *serial no.:*	1081 *1081*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C911AS *C911AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.32 m² *2.32 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.30 m² *2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	2008 mm (von Prüflabor bestimmt) *2008 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1258 mm (von Prüflabor bestimmt) *1258 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	87 mm (von Prüflabor bestimmt) *87 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	43 kg *43 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.4 mm *0.4 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Mirotherm *Mirotherm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	4.05 Liter *4.05 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Parallel, Harfe *Parallel, harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	15 x 0.45 mm *15 x 0.45 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	100 mm *100 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupfer-Rohr *22 mm Cu-Tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	30 kg/m³ *30 kg/m³*	30 kg/m³ *30 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	200 °C (von Prüflabor bestimmt) *200 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	16 bar *16 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Antifreeze / water - mixture *Antifreeze / water - mixture*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- COLLECTOR ENERGY EVO D15 2,5m² Sa, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010
- *COLLECTOR ENERGY EVO D15 2,5m² Sa, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ
- Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155

- *ITW data sheet collector*
- *Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ*
- *Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Technical installation manual for the solar System
- *technical installation manual for the solar System*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + ARGO 25 sowie für die baugleichen Kollektoren ENERGY + ARGO 23, ENERGY + ARGO 20, ENERGY + ARGO 19, ENERGY + ARGO 17 und ENERGY + ARGO 15. *The test report is valid for collector type ENERGY + ARGO 25 as specified above as well as for the collectors ENERGY + ARGO 23, ENERGY + ARGO 20, ENERGY + ARGO 19, ENERGY + ARGO 17 and ENERGY + ARGO 15 identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 09.08.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
16	**24**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 22.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1027**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 10.08.- 11.10.2010 63 Tage
Duration of exposure: *63 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
911	**35**	**81**	**58**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 01.09.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.2	**< 25**	**974**	**16**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 02.09.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.2	**< 25**	**977**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 20.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.7	**< 25**	**996**	**19**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 21.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.7	**< 25**	**971**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 11.10.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.2	**12**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 21.12.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 21.12.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 22.09.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1027	**196**	**21**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 200 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 11.01.2011
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 200 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 200 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	05.08. – 11.01.2011
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 21.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht

Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report

Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 10COL911S
Test Report No.: 10COL911S

Stuttgart, den 21. Januar 2011
Stuttgart, 21.01.2011

Auftraggeber: *Client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200** **Greece**
Hersteller: *Manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *Type:*	**ENERGY + ARGO 25** *ENERGY + ARGO 25*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2010** *2010*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt

General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200 Greece
Ansprechpartner: *Contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *Type:*	ENERGY + ARGO 25 *ENERGY + ARGO 25*
Herstellernummer: *Serial no.:*	1081 *1081*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C911AS *C911AS*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	1258 mm * 2008 mm *1258 mm * 2008 mm*	Fläche: 2.53 m² *Area: 2.53 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	1191 mm * 1944 mm *1191 mm * 1944 mm*	Fläche: 2.32 m² *Area: 2.32 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	1191 mm * 1835 mm + 2 * 1131 mm * 50 mm *1191 mm * 1835 mm* *+ 2 * 1131 mm * 50 mm*	Fläche: 2.30 m² *Fläche: 2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid *Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	43 kg *) *43 kg *)*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	4050 cm³ *) *4050 cm³ *)*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	87 mm *87 mm*
Material Gehäuserahmen: *Enclosure side material:*	Aluminium *Aluminium*
Material Rückwand: *Enclosure back material:*	Aluminium *Aluminium*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Profilrahmen Konstruktion *Profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	Mirotherm *) *Mirotherm* *)
Prüfdruck: *Test Pressure:*	24 bar *24 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Parallel *Parallel*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	(1191 mm*1835 mm + 2*1131 mm*50 mm)*0.4 mm *(1191 mm * 1835 mm + 2 * 1131 mm * 50 mm)*0.4 mm*
Abstand Absorber - transp. Abdeckung: *Glazing to absorber air space thickness:*	21 mm *21 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Absorberrohr: *Riser tube outside diameter and wall thickness:*	15 x 0.45 mm *15 x 0.45 mm*
Länge Absorberrohr zwischen Sammelrohren: *Length of riser tube between headers:*	1886 mm *1886 mm*
Anzahl Absorberrohre: *Number of riser tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *Spacing between riser tubes:*	100 mm *100 mm*
Verbindung Absorber- und Sammelrohr *riser tube to header connection method:*	Gelötet *Brazed*
Verbindung zwischen Absorber und Absorberrohr *Bond between riser and fin / plate:*	Lasergeschweißt *laser welded*
Min. Dicke Verbindung Absorber Rohr *Minimum thickness of bond material between the fin / plate and the riser tube:*	0 mm (kein zusätzlicher Materialeintrag, da Laser geschweißt) *0 mm (no additional material used due to laser welding)*
Breite Verbindung Absorber Rohr: *Bond width:*	6 mm *6 mm*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Abdeckungen: *Number of covers:*	1 *1*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	1961 mm * 1212 mm * 4.0 mm *1961 mm * 1212 mm * 4.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *Back side*	Seitlich *Sidewards*
Material: *Material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *Manufacturer:*	Keine Angaben *) *Not specified* *)	keine Angaben *) *Not specified* *)
Dicke: *Thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	200 °C (von Prüflabor bestimmt) *200 °C (determined by test laboratory)*
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + ARGO 25 sowie für die baugleichen Kollektoren ENERGY + ARGO 23, ENERGY + ARGO 20, ENERGY + ARGO 19, ENERGY + ARGO 17 und ENERGY + ARGO 15.

The test report is valid for collector type ENERGY + ARGO 25 as specified above as well as for the collectors ENERGY + ARGO 23, ENERGY + ARGO 20, ENERGY + ARGO 19, ENERGY + ARGO 17 and ENERGY + ARGO 15 identical in construction.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 05. August 2010
Date: 05.08.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 09. August 2010
Date: 09.08.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
16	**24**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 10.08. - 11.10.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 63 Tage
Duration of exposure: 63 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
911	**31**	**81**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 01. September 2010
1. Test: 01.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.2	**< 25**	**974**	**16**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 02. September 2010
2. Test: 02.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.2	**< 25**	**977**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 06. September 2010
3. Test: 06.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.3	**< 25**	**965**	**16**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel

Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 20. September 2010
Date: 20.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
2.3	**14**	**971**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
191	**71**	**20**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)

Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 15. Dezember 2010
Date: 15.12.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
16	**24**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

8. Druckverlust

Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 04. Dezember 2010
Date: 04.12.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.000024**
b [(mbar h)/l)]	**0.001850**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

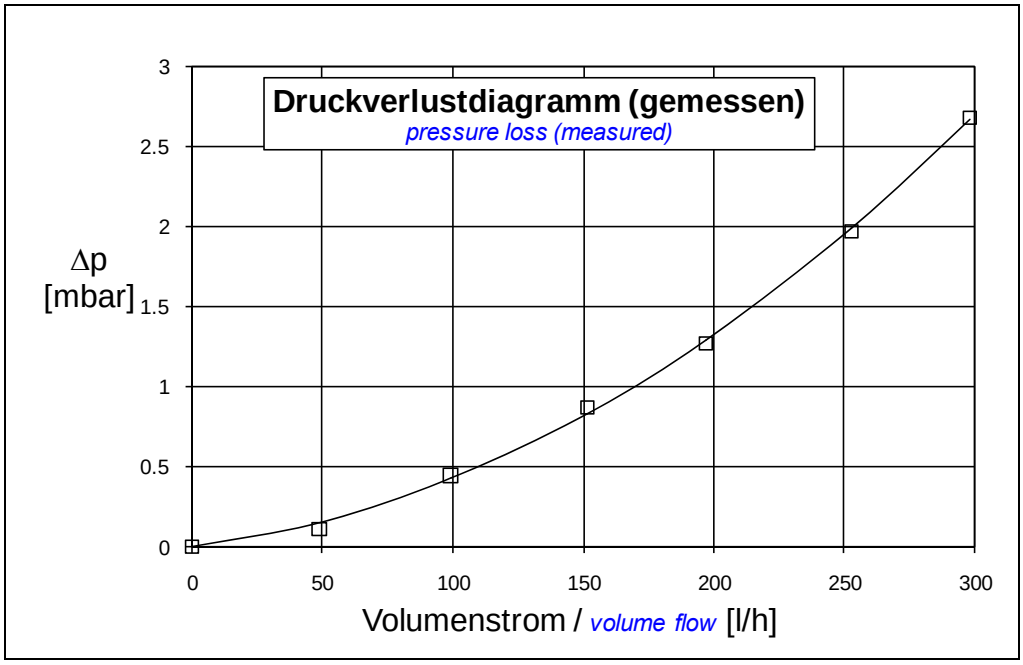


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	49.3	99.5	151.3	196.8	252.4	297.7
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.1	0.4	0.9	1.3	2.0	2.7

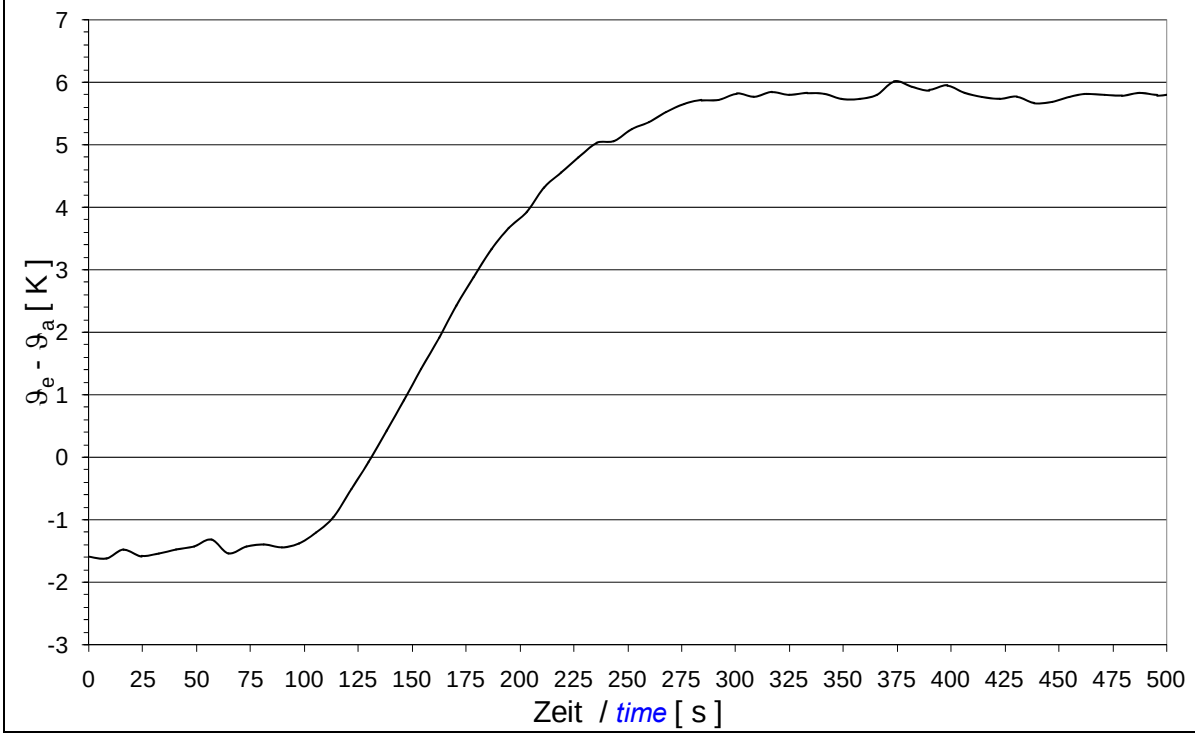
9. Kollektorzeitkonstante

Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 02. Dezember 2010
Date: 02.12.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	106

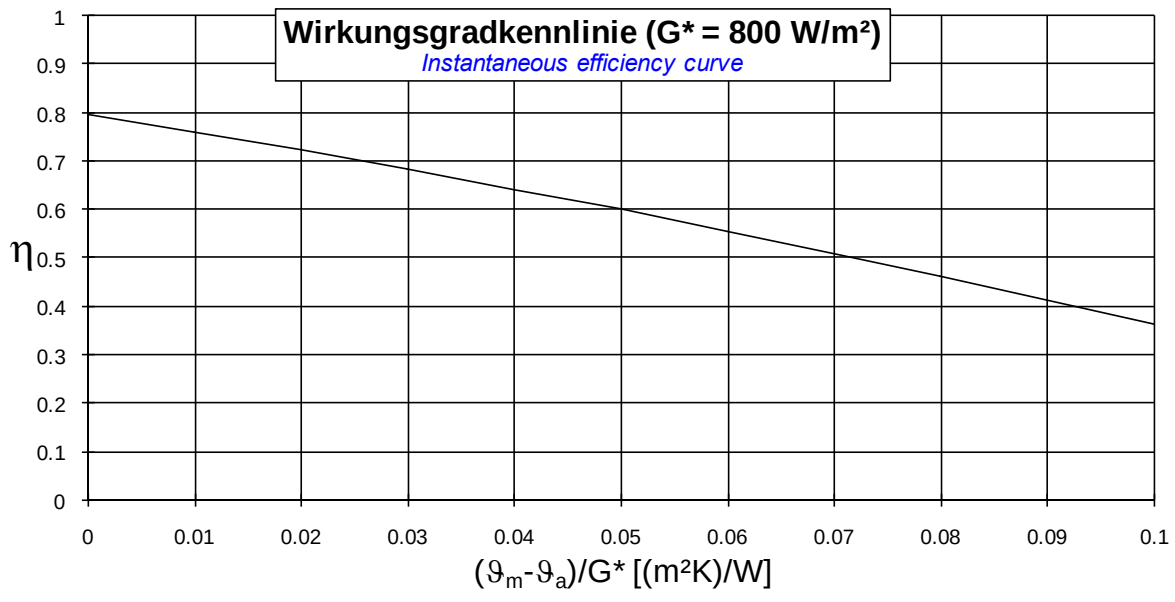


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.797
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	3.540
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.010
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.797	0.761	0.723	0.684	0.643	0.600	0.556	0.510	0.463	0.414	0.363

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 12. Oktober 2010
Date: 12.10.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta)$:	1.00	0.98	0.95	0.88	0.77

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 11. Januar 2011
Date: 11.01.2011

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Date of measurements:*	05.08.2010 – 11.01.2011
Prüfer: *Persons making measurements:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 21. Januar 2011

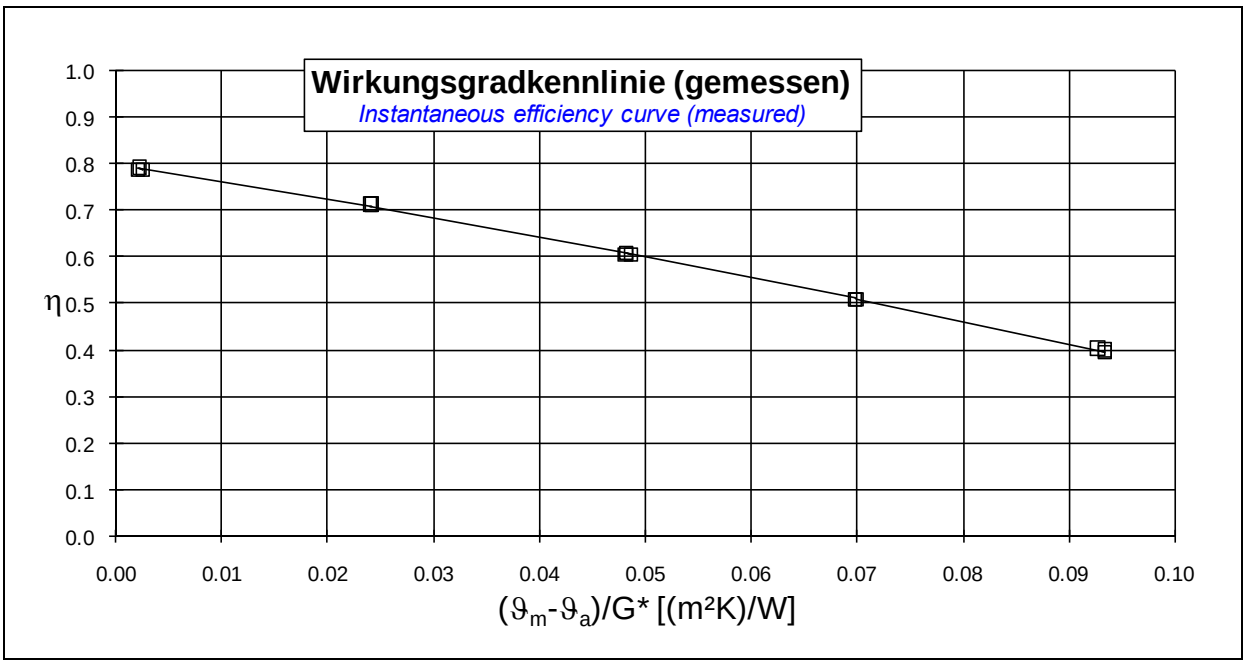
Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	791.14	165.54	19.90	27.44	7.54	23.67	21.94	1.73	0.0022	0.7893
2	794.34	165.62	19.92	27.47	7.55	23.69	21.70	1.99	0.0025	0.7883
3	785.36	165.34	19.95	27.41	7.47	23.68	22.08	1.60	0.0020	0.7869
4	789.21	169.98	38.75	45.34	6.58	42.05	23.01	19.04	0.0241	0.7101
5	791.32	169.85	38.77	45.38	6.61	42.08	23.03	19.04	0.0241	0.7100
6	792.56	169.68	38.81	45.44	6.63	42.12	23.15	18.98	0.0239	0.7104
7	791.33	172.37	57.42	62.96	5.54	60.19	22.02	38.17	0.0482	0.6059
8	780.66	172.02	57.46	62.94	5.48	60.20	22.22	37.98	0.0487	0.6060
9	786.34	172.46	57.48	63.02	5.53	60.25	22.37	37.87	0.0482	0.6093
10	793.70	173.98	76.35	80.96	4.61	78.66	23.28	55.38	0.0698	0.5093
11	793.74	173.75	76.35	80.97	4.62	78.66	23.30	55.36	0.0697	0.5095
12	792.43	173.79	76.36	80.97	4.61	78.67	23.25	55.42	0.0699	0.5096
13	791.30	175.35	95.08	98.61	3.53	96.85	22.97	73.87	0.0934	0.3971
14	789.88	175.39	95.09	98.63	3.54	96.86	23.09	73.77	0.0934	0.3986
15	793.75	175.36	95.12	98.70	3.58	96.91	23.19	73.72	0.0929	0.4011

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL933
Test Report No.: 10COL933

Stuttgart, den 11.02.2011
Stuttgart, February 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200**
Hersteller: *manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *type:*	**ENERGY + EVO 15**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte 13
Annex B: Measured Data

Anhang C: Leistungskurven 15
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 20
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200
Ansprechpartner: *contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *type:*	ENERGY + EVO 15 *ENERGY + EVO 15*
Herstellernummer: *serial no.:*	1216 *1216*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C933 *C933*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.51 m² *1.51 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.35 m² *1.35 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.34 m² *1.34 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	1501 mm (von Prüflabor bestimmt) *1501 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1007 mm (von Prüflabor bestimmt) *1007 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	87 mm (von Prüflabor bestimmt) *87 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	27 kg *27 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.4 mm *0.4 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Mirotherm *Mirotherm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.3 Liter *1.3 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Parallel, Harfe *Parallel, harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 0.4 mm *8 x 0.4 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	8 *8*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	100 mm *100 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupfer-Rohr *22 mm Cu-Tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	30 kg/m³ *30 kg/m³*	30 kg/m³ *30 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	187 °C (von Prüflabor bestimmt) *187 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	16 bar *16 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Antifreeze / water - mixture *Antifreeze / water - mixture*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- COLLECTOR ENERGY EVO 1,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010
- *COLLECTOR ENERGY EVO 1,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ
- Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155
- *ITW data sheet collector*
- *Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ*
- *Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Technical installation manual for the solar System
- *technical installation manual for the solar System*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + EVO 15 sowie für die baugleichen Kollektoren ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19 und ENERGY + EVO 17.

The test report is valid for collector type ENERGY + EVO 15 as specified above as well as for the collectors ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19 and ENERGY + EVO 17 identical in construction.

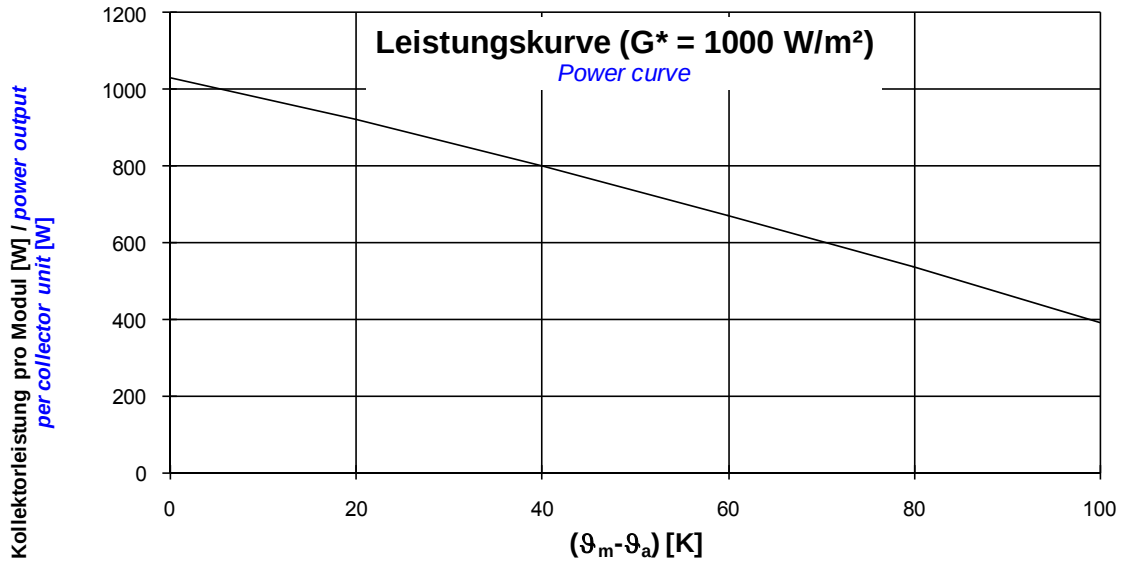
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.764
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	3.953
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.008
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	0.934
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	12.880
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.35
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1031



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	413	722	1031
20	302	611	920
40	182	491	801
60	53	363	672
80	0 *)	226	535
100	0 *)	80	390

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	01. – 06.09.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 11.02.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.764**	a_1 = **3.953 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.008 W/(m²K²)**	c = **12.880 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	452	544	592
4	411	496	539
5	377	**452**	490
6	347	412	445

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.768 [-]
b_0:	0.139 [-]
$K_{\theta d}$:	0.993 [-]
c_1:	3.953 [W/(m²K)]
c_2:	0.008 [W/(m²K²)]
c_5:	12.880 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

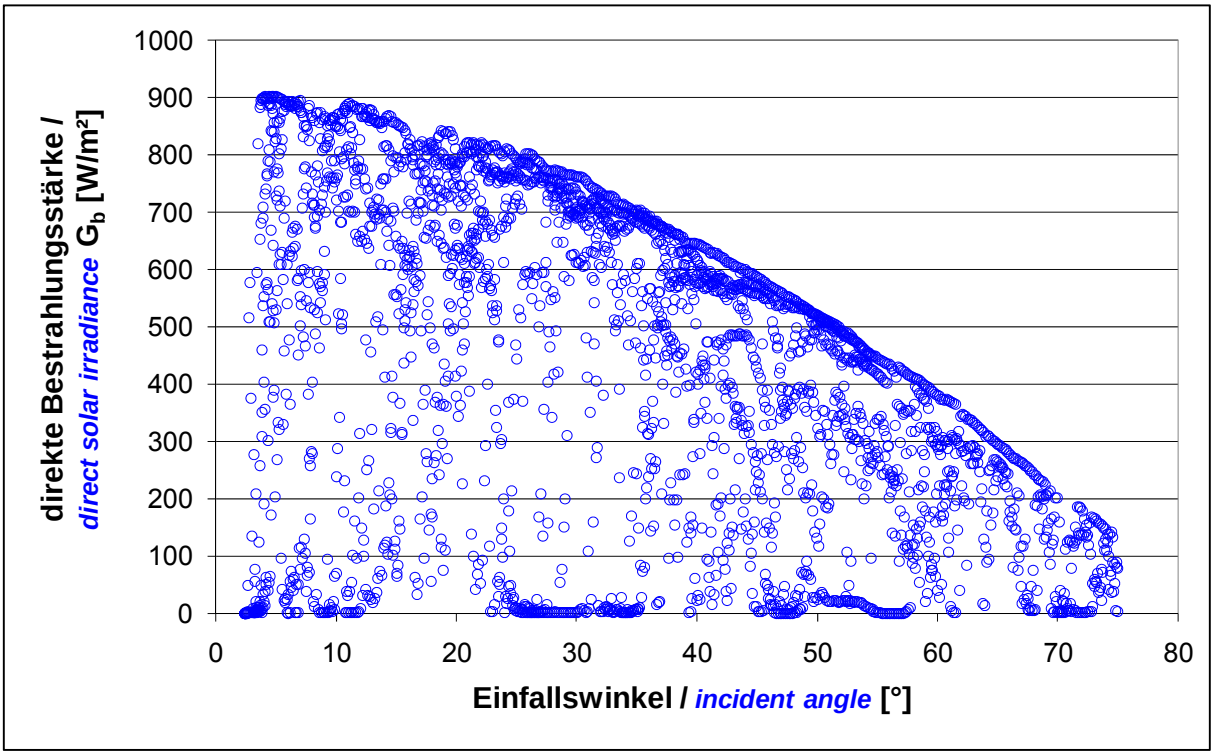


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

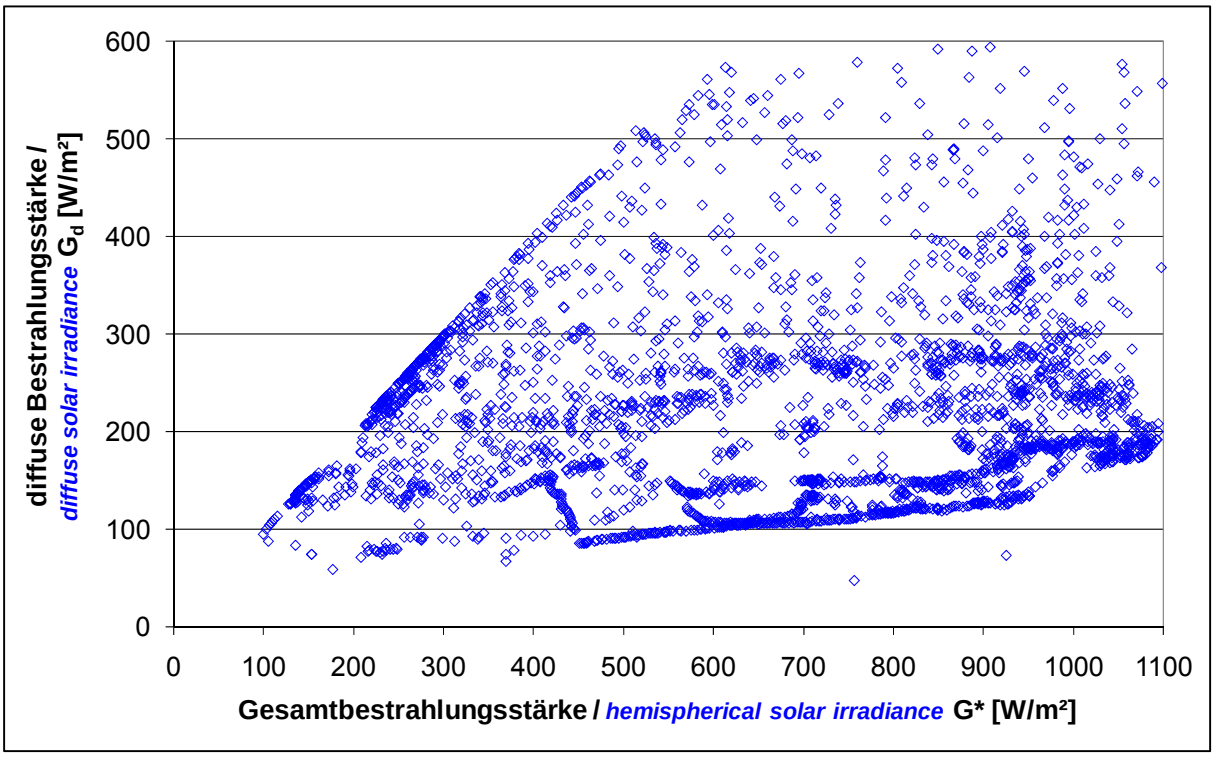


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

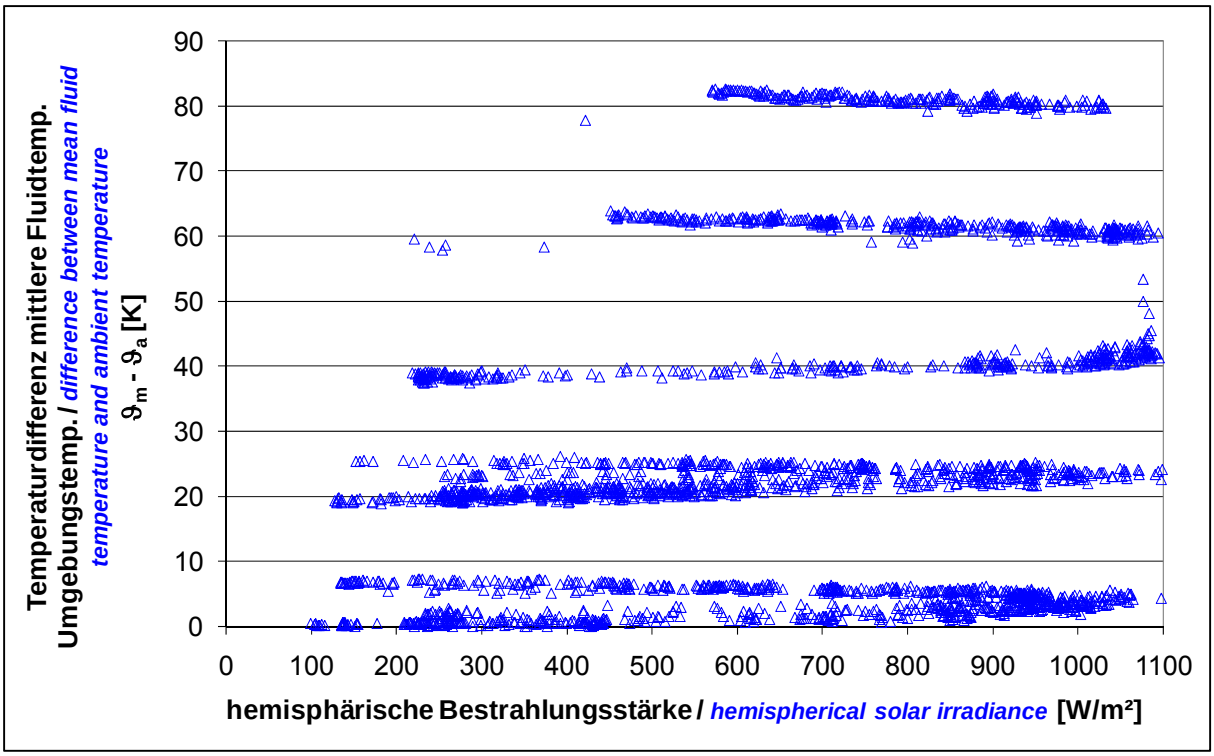


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für ENERGY + EVO 17

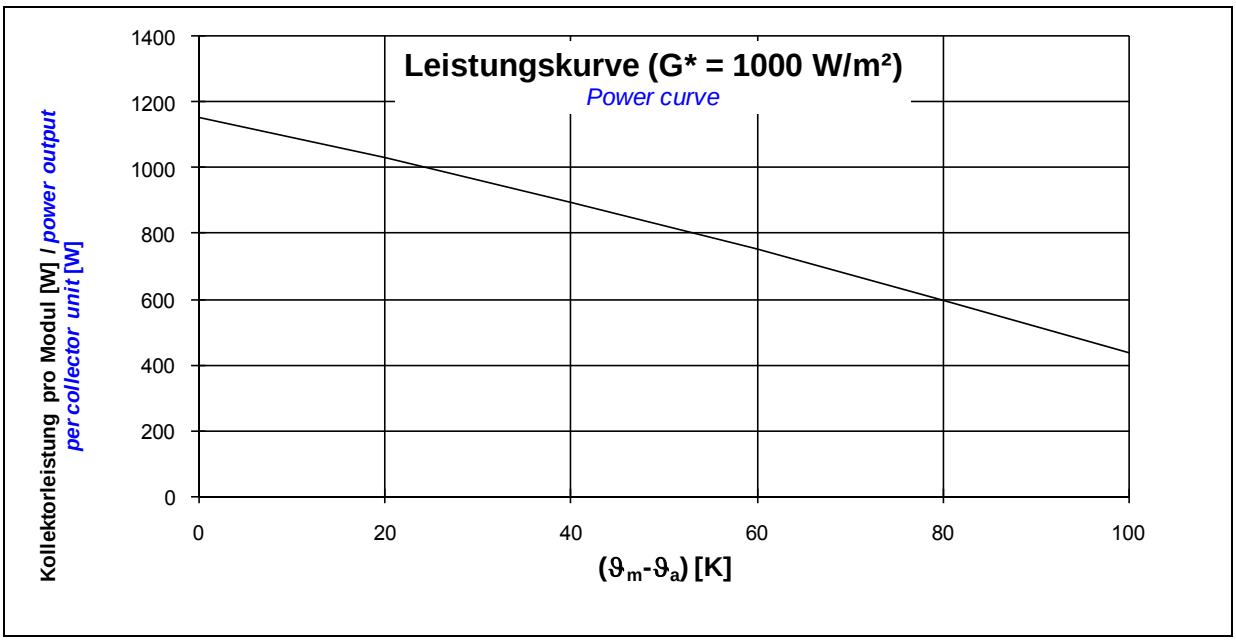
Annex C.1: Power curve for ENERGY + EVO 17

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.51 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.764
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 3.953 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.008 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1154 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	461	808	1154
20	337	683	1029
40	203	549	896
60	60	406	752
80	0 *)	253	599
100	0 *)	90	436

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für ENERGY + EVO 19

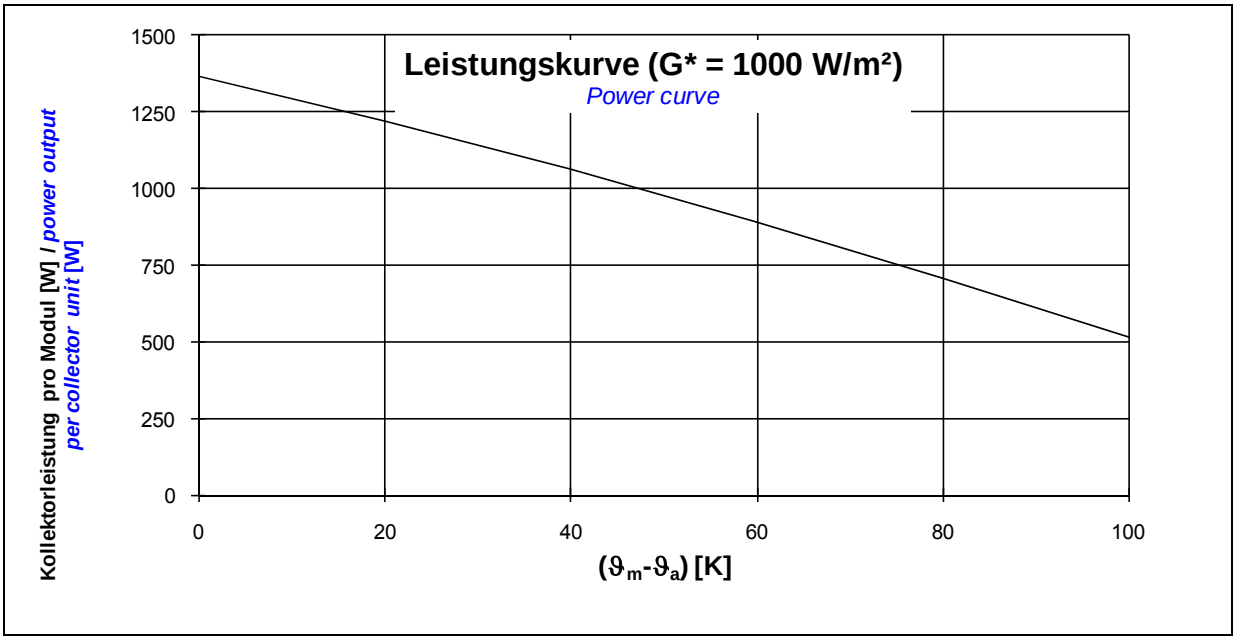
Annex C.2: Power curve for ENERGY + EVO 19

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.79 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.764
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 3.953 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.008 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$ = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1368 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	547	957	1368
20	400	810	1220
40	241	651	1062
60	71	481	891
80	0 *)	300	710
100	0 *)	107	517

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für ENERGY + EVO 20

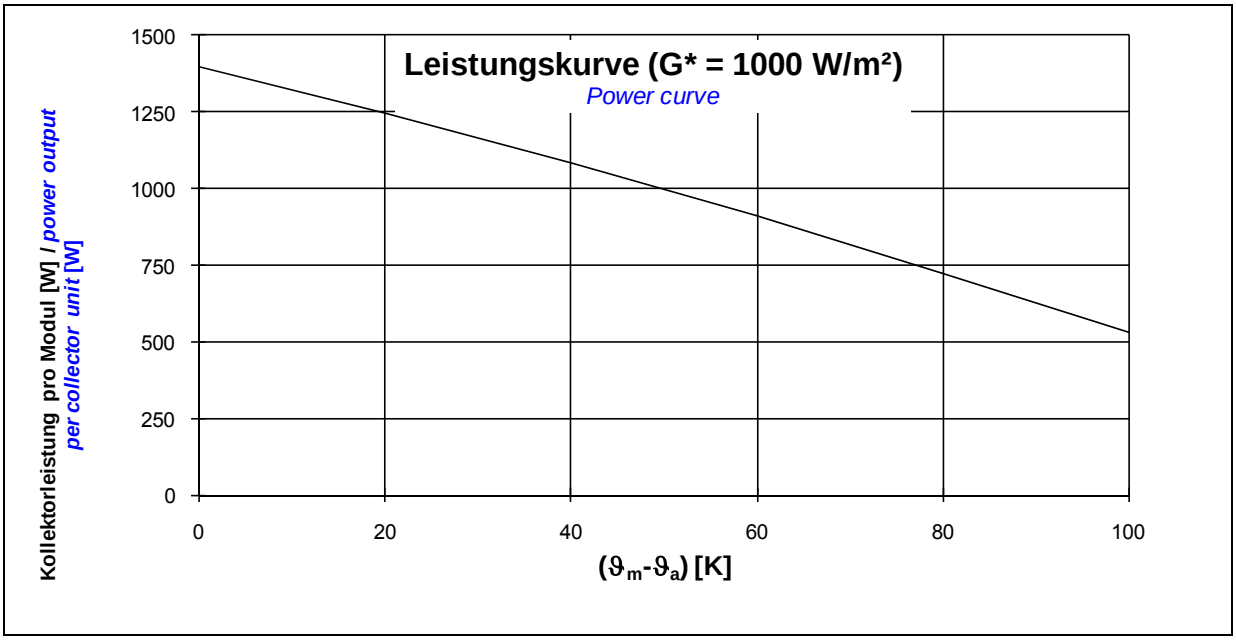
Annex C.3: Power curve for ENERGY + EVO 20

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.83 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.764
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 3.953 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.008 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$ = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1398 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	559	979	1398
20	409	828	1248
40	246	666	1085
60	73	492	911
80	0 *)	306	726
100	0 *)	109	528

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.4: Leistungskurve für ENERGY + EVO 23

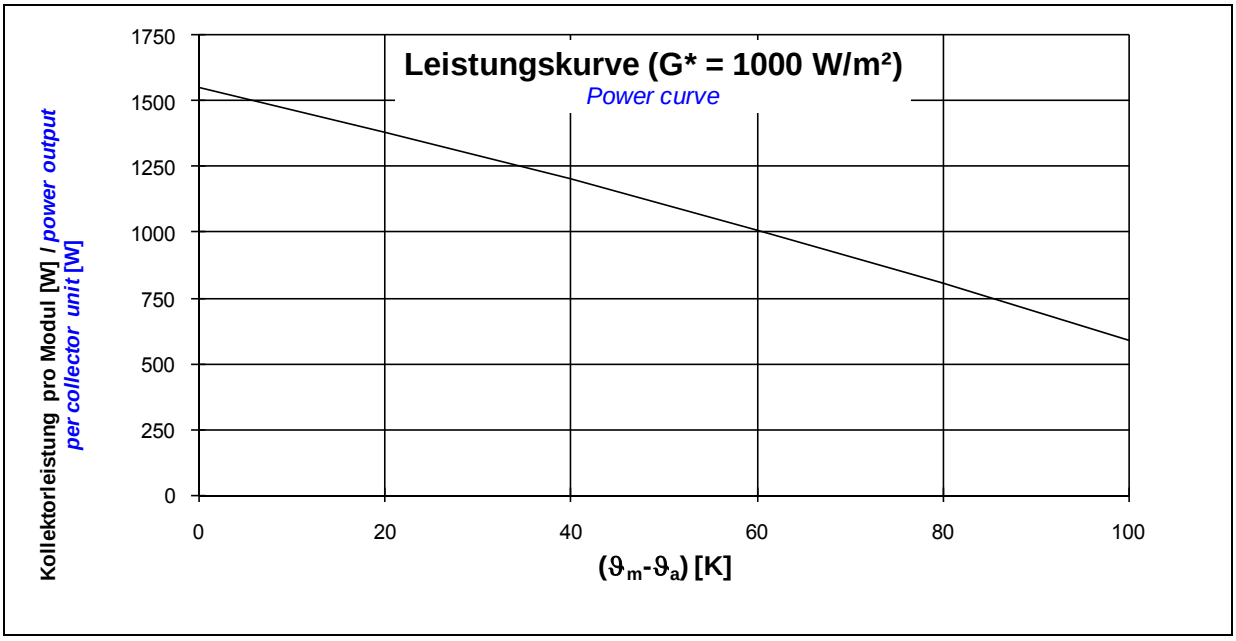
Annex C.4: Power curve for ENERGY + EVO 19

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.03 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.764
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 3.953 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.008 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$ = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1551 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	620	1086	1551
20	453	919	1384
40	273	739	1204
60	80	546	1011
80	0 *)	340	805
100	0 *)	121	586

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL934
Test Report No.: 10COL934

Stuttgart, den 11.02.2011
Stuttgart, February 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200**
Hersteller: *manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *type:*	**ENERGY + EVO 25**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte 13
Annex B: Measured Data

Anhang C: Nomenklatur 14
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200
Ansprechpartner: *contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *type:*	ENERGY + EVO 25 *ENERGY + EVO 25*
Herstellernummer: *serial no.:*	1115 *1115*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C934AS *C934AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.31 m² *2.31 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.30 m² *2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	2008 mm (von Prüflabor bestimmt) *2008 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1258 mm (von Prüflabor bestimmt) *1258 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	87 mm (von Prüflabor bestimmt) *87 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	41 kg *41 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.4 mm *0.4 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Mirotherm *Mirotherm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.9 Liter *1.9 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Parallel, Harfe *Parallel, harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 0.4 mm *8 x 0.4 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	100 mm *100 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupfer-Rohr *22 mm Cu-Tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	30 kg/m³ *30 kg/m³*	30 kg/m³ *30 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	187 °C (von Prüflabor bestimmt) *187 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	16 bar *16 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Antifreeze / water - mixture *Antifreeze / water - mixture*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010
- *COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ
- Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155
- *ITW data sheet collector*
- *Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ*
- *Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Technical installation manual for the solar System
- *technical installation manual for the solar System*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + EVO 25. *The test report is valid for collector type ENERGY + EVO 25 as specified above.*

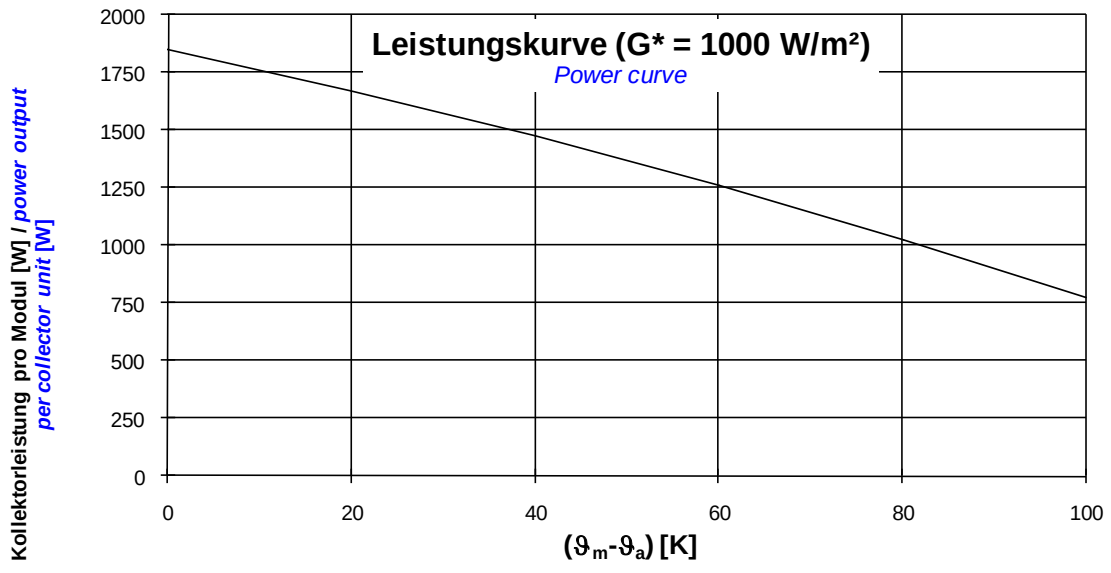
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.801
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	3.653
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.010
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	0.919
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	14.440
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.31
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1850



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	740	1295	1850
20	562	1117	1672
40	366	921	1476
60	151	706	1261
80	0 *)	472	1027
100	0 *)	220	775

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte im Innentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen.
Die Bestimmung des Konversionsfaktors, des Einfallwinkelkorrekturfaktors und der effektiven Wärmekapazität erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen.
Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The determination of the heat loss coefficients was carried out indoors under steady state conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."
The determination of the conversion factor, incident angle modifier and effective heat capacity was carried out outdoors under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."
Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	05.08. – 13.01.2011
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 11.02.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.801**	a_1 = **3.653 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.010 W/(m²K²)**	**c = 14.440 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.85	0.72	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	475	571	623
4	424	521	567
5	397	**473**	513
6	366	431	463

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte
Annex B: Measured Data

	G^*	$\dot{m}$	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_e - \vartheta_{in}$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$	η
Nr	**[W/m²]**	**[kg/h]**	**[°C]**	**[°C]**	**[K]**	**[°C]**	**[°C]**	**[K]**	**[(m²K)/W]**	**[-]**
1	777.51	164.93	20.88	28.31	7.43	24.59	23.09	1.50	0.0019	0.7923
2	773.63	164.98	20.88	28.30	7.43	24.59	23.45	1.14	0.0015	0.7963
3	751.06	164.70	20.89	28.13	7.24	24.51	23.32	1.19	0.0016	0.7977
4	784.04	168.66	38.67	45.21	6.55	41.94	22.92	19.02	0.0243	0.7081
5	788.90	168.76	38.69	45.27	6.58	41.98	23.10	18.88	0.0239	0.7079
6	795.84	168.97	38.74	45.40	6.65	42.07	23.29	18.78	0.0236	0.7102
7	773.47	171.38	57.38	62.87	5.49	60.12	23.59	36.54	0.0472	0.6130
8	770.66	171.28	57.40	62.87	5.47	60.13	23.52	36.62	0.0475	0.6134
9	770.79	171.23	57.41	62.86	5.45	60.13	23.27	36.87	0.0478	0.6105
10	785.52	172.87	76.22	80.77	4.56	78.50	23.80	54.69	0.0696	0.5075
11	784.03	173.26	76.23	80.78	4.54	78.51	23.83	54.67	0.0697	0.5082
12	782.93	172.97	76.24	80.79	4.54	78.52	23.93	54.59	0.0697	0.5082
13	786.94	174.48	94.96	98.49	3.53	96.73	23.96	72.76	0.0925	0.3987
14	788.41	174.17	94.98	98.53	3.55	96.75	24.15	72.60	0.0921	0.3995
15	797.76	174.56	94.99	98.62	3.63	96.81	24.30	72.51	0.0909	0.4048

Tabelle B.1: Messwerte
Table B.1: Measured values

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL934Q
Test Report No.: 10COL934Q

Stuttgart, den 11.02.2011
Stuttgart, February 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200** **Greece**
Hersteller: *manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *type:*	**ENERGY + EVO 25**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 8
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 8
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 8
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 9
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 9
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 10
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 10
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 11
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 14
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 14
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200 Greece
Ansprechpartner: *contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *type:*	ENERGY + EVO 25 *ENERGY + EVO 25*
Herstellernummer: *serial no.:*	1115 *1115*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C934AS *C934AS*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.31 m² *2.31 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.30 m² *2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	2008 mm (von Prüflabor bestimmt) *2008 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1258 mm (von Prüflabor bestimmt) *1258 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	87 mm (von Prüflabor bestimmt) *87 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	41 kg *41 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.4 mm *0.4 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Mirotherm *Mirotherm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.9 Liter *1.9 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Parallel, Harfe *Parallel, harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 0.4 mm *8 x 0.4 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	100 mm *100 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupfer-Rohr *22 mm Cu-Tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *manufacturer:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	Keine Angabe *not specified*	Keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	30 kg/m³ *30 kg/m³*	30 kg/m³ *30 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	187 °C (von Prüflabor bestimmt) *187 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	16 bar *16 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Antifreeze / water - mixture *Antifreeze / water - mixture*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	Keine Angabe *not specified*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010
- *COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ
- Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155
- *ITW data sheet collector*
- *Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ*
- *Test Report outgassing of thermal insulation materials in solar-thermal flat plate collectors with antireflective coated glass Nr. 09155*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Technical installation manual for the solar System
- *technical installation manual for the solar System*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + EVO 25 sowie für die baugleichen Kollektoren ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19, ENERGY + EVO 17 und ENERGY + EVO 15.

The test report is valid for collector type ENERGY + EVO 25 as specified above as well as for the collectors ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19, ENERGY + EVO 17 and ENERGY + EVO 15 identical in construction.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 20.10.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
16	**24**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 22.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1027**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 07.08.- 18.10.2010 73 Tage
Duration of exposure: *73 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
1027	**39**	**103**	**65**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 10.08.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**1027**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 01.09.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**974**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 06.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.7	**< 25**	**982**	**16**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 22.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.1	**< 25**	**981**	**22**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 13.10.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.5	**11**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 13.01.2011
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 13.01.2011
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 22.09.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1027	**182**	**21**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 187 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 13.01.2011
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 187 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 187 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	05.08. – 13.01.2011
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 11.02.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht

Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report

Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 10COL934S
Test Report No.: 10COL934S

Stuttgart, den 11. Februar 2011
Stuttgart, 11.02.2011

Auftraggeber: *Client:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems** **2nd klm. Argos - Nafplion** **Argos 21200** **Greece**
Hersteller: *Manufacturer:*	**DIMAS SA Solar Energy Systems**
Typ: *Type:*	**ENERGY + EVO 25** *ENERGY + EVO 25*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2010** *2010*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt

General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	DIMAS SA Solar Energy Systems 2nd klm. Argos - Nafplion Argos 21200 Greece
Ansprechpartner: *Contact person:*	Tassos Dimas Tel.: +30 275 1020920 Fax: +30 275 1062671 E-Mail: dimas@arg.forthnet.gr
Typ: *Type:*	ENERGY + EVO 25 *ENERGY + EVO 25*
Herstellernummer: *Serial no.:*	1115 *1115*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C934AS *C934AS*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	1258 mm * 2008 mm *1258 mm * 2008 mm*	Fläche: 2.53 m² *Area: 2.53 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	1191 mm * 1941 mm *1191 mm * 1941 mm*	Fläche: 2.31 m² *Area: 2.31 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	1191 mm * 1833 mm + 2 * 1130 mm * 50 mm *1191 mm * 1833 mm* *+ 2 * 1130 mm * 50 mm*	Fläche: 2.30 m² *Fläche: 2.30 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid *Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	41 kg *) *41 kg *)*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	1900 cm³ *) *1900 cm³ *)*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	87 mm *87 mm*
Material Gehäuserahmen: *Enclosure side material:*	Aluminium *Aluminium*
Material Rückwand: *Enclosure back material:*	Aluminium *Aluminium*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Profilrahmen Konstruktion *Profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	Mirotherm *) *Mirotherm* *)
Prüfdruck: *Test Pressure:*	24 bar *24 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Parallel *Parallel*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	(1191 mm*1833 mm + 2*1130 mm*50 mm)*0.4 mm *(1191 mm * 1833 mm + 2 * 1130 mm * 50 mm)*0.4 mm*
Abstand Absorber - transp. Abdeckung: *Glazing to absorber air space thickness:*	21 mm *21 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	22 x 0.7 mm *22 x 0.7 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Absorberrohr: *Riser tube outside diameter and wall thickness:*	8 x 0.4 mm *8 x 0.4 mm*
Länge Absorberrohr zwischen Sammelrohren: *Length of riser tube between headers:*	1886 mm *1886 mm*
Anzahl Absorberrohre: *Number of riser tubes:*	11 *11*
Abstand der Absorberrohre: *Spacing between riser tubes:*	100 mm *100 mm*
Verbindung Absorber- und Sammelrohr *riser tube to header connection method:*	Gelötet *Brazed*
Verbindung zwischen Absorber und Absorberrohr *Bond between riser and fin / plate:*	Lasergeschweißt *laser welded*
Min. Dicke Verbindung Absorber Rohr *Minimum thickness of bond material between the fin / plate and the riser tube:*	0 mm (kein zusätzlicher Materialeintrag, da Laser geschweißt) *0 mm (no additional material used due to laser welding)*
Breite Verbindung Absorber Rohr: *Bond width:*	6 mm *6 mm*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Abdeckungen: *Number of covers:*	1 *1*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Gehärtetes Solarglas *Tempered solar glass*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	1961 mm * 1212 mm * 4.0 mm *1961 mm * 1212 mm * 4.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *Back side*	Seitlich *Sidewards*
Material: *Material:*	Steinwolle *Glasswool*	Steinwolle *Glasswool*
Hersteller: *Manufacturer:*	Keine Angaben *) *Not specified* *)	keine Angaben *) *Not specified* *)
Dicke: *Thickness:*	30 mm *30 mm*	10 mm *10 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	EPDM + Silikon *EPDM + silicon*

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	187 °C (von Prüflabor bestimmt) *187 °C (determined by test laboratory)*
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ENERGY + EVO 25 sowie für die baugleichen Kollektoren ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19, ENERGY + EVO 17 und ENERGY + EVO 15.

The test report is valid for collector type ENERGY + EVO 25 as specified above as well as for the collectors ENERGY + EVO 23, ENERGY + EVO 20, ENERGY + EVO 19, ENERGY + EVO 17 and ENERGY + EVO 15 identical in construction.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 05. August 2010
Date: 05.08.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 05. August 2010
Date: 05.08.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
16	**24**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 07.08. - 18.10.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 73 Tage
Duration of exposure: 73 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
1027	**34**	**103**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 10. August 2010
1. Test: 10.08.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**1027**	**25**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 01. September 2010
2. Test: 01.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**974**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 02. September 2010
3. Test: 02.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**975**	**16**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel

Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 22. September 2010
Date: 22.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
2.2	**14**	**981**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
180	**49**	**22**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)

Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 20. Oktober 2010
Date: 20.10.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
16	**24**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

8. Druckverlust

Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 16. November 2010
Date: 16.11.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.00003260**
b [(mbar h)/l)]	**0.00783170**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

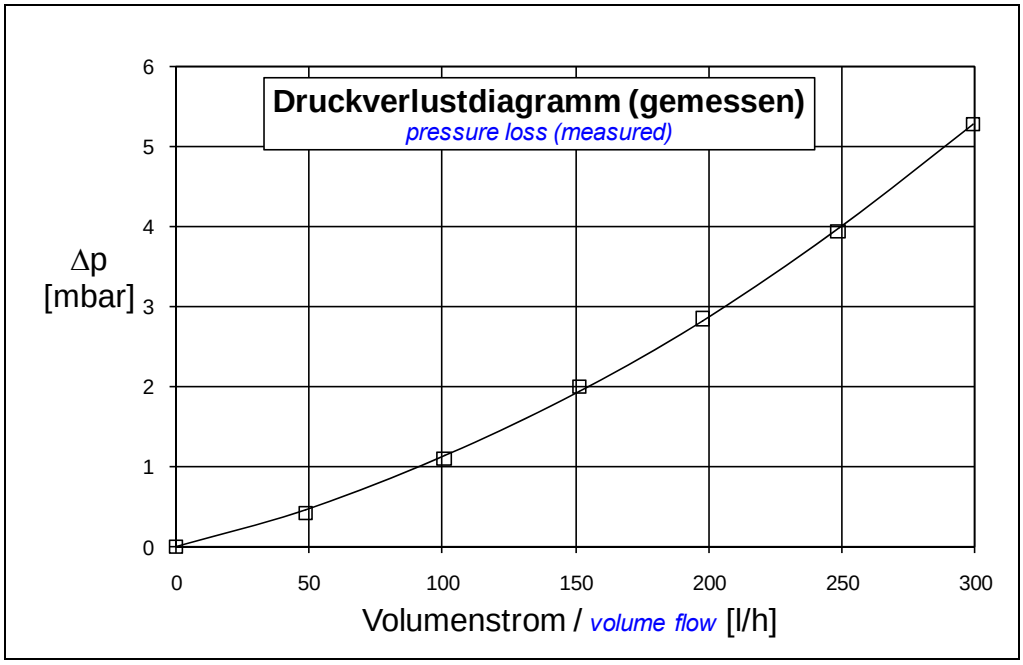


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	48.4	101.1	151.1	197.4	249.0	299.2
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.4	1.1	2.0	2.8	3.9	5.3

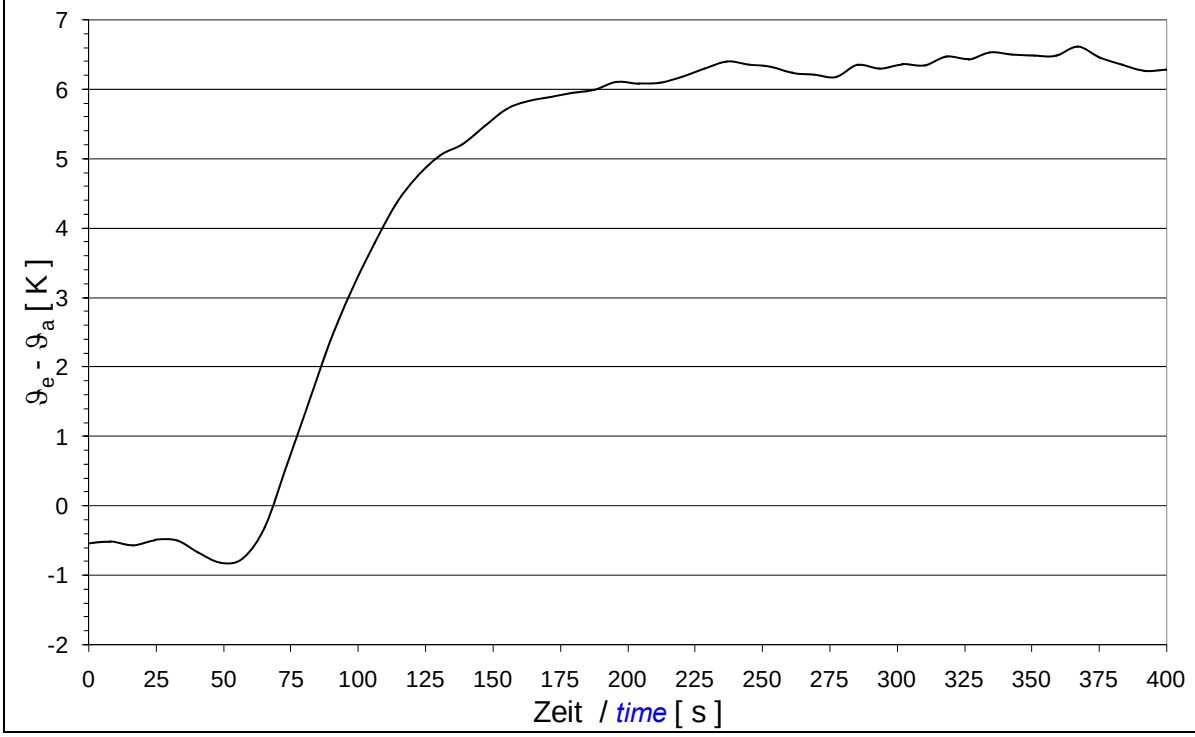
9. Kollektorzeitkonstante

Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 02. November 2010
Date: 02.11.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	65

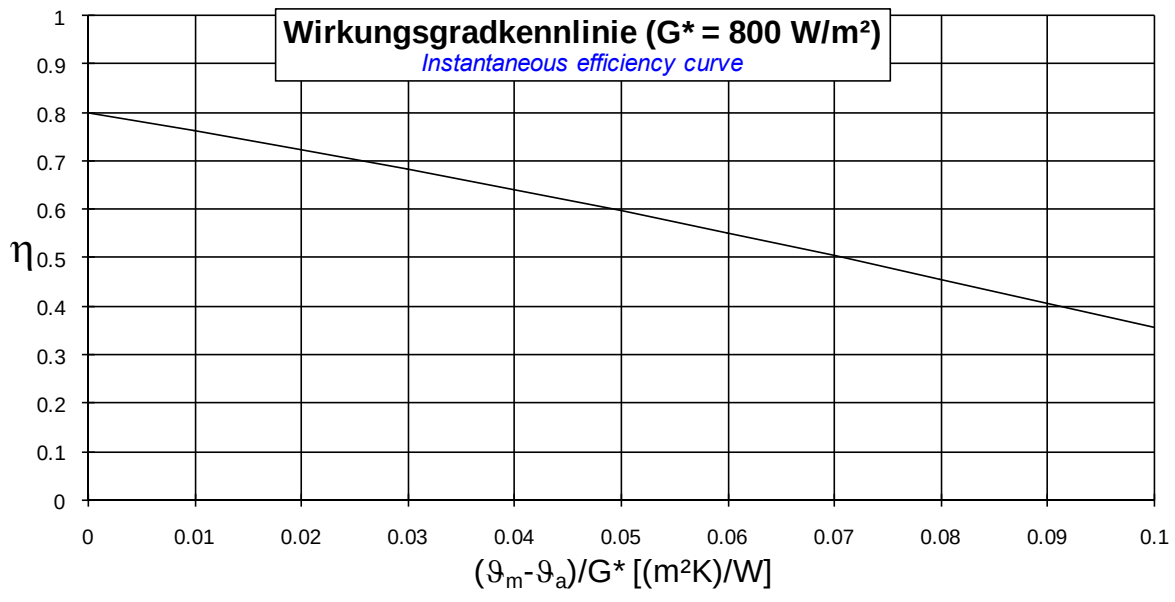


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.801
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	3.653
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.010
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.801	0.764	0.725	0.684	0.642	0.598	0.553	0.506	0.458	0.407	0.356

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor

Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 11. Januar 2011
Date: 11.01.2011

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta)$:	1.00	0.98	0.94	0.85	0.72

12. Endkontrolle

Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 13. Januar 2011
Date: 13.01.2011

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	29.07.2010
Prüfzeitraum: *Date of measurements:*	05.08.2010 – 13.01.2011
Prüfer: *Persons making measurements:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 11. Februar 2011

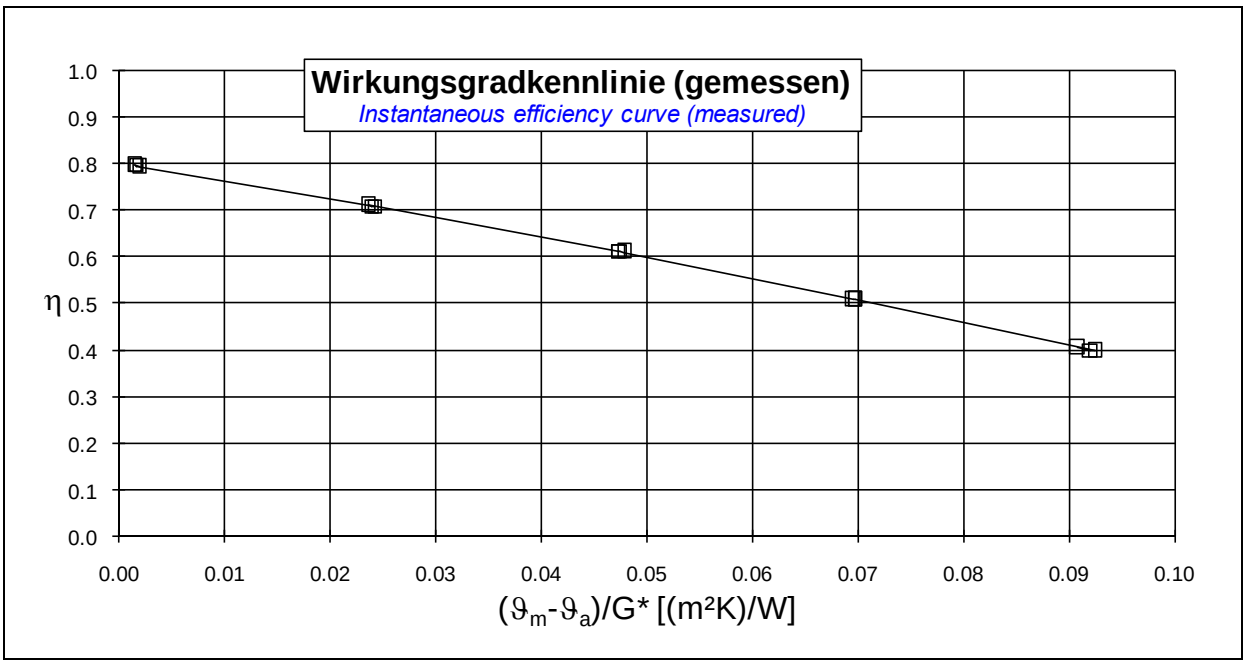
Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	777.51	164.93	20.88	28.31	7.43	24.59	23.09	1.50	0.0019	0.7923
2	773.63	164.98	20.88	28.30	7.43	24.59	23.45	1.14	0.0015	0.7963
3	751.06	164.70	20.89	28.13	7.24	24.51	23.32	1.19	0.0016	0.7977
4	784.04	168.66	38.67	45.21	6.55	41.94	22.92	19.02	0.0243	0.7081
5	788.90	168.76	38.69	45.27	6.58	41.98	23.10	18.88	0.0239	0.7079
6	795.84	168.97	38.74	45.40	6.65	42.07	23.29	18.78	0.0236	0.7102
7	773.47	171.38	57.38	62.87	5.49	60.12	23.59	36.54	0.0472	0.6130
8	770.66	171.28	57.40	62.87	5.47	60.13	23.52	36.62	0.0475	0.6134
9	770.79	171.23	57.41	62.86	5.45	60.13	23.27	36.87	0.0478	0.6105
10	785.52	172.87	76.22	80.77	4.56	78.50	23.80	54.69	0.0696	0.5075
11	784.03	173.26	76.23	80.78	4.54	78.51	23.83	54.67	0.0697	0.5082
12	782.93	172.97	76.24	80.79	4.54	78.52	23.93	54.59	0.0697	0.5082
13	786.94	174.48	94.96	98.49	3.53	96.73	23.96	72.76	0.0925	0.3987
14	788.41	174.17	94.98	98.53	3.55	96.75	24.15	72.60	0.0921	0.3995
15	797.76	174.56	94.99	98.62	3.63	96.81	24.30	72.51	0.0909	0.4048

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL938
Test Report No.: 10COL938

Stuttgart, den 15.12.2010
Stuttgart, December 15th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**FK Solartechnik GmbH** **Industriepark Kleinkoschen** **01968 Senftenberg**
Hersteller: *manufacturer:*	**FK Solartechnik GmbH**
Typ: *type:*	**FK Basic XL**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Prüfung der Schlagfestigkeit 12
Impact Resitance Test

10 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

11 Endkontrolle 13
Final Inspection

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 14
Summary of Reliability Tests

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung 15
Test Results Thermal Performance

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 17
Test Occurrences and Operating Behaviour

15 Prüfverfahren 17
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 18
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 20
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Prüfergebnisse Druckverlust 23
Annex C: Test Results Pressure Loss

Anhang D: Nomenklatur 24
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller
Manufacturer

FK Solartechnik GmbH
Industriepark Kleinkoschen
01968 Senftenberg

Ansprechpartner:
contact person:
Hartmut Heuer
Tel.: +49 (0) 35 73 80 67 25
Fax: +49 (0) 35 73 80 67 38
email: info@fksolar.de

Typ:
type:
FK Basic XL
FK Basic XL

Herstellernummer:
serial no.:
keine Angabe
not specified

Interne Kennzeichnung des Prüflabors:
internal identification of test laboratory:
C938A, C938B
C938A, C938B

Serienprodukt oder Baumuster:
serial product or model:
Serienprodukt
serial product

Herstelljahr:
year of production:
2010
2010

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

von Prüflabor bestimmt
determined by test laboratory

Bruttofläche:
gross area:
2.51 m²
2.51 m²

Aperturfläche:
aperture area:
2.29 m²
2.29 m²

Absorberfläche:
absorber area:
2.27 m²
2.27 m²

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart:
collector type:
Flachkollektor
flat plate collector

Länge:
length:
2169 mm (von Prüflabor bestimmt)
2169 mm (determined by test laboratory)

Breite:
width:
1158 mm (von Prüflabor bestimmt)
1158 mm (determined by test laboratory)

Höhe:
height:
90 mm
90 mm

Material:
material:
Rahmen Aluminium + Rückwand Polycarbonat
frame aluminium + rear panel polycarbonate

Gewicht:
weight:
45 kg
45 kg

Dichtungsmaterialien:
sealing material:
EPDM-Gummi
EPDM -rubber

Einbauweise:
collector mounting:
Aufdach
on roof

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	lasergeschweißt *laser welded*
Dicke: *thickness:*	0.5 mm *0.5 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	eta-plus_al Beschichtung *eta-plus_al coating*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.12 Liter *1.12 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	Doppelharfe *double harp*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 0.5 mm *8 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	109 mm *109 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 0.8 mm *18 x 0.8 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 x 0.8 mm Cu-Rohr *18 x 0.8 mm Cu pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	Einscheibensicherheitsglas *single-pane safety glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Saint-Gobain *Saint-Gobain*
Produktbezeichnung: *brand name:*	SSG Securit Diamant *SSG Securit Diamant*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*	ROCKWOOL *ROCKWOOL*
Produktbezeichnung: *Product name:*	SPS/V 40 *SPS/V 40*	SOUNDROCK 9 *SOUNDROCK 9*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.040 W/(mK) *0.040 W/(mK)*	0.040 W/(mK) *0.040 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	keine Angabe *not specified*	keine Angabe *not specified*
Dicke: *thickness:*	40 mm *40 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	185 °C (von Prüflabor bestimmt) *185 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Solarliquid L Konzentrat *Solarliquid L concentrate*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	52 kg/h *52 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- BASIC XL, äußere Ansichten - Zeichnung Nr. FK 08.2010-01 - Blatt 1 - Datum: 12.08.2010
- BASIC XL, Schnitt Kollektor Basic XL - Zeichnung Nr. FK 08.2010-02 - Blatt 1 - Datum: 12.08.2010
- Absorber FK BIG FK Solartechnik - Zeichnung Nr. S1000002_ALT_00 - Datum: 12.05.10
- Harfe FK BIG FK Solartechnik - Zeichnung Nr. S1000003_ALT_00 - Datum: 12.05.10

- *BASIC XL, äußere Ansichten – drawing no. FK 08.2010-01 - page 1 - date: 12.08.2010*
- *BASIC XL, Schnitt Kollektor Basic XL - drawing no. FK 08.2010-02 - page 1 - date: 12.08.2010*
- *Absorber FK BIG FK Solartechnik - drawing no. S1000002_ALT_00 - date: 12.05.10*
- *Harfe FK BIG FK Solartechnik - drawing no. S1000003_ALT_00 - date: 12.05.10*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- SAINT GOBAIN GLASS, Produktspezifikationen Bauglas, Standard Produktdatenblatt 10 – Datum: 12.05.2003
- BlueTec eta plus, Produktspecifikation eta plus_al – Juli 2006
- SAINT-GOBAIN ISOVER, Technische Daten SPS/V 30 -100 - August 2001
- ROCKWOOL, Datenblatt; SOUNDROCK 9 SE/SZ NE/NZ – 03 / 2006
- PolCarb, UV-vergütete Hohlkammerplatten aus Polycarbonat
- Stückliste Solarkollektor FK Basic XL, Stand 12.08.10

- *ITW data sheet collector*
- *SAINT GOBAIN GLASS, Produktspezifikationen Bauglas, Standard Produktdatenblatt 10 – date: 12.05.2003*
- *BlueTec eta plus, Produktspecifikation eta plus_al – July 2006*
- *SAINT-GOBAIN ISOVER, Technische Daten SPS/V 30 -100 - August 2001*
- *ROCKWOOL, Datenblatt; SOUNDROCK 9 SE/SZ NE/NZ – 03 / 2006*
- *PolCarb, UV-vergütete Hohlkammerplatten aus Polycarbonat*
- *Stückliste Solarkollektor FK Basic XL*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐

	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Montageanleitung FK Basic XL Aufdachmontage - Datum: 23. September 2010
- *Montageanleitung FK Basic XL Aufdachmontage - date: 23. September 2010*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐

	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp FK Basic XL. *The test report is valid for collector type FK Basic XL as specified above.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 19.10.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10	**15**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 16.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1060**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 22.07.- 19.09.2010 60 Tage
Duration of exposure: *60 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
843	**32**	**93**	**40**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 01.09.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.2	**14**	**974**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 02.09.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.2	**14**	**937**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 06.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**14**	**1049**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 06.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**14**	**919**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 07.10.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.1	**15**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 18.11.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 18.11.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 1500 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 1500 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Prüfung der Schlagfestigkeit
Impact Resistance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.10.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.10.

Datum: 25.11.2010
date:

Fallhöhe *height of fall* [m]	Masse *mass* [g]	Anzahl der Schläge *number of impacts* [-]
2.0	**147**	**10**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

10 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 16.09.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1060	**181**	**17**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 185 °C**
to

11 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 25.11.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

12.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Prüfung der Schlagfestigkeit *Impact resistance test*	kein größerer Fehler *no major failure*
9. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

12.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 185 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 185 °C.

12.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

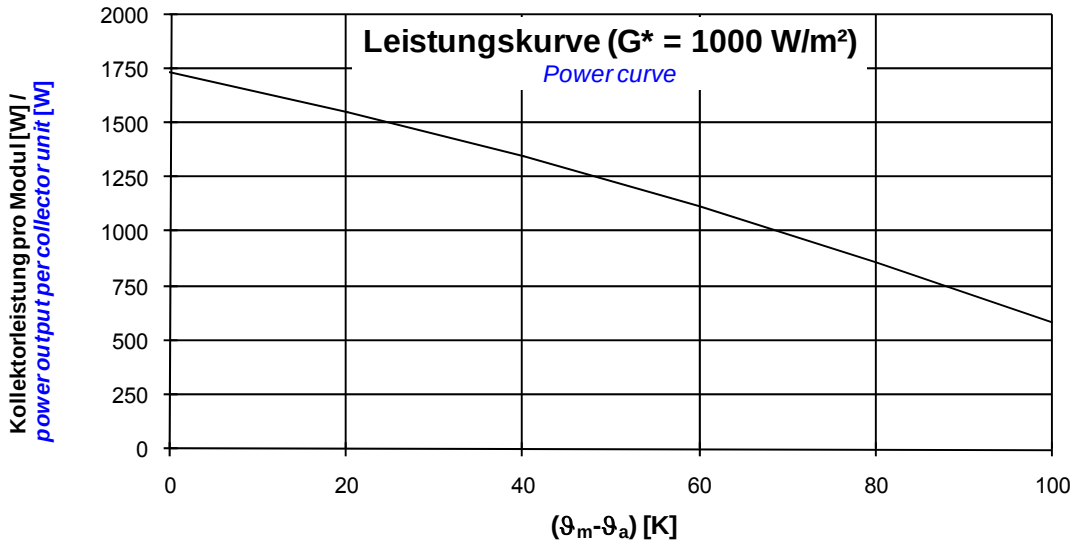
The installer instruction manual does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.757
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	3.634
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.014
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ (50°) [-] *incidence angle modifier*	0.93
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	12.670
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.29
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1734



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	693	1213	1734
20	514	1034	1554
40	309	829	1349
60	79	599	1119
80	0 *)	343	863
100	0 *)	61	581

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

15 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ FK Basic XL (interne Kennzeichnung C938A), die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfung an Kollektor Typ FK Basic XL (interne Kennzeichnung C938B) durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector type FK Basic XL (internal identification C938A), the durability and reliability test was accomplished at the collector type FK Basic XL (internal identification C938B).

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.07.2007
Prüfzeitraum: *Test period:*	21.07. – 25.11.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 15.12.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.757**	a_1 = **3.634 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.014 W/(m²K²)**	c = **12.670 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	453	545	592
4	413	496	539
5	378	**452**	489
6	347	411	443

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.766 [-]
b_0:	0.141 [-]
$K_{\theta d}$:	0.951 [-]
c_1:	3.634 [W/(m²K)]
c_2:	0.014 [W/(m²K²)]
c_5:	12.670 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

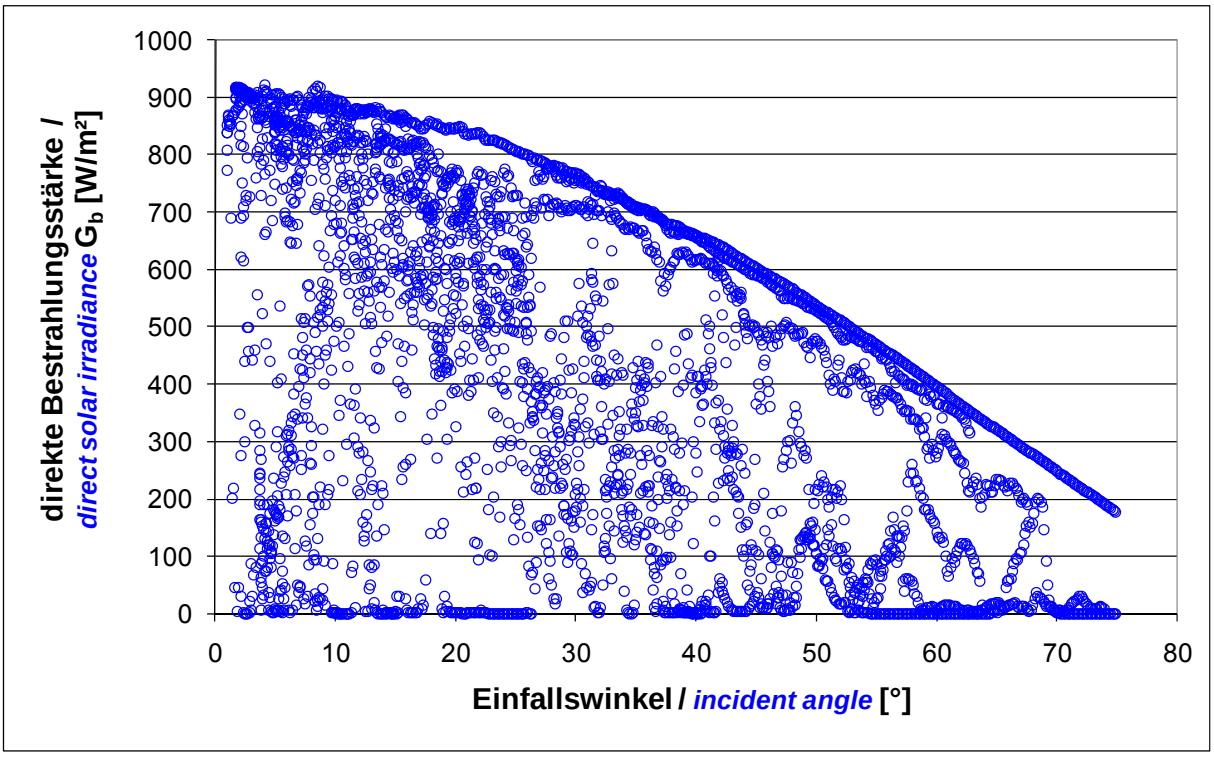


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

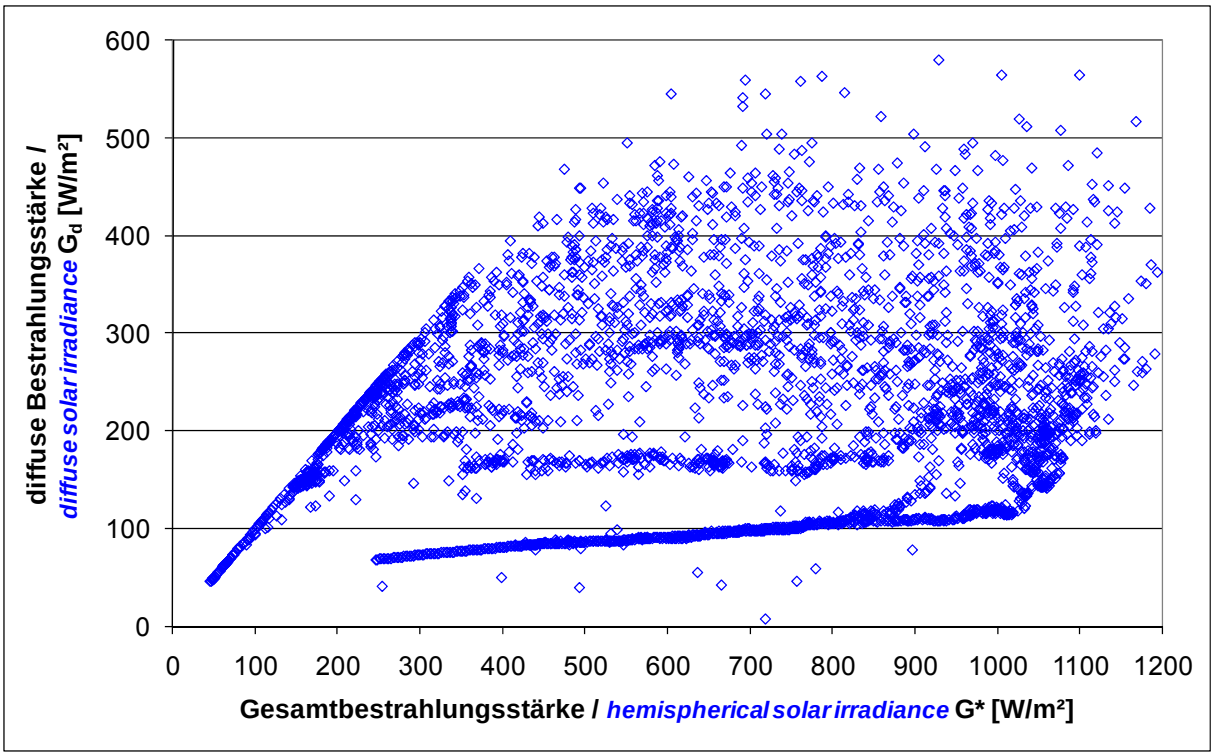


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

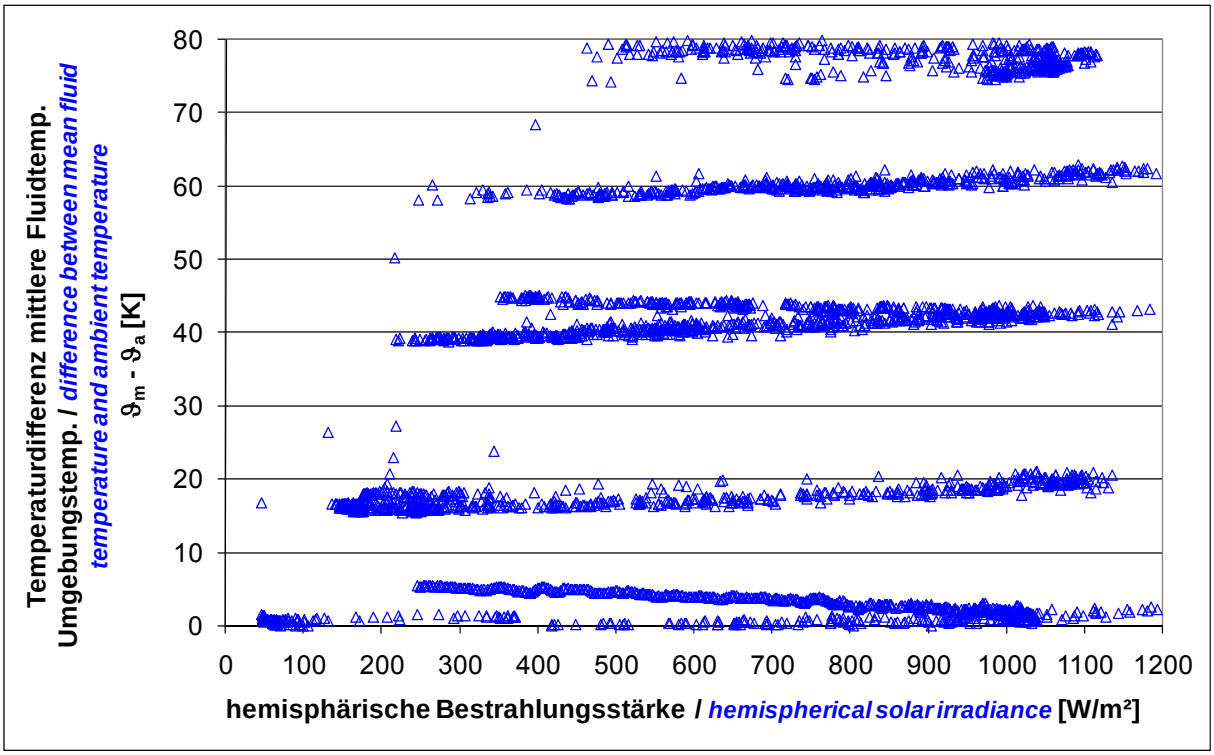


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Prüfergebnisse Druckverlust

Annex C: Test Results Pressure Loss

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure loss

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.000184774**
b [(mbar h)/l)]	**0.027516421**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

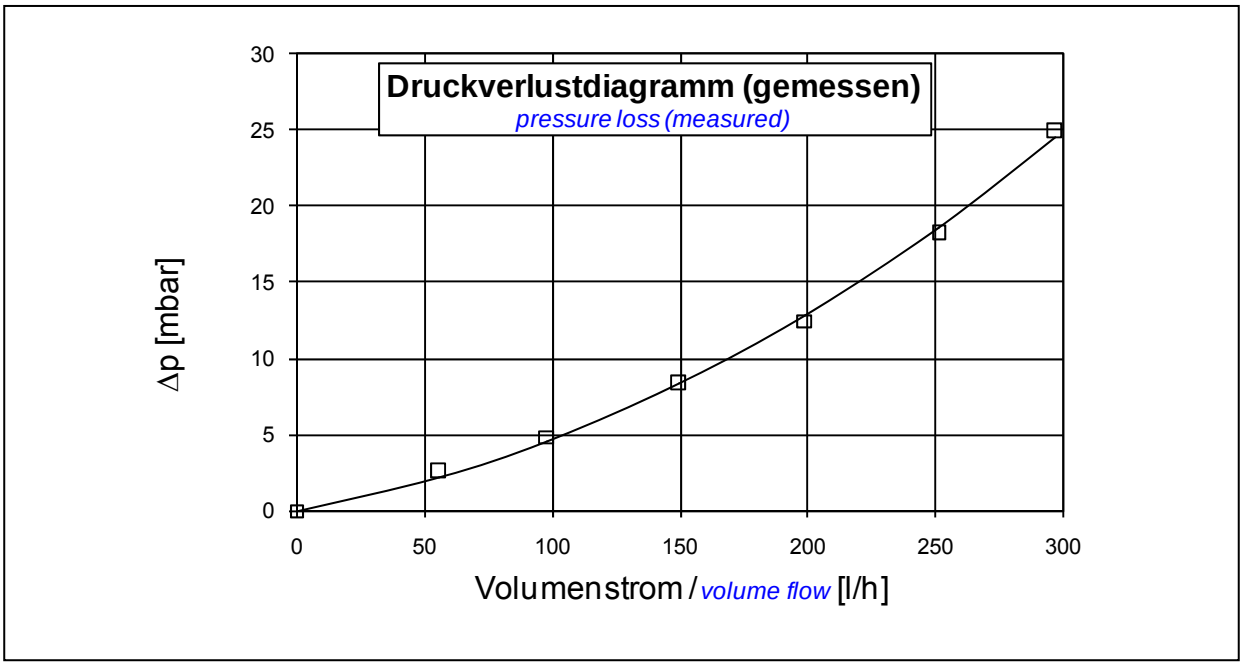


Tabelle der aufgenommenen Messwerte

Table of measuring data

Volumenstrom [l/h] *volume flow*	0.0	56.4	98.5	150.4	199.4	251.5	297.5
Druckverlust [mbar] *pressure loss*	0.0	2.5	4.8	8.3	12.5	18.2	24.9

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL817S
Test Report No.: 09COL817S

Stuttgart, den 25.03.2010
Stuttgart, March, 25th 2010

Auftraggeber: *Client:*	**Grand Solar Co. Ltd.** **Nr5Ba-904, Shihwa Industrial Complex** **765-3 Sungkok-Dong,** **Ansan-City, Kyeounggi-Do** **Korea**
Hersteller: *Manufacturer:*	**Grand Solar Co. Ltd.**
Typ: *Type:*	**GSOL-P20** *GSOL-P20*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2009** *2009*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	Grandsolar Co. Ltd Nr5Ba-904, Shihwa Industrial Complex 765-3 Sungkok-Dong Ansan-City, Kyeounggi-Do Korea
Ansprechpartner: *Contact person:*	Heinz Hollaus Tel. Europa: ++43 676 9304405 Tel. Korea: ++82 10 3541 7265 E-Mail: hollaus@grandsolar.eu
Typ: *Type:*	GSOL-P20 *GSOL-P20*
Herstellernummer: *Serial no.:*	15-1114 *15-1114*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C817S *C817S*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	1028 mm * 2018 mm *1028 mm * 2018 mm*	Fläche: 2.07 m² *Area: 2.07 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	949 mm * 1946 mm *949 mm * 1946 mm*	Fläche: 1.85 m² *Area: 1.85 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	949 mm * 1946 mm *949 mm * 1946 mm*	Fläche: 1.85 m² *Area: 1.85 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid *Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Total mass of collector without fluid:*	38 kg *) *38 kg *)*
Höhe: *Height:*	102 mm *102 mm*
Material Gehäuserahmen: *Side material enclosure:*	Aluminium *Aluminium*
Material Rückwand: *Back material enclosure:*	Aluminium *Aluminium*
Art der Gehäuse Konstruktion: *Enclosure construction:*	Tiefgezogene Wanne *Deep-drawn tray*
Einbauweise: *Collector mounting:*	Keine Angaben *Not specified*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Kupfer *) *Copper* *)
Oberflächenbehandlung: *Surface treatment:*	Selektive Beschichtung BlueTec eta plus *Selective coating BlueTec eta plus*
Dicke Absorberblech / Finne: *Thickness absorber / fin:*	0.2 mm *0.2 mm*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Parallel *Parallel*
Innendurchmesser Absorber Rohr: *Inner diameter of absorber tube:*	6.5 mm *6.5 mm*
Außendurchmesser Absorber Rohr: *Outer diameter of absorber tube:*	8 mm *8 mm*
Min. Dicke Schweißnaht Absorber Rohr *Minimum bond thickness:*	0 mm (kein zusätzlicher Materialeintrag, da Ultraschall geschweißt) *0 mm (no additional material used due to ultrasonic welding)*
Breite Schweißnaht Absorber Rohr: *Bond width:*	2 mm *2 mm*
Anzahl Absorberrohre: *No. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *Distance between absorber tubes:*	90 mm *90 mm*
Innendurchmesser Sammlerrohr: *Inner diameter of the header:*	23.5 mm *23.5 mm*
Außendurchmesser Sammlerrohr: *Outer diameter of the header:*	25.5 mm *25.5 mm*
Verbindung Absorber- und Sammelrohr *Riser tube and header connection:*	Gelöted *Brazed*
Anzahl Anschlüsse: *No. of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *Realisation of connections:*	1 “ Außengewinde *1 “ Outer thread*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *Number:*	1 *1*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristic:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Gehärtetes Glas *Tempered glass*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	1987 mm * 988 mm * 3.2 mm *1987 mm * 988 mm * 3.2 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *Back side*	seitlich *Sidewards*
Material: *Material:*	Steinwolle *Rock wool*	Steinwolle *Rock wool*
Hersteller: *Manufacturer:*	Rockwool *) *Rockwool* *)	keine Angaben *Not specified*
Dicke: *Thickness:*	50 mm *50 mm*	15 mm *15 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transpatente Abdeckung: *Glazing gasket:*	Polymer *Polymer*
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	Polymer *Polymer*

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	Keine Angaben *Not specified*
Maximaler Druck: *Max. pressure:*	6 bar *6 bar*
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp GSOL-P20.
The test report is valid for collector type GSOL-P20.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 20.08.2009
Date: August, 20th 2009

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 21.08.2009
Date: August, 21st 2009

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 22.08. - 02.11.2009 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 73 Tage
Duration of exposure: 73 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
945	**24**	**109**

Expositionsdauer: 19.11. - 24.11.2009 (indoor, Simulator) 6 Tage
Duration of exposure: 6 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
138	**6**	**0**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 24.08.2009
1. Test: August, 24th 2009

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.5	**19**	**994**	**27**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 27.08.2009
2. Test: August, 27th 2009

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.5	**15**	**1010**	**26**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 31.08.2009
3. Test: August, 31st 2009

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.5	**18**	**1027**	**24**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 01.09.2009
Date: September, 1st 2009

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
1.6	**13**	**989**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
190	**65**	**30**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 20.01.2010
Date: January, 20th 2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 27.01.2010
Date: January, 27th 2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.00004850128**
b [(mbar h)/l)]	**0.00793559786**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

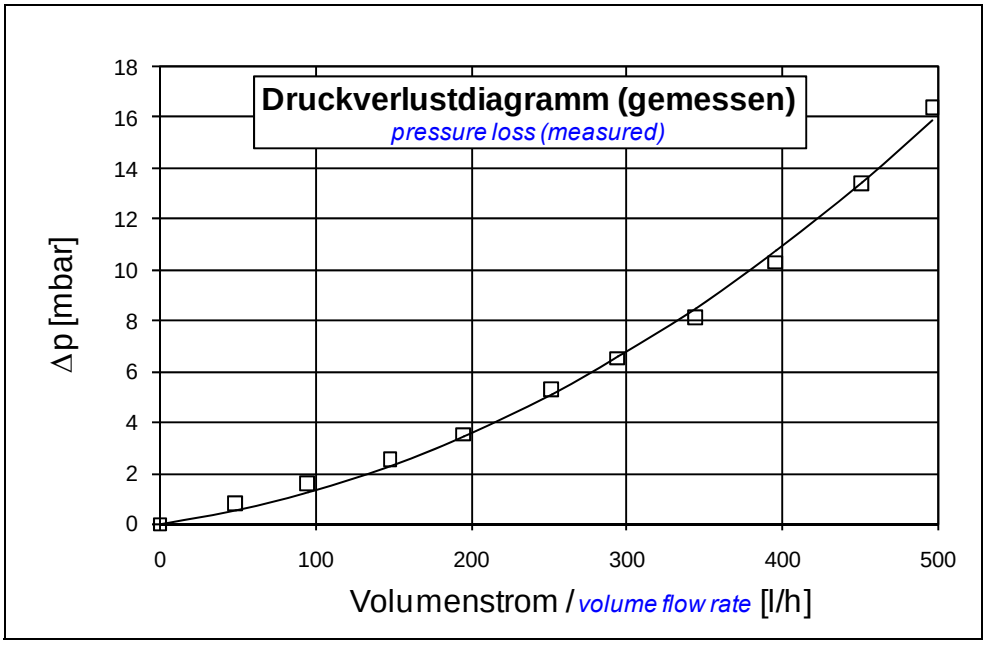


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

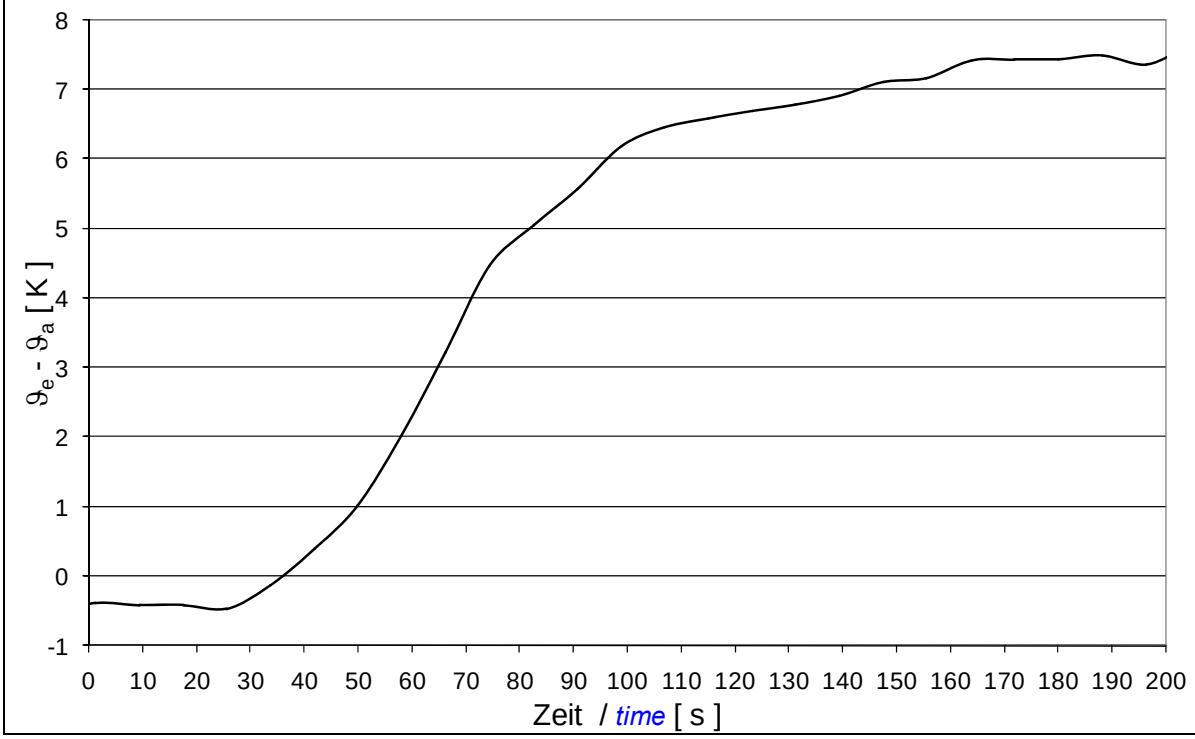
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	49.6	95.9	147.7	195.9	253.0	295.4	345.1	396.6	451.7	496.4
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.8	1.5	2.5	3.6	5.2	6.5	8.1	10.3	13.4	16.4

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 21.01.2010
Date: January, 21st 2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	49

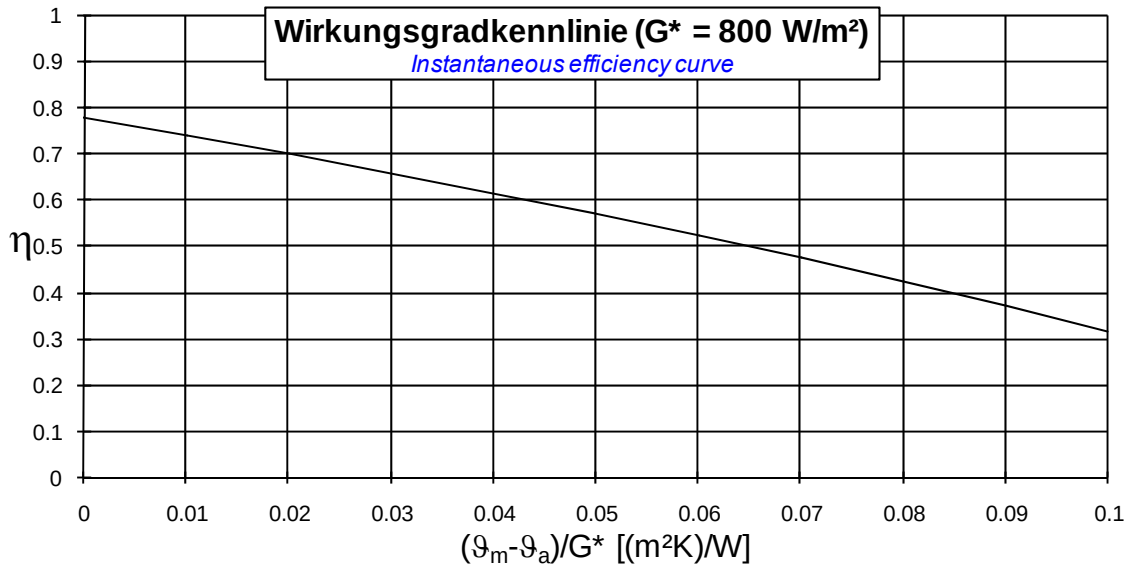


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.777
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	3.671
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.011
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.777	0.739	0.700	0.659	0.616	0.571	0.525	0.477	0.427	0.375	0.322

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 26.11.2009
Date: November, 26th 2009

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta)$:	1.00	0.98	0.96	0.89	0.79

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 16.02.2010
Date: February, 16th 2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: 20.08.2009
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 20.08.2009 – 16.02.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger
Test engineer:

Stuttgart, den 25.03.2010

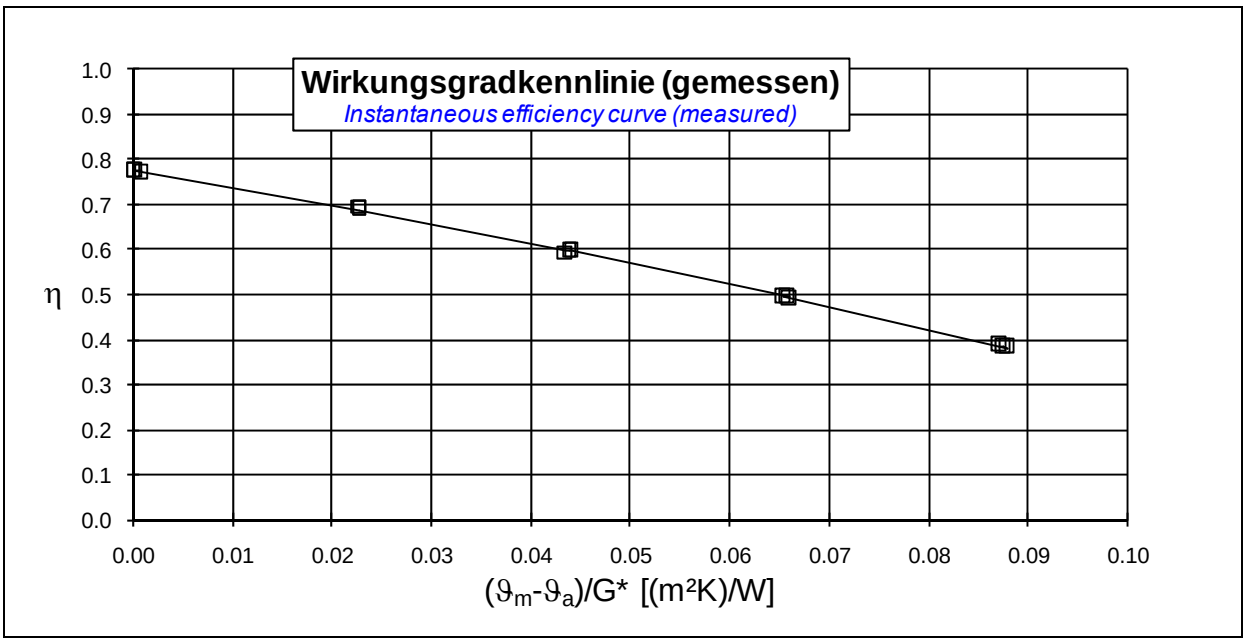
Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	843.84	132.80	19.03	26.83	7.80	22.93	22.27	0.66	0.0008	0.7704
2	820.23	132.64	19.06	26.69	7.63	22.87	22.62	0.25	0.0003	0.7746
3	821.42	132.74	19.08	26.72	7.64	22.90	22.92	-0.03	0.0000	0.7752
4	821.31	136.55	38.53	45.14	6.61	41.84	23.18	18.65	0.0227	0.6906
5	813.79	136.71	38.56	45.16	6.60	41.86	23.27	18.59	0.0228	0.6964
6	820.73	136.45	38.56	45.17	6.62	41.87	23.25	18.62	0.0227	0.6907
7	825.12	138.91	56.88	62.49	5.61	59.68	23.81	35.87	0.0435	0.5946
8	819.74	138.78	56.94	62.54	5.60	59.74	23.83	35.91	0.0438	0.5970
9	816.47	138.58	56.96	62.54	5.58	59.75	23.80	35.94	0.0440	0.5964
10	816.66	139.82	75.45	79.99	4.54	77.72	23.78	53.94	0.0660	0.4916
11	817.49	140.05	75.46	80.02	4.56	77.74	23.95	53.80	0.0658	0.4935
12	820.43	139.96	75.50	80.09	4.58	77.79	24.17	53.62	0.0654	0.4940
13	816.86	141.29	93.82	97.31	3.49	95.56	23.77	71.79	0.0879	0.3835
14	816.87	141.02	93.87	97.36	3.50	95.61	24.06	71.56	0.0876	0.3838
15	818.95	141.18	93.90	97.43	3.53	95.66	24.28	71.38	0.0872	0.3870

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 09COL822 vom 04. Dezember 2009)

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector

(This test report substitutes test report no. 09COL822 of December 04th, 2009)

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL822/1
Test Report No.: 09COL822/1

Stuttgart, den 19.05.2010
Stuttgart, May 19th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Beijing Siji Micoe Solar Energy Technology Co., Ltd. Changping Garden, Technological Park, Zhongguan Village, Beijing China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Beijing Siji Micoe Solar Energy Technology Co. Ltd.**
Typ: *type:*	**FPC2220**
Herstellungsjahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Änderungshistorie:
Revisions

Prüfberichts Nummer: *Test Report No.:*	Datum *Date*	Bemerkungen *Remarks*
09COL822/1 *09COL822/1*	19. Mai 2010 *19.05.2010*	Korrektur der Angabe zur Wärmedämmung, Seite 6 *Correction of the description for the thermal insulation, page 6*
09COL822 *09COL822*	04. Dezember 2010 *04.12.2010*	Erstellung Prüfbericht *Issue of test report*

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 4
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 8
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 8
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 8
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 9
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 10
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfergebnisse Wärmeleistung 14
Test Results Thermal Performance

13 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 16
Test Occurrences and Operating Behaviour

14 Prüfverfahren 16
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 17
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 19
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 22
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Beijing Siji Micoe Solar Energy Technology Co. Ltd. Changping Garden, Technological Park, Zhongguan Village, Beijing China
Ansprechpartner: *contact person:*	Neil Xi Tel.: +86 518 85959885 Fax: +86 518 85959808 email: Certification@Micoe.com
Typ: *type:*	FPC2220 *FPC2220*
Herstellernummer: *serial no.:*	090728 - 0003 / 090728 - 0002 *090728 - 0003 / 090728 - 0002*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C822A, C822B *C822A, C822B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstellungsjahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	vom Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.14 m² *2.14 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.86 m² *1.86 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.76 m² *1.76 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate collector*
Länge: *length:*	2046 mm (vom Prüflabor bestimmt) *2046 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1046 mm (vom Prüflabor bestimmt) *1046 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	96 mm (vom Prüflabor bestimmt) *96 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium + Polypropylen Rückwand *aluminium + polypropylene back sheet*
Gewicht: *weight:*	42 kg *42 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM *EPDM*
Einbauweise: *collector mounting:*	auf Flachdach, auf Schrägdach *on flat roof, on angular roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Kupfer *copper*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	Ultraschall geschweißt *ultrasonic welded*
Dicke: *thickness:*	0.15 mm *0.15 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Schwarzchrome *black chrome*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	> 0.94 *>0.94*
Emissionsgrad: *emittance:*	< 0.08 *< 0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.5 Liter *1.5 liters*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	10 x 0.5 mm *10 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	8 *8*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	119 mm *119 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	25 x 0.7 mm *25 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *no. of connections:*	4 *4*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	25 mm Kupferrohr *25 mm copper tube*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	gehärtetes Solarglass *Woven ultra white toughened glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Beijing Siji Micoe Solar Energy Technology Co.,Ltd. *Beijing Siji Micoe Solar Energy Technology Co., Ltd.*
Produktbezeichnung: *brand name:*	keine Angaben *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	4 mm *4 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Silberpapier mit Fiberglaswolle *Antiflaming silver paper with fibreglass cotton*	Hartschaum *phenolic foam*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angaben *not specified*	keine Angaben *not specified*
Produktbezeichnung: *Product name:*	keine Angaben *not specified*	keine Angaben *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/(mK) *0.035 W/(mK)*	keine Angaben *not specified*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angaben *not specified*	keine Angaben *not specified*
Dichte: *density:*	keine Angaben *not specified*	keine Angaben *not specified*
Dicke: *thickness:*	50 mm *50 mm*	10 mm *10 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	159 °C (vom Prüflabor bestimmt) *159 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	9 bar *9 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser *water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 kg/h *50 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Zeichnung vom Kollektor gesamt – Angabe in chinesischer Schrift
- Schnittzeichnung vom Kollektorgehäuse Längsseite – Angabe in chinesischer Schrift
- Schnittzeichnung vom Kollektorgehäuse Breitseite – Angabe in chinesischer Schrift
- Zeichnung von transparenter Abdeckung – Angabe in chinesischer Schrift
- Zeichnung von Absorber – Angabe in chinesischer Schrift
- Stückliste – Angabe in chinesischer Schrift

- *drawing from the complete collector – information given in Chinese writing*
- *sectional drawing from the collector longitudinal – information given in Chinese writing*

- *sectional drawing from the collector broadside – information given in Chinese writing*
- *drawing from the transparent cover – information given in Chinese writing*
- *drawing from the absorber collector – information given in Chinese writing*
- *parts list – information given in Chinese writing*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Micoe – FPC 2220 Frame Collector – technisches Datenblatt

- *ITW data sheet collector*
- *Micoe – FPC 2220 Frame Collector – technical data sheet*

Kennzeichnung:
collector label:

Das Typenschild muss nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 zusätzlich folgende Angaben enthalten:

- Herstellungsjahr
- Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C
- Volumen des Wärmeträgermediums

Acc. to EN 12975-1:2006, chapter 7.2, the collector label shall contain following additional information:

- year of production

- stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C

- volume of heat transfer fluid

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

- Manual of Flat Plane Collector-FPC2220
- *Manual of Flat Plane Collector-FPC2220*

Die Installationsanweisung muss folgende Angaben enthalten:

- Anweisung für Transport und Handhabung des Kollektors
- Empfehlungen für den Blitzschutz
- Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m²
- Druckabfall

The installer instruction manual shall contain the following information:

- *instructions about transport and handling of the collector*
- *recommendations about lightning protection*
- *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*
- *pressure drop*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp FPC 2220.

The test report is valid for collector type FPC 2220.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 12.11.2009
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 31.08.2009
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1034**	**23**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 29.08. - 27.10.2009 (Stuttgart, Deutschland) 60 Tage
Duration of exposure: *60 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
738	**20**	**102**	**41.5**

Expositionsdauer: 23.-29.10.2009 + 2.-4.11.2009 (Simulator) 10 Tage
Duration of exposure: *10 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *Number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *Sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *Number of hours with more than 850 W/m²* [h]
251	**10**	**0**	**0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 31.08.2009
1. Test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.0	**16**	**1021**	**24**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 01.09.2009
2. Test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.0	**16**	**963**	**30**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel

Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 08.09.2009
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2	**19**	**968**	**23**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 08.09.2007
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2	**19**	**1001**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung

Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 29.09.2009
Date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
4.7	**14**	**4**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 05.11.2009
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 05.11.2009
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 31.08.2009
Date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1034	**156**	**23**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 159 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 04.12.2009
Date:

Ergebnis: Die optische Begutachtung des Kollektors ergab keine Auffälligkeiten oder Abnormalitäten.
Conclusion: The optical expertise of the collector did not result in any abnormalities.

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 159 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 159 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

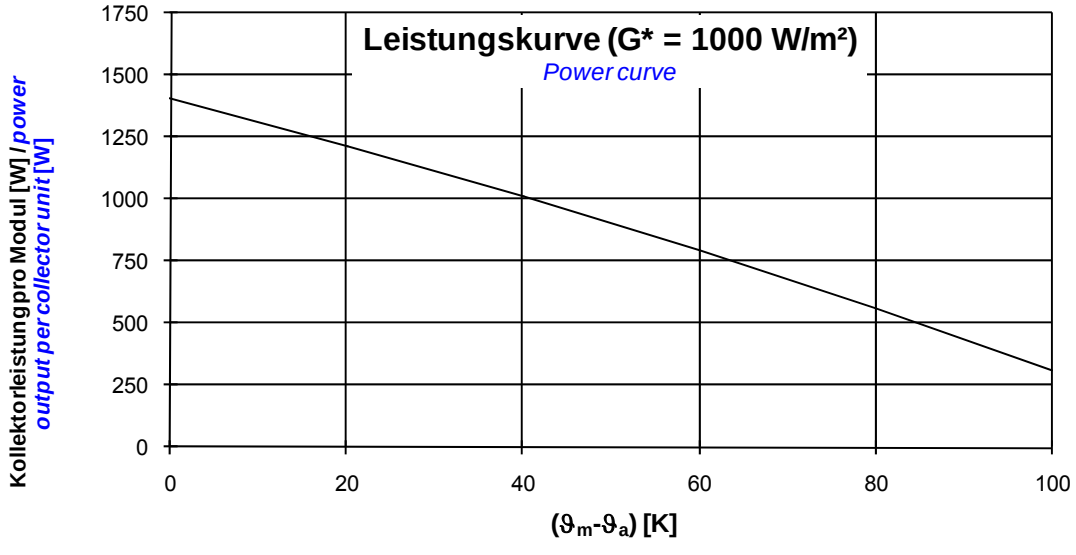
12 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.756
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	4.895
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.010
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	0.89
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	7.133
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.86
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1406



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	562	984	1406
20	373	795	1217
40	169	590	1012
60	0 *)	371	793
80	0 *)	137	559
100	0 *)	0 *)	310

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

13 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

14 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor mit der Seriennummer 090728 - 0003, die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfung an Kollektor mit der Seriennummer 090728 - 0002 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods." Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector with the serial no. 090728 - 0003, the durability and reliability test was accomplished at the collector with the serial no. 090728 - 0002.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	28.08.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	28.08. – 04.12.2009
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 19.05.2010

i.V.

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.756**	a_1 = **4.895 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.010 W/(m²K²)**	**c = 7.133 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *Incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.96	0.93	0.87	0.76	0.55	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	405	489	531
4	366	444	482
5	335	**405**	439
6	308	369	399

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperatur 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: apterure area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B:
Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.763 [-]
b_0:	0.237 [-]
$K_{\theta d}$:	0.985 [-]
c_1:	4.895 [W/(m²K)]
c_2:	0.010 [W/(m²K²)]
c_5:	7.133 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.96	0.93	0.87	0.76	0.55	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

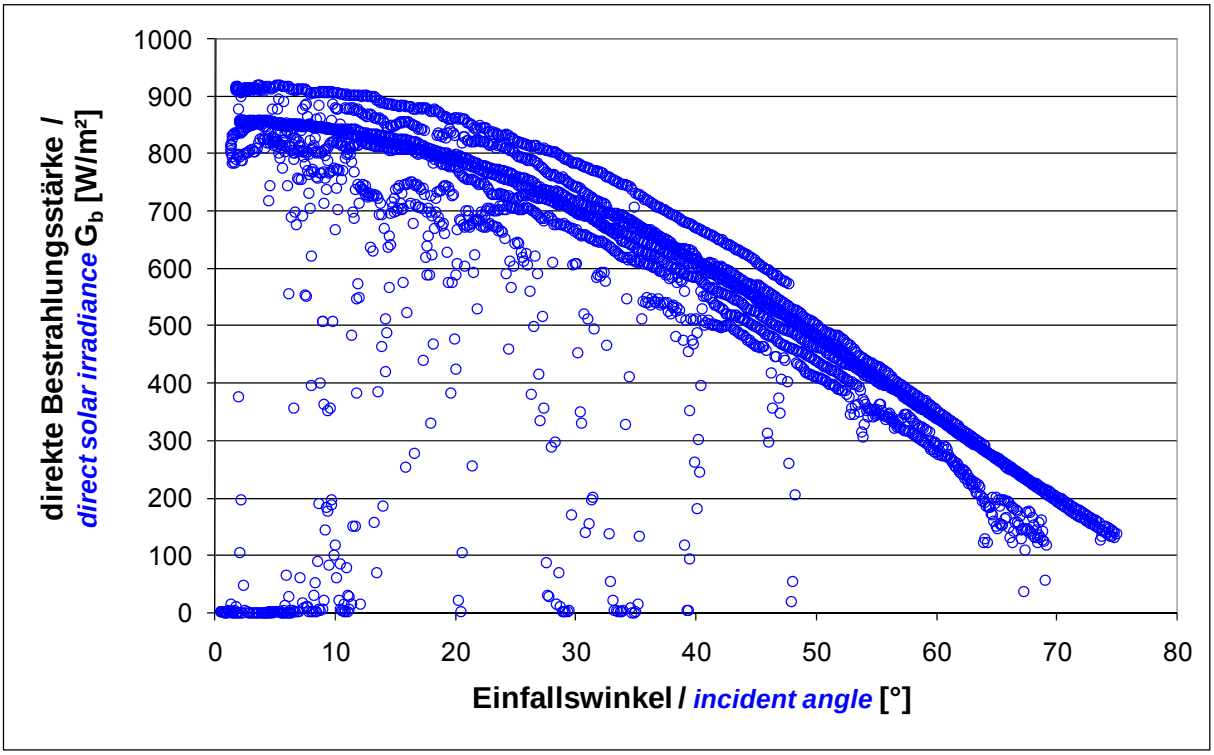


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

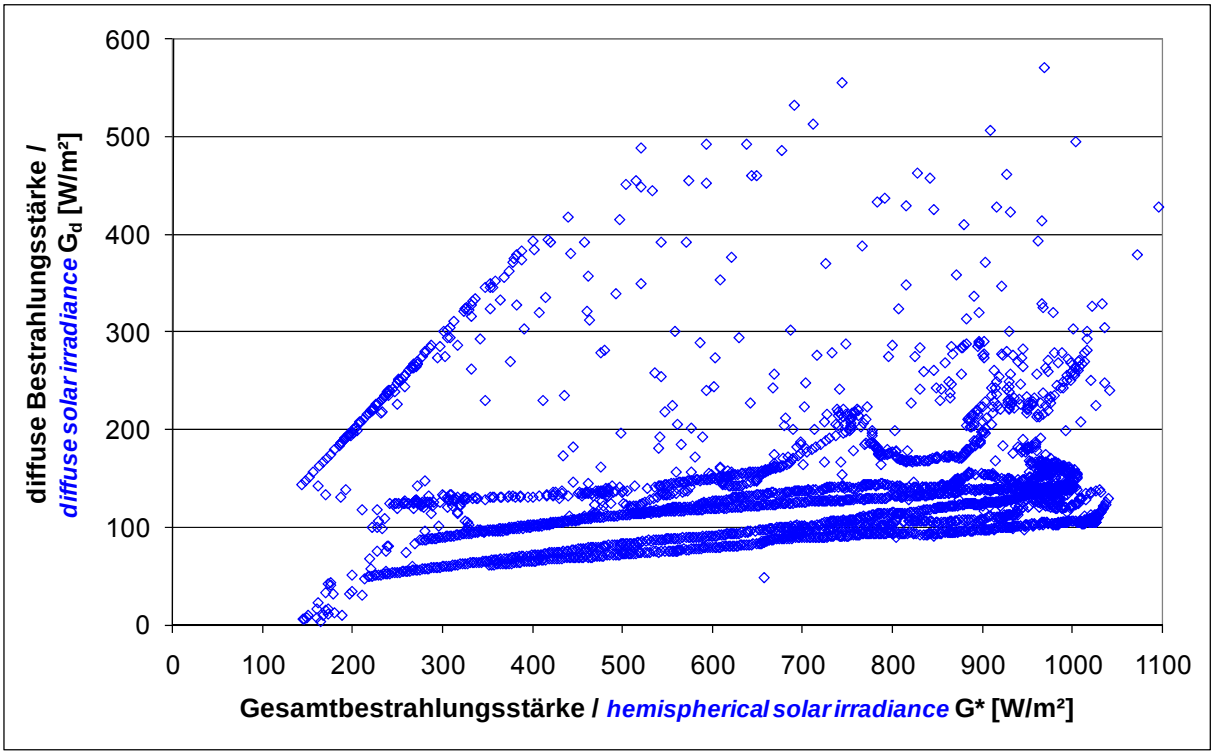


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

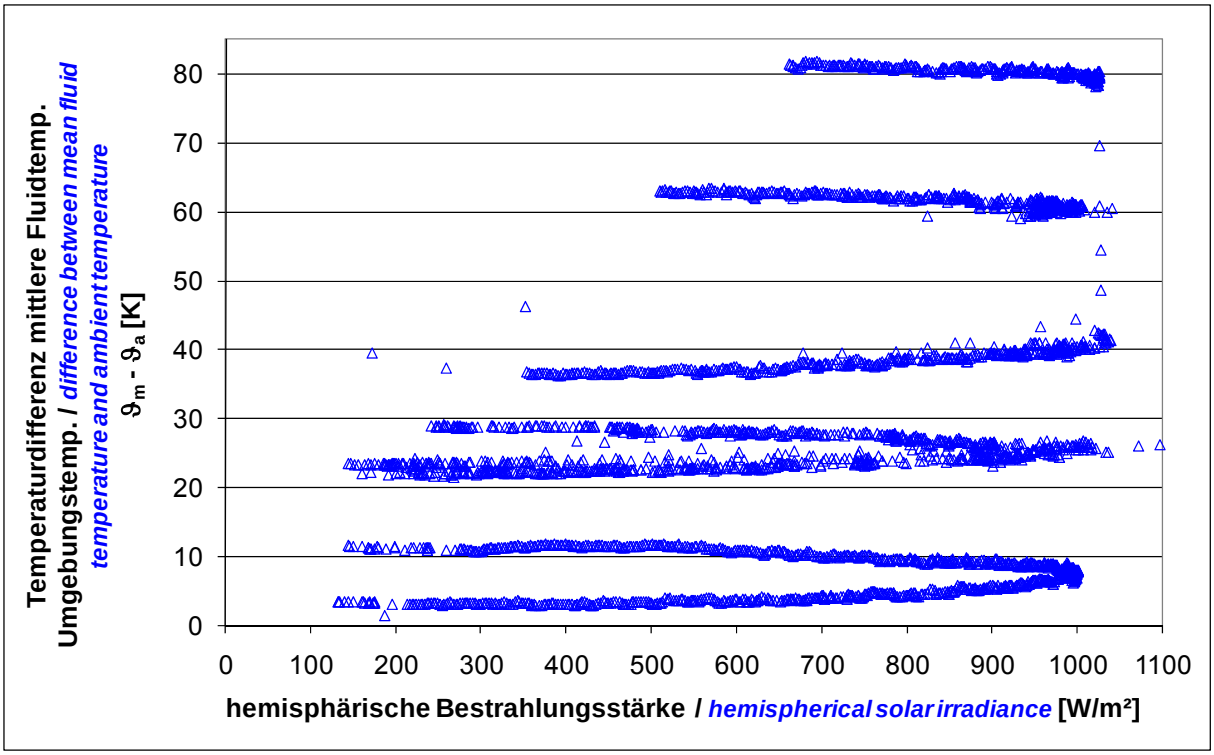


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom / mass *flow*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 09COL823 vom 12. April 2010)

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

(This test report substitutes test report no. 09COL823 of April 12th, 2010)

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL823/1
Test Report No.: 09COL823/1

Stuttgart, den 27.05.2010
Stuttgart, May 27th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd.** **No. 199, Yingzhou Road,** **Lianyungang City, Jiangsu Province** **China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd.**
Typ: *type:*	**SMG100-8**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Änderungshistorie:
Revisions:

Prüfberichts Nummer: *Test Report No.:*	Datum: *Date:*	Bemerkungen: *Remarks:*
09COL823/1 *09COL823/1*	27. Mai 2010 *27.05.2010*	Adressänderung Hersteller, Seite 1, 4 und 5 *Change of manufacture address, page 1, 4 and 5*
09COL823 *09COL823*	12. April 2010 *12.04.2010*	Erstellung Prüfbericht *Issue of test report*

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....4
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...14
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 17
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Jiangsu Micoe Solar Energy Co. Ltd. No. 199, Yingzhou Road, Lianyungang City, Jiangsu Province China
Ansprechpartner: *contact person:*	Neil Xi Tel.: +86 518 85959885 Fax: +86 518 85959808 email: Certification@micoe.com
Typ: *type:*	SMG100-8 *SMG100-8*
Herstellernummer: *serial no.:*	keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C823 *C823*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.21 m² *2.21 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.46 m² *1.46 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.38 m² *1.38 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	2203 mm (von Prüflabor bestimmt) *2203 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1002 mm (von Prüflabor bestimmt) *1002 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	175 mm (von Prüflabor bestimmt) *175 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	48 kg *48 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	keine Angabe *not specified*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Kupfer *Copper*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	ultraschallgeschweißt *ultrasonic welded*
Dicke: *thickness:*	0.12 mm *0.12 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Sputtered TlNOx *sputtered TlNOx*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	> 0.93 *> 0.93*
Emissionsgrad: *emittance:*	< 0.08 *< 0.08*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.7 Liter *0.7 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 0.7 mm (von Prüflabor bestimmt) *8 x 0.7 mm (determined by test laboratory)*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	8 *8*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	120 mm *120 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	38 x 1.6 mm (von Prüflabor bestimmt) *38 x 1.6 mm (determined by test laboratory)*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Aussengewinde (von Prüflabor bestimmt) *3/4“ external threat (determined by test laboratory)*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	100 mm *100 mm*
Material: *material:*	Borosilicate glass *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Jiangsu Micoe Solar Energy Co. Ltd. *Jiangsu Micoe Solar Energy Co. Ltd.*
Produktbezeichnung: *brand name:*	keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	> 0.91 *> 0.91*
Dicke: *thickness:*	2.5 mm *2.5 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	79 kg/m³ *79 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	40 mm *40 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	231 °C (von Prüflabor bestimmt) *231 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser *water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 kg/h *50 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ Zeichnung Vakuum-Röhrenkollektor - Zeichnung Nr. 100RG - Datum: 09.05.13 ▪ *drawing vaccum collector- drawing no.100RG - date: 09.05.13*
Datenblätter: *technical data sheets:*	▪ ITW Datenblatt Kollektor ▪ *ITW data sheet collector*
Kennzeichnung: *labelling:*	Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben: *The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:*

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☐	☒
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Heatpipe Vacuum Tube With Flat Absorber

▪ Heatpipe Vacuum Tube With Flat Absorber

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☐	☒
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☐	☒
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☐	☒

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SMG100-8. *The test report is valid for collector type SMG100-8 as specified.*

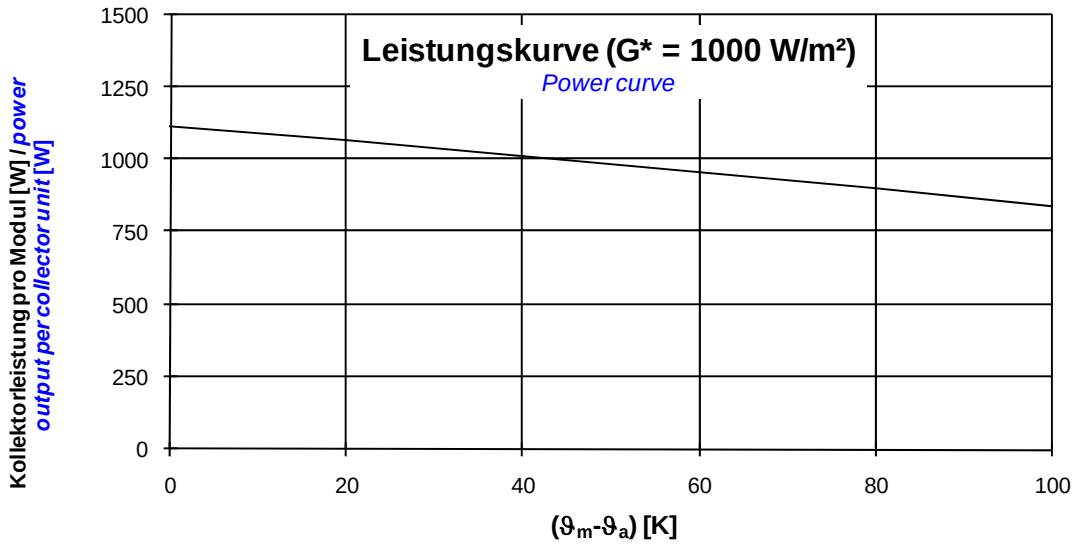
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.765
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.689
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.002
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	s. Anhang A
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	19.96
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.46
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1117



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	447	782	1117
20	396	731	1066
40	343	679	1014
60	288	623	958
80	231	566	901
100	171	506	841

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ SMG100-8 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector type SMG100-8.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	28.08.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	01.09.2009 – 23.03.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 27.05.2010

i.V.

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.765**	a_1 = **1.689 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.002 W/(m²K²)**	**c = 19.960 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = 1.09	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.04	1.11	1.09	0.99	0.93	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	633	756	830
4	592	697	754
5	544	**617**	663
6	495	544	581

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperatur 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.743 [-]
$K_{\theta d}$:	1.086 [-]
c_1:	1.689 [W/(m²K)]
c_2:	0.002 [W/(m²K²)]
c_5:	19.960 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.04	1.11	1.09	0.99	0.93	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

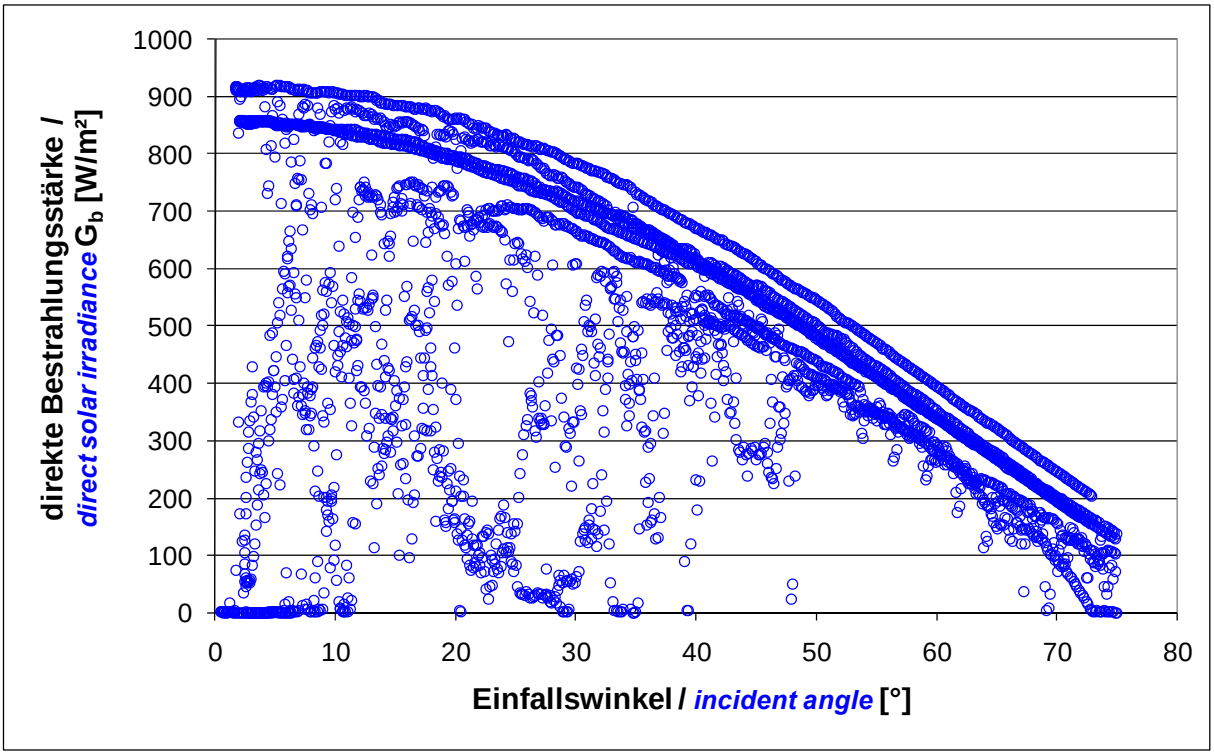


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

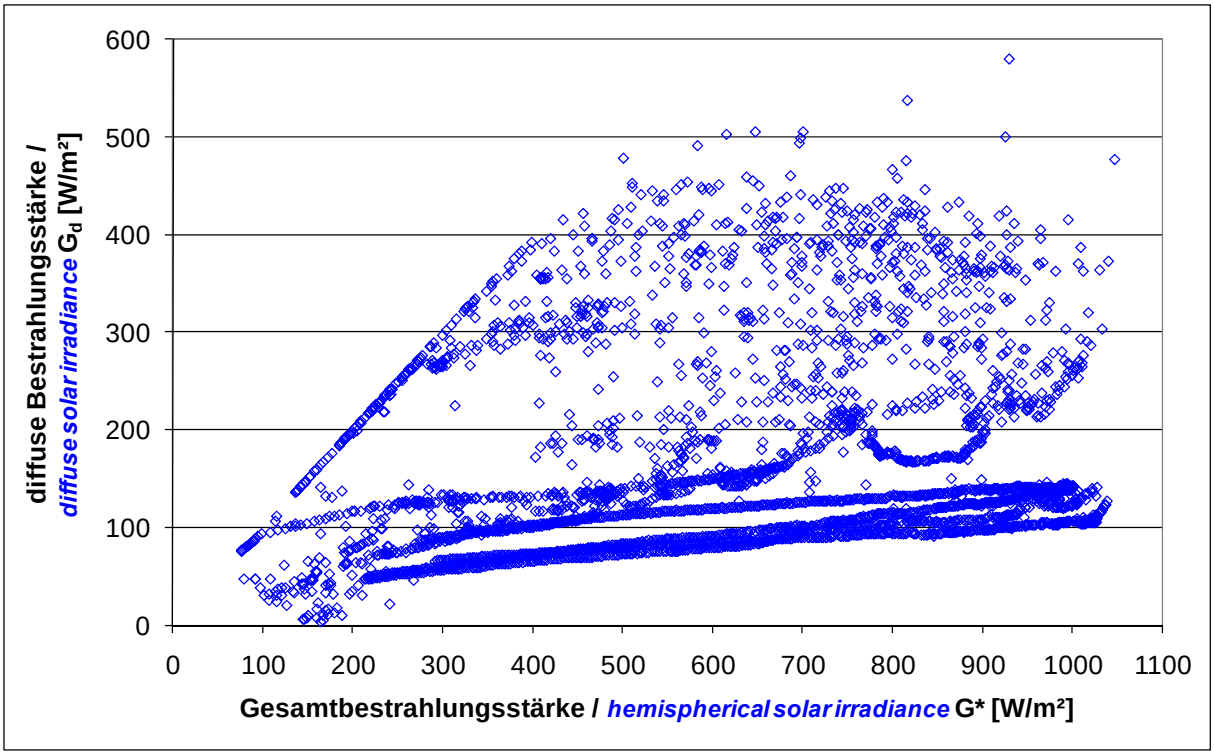


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

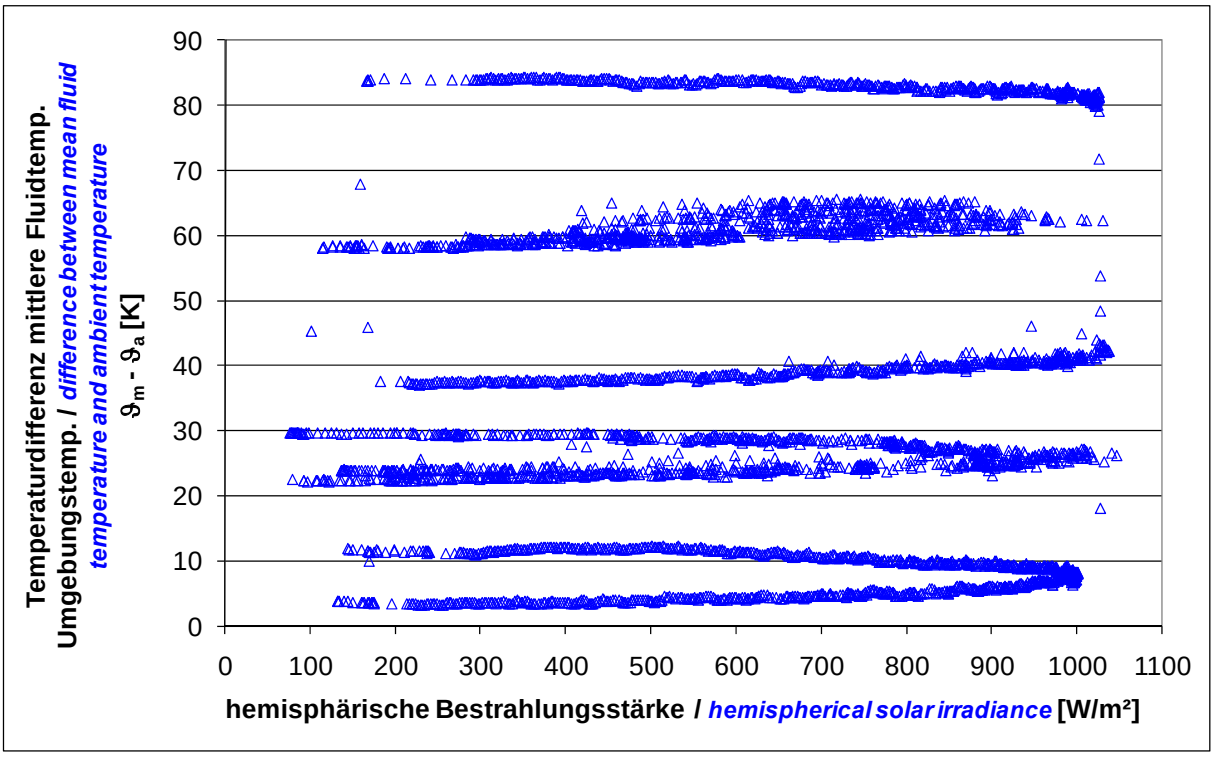


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL921
Test Report No.: 10COL921

Stuttgart, den 27.12.2010
Stuttgart, December 27th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd** **199, Yingzhou Road,** **Lianyungang City,** **Jiangsu Province, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SMG70-10**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 16
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller
Manufacturer

Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd
199, Yingzhou Road,
Lianyungang City,
Jiangsu Province, China

Ansprechpartner: / *contact person:*
Neil Xi
Tel.: 0086 518 8595 9885
Fax: 0086 518 8595 9808
email: certification@sunrain.com

Typ: / *type:*
SMG70-10 / *SMG70-10*

Herstellernummer: / *serial no.:*
Keine Angabe / *not specified*

Interne Kennzeichnung des Prüflabors: / *internal identification of test laboratory:*
C921 / *C921*

Serienprodukt oder Baumuster: / *serial product or model:*
Serienprodukt / *serial product*

Herstelljahr: / *year of production:*
2010 / *2010*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: / *gross area:*
1.89 m² (von Prüflabor bestimmt) / *1.89 m² (determined by test laboratory)*

Aperturfläche: / *aperture area:*
1.14 m² (von Prüflabor bestimmt) / *1.14 m² (determined by test laboratory)*

Absorberfläche: / *absorber area:*
1.06 m² (von Prüflabor bestimmt) / *1.06 m² (determined by test laboratory)*

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart: / *collector type:*
Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr / *evacuated tubular collector with heat pipe*

Länge: / *length:*
1952 mm (von Prüflabor bestimmt) / *1952 mm (determined by test laboratory)*

Breite: / *width:*
970 mm (von Prüflabor bestimmt) / *970 mm (determined by test laboratory)*

Höhe: / *height:*
171 mm (von Prüflabor bestimmt) / *171 mm (determined by test laboratory)*

Material: / *material:*
Aluminium / *aluminium*

Gewicht: / *weight:*
42 kg / *42 kg*

Dichtungsmaterialien: / *sealing material:*
Nylon 66 / *Nylon 66*

Einbauweise: / *collector mounting:*
Aufdach, Flachdach / *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Kupfer *copper*
Verbindung Absorber-Wärmerohr: *Joint absorber-heatpipe:*	ultraschallgeschweißt *ultrasonic welded*
Dicke: *thickness:*	0.12 mm (von Prüflabor bestimmt) *0.12 mm (determined by test laboratory)*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	gesputtertes TiNOx *sputtered TiNOx*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.93 *0.93*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt Sammler: *heat transfer fluid content of manifold:*	0.8 Liter *0.8 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8.0 x 0.6 mm *8.0 x 0.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	90 mm *90 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	37 x 1.0 mm *37 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Außengewinde *3/4“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	70 mm *70 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Jiangsu Micoe *Jiangsu Micoe*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated tube *Evacuated tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	2.0 mm *2.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd *Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd*
Produktbezeichnung: *product name:*	rock wool insulation block *rock wool insulation block*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.22 kJ/(kgK) *1.22 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	79 kg/m³ *79 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	40 mm *40 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	269 °C (von Prüflabor bestimmt) *269 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 50 % Glykol + Wasser *pure water, 50 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 - 150 kg/h *50 - 150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, Datum: 14.12.2010
- SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, Datum: 14.12.2010
- Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, Datum: 14.12.2010

- *SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, date: 14.12.2010*
- *SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, date: 14.12.2010*
- *Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, date: 14.12.2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-10
- Material list
- *ITW data sheet collector SMG70-10*
- *Material list*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber
- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:
The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SMG70-10. *The test report is valid for collector type SMG70-10 as specified above.*

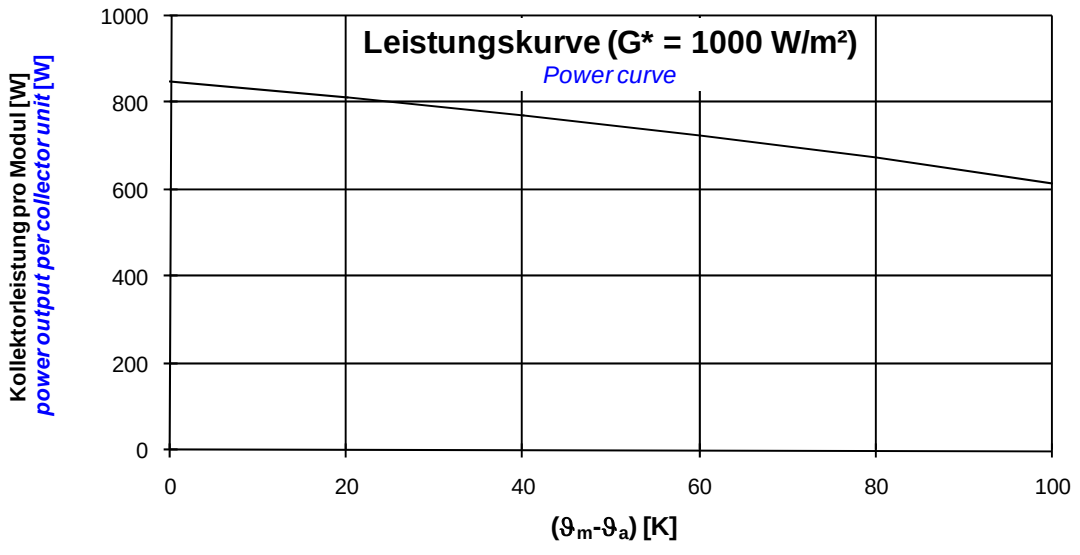
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.746
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.462
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.006
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_{\theta\perp}(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 13 *See page 13*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	18.10
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.14
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	850



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	340	595	850
20	304	559	814
40	263	518	773
60	216	471	726
80	163	418	673
100	105	360	615

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	14.06.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	16.06. – 27.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 27.12.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.746**	a_1 = **1.462 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.006 W/(m²K²)**	**c = 18.100 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.02**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.01	1.06	1.09	1.02	0.84	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	600	716	788
4	561	665	724
5	520	**597**	642
6	475	530	564

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.740 [-]
$K_{\theta d}$:	1.017 [-]
c_1:	1.462 [W/(m²K)]
c_2:	0.006 [W/(m²K²)]
c_5:	18.100 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.01	1.06	1.09	1.02	0.84	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

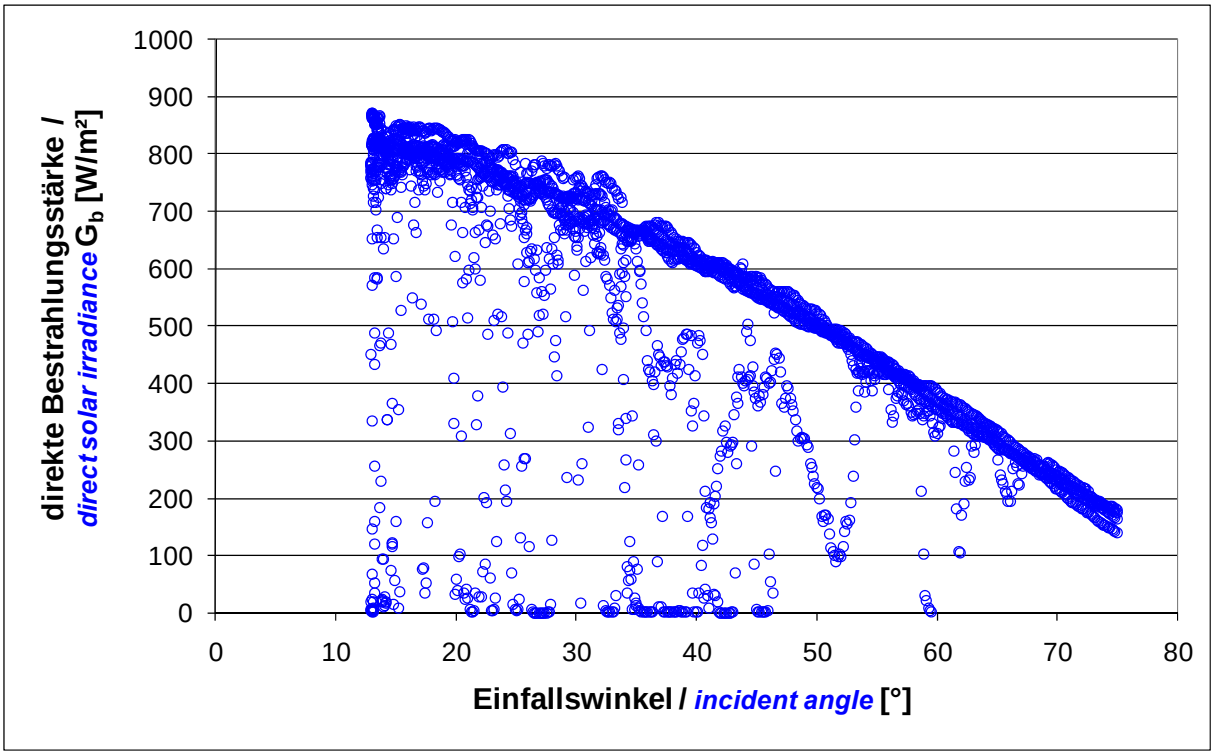


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

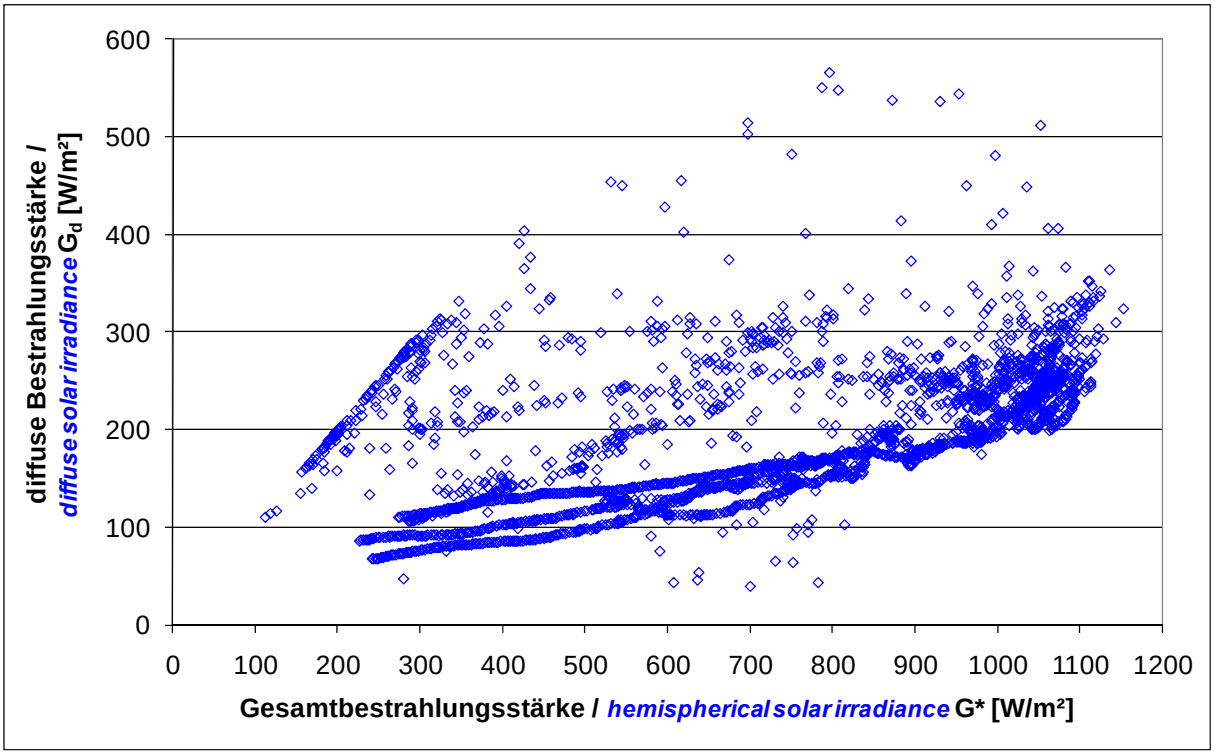


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

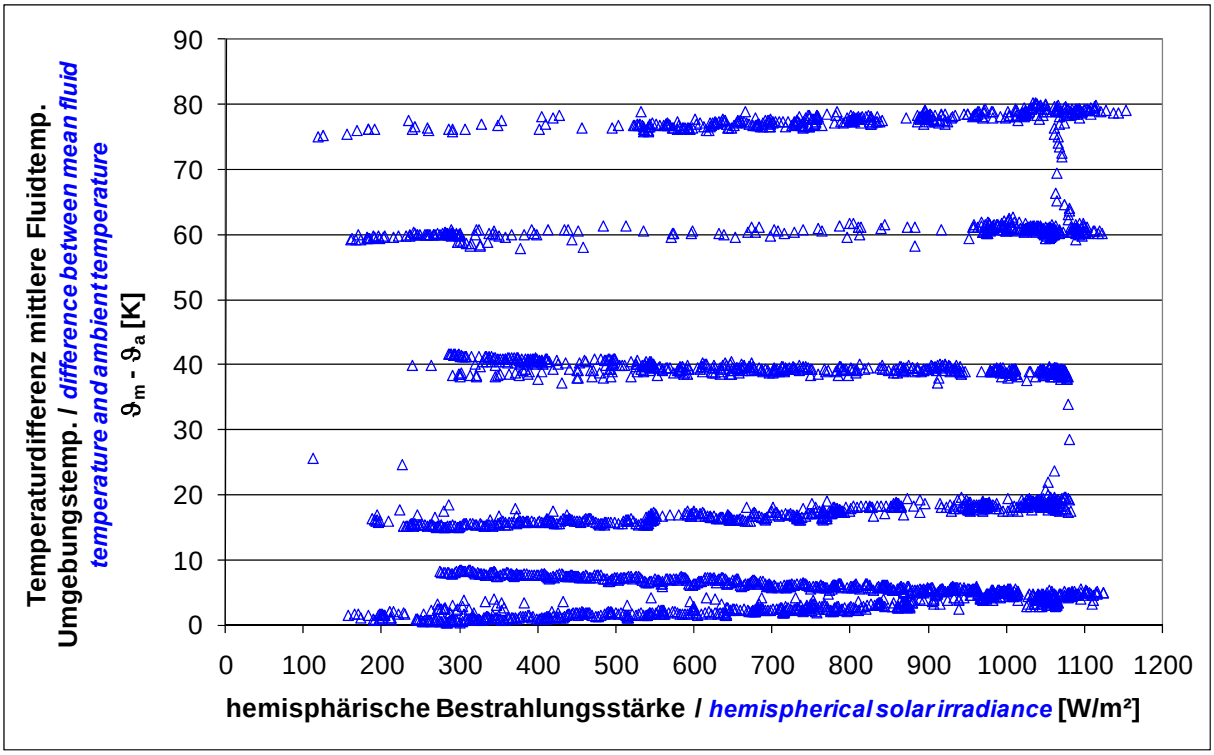


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL922
Test Report No.: 10COL922

Stuttgart, den 27.12.2010
Stuttgart, December 27th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd** **199, Yingzhou Road,** **Lianyungang City,** **Jiangsu Province, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SMG70-20**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 16
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 19
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller
Manufacturer

Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd
199, Yingzhou Road,
Lianyungang City,
Jiangsu Province, China

Ansprechpartner: / *contact person:*
Neil Xi
Tel.: 0086 518 8595 9885
Fax: 0086 518 8595 9808
email: certification@sunrain.com

Typ: / *type:*
SMG70-20 / *SMG70-20*

Herstellernummer: / *serial no.:*
Keine Angabe / *not specified*

Interne Kennzeichnung des Prüflabors: / *internal identification of test laboratory:*
C922A / *C922A*

Serienprodukt oder Baumuster: / *serial product or model:*
Serienprodukt / *serial product*

Herstelljahr: / *year of production:*
2010 / *2010*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: / *gross area:*
3.65 m²(von Prüflabor bestimmt) / *3.65 m² (determined by test laboratory)*

Aperturfläche: / *aperture area:*
2.27 m² (von Prüflabor bestimmt) / *2.27 m² (determined by test laboratory)*

Absorberfläche: / *absorber area:*
2.12 m² (von Prüflabor bestimmt) / *2.12 m² (determined by test laboratory)*

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart: / *collector type:*
Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr / *evacuated tubular collector with heat pipe*

Länge: / *length:*
1952 mm (von Prüflabor bestimmt) / *1952 mm (determined by test laboratory)*

Breite: / *width:*
1871 mm (von Prüflabor bestimmt) / *1871 mm (determined by test laboratory)*

Höhe: / *height:*
172 mm (von Prüflabor bestimmt) / *172 mm (determined by test laboratory)*

Material: / *material:*
Aluminium / *aluminium*

Gewicht: / *weight:*
88 kg / *88 kg*

Dichtungsmaterialien: / *sealing material:*
Nylon 66 / *Nylon 66*

Einbauweise: / *collector mounting:*
Aufdach, Flachdach / *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Kupfer *copper*
Verbindung Absorber-Wärmerohr: *Joint absorber-heatpipe:*	ultraschallgeschweißt *ultrasonic welded*
Dicke: *thickness:*	0.12 mm (von Prüflabor bestimmt) *0.12 mm (determined by test laboratory)*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	gesputtertes TiNOx *sputtered TiNOx*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.93 *0.93*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt Sammler: *heat transfer fluid content of manifold:*	1.5 Liter *1.5 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8.0 x 0.6 mm *8.0 x 0.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	20 *20*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	90 mm *90 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	37 x 1.0 mm *37 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Außengewinde *3/4“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	70 mm *70 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Jiangsu Micoe *Jiangsu Micoe*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated tube *Evacuated tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	2.0 mm *2.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd *Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.22 kJ/(kgK) *1.22 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	79 kg/m³ *79 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	40 mm *40 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	269 °C (von Prüflabor bestimmt) *269 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 50 % Glykol + Wasser *pure water, 50 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 - 150 kg/h *50 - 150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, Datum: 14.12.2010
- SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, Datum: 14.12.2010
- Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, Datum: 14.12.2010
- *SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, date: 14.12.2010*
- *SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, date: 14.12.2010*
- *Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, date: 14.12.2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-12
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-14
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-15
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-20
- Material list

- *ITW data sheet collector SMG70-12*
- *ITW data sheet collector SMG70-14*
- *ITW data sheet collector SMG70-15*
- *ITW data sheet collector SMG70-20*
- *Material list*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber
- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:
The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SMG70-20 sowie für die baugleichen Kollektoren SMG70-12, SMG70-14 und SMG70-15. *The test report is valid for collector type SMG70-20 as specified above as well as for the collectors SMG70-12, SMG70-14 and SMG70-15 identical in construction.*

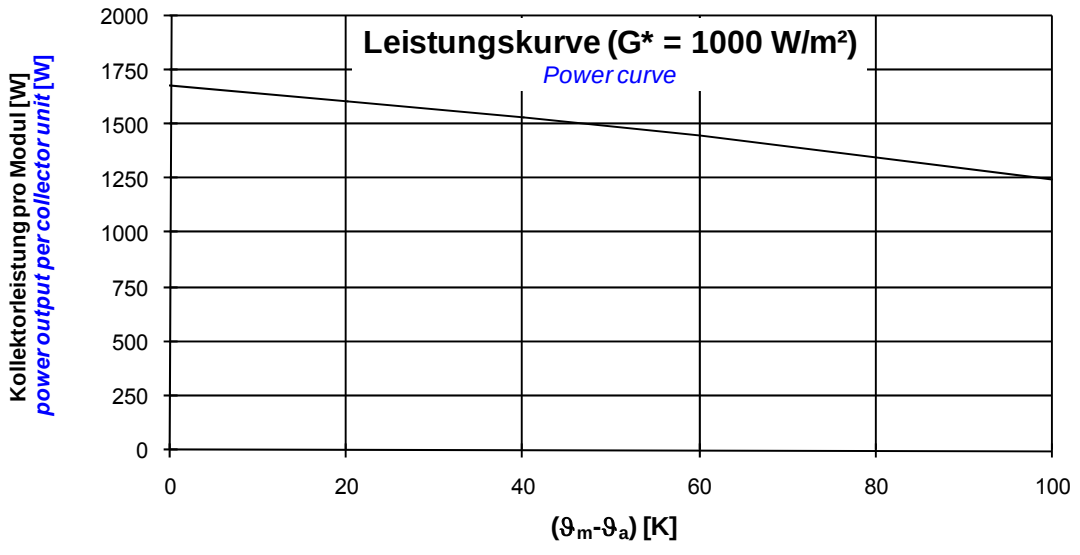
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.740
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.406
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.005
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_{\theta\perp}$(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 13 *See page 13*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	14.08
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.27
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1680



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	672	1176	1680
20	604	1107	1611
40	526	1030	1534
60	440	944	1447
80	344	848	1352
100	239	743	1247

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	14.06.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	16.06. – 27.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 27.12.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.740**	a_1 = **1.406 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.005 W/(m²K²)**	**c = 14.080 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.02**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.01	1.06	1.09	1.02	0.82	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	609	727	799
4	574	678	738
5	533	**609**	654
6	489	540	595

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.734 [-]
$K_{\theta d}$:	1.019 [-]
c_1:	1.406 [W/(m²K)]
c_2:	0.005 [W/(m²K²)]
c_5:	14.080 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.01	1.06	1.09	1.02	0.82	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

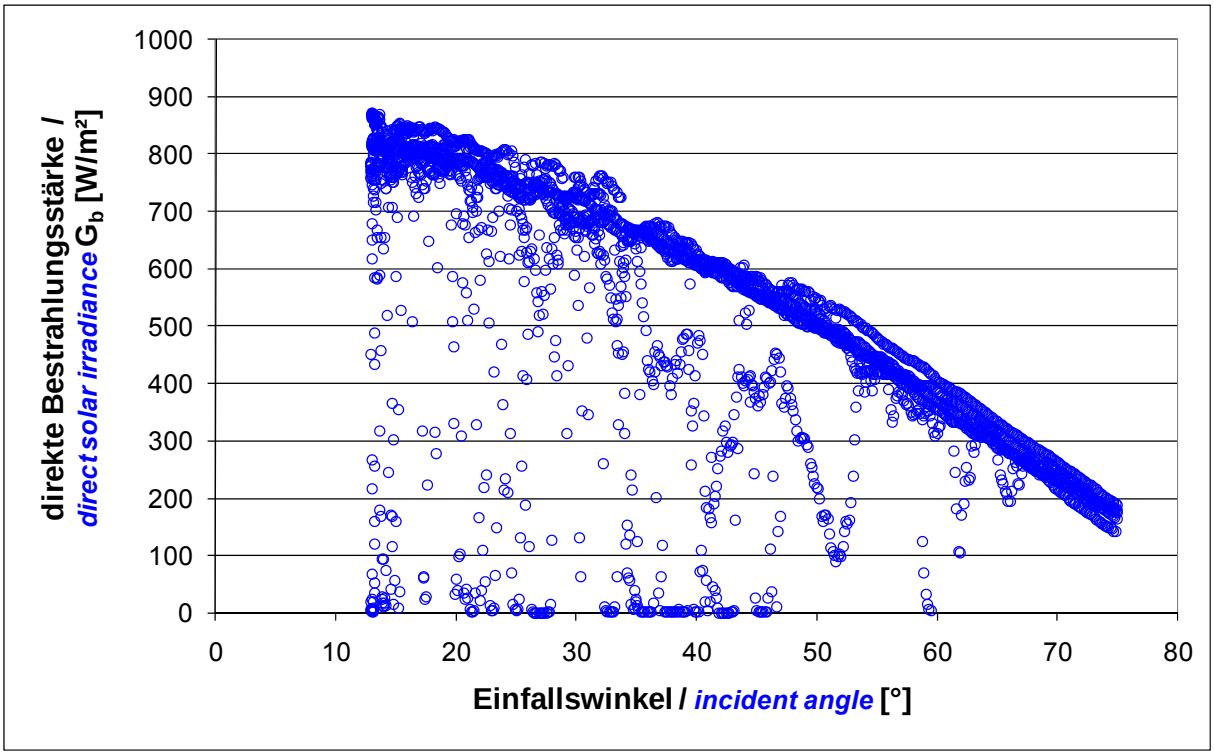


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

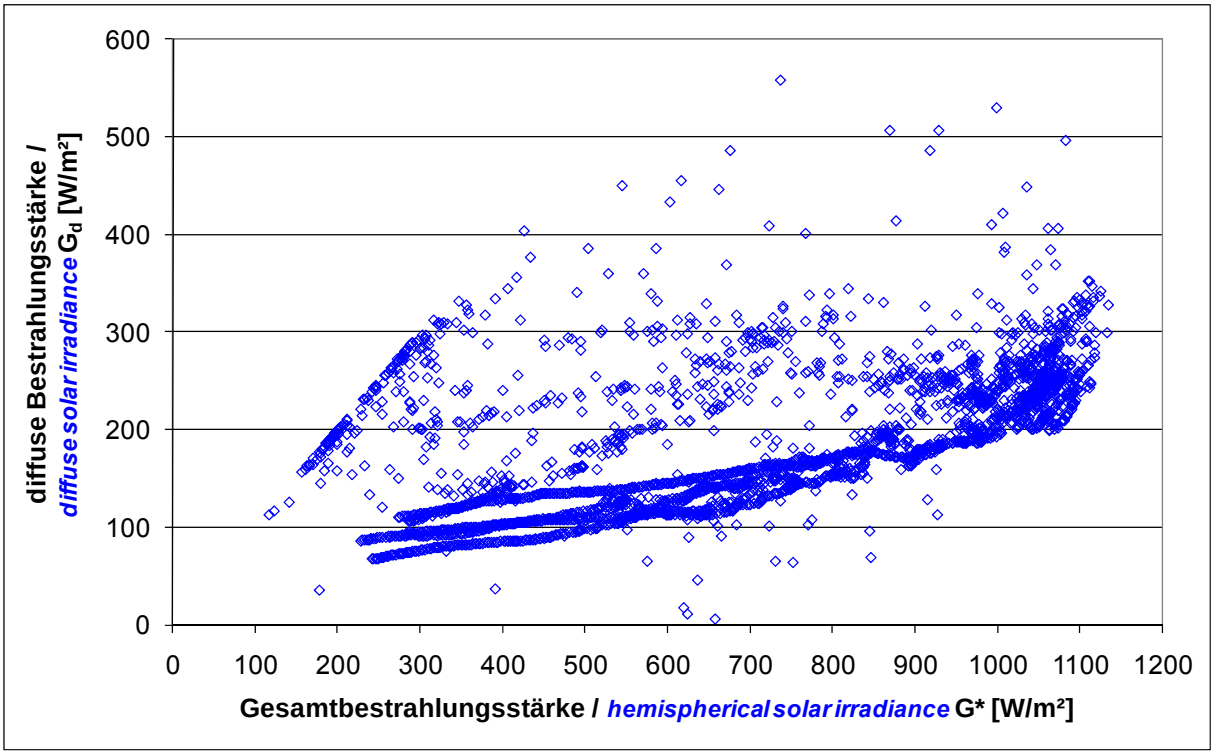


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

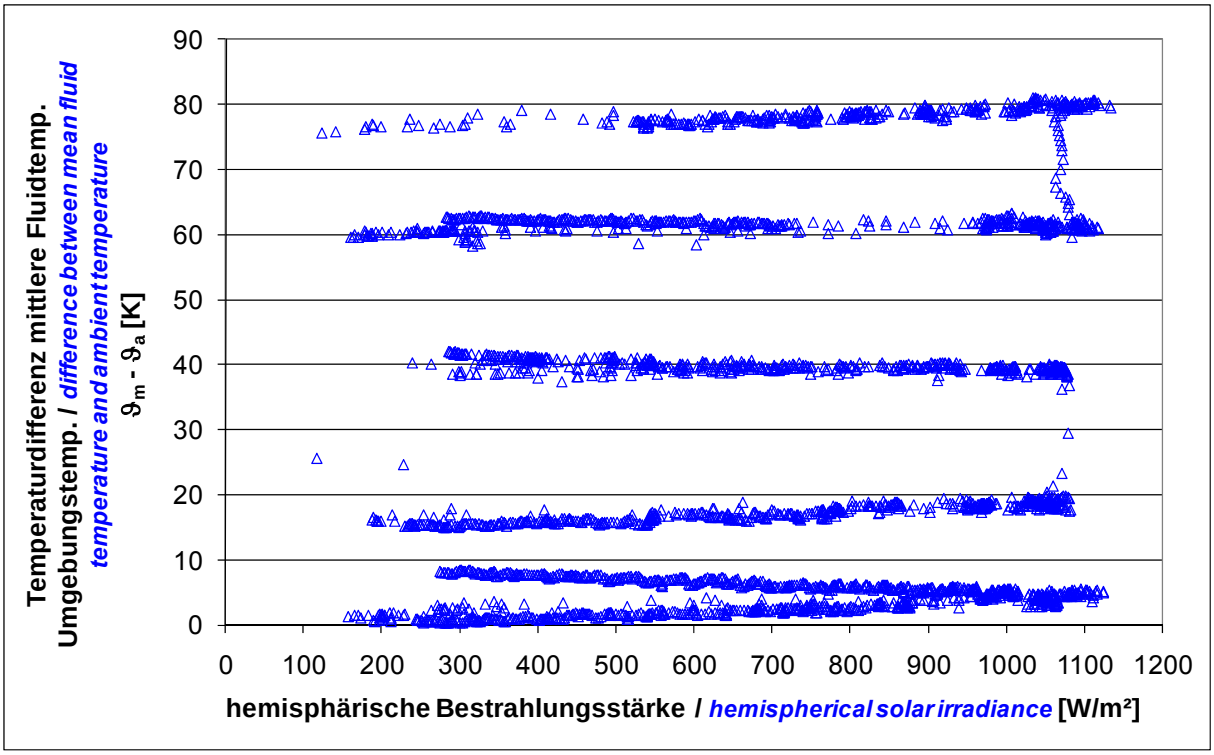


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für SMG70-12

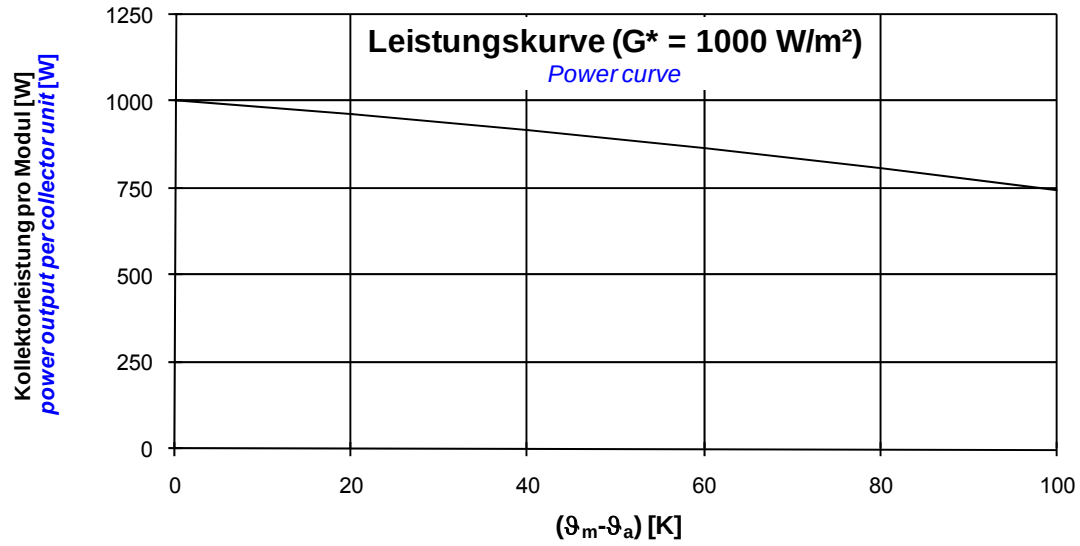
Annex C.1: Power curve for SMG70-12

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.36 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.740
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.406 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1006 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	403	704	1006
20	362	664	965
40	315	617	919
60	263	565	867
80	206	508	810
100	143	445	747

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.2: Leistungskurve für SMG70-14

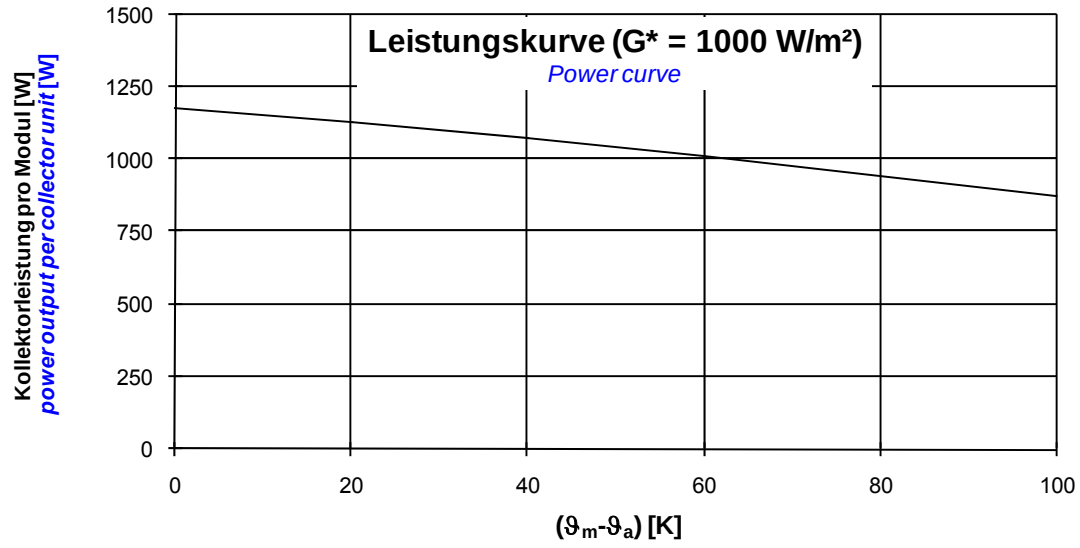
Annex C.2: Power curve for SMG70-14

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.59 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.740
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.406 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1177 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	471	824	1177
20	423	776	1129
40	368	721	1074
60	308	661	1014
80	241	594	947
100	168	521	874

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.3: Leistungskurve für SMG70-15

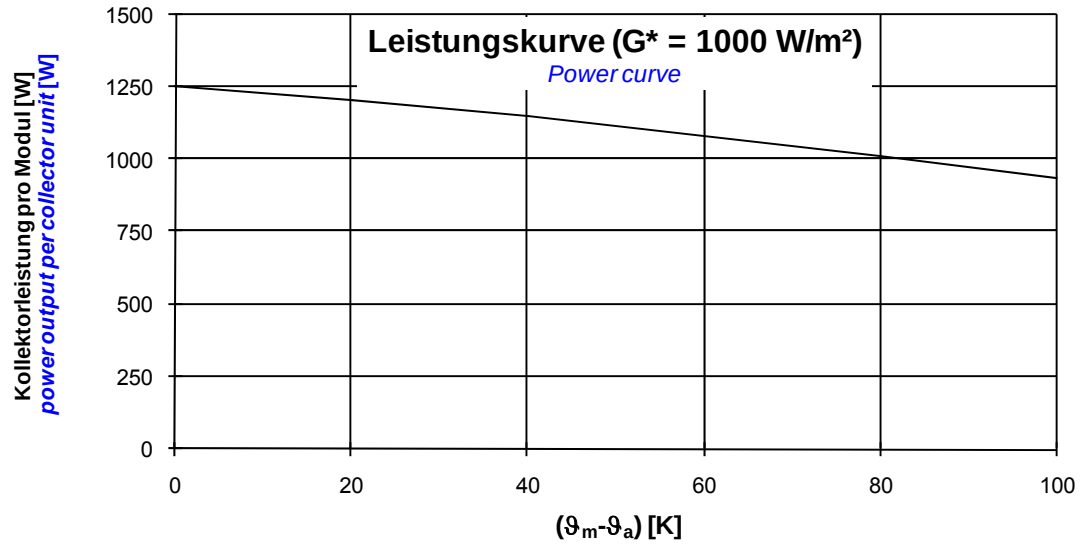
Annex C.3: Power curve for SMG70-15

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.70 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.740
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.406 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1258 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	503	881	1258
20	452	829	1207
40	394	771	1149
60	329	707	1084
80	258	635	1012
100	179	557	934

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL922Q
Test Report No.: 10COL922Q

Stuttgart, den 27.12.2010
Stuttgart, December 27th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd** **199, Yingzhou Road,** **Lianyungang City,** **Jiangsu Province, China**
Hersteller: *manufacturer:*	**Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd**
Typ: *type:*	**SMG70-20**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Jiangsu Micoe Solar Energy Co., Ltd 199, Yingzhou Road, Lianyungang City, Jiangsu Province, China
Ansprechpartner: *contact person:*	Neil Xi Tel.: 0086 518 8595 9885 Fax: 0086 518 8595 9808 email: certification@sunrain.com
Typ: *type:*	SMG70-20 *SMG70-20*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C922B *C922B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *gross area:*	3.65 m² (von Prüflabor bestimmt) *3.65 m² (determined by test laboratory)*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.27 m² (von Prüflabor bestimmt) *2.27 m² (determined by test laboratory)*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.12 m² (von Prüflabor bestimmt) *2.12 m² (determined by test laboratory)*

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1952 mm (von Prüflabor bestimmt) *1952 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1871 mm (von Prüflabor bestimmt) *1871 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	172 mm (von Prüflabor bestimmt) *172 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	88 kg *88 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Nylon 66 *Nylon 66*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Kupfer *copper*
Verbindung Absorber-Wärmerohr: *Joint absorber-heatpipe:*	ultraschallgeschweißt *ultrasonic welded*
Dicke: *thickness:*	0.12 mm (von Prüflabor bestimmt) *0.12 mm (determined by test laboratory)*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	gesputtertes TiNOx *sputtered TiNOx*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.93 *0.93*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt Sammler: *heat transfer fluid content of manifold:*	1.5 Liter *1.5 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8.0 x 0.6 mm *8.0 x 0.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	20 *20*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	90 mm *90 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	37 x 1.0 mm *37 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Außengewinde *3/4“ outer threat*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	70 mm *70 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	Jiangsu Micoe *Jiangsu Micoe*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated tube *Evacuated tube*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	2.0 mm *2.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd *Changzhou jiadeyu insulation material Co.,Ltd*
Produktbezeichnung: *product name:*	rock wool insulation block *rock wool insulation block*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.22 kJ/(kgK) *1.22 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	79 kg/m³ *79 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	40 mm *40 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	269 °C (von Prüflabor bestimmt) *269 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 50 % Glykol + Wasser *pure water, 50 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 - 150 kg/h *50 - 150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz: *construction characteristics:*	▪ SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, Datum: 14.12.2010 ▪ SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, Datum: 14.12.2010 ▪ Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, Datum: 14.12.2010 ▪ *SMG70 Collector (General view), JR-SMG70/1800-00, date: 14.12.2010* ▪ *SMG70 Collector (Cover), JR-SMG70/1800-01-02, date: 14.12.2010* ▪ *Ø 70 Metal-Glass tube, JR-SMG70/1800-02, date: 14.12.2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-10
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-12
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-14
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-15
- ITW Datenblatt Kollektor SMG70-20
- Material list

- *ITW data sheet collector SMG70-10*
- *ITW data sheet collector SMG70-12*
- *ITW data sheet collector SMG70-14*
- *ITW data sheet collector SMG70-15*
- *ITW data sheet collector SMG70-20*
- *Material list*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.
The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber
- Heat Pipe Vacuum Tube With Flat Absorber

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SMG70-20 sowie für die baugleichen Kollektoren SMG70-10, SMG70-12, SMG70-14 und SMG70-15. *The test report is valid for collector type SMG70-20 as specified above as well as for the collectors SMG70-10, SMG70-12, SMG70-14 and SMG70-15 identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 09.08.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 06.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1045**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 18.06. - 18.07.2010, 31.07. - 09.08.2010 41 Tage
Duration of exposure: *41 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
811	**33**	**78**	**57**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 25.06.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.2	**11**	**1009**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 08.07.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**18**	**1013**	**26**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 07.07.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**18**	**1039**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 09.07.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**18**	**955**	**32**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 05.07.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
4.9	**18**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 09.08.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1250 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 1250 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 06.09.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1045	**267**	**17**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu / *to* **ϑ_{stg} = 269 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 09.08.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0

Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 269 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 269 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	14.06.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	16.06. – 09.08.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 27.12.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL942
Test Report No.: 10COL942

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...14
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 17
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 4 *000 000 000 000 4*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C942 *C942*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.17 m² *2.17 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.90 m² *1.90 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.55 m² *2.55 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1925 mm (von Prüflabor bestimmt) *1925 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1127 mm (von Prüflabor bestimmt) *1127 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	117 mm (von Prüflabor bestimmt) *117 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	43 kg *43 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.47 Liter *1.47 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	90 - 110 kg/h *90 - 110 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150240 - Datum: 16.04.2010
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 10 - Zeichnung Nr. 200900150246 - Datum: 16.04.2010
- Tubo rame collettore SKY PRO 10 - Zeichnung Nr. 200900150250 - Datum: 20.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 Zeichnung Nr. 200900150004 - Datum: 27.04.2009
- ASSORBITORE SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150163 - Datum: 08.09.2009

- U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150010 - Datum: 27.04.2009
- PARABOLA 2 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150015 - Datum: 27.04.2009
- PARABOLA 4 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150014 - Datum: 27.04.2009

- *PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150240 - date: 16.04.2010*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 10 - drawing no. 200900150246 - date: 16.04.2010*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 10 - drawing no. 200900150250 - date: 20.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 drawing no. 200900150004 - date: 27.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150163 - date: 08.09.2009*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150010 - date: 27.04.2010*
- *PARABOLA 2 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150015 - date: 27.04.2009*
- *PARABOLA 4 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150014 - date: 27.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10 CPC 58
- Esplosione scalare di 101060090 IIC PANNELLO SKY PRO 10 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP

- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10 CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101060090 IIC PANNELLO SKY PRO 10 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐

	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800
- *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800*

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐

	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58. *The test report is valid for collector type PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 as specified above as.*

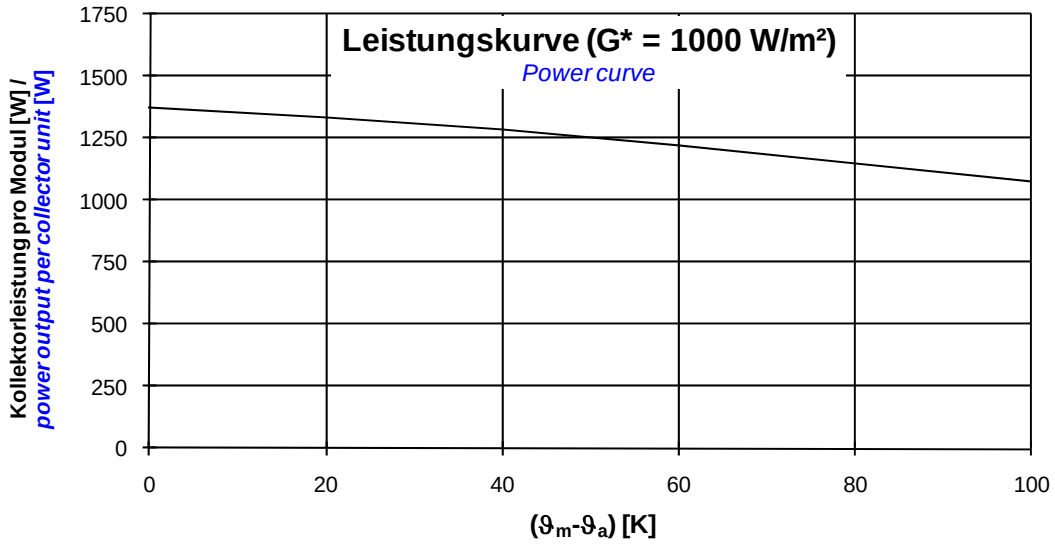
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.724
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	0.986
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.006
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	siehe Seite: 14 *see page: 14*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	40.860
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	60
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.90
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1376



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	550	963	1376
20	508	921	1334
40	457	870	1282
60	397	809	1222
80	327	740	1153
100	249	662	1074

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 05.08.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 09.09. – 22.09.2010
Test period:

Prüfer: M. Wild, Dipl.-Ing. S. Fischer
Test engineer:

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.724**	a_1 = **0.986 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.006 W/(m²K²)**	**c = 40.860 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.03**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.94	0.89	0.79	0.64	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.00	1.01	1.10	1.12	1.32	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	585	704	777
4	548	654	715
5	507	**589**	636
6	465	525	562

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.721 [-]
$K_{\theta d}$:	1.026 [-]
c_1:	0.986 [W/(m²K)]
c_2:	0.006 [W/(m²K²)]
c_5:	40.860 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.94	0.89	0.79	0.64	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.00	1.01	1.10	1.12	1.32	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°;\theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

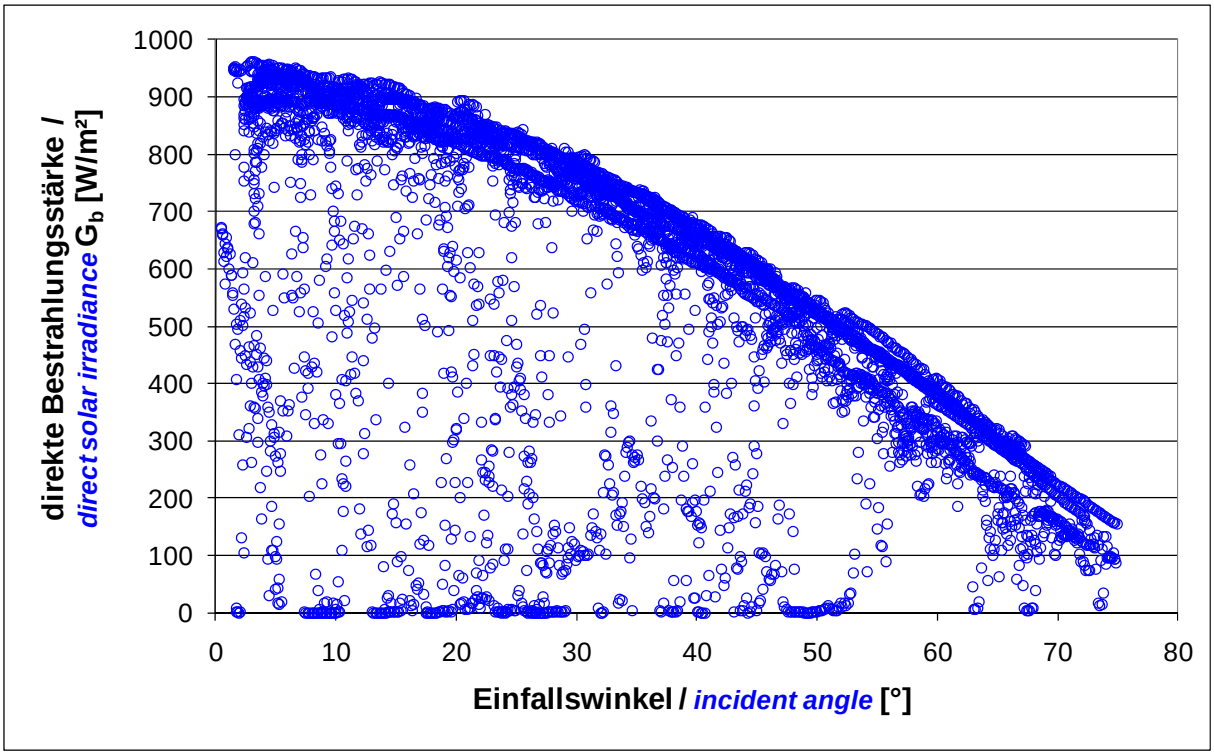


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

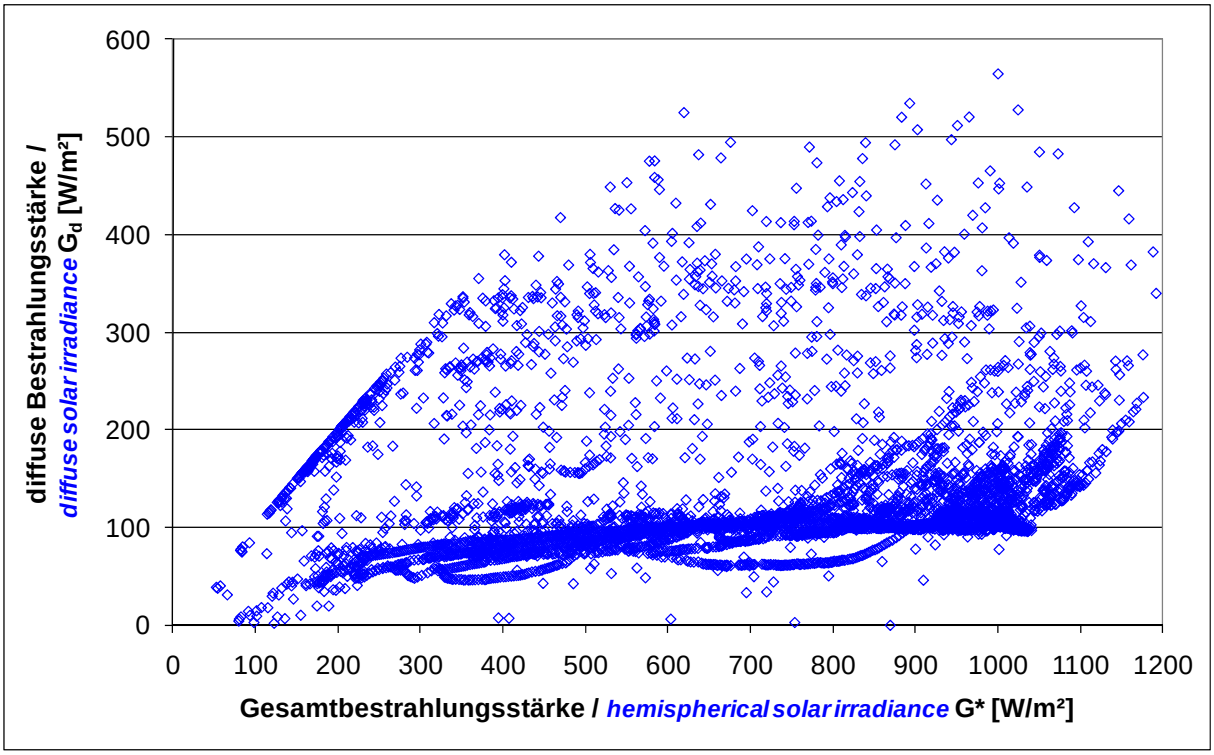


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

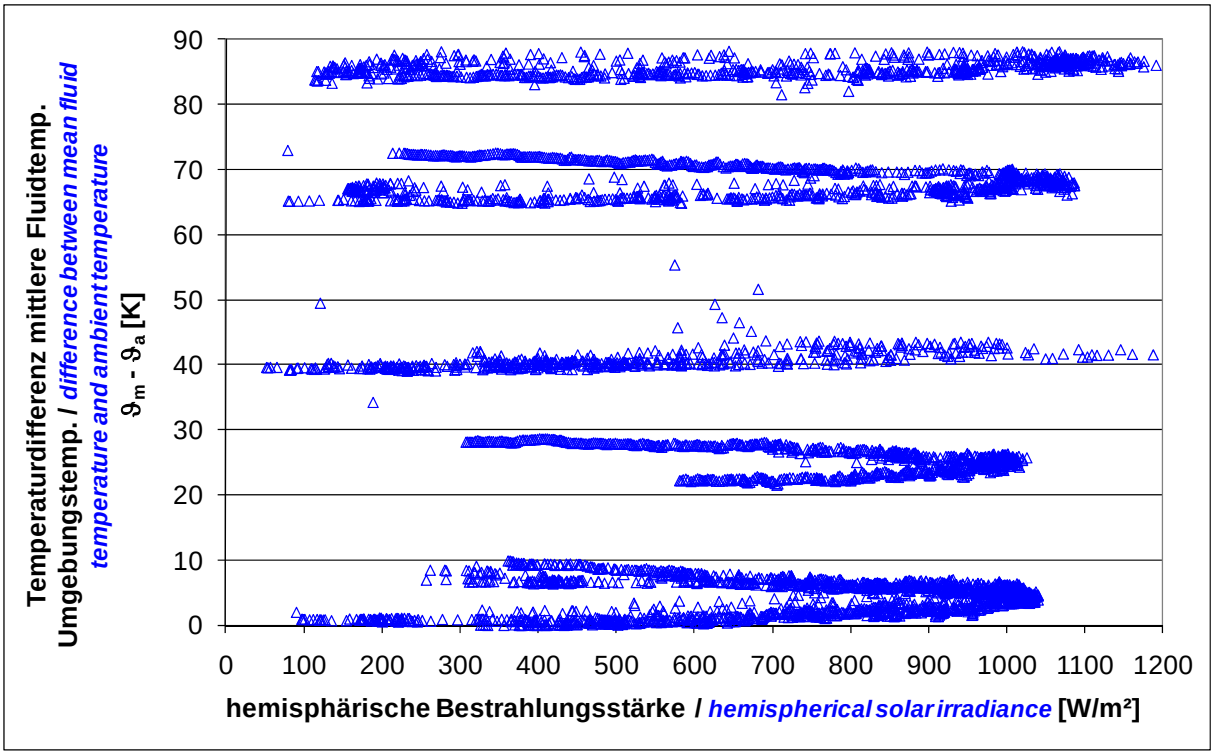


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL943
Test Report No.: 10COL943

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 11
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 13
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 13
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 14
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 16
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 19
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 24
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 3 *000 000 000 000 3*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C943A *C943A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.71 m² *4.71 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	4.19 m² *4.19 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	5.62 m² *5.62 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1925 mm (von Prüflabor bestimmt) *1925 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2446 mm (von Prüflabor bestimmt) *2446 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	117 mm (von Prüflabor bestimmt) *117 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	94 kg *94 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	3.2 Liter *3.2 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	22 *22*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	200 - 250 kg/h *200 - 250 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150134 - Datum: 29.07.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 12 - Zeichnung Nr. 200900150147 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 12 - Zeichnung Nr. 200900150251 - Datum: 20.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150085 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 14 - Zeichnung Nr. 200900150149 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 14 - Zeichnung Nr. 200900150252 - Datum: 20.04.2010

- PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150091 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 16 - Zeichnung Nr. 200900150151 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 16 - Zeichnung Nr. 200900150260 - Datum: 20.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150001 - Datum: 27.04.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 18 - Zeichnung Nr. 200900150124 - Datum: 28.07.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 18 - Zeichnung Nr. 200900150261 - Datum: 21.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150092 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 20 - Zeichnung Nr. 200900150154 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 20 - Zeichnung Nr. 200900150262 - Datum: 21.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150093 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 22 - Zeichnung Nr. 200900150156 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 22 - Zeichnung Nr. 200900150263 - Datum: 21.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 Zeichnung Nr. 200900150004 - Datum: 27.04.2009
- ASSORBITORE SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150163 - Datum: 08.09.2009
- U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150010 - Datum: 27.04.2009
- PARABOLA 2 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150015 - Datum: 27.04.2009
- PARABOLA 4 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150014 - Datum: 27.04.2009
- *PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150134 - date: 29.07.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 12 - drawing no. 200900150147 - date: 01.09.2009*

- *Tubo rame collettore SKY PRO 12 - drawing no. 200900150251 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150085 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 14 - drawing no. 200900150149 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 14 - drawing no. 200900150252 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150091 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 16 - drawing no. 200900150151 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 16 - drawing no. 200900150260 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150001 - date: 27.04.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 18 - drawing no. 200900150124 - date: 28.07.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 18 - drawing no. 200900150261 - date: 21.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150092 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 20 - drawing no. 200900150154 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 20 - drawing no. 200900150262 - date: 21.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150093 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 22 - drawing no. 200900150156 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 22 - drawing no. 200900150263 - date: 21.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 drawing no. 200900150004 - date: 27.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150163 - date: 08.09.2009*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150010 - date: 27.04.2010*
- *PARABOLA 2 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150015 - date: 27.04.2009*
- *PARABOLA 4 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150014 - date: 27.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 12 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 14 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 16 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 18 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 20 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 22 CPC 58
- Esplosione scalare di 101060091 IIC PANNELLO SKY PRO 12 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060092 IIC PANNELLO SKY PRO 14 CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101060093 IIC PANNELLO SKY PRO 16 CPC58 - Datum: 27.10.2010

- Esplosione scalare di 101060094 IIC PANNELLO SKY PRO 18 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060095 IIC PANNELLO SKY PRO 20 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060096 IIC PANNELLO SKY PRO 22 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 12 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 14 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 16 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 18 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 20 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 22 CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101060091 IIC PANNELLO SKY PRO 12 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060092 IIC PANNELLO SKY PRO 14 CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060093 IIC PANNELLO SKY PRO 16 CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060094 IIC PANNELLO SKY PRO 18 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060095 IIC PANNELLO SKY PRO 20 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060096 IIC PANNELLO SKY PRO 22 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐

	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐
	Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht. *The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.*		
Installationsanweisung: *instructor installation manual :*	▪ Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800 ▪ *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800*		
	Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben: *The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:*		
		ja *yes*	nein *no*
	Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
	Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐

	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp
PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58
sowie für die baugleichen Kollektoren
PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 und
PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58.

The test report is valid for collector type PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 as specified above as well as for the collectors PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 and PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 identical in construction.

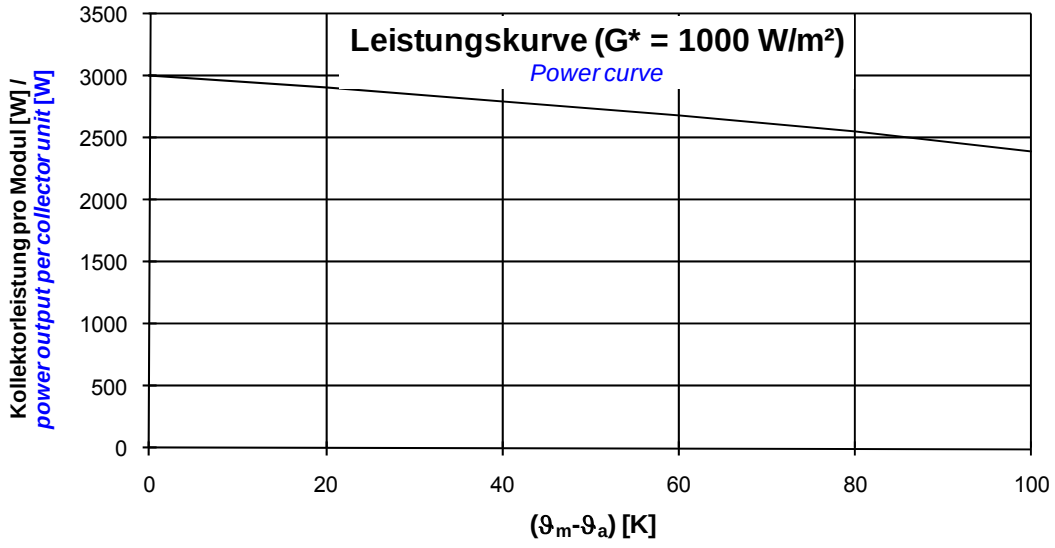
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.718
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.051
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.004
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	siehe Seite: 16 *see page: 16*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	42.710
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	60
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	4.19
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	3008



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	1203	2106	3008
20	1109	2011	2914
40	1000	1903	2805
60	879	1781	2684
80	744	1646	2549
100	595	1498	2400

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 05.08.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 09.09. – 22.09.2010
Test period:

Prüfer: M. Wild, Dipl.-Ing. S. Fischer
Test engineer:

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.718**	a_1 = **1.051 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.004 W/(m²K²)**	**c = 42.710 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **0.972**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.95	0.90	0.81	0.66	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	566	683	755
4	534	639	699
5	498	**582**	629
6	462	521	560

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.721 [-]
$K_{\theta d}$:	0.972 [-]
c_1:	1.051 [W/(m²K)]
c_2:	0.004 [W/(m²K²)]
c_5:	42.710 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.90	0.81	0.66	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

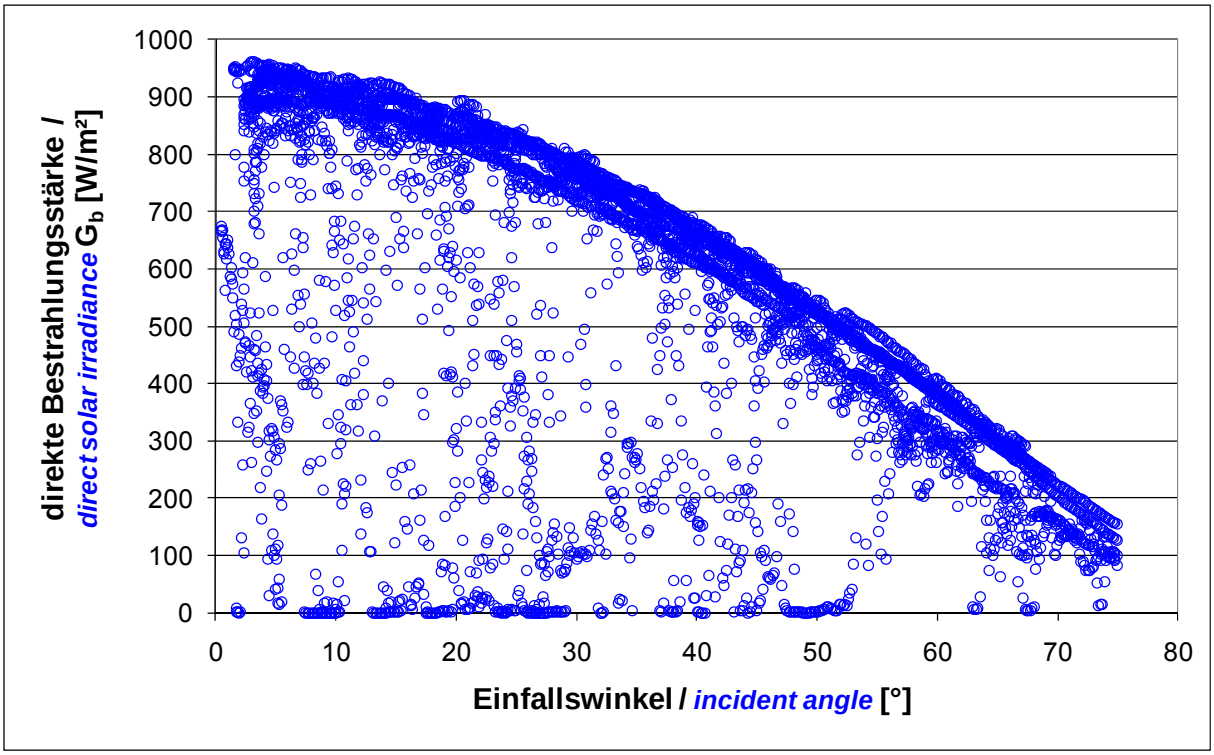


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

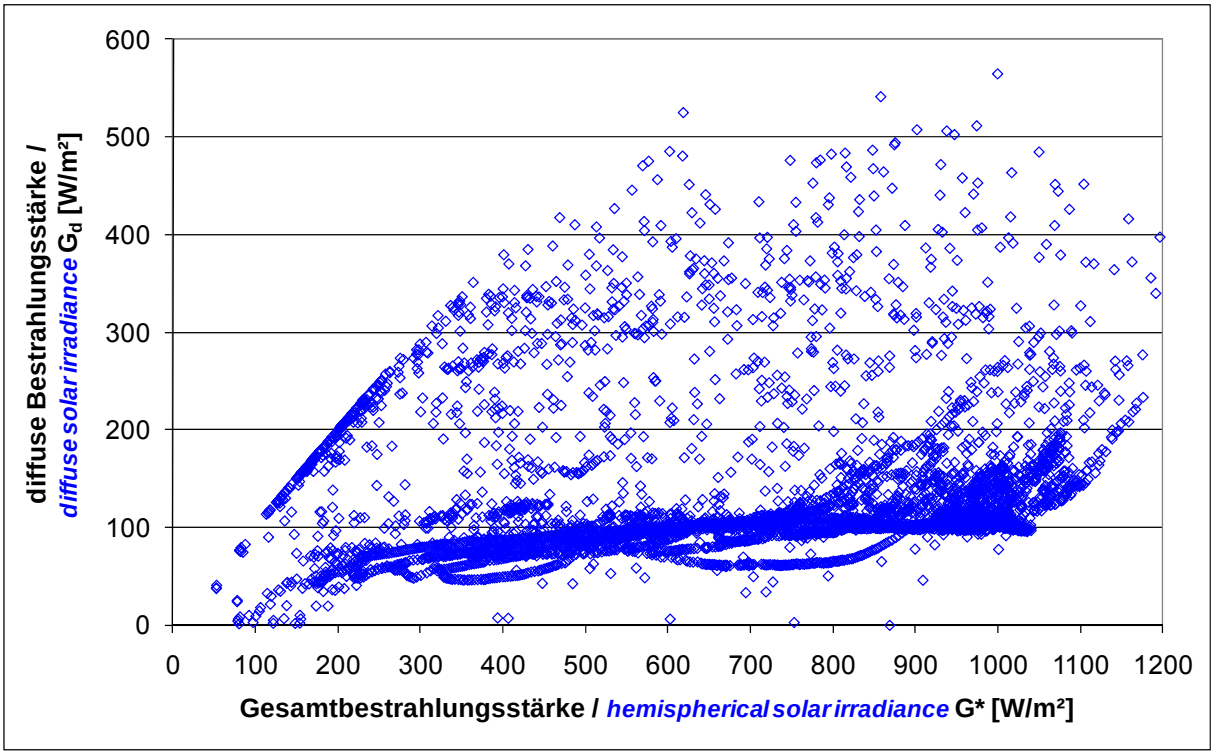


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

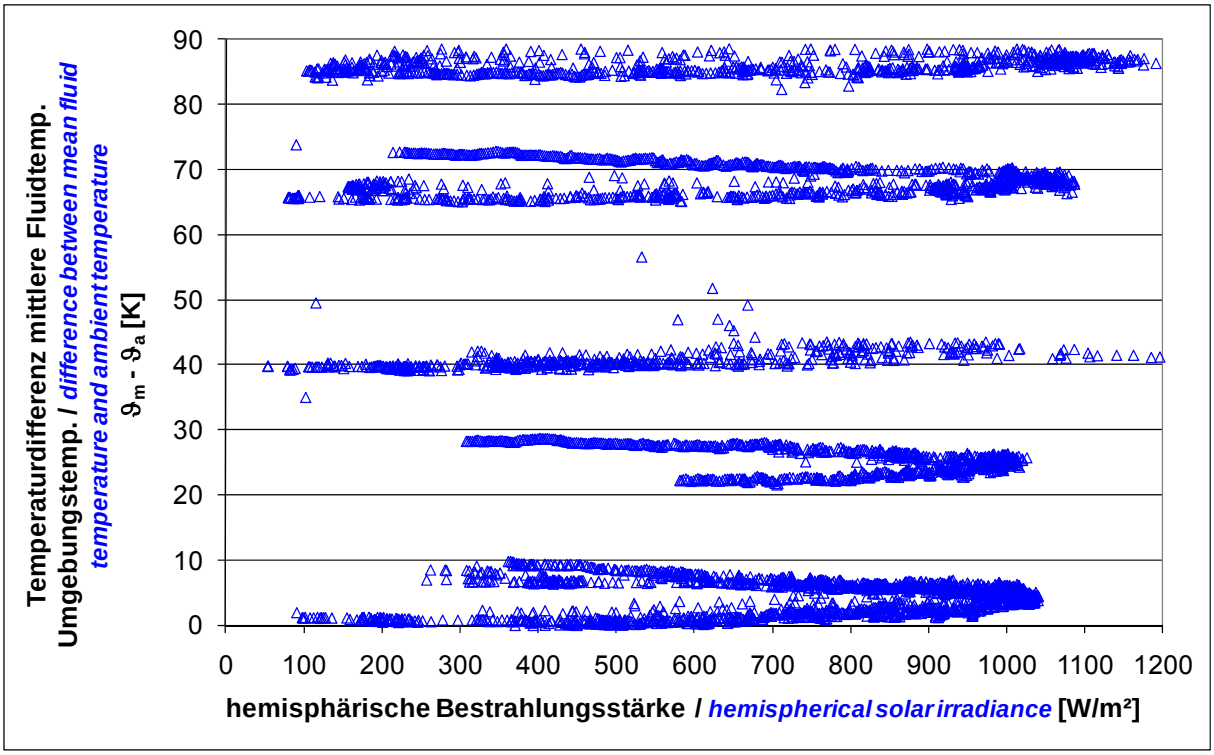


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58

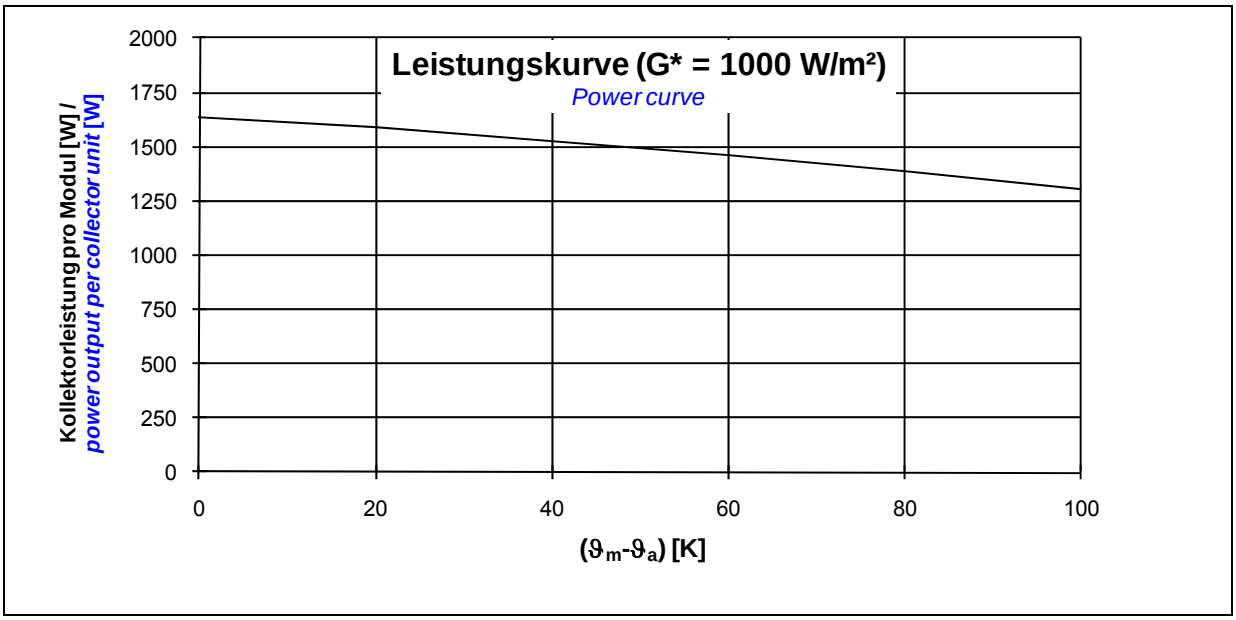
Annex C.1: Power curve for PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.28 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.718
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.051 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.004 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1637 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	655	1146	1637
20	603	1094	1585
40	544	1035	1527
60	478	969	1460
80	405	896	1387
100	324	815	1306

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.2: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58

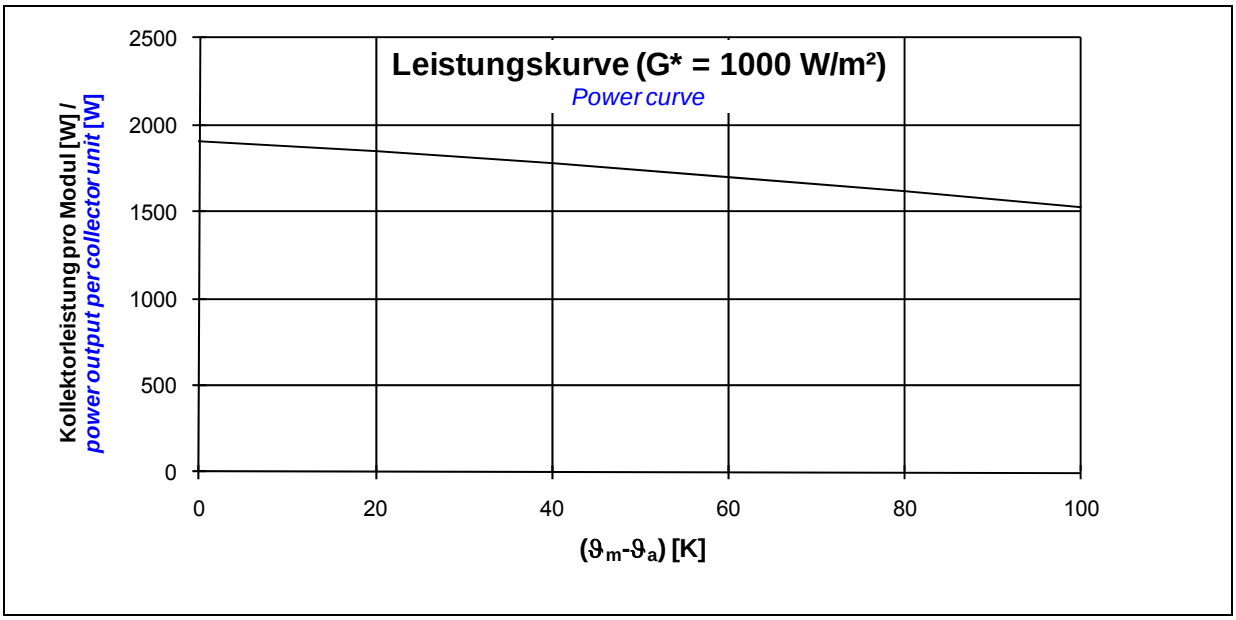
Annex C.2: Power curve for PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.66 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.718
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.051 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.004 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1910 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	764	1337	1910
20	704	1277	1850
40	635	1208	1781
60	558	1131	1704
80	472	1045	1618
100	378	951	1524

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.3: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58

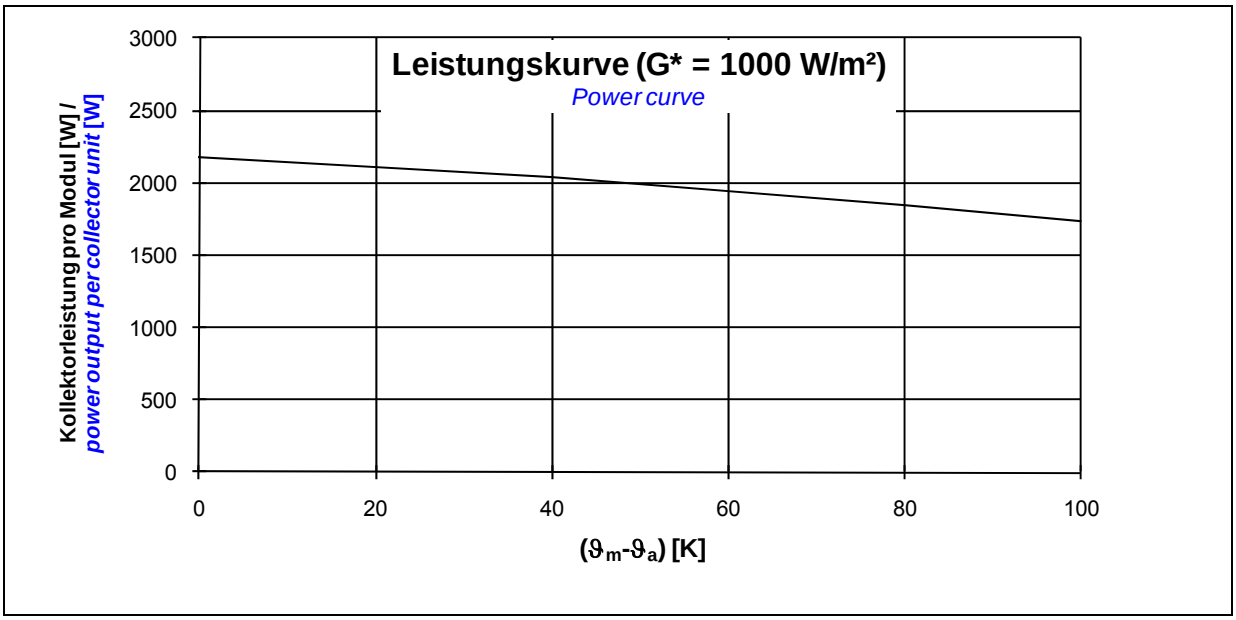
Annex C.3: Power curve for PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 3.04 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.718
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.051 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.004 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 2183 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	873	1528	2183
20	804	1459	2114
40	726	1381	2035
60	638	1292	1947
80	540	1194	1849
100	432	1087	1742

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.4: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58

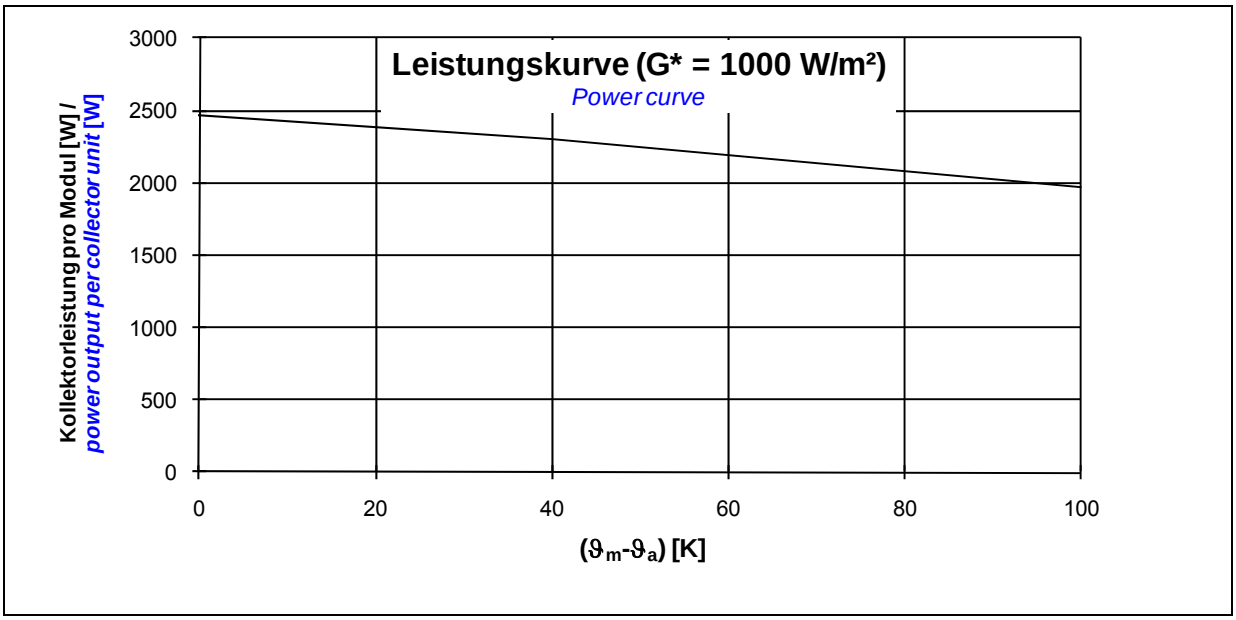
Annex C.4: Power curve for PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 3.43 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.718
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.051 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.004 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$ = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 2463 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	985	1724	2463
20	908	1646	2385
40	819	1558	2297
60	719	1458	2197
80	609	1348	2087
100	487	1226	1965

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.5: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58

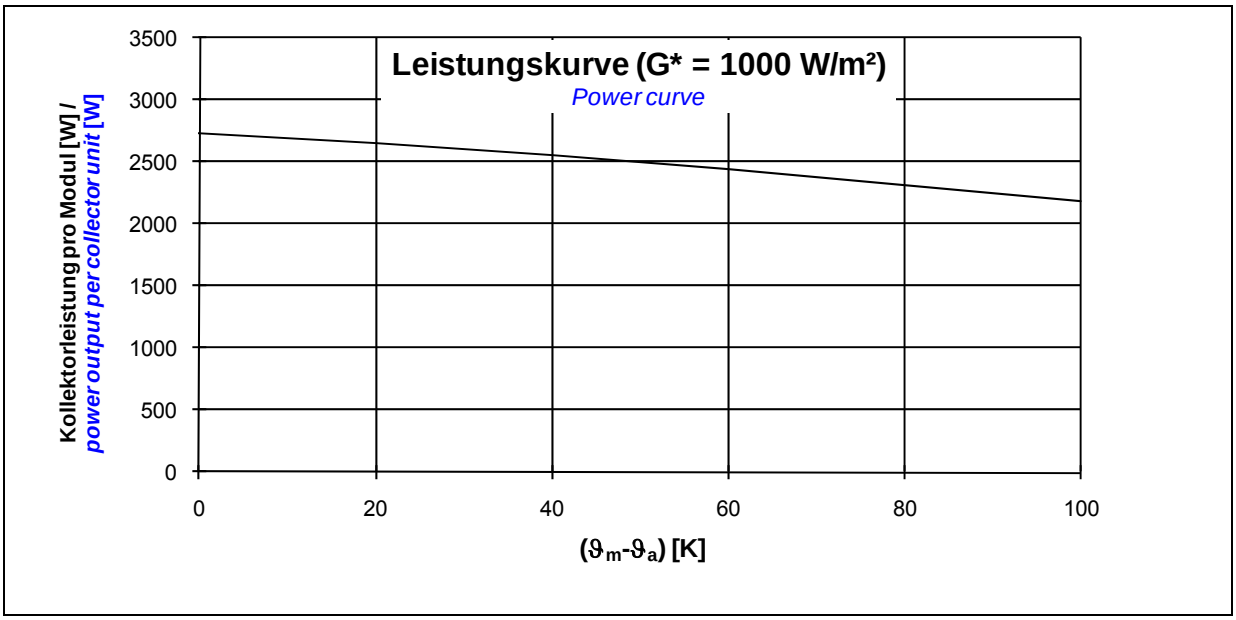
Annex C.5: Power curve for PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 3.81 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.718
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.051 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.004 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², $(\vartheta_m-\vartheta_a)$ = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 2736 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	1094	1915	2736
20	1008	1829	2649
40	910	1730	2551
60	799	1620	2440
80	676	1497	2318
100	541	1362	2183

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL943Q
Test Report No.: 10COL943Q

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 11
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 11
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 11
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 12
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 12
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 13
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 13
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 14
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 14
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 15
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 17
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 17
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 6 *000 000 000 000 6*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C943B *C943B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.71 m² *4.71 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	4.19 m² *4.19 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	5.62 m² *5.62 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1925 mm (von Prüflabor bestimmt) *1925 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2446 mm (von Prüflabor bestimmt) *2446 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	117 mm (von Prüflabor bestimmt) *117 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	94 kg *94 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	3.2 Liter *3.2 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	22 *22*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1800 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	200 - 250 kg/h *200 - 250 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150240 - Datum: 16.04.2010
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 10 - Zeichnung Nr. 200900150246 - Datum: 16.04.2010
- Tubo rame collettore SKY PRO 10 - Zeichnung Nr. 200900150250 - Datum: 20.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150134 - Datum: 29.07.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 12 - Zeichnung Nr. 200900150147 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 12 - Zeichnung Nr. 200900150251 - Datum: 20.04.2010

- PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150085 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 14 - Zeichnung Nr. 200900150149 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 14 - Zeichnung Nr. 200900150252 - Datum: 20.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150091 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 16 - Zeichnung Nr. 200900150151 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 16 - Zeichnung Nr. 200900150260 - Datum: 20.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150001 - Datum: 27.04.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 18 - Zeichnung Nr. 200900150124 - Datum: 28.07.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 18 - Zeichnung Nr. 200900150261 - Datum: 21.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150092 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 20 - Zeichnung Nr. 200900150154 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 20 - Zeichnung Nr. 200900150262 - Datum: 21.04.2010
- PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 1800 MM - Zeichnung Nr. 200900150093 - Datum: 15.06.2009
- Circuiteria rame SKY PRO 1800 22 - Zeichnung Nr. 200900150156 - Datum: 01.09.2009
- Tubo rame collettore SKY PRO 22 - Zeichnung Nr. 200900150263 - Datum: 21.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 Zeichnung Nr. 200900150004 - Datum: 27.04.2009
- ASSORBITORE SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150163 - Datum: 08.09.2009
- U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - Zeichnung Nr. 200900150010 - Datum: 27.04.2009

- PARABOLA 2 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150015 - Datum: 27.04.2009
- PARABOLA 4 PEZZI 1800 - Zeichnung Nr. 200900150014 - Datum: 27.04.2009
- *PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150240 - date: 16.04.2010*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 10 - drawing no. 200900150246 - date: 16.04.2010*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 10 - drawing no. 200900150250 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150134 - date: 29.07.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 12 - drawing no. 200900150147 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 12 - drawing no. 200900150251 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150085 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 14 - drawing no. 200900150149 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 14 - drawing no. 200900150252 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150091 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 16 - drawing no. 200900150151 - Datum: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 16 - drawing no. 200900150260 - date: 20.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150001 - date: 27.04.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 18 - drawing no. 200900150124 - date: 28.07.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 18 - drawing no. 200900150261 - date: 21.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150092 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 20 - drawing no. 200900150154 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 20 - drawing no. 200900150262 - date: 21.04.2010*
- *PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 1800 MM - drawing no. 200900150093 - date: 15.06.2009*
- *Circuiteria rame SKY PRO 1800 22 - drawing no. 200900150156 - date: 01.09.2009*
- *Tubo rame collettore SKY PRO 22 - drawing no. 200900150263 - date: 21.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1800 DN 58 drawing no. 200900150004 - date: 27.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150163 - date: 08.09.2009*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1800 - drawing no. 200900150010 - date: 27.04.2010*
- *PARABOLA 2 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150015 - date: 27.04.2009*
- *PARABOLA 4 PEZZI 1800 - drawing no. 200900150014 - date: 27.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 10 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 12 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 14 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 16 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 18 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 20 CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 22 CPC 58
- Esplosione scalare di 101060090 IIC PANNELLO SKY PRO 10 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060091 IIC PANNELLO SKY PRO 12 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060092 IIC PANNELLO SKY PRO 14 CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101060093 IIC PANNELLO SKY PRO 16 CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101060094 IIC PANNELLO SKY PRO 18 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060095 IIC PANNELLO SKY PRO 20 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- Esplosione scalare di 101060096 IIC PANNELLO SKY PRO 22 CPC58 - Datum: 19.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP

- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 10 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 12 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 14 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 16 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 18 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 20 CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKYPRO 22 CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101060090 IIC PANNELLO SKY PRO 10 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060091 IIC PANNELLO SKY PRO 12 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060092 IIC PANNELLO SKY PRO 14 CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060093 IIC PANNELLO SKY PRO 16 CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060094 IIC PANNELLO SKY PRO 18 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060095 IIC PANNELLO SKY PRO 20 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101060096 IIC PANNELLO SKY PRO 22 CPC58 - date: 19.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800
- *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1800*

Die Installationsanweisungen enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐

	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp
PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58
sowie für die baugleichen Kollektoren
PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 und
PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58.

The test report is valid for collector type PANNELLO SKY PRO 22 CPC 58 as specified above as well as for the collectors PANNELLO SKY PRO 10 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 12 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 14 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 16 CPC 58, PANNELLO SKY PRO 18 CPC 58 and PANNELLO SKY PRO 20 CPC 58 identical in construction.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 18.11.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 22.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1026**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 12.08.- 18.10.2010 68 Tage
Duration of exposure: *68 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
930	**34**	**99**	**61**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 02.09.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**14**	**977**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 06.09.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**14**	**947**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 06.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.4	**14**	**1034**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 20.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.4	**14**	**996**	**19**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 18.10.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
1.8	**12**	**4.25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 20.10.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 12.10.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
965	**235**	**14**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu / *to* **ϑ_{stg} = 259 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 25.11.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0

Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 259 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 259 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	05.08.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	12.08. – 25.11.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL944
Test Report No.: 10COL944

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...14
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 17
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 3 *000 000 000 000 3*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C944 *C944*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.47 m² *1.47 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.26 m² *1.26 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.69 m² *1.69 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1625 mm (von Prüflabor bestimmt) *1625 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	905 mm (von Prüflabor bestimmt) *905 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	116 mm (von Prüflabor bestimmt) *116 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	27 kg *27 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.05 Liter *1.05 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	8 *8*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	60 - 75 kg/h *60 - 75 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 8 - Zeichnung Nr. 200900290030 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 8 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290018 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 8 - Zeichnung Nr. 200900290037 - Datum: 26.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 Zeichnung Nr. CSOL00000018 - Datum: 19.04.2010
- ASSORBITORE SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. 200900150335 - Datum: 17.06.2010

- U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. CSOL00000016 - Datum: 19.04.2010
- PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - Zeichnung Nr. CSOL00000005 - Datum: 09.09.2009
- PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - Zeichnung Nr. CSOL00000004 - Datum: 02.09.2009

- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 8 - drawing no. 200900290030 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 8 - 1500 MM - drawing no. 200900290018 - Datum: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 8 - drawing no. 200900290037 - date: 26.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 drawing no. CSOL00000018 - date: 19.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1500 - drawing no. 200900150335 - date: 17.06.2010*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - drawing no. CSOL00000016 - date: 19.04.2010*
- *PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - drawing no. CSOL00000005 - date: 09.09.2009*
- *PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - drawing no. CSOL00000004 - date: 02.09.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 8L CPC 58
- Esplosione scalare di 101070090 IIC PANNELLO SKY PRO 8L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP

- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 8L CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101070090 IIC PANNELLO SKY PRO 8L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐

	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500
- *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500*

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐

	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58. *The test report is valid for collector type PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58 as specified above as.*

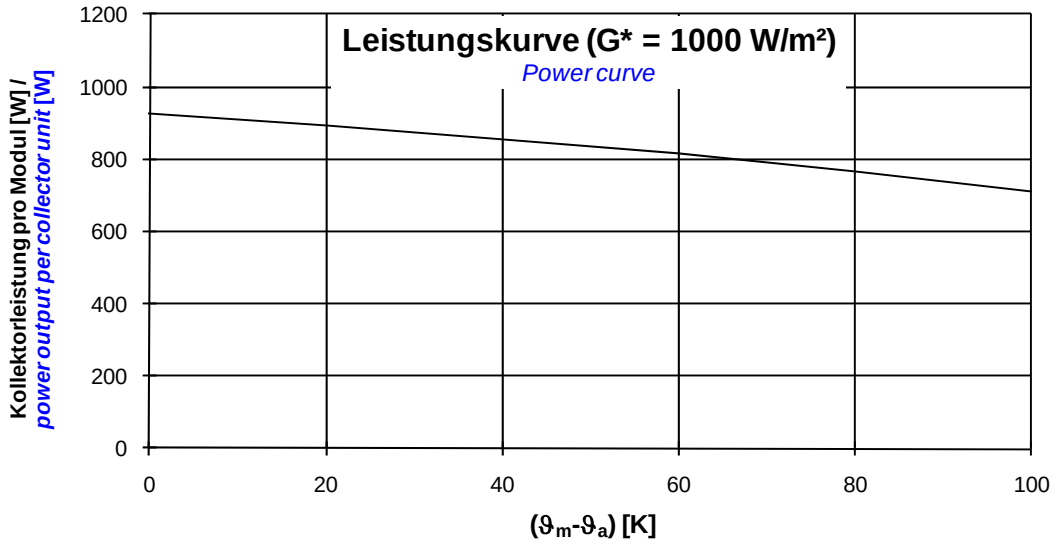
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.733
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.103
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.006
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	siehe Seite 14 *see page 14*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	38.220
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	60
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.26
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	924



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	369	647	924
20	339	616	893
40	302	579	856
60	259	536	813
80	210	487	764
100	155	432	709

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 05.08.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 10.09. – 22.09.2010
Test period:

Prüfer: M. Wild, Dipl.-Ing. S. Fischer
Test engineer:

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.733**	a_1 = **1.103 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.006 W/(m²K²)**	**c = 38.220 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.02**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.94	0.88	0.78	0.63	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	589	707	779
4	554	658	717
5	513	**594**	642
6	473	530	567

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.730 [-]
$K_{\theta d}$:	1.023 [-]
c_1:	1.103 [W/(m²K)]
c_2:	0.006 [W/(m²K²)]
c_5:	38.220 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.94	0.88	0.78	0.63	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

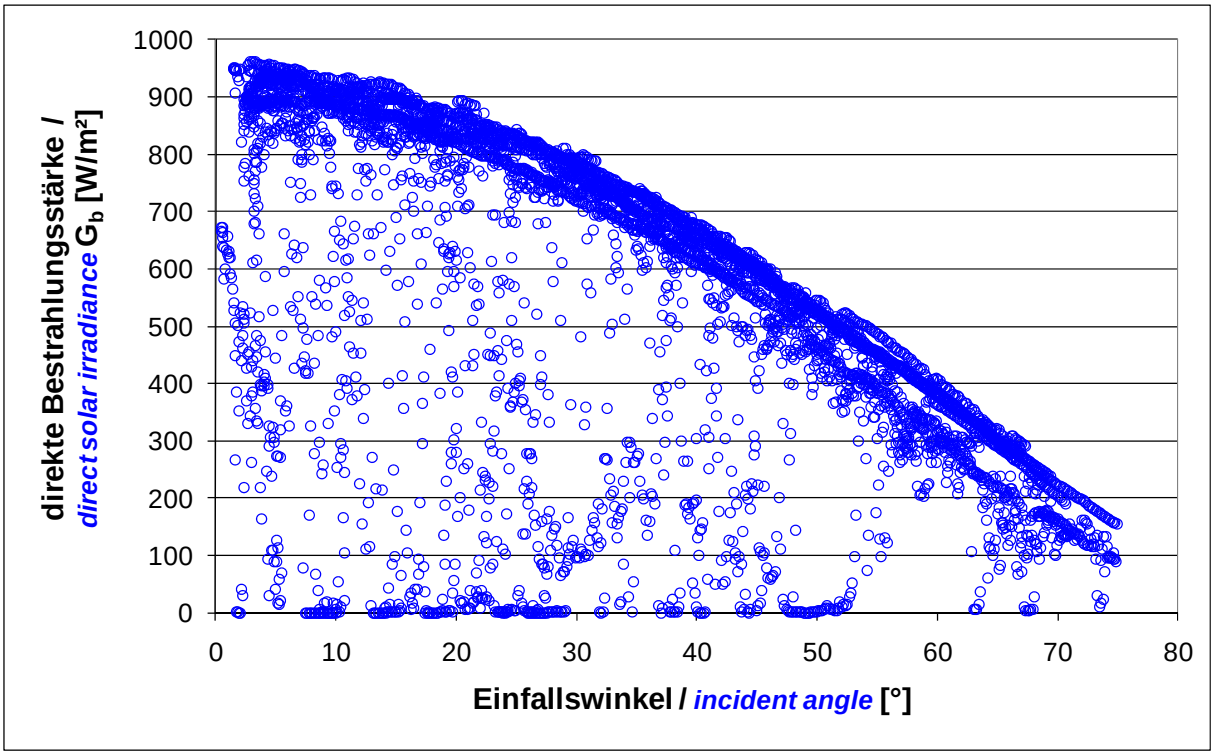


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

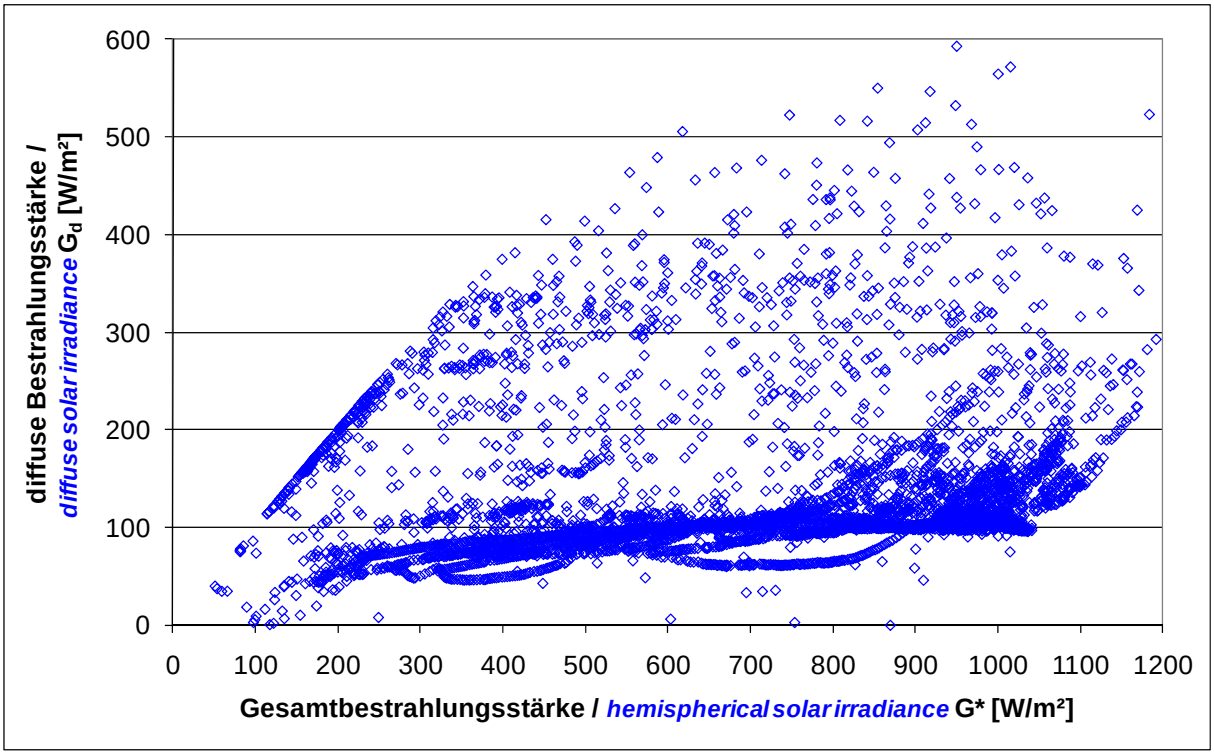


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

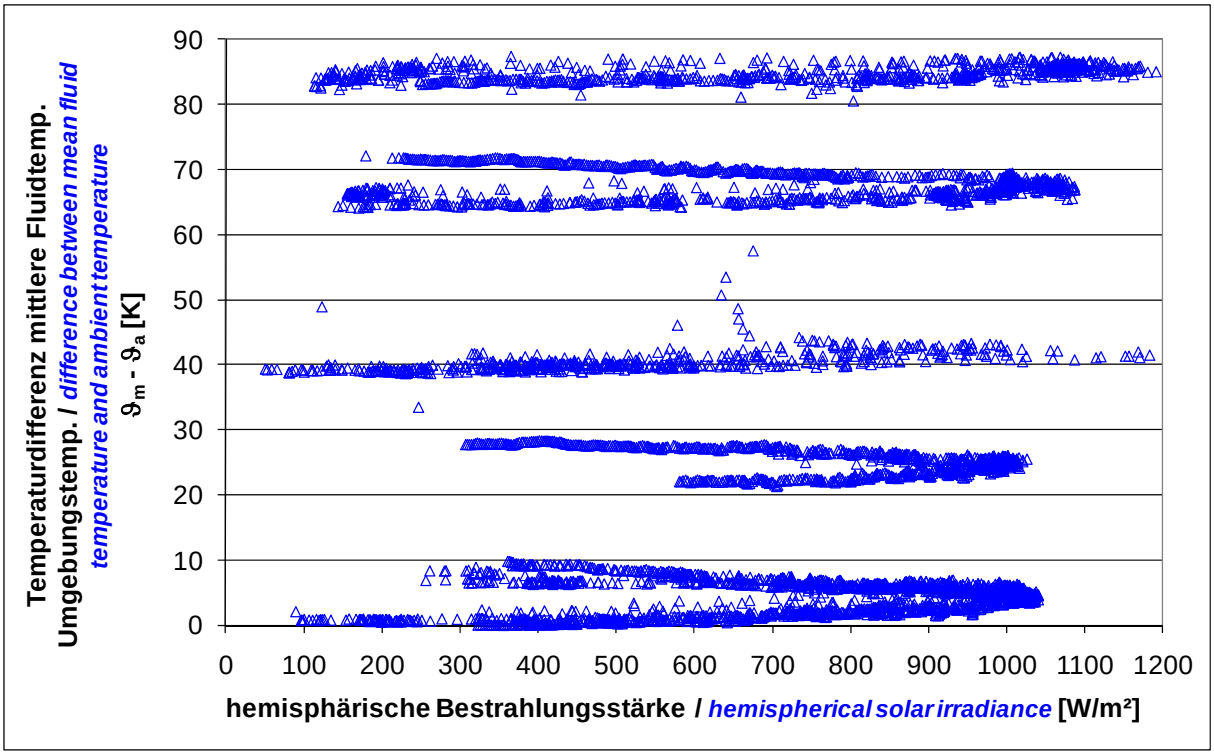


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL945
Test Report No.: 10COL945

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 11
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 13
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 13
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 14
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 16
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 19
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 24
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 6 *000 000 000 000 6*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C945A *C945A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.62 m² *3.62 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	3.15 m² *3.15 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	4.22 m² *4.22 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1625 mm (von Prüflabor bestimmt) *1625 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2226 mm (von Prüflabor bestimmt) *2226 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	118 mm (von Prüflabor bestimmt) *118 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	77 kg *77 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	2.6 Liter *2.6 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	20 *20*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	150 - 190 kg/h *150 - 190 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 10 - Zeichnung Nr. 200900290031 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 10 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290016 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 10 - Zeichnung Nr. 200900150250 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 12 - Zeichnung Nr. 200900290032 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 12 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290009- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 12 - Zeichnung Nr. 200900150251 - Datum: 20.04.2010

- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 14 - Zeichnung Nr. 200900290033 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 14 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290012 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 14 - Zeichnung Nr. 200900150252 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 16 - Zeichnung Nr. 200900290034 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 16 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290014 - Datum: 19.04.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 16 - Zeichnung Nr. 200900150260 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 18 - Zeichnung Nr. 200900290035 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 18 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290027- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 18 - Zeichnung Nr. 200900150261 - Datum: 21.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 20 - Zeichnung Nr. 200900290036 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 20 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290029- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 20 - Zeichnung Nr. 200900150262 - Datum: 21.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 Zeichnung Nr. CSOL00000018 - Datum: 19.04.2010
- ASSORBITORE SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. 200900150335 - Datum: 17.06.2010
- U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. CSOL00000016 - Datum: 19.04.2010
- PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - Zeichnung Nr. CSOL00000005 - Datum: 09.09.2009
- PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - Zeichnung Nr. CSOL00000004 - Datum: 02.09.2009

- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 10 - drawing no. 200900290031 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 10 - 1500 MM - drawing no. 200900290016 - date: 01.07.2010*

- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 10 - drawing no. 200900150250 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 12 - drawing no. 200900290032 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 12 - 1500 MM - drawing no. 200900290009- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 12 - drawing no. 200900150251 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 14 - drawing no. 200900290033 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 14 - 1500 MM - drawing no. 200900290012 - date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 14 - drawing no. 200900150252 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 16 - drawing no. 200900290034 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 16 - 1500 MM - drawing no. 200900290014 - date: 19.04.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 16 - drawing no. 200900150260 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 18 - drawing no. 200900290035 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 18 - 1500 MM - drawing no. 200900290027- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 18 - drawing no. 200900150261 - date: 21.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 20 - drawing no. 200900290036 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 20 - 1500 MM - drawing no. 200900290029- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 20 - drawing no. 200900150262 - date: 21.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 drawing no. CSOL00000018 - date: 19.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1500 - drawing no. 200900150335 - date: 17.06.2010*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - drawing no. CSOL00000016 - date: 19.04.2010*
- *PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - drawing no. CSOL00000005 - date: 09.09.2009*
- *PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - drawing no. CSOL00000004 - date: 02.09.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 12L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 14L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 16L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 18L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 20L CPC 58
- Esplosione scalare di 101070091 IIC PANNELLO SKY PRO 10L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070092 IIC PANNELLO SKY PRO 12L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070093 IIC PANNELLO SKY PRO 14L CPC58 - Datum: 27.10.2010

- Esplosione scalare di 101070094 IIC PANNELLO SKY PRO 16L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070095 IIC PANNELLO SKY PRO 18L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070096 IIC PANNELLO SKY PRO 20L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP

- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 12L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 14L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 16L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 18L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 20L CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101070091 IIC PANNELLO SKY PRO 10L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070092 IIC PANNELLO SKY PRO 12L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070093 IIC PANNELLO SKY PRO 14L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070094 IIC PANNELLO SKY PRO 16L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070095 IIC PANNELLO SKY PRO 18L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070096 IIC PANNELLO SKY PRO 20L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung: *labelling:*

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐

	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500
- *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500*

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☐	☒

	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp
PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58
sowie für die baugleichen Kollektoren
PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58 und
PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58.

The test report is valid for collector type
PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58 as specified above as well as for the collectors
PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58 and
PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58 identical in construction.

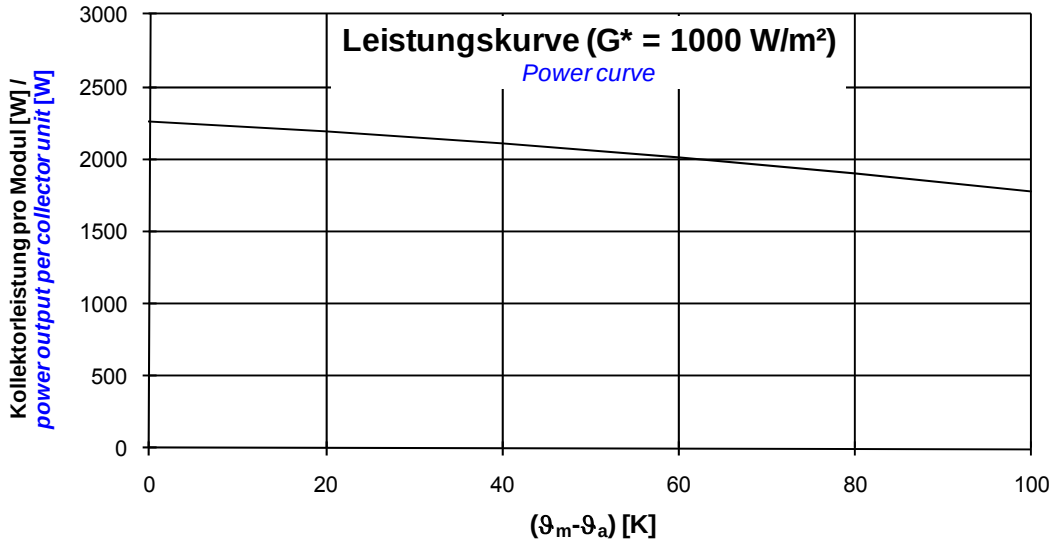
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.719
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.063
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.005
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	siehe Seite 16 *see page 16*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	39.930
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	60
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	3.15
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	2265



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	906	1585	2265
20	833	1512	2192
40	747	1426	2106
60	648	1328	2007
80	537	1217	1896
100	414	1093	1773

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 05.08.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 10.09. – 22.09.2010
Test period:

Prüfer: M. Wild, Dipl.-Ing. S. Fischer
Test engineer:

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.719**	a_1 = **1.063 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.005 W/(m²K²)**	**c = 39.930 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.03**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.95	0.89	0.80	0.64	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	577	695	766
4	540	646	706
5	502	**584**	631
6	461	521	559

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.716 [-]
$K_{\theta d}$:	1.026 [-]
c_1:	1.063 [W/(m²K)]
c_2:	0.005 [W/(m²K²)]
c_5:	39.930 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.89	0.80	0.64	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	0.99	1.01	1.09	1.10	1.29	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°;\theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

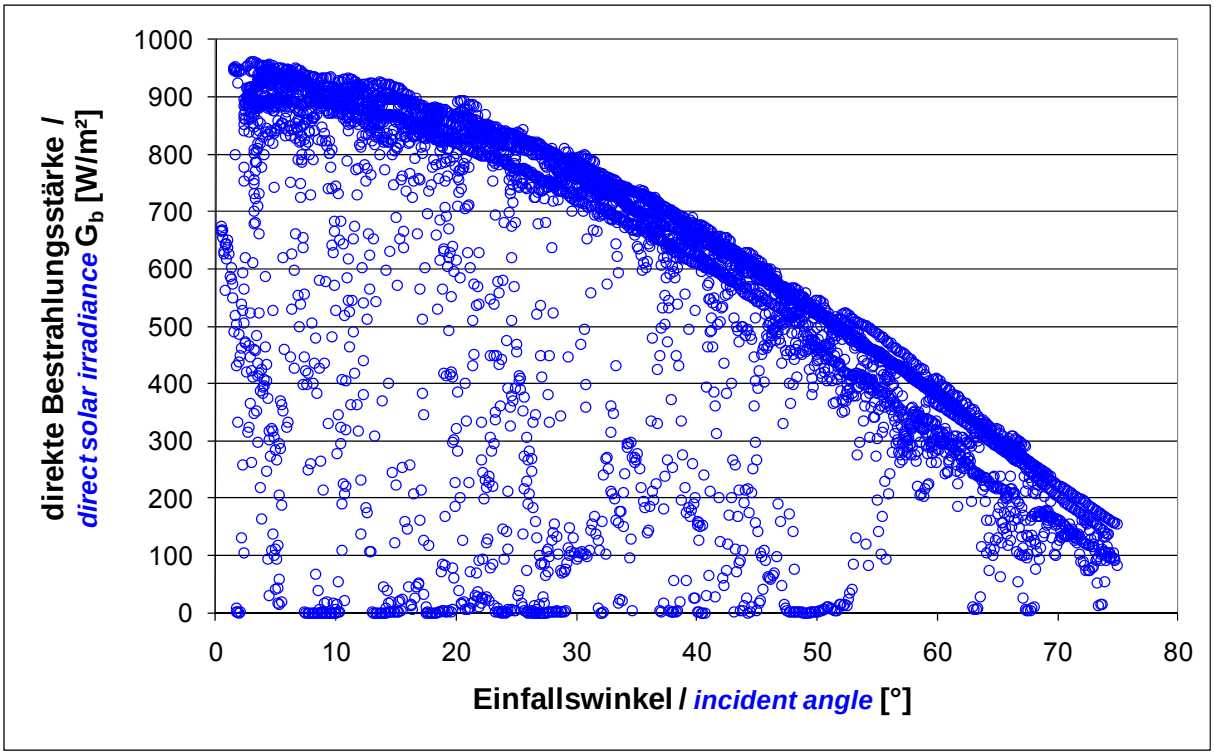


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

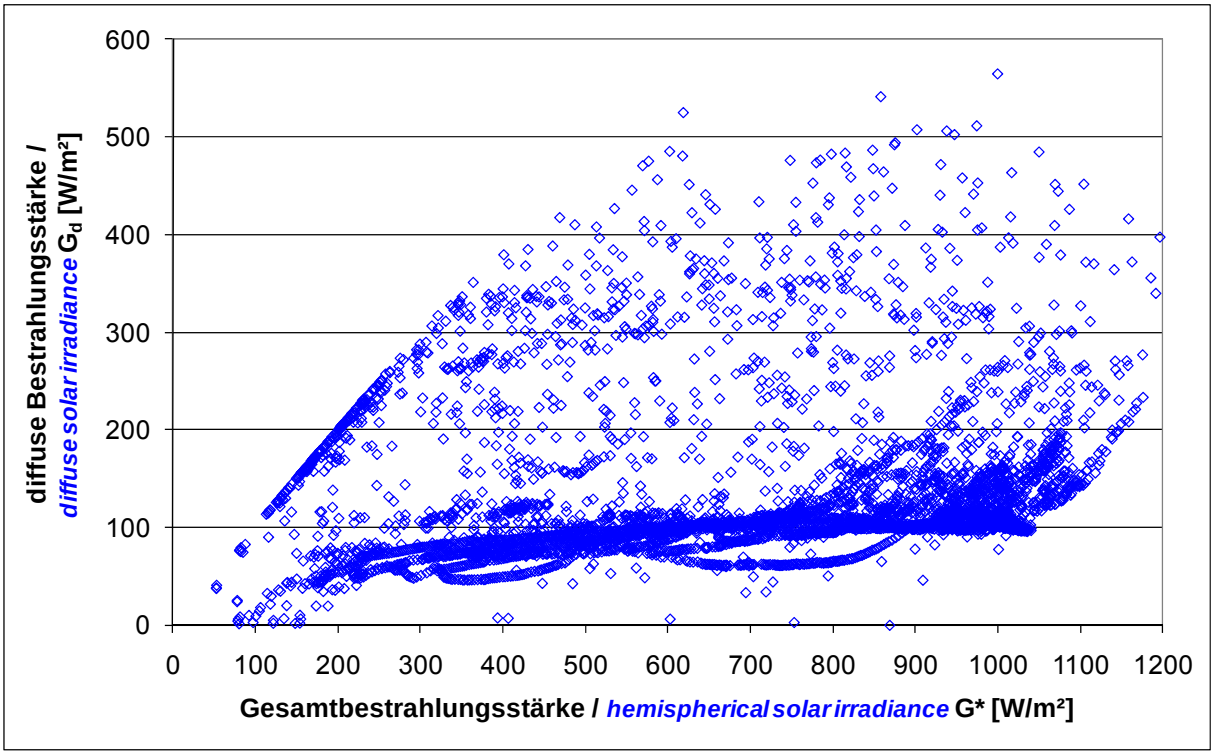


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

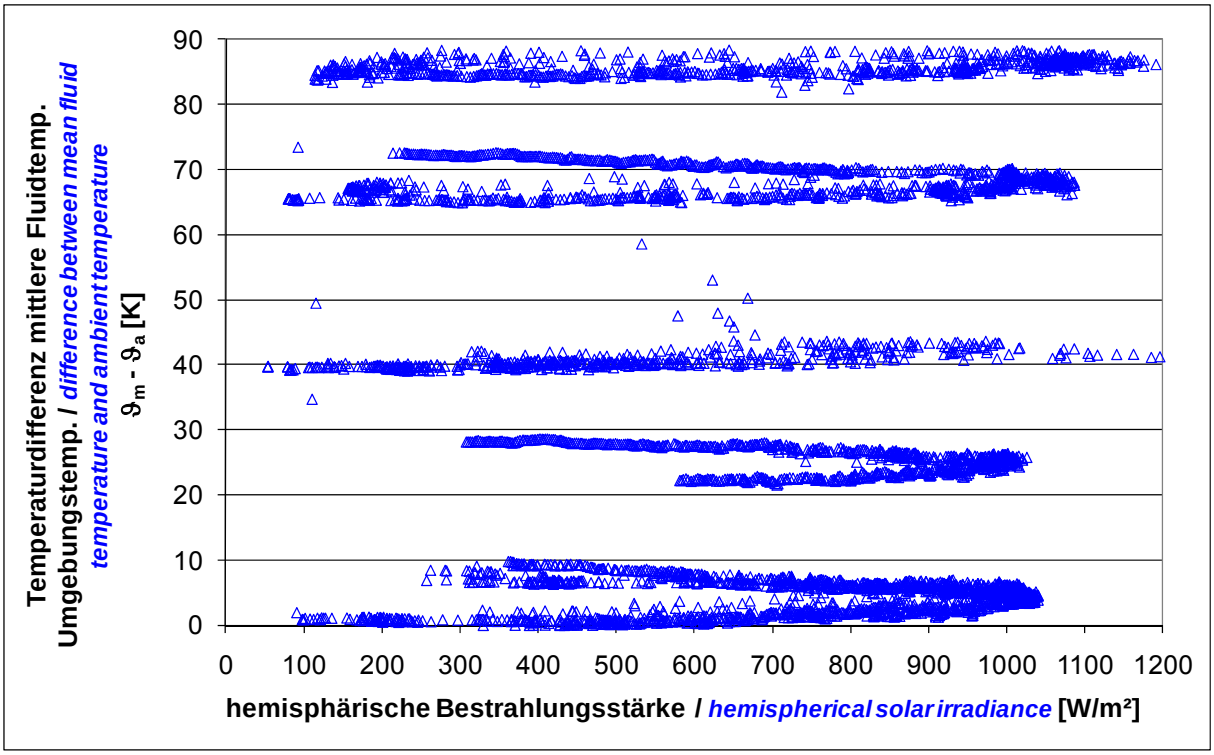


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58

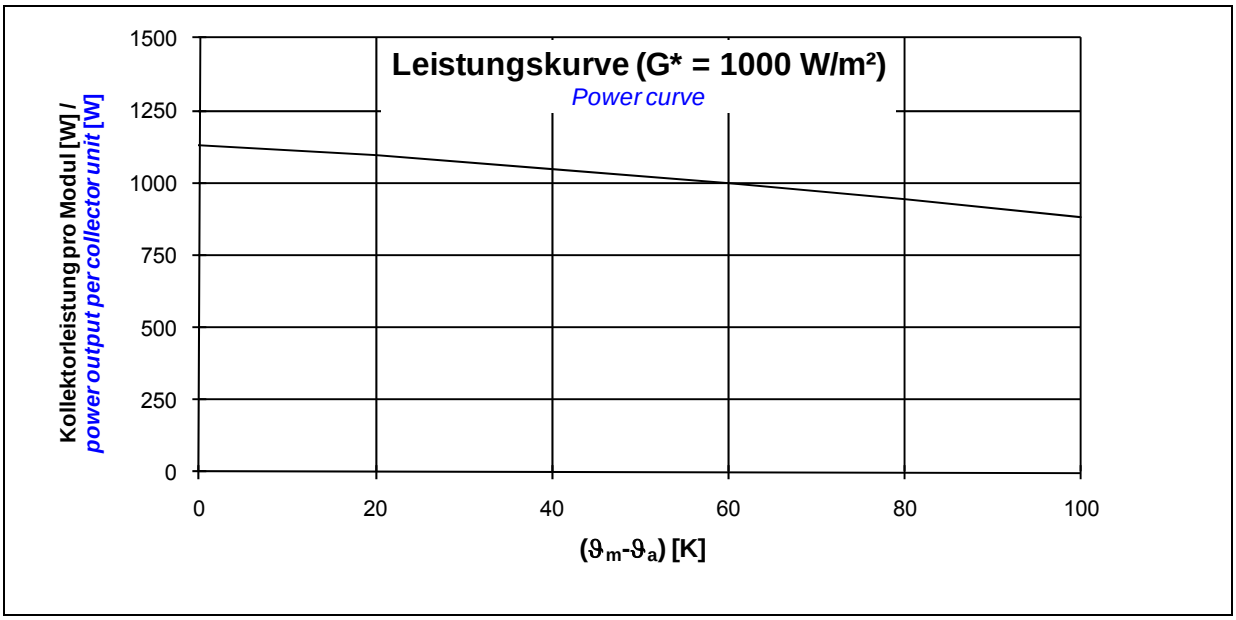
Annex C.1: Power curve for PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.57 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.719
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.063 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1129 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	452	790	1129
20	415	754	1092
40	372	711	1050
60	323	662	1000
80	268	606	945
100	206	545	883

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.2: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58

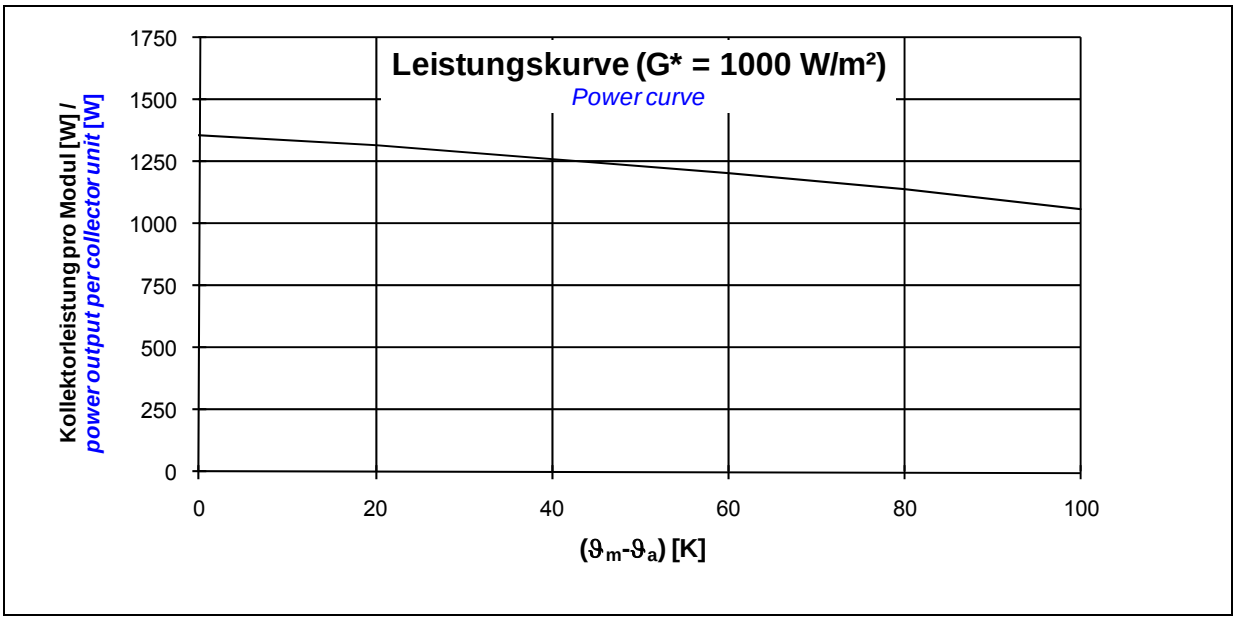
Annex C.2: Power curve for PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.89 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.719
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.063 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1359 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	544	951	1359
20	500	907	1315
40	448	856	1263
60	389	797	1204
80	322	730	1138
100	248	656	1064

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.3: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58

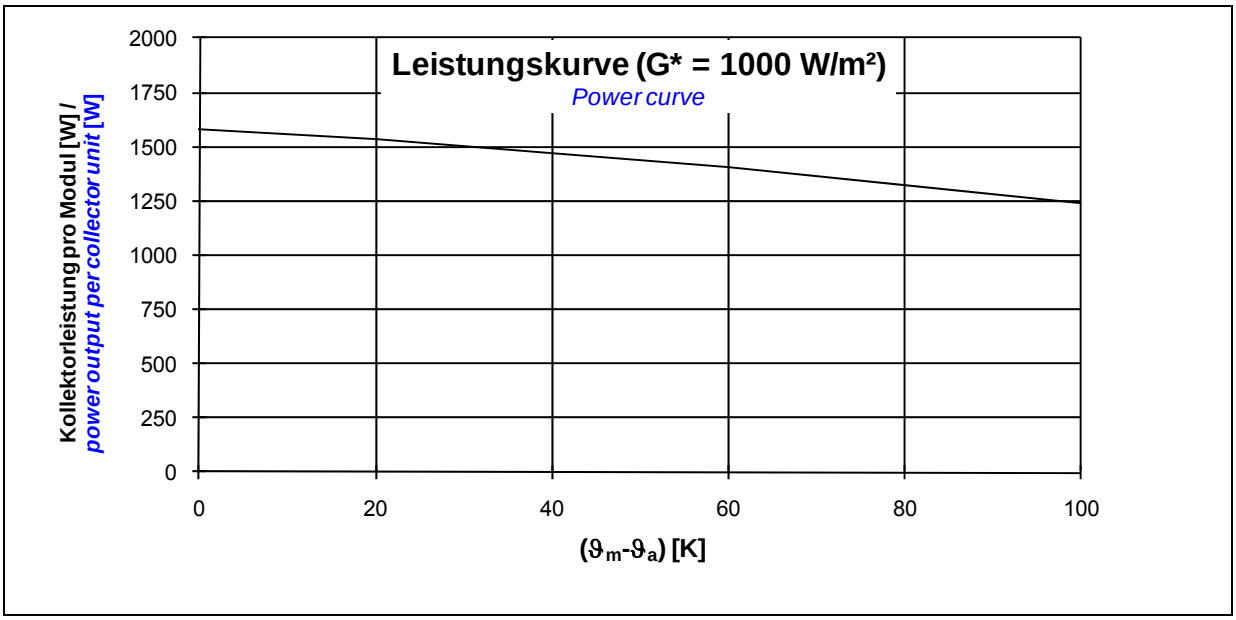
Annex C.3: Power curve for PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.20 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.719
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.063 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1582 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	633	1107	1582
20	582	1056	1531
40	522	996	1471
60	453	927	1402
80	375	850	1324
100	289	763	1238

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.4: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58

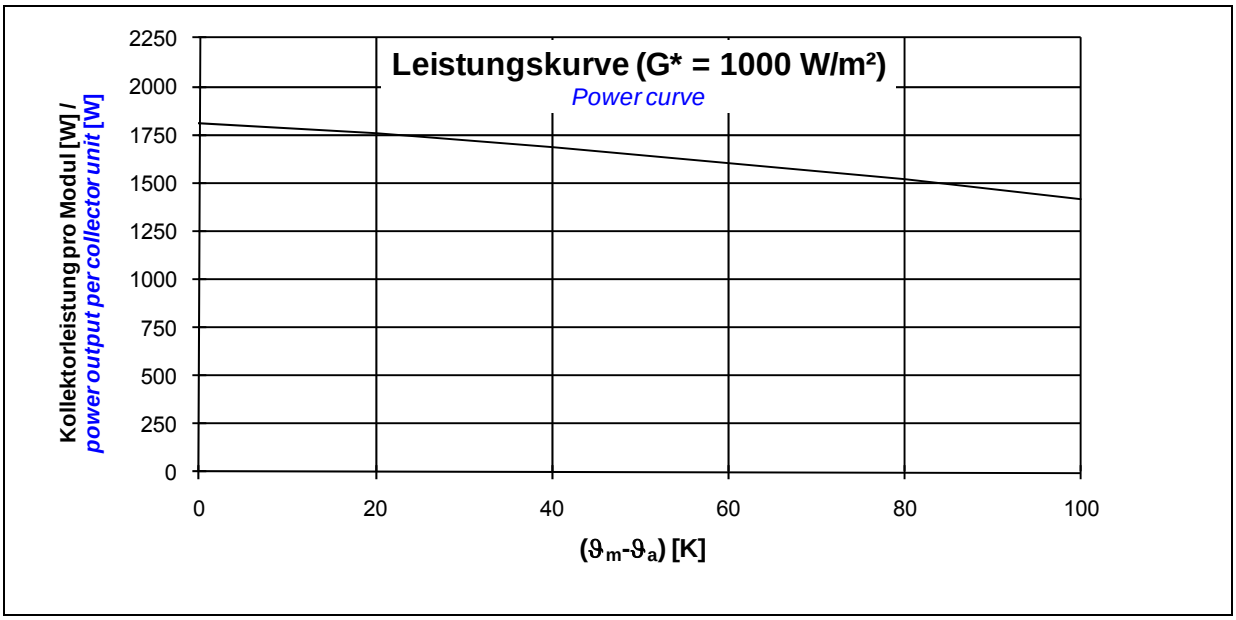
Annex C.4: Power curve for PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.52 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.719
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.063 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1812 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	725	1268	1812
20	666	1210	1753
40	597	1141	1685
60	519	1062	1606
80	430	973	1517
100	331	874	1418

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C.5: Leistungskurve für PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58

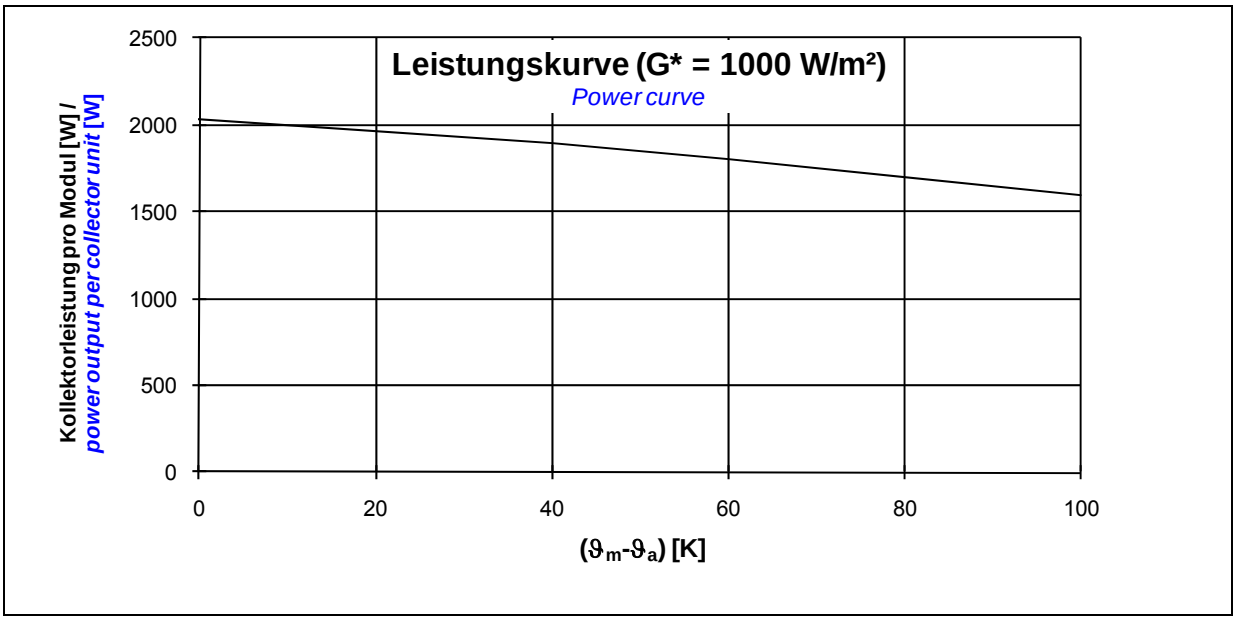
Annex C.5: Power curve for PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.83 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.719
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.063 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.005 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 2035 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	814	1424	2035
20	748	1359	1969
40	671	1281	1892
60	582	1193	1803
80	483	1093	1704
100	372	982	1592

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL945Q
Test Report No.: 10COL945Q

Stuttgart, den 11.01.2011
Stuttgart, January 11th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar** **Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno** **Italia**
Hersteller: *manufacturer:*	**Kloben Sud s.r.l. – KT Solar**
Typ: *type:*	**PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 11
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 11
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 11
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 12
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 12
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 13
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 13
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 14
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 14
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 15
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 17
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 17
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Kloben Sud s.r.l. – KT Solar Località Terzerie 84061 – Ogliastro Cilento – Salerno - Italia
Ansprechpartner: *contact person:*	Lorenzo Spagnolo Tel.: +39 09748 44202 Fax: +39 09748 33821 email: lorenzo.spagnolo@ktsolar.com
Typ: *type:*	PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58 *PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58*
Herstellernummer: *serial no.:*	000 000 000 000 6 *000 000 000 000 6*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C945A *C945A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.62 m² *3.62 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	3.15 m² *3.15 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	4.22 m² *4.22 m²*

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1625 mm (von Prüflabor bestimmt) *1625 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2226 mm (von Prüflabor bestimmt) *2226 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	118 mm (von Prüflabor bestimmt) *118 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	77 kg *77 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Kupfer-Phosphor Legierung *copper-phosphorus alloy*
Einbauweise: *collector mounting:*	aufdach, Flachdach *on roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	selektive Beschichtung AL-N/AL *selective coating AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	2.6 Liter *2.6 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	7 x 0.5 mm *7 x 0.5 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	20 *20*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 1.0 mm *18 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	18 mm Kupferrohr mit Klemmringverschraubung *18 mm copper pipe with compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas *borosilicate glass*
Hersteller: *manufacturer:*	CIB Solar Ltd *CIB Solar Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm *Solar Collector Tube ø 58 * 1500 mm*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.90 *0.90*
Dicke: *thickness:*	1.8 mm *1.8 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Fortlan DB *Fortlan DB*
Produktbezeichnung: *product name:*	Tervol DP *Tervol DP*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.035 W/mK *0.035 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	0.84 kJ/(kgK) *0.84 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	120 kg/m³ *120 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	27 mm *27 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	259 °C (von Prüflabor bestimmt) *259 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS *Tyfocor LS*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	150 - 190 kg/h *150 - 190 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 8 - Zeichnung Nr. 200900290030 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 8 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290018 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 8 - Zeichnung Nr. 200900290037 - Datum: 26.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 10 - Zeichnung Nr. 200900290031 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 10 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290016 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 10 - Zeichnung Nr. 200900150250 - Datum: 20.04.2010

- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 12 - Zeichnung Nr. 200900290032 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 12 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290009- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 12 - Zeichnung Nr. 200900150251 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 14 - Zeichnung Nr. 200900290033 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 14 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290012 - Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 14 - Zeichnung Nr. 200900150252 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 16 - Zeichnung Nr. 200900290034 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 16 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290014 - Datum: 19.04.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 16 - Zeichnung Nr. 200900150260 - Datum: 20.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 18 - Zeichnung Nr. 200900290035 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 18 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290027- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 18 - Zeichnung Nr. 200900150261 - Datum: 21.04.2010
- SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 20 - Zeichnung Nr. 200900290036 - Datum: 29.06.2010
- CIRCUITO IN RAME SKY PRO 20 - 1500 MM - Zeichnung Nr. 200900290029- Datum: 01.07.2010
- TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 20 - Zeichnung Nr. 200900150262 - Datum: 21.04.2010
- DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - Zeichnung Nr. 200900150266 - Datum: 21.04.2010
- FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 Zeichnung Nr. CSOL00000018 - Datum: 19.04.2010
- ASSORBITORE SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. 200900150335 - Datum: 17.06.2010
- U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - Zeichnung Nr. CSOL00000016 - Datum: 19.04.2010

- PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - Zeichnung Nr. CSOL00000005 - Datum: 09.09.2009
- PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - Zeichnung Nr. CSOL00000004 - Datum: 02.09.2009
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 8 - drawing no. 200900290030 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 8 - 1500 MM - drawing no. 200900290018 - Datum: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 8 - drawing no. 200900290037 - date: 26.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 10 - drawing no. 200900290031 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 10 - 1500 MM - drawing no. 200900290016 - date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 10 - drawing no. 200900150250 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 12 - drawing no. 200900290032 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 12 - 1500 MM - drawing no. 200900290009- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 12 - drawing no. 200900150251 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 14 - drawing no. 200900290033 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 14 - 1500 MM - drawing no. 200900290012 - date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 14 - drawing no. 200900150252 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 16 - drawing no. 200900290034 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 16 - 1500 MM - drawing no. 200900290014 - date: 19.04.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 16 - drawing no. 200900150260 - date: 20.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 18 - drawing no. 200900290035 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 18 - 1500 MM - drawing no. 200900290027- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 18 - drawing no. 200900150261 - date: 21.04.2010*
- *SCHEDA TECHNICA SKY PRO 1500 20 - drawing no. 200900290036 - date: 29.06.2010*
- *CIRCUITO IN RAME SKY PRO 20 - 1500 MM - drawing no. 200900290029- date: 01.07.2010*
- *TUBO RAME COLLETTORE SKY PRO 20 - drawing no. 200900150262 - date: 21.04.2010*
- *DETTAGLIO DI ASSEMBLAGGIO DEL TUBO - drawing no. 200900150266 - date: 21.04.2010*
- *FORZ TUBO VACUUM SUN PIPE L=1500 DN 58 drawing no. CSOL00000018 - date: 19.04.2010*
- *ASSORBITORE SKY PRO 1500 - drawing no. 200900150335 - date: 17.06.2010*
- *U TUBE 30 MM SKY PRO 1500 - drawing no. CSOL00000016 - date: 19.04.2010*

- *PARABOLA EVO PRO SERIES 2 1435X2 - drawing no. CSOL00000005 - date: 09.09.2009*
- *PARABOLA EVO PRO SERIES 4 1435X4 - drawing no. CSOL00000004 - date: 02.09.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 8L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 12L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 14L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 16L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 18L CPC 58
- ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 20L CPC 58
- Esplosione scalare di 101070090 IIC PANNELLO SKY PRO 8L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070091 IIC PANNELLO SKY PRO 10L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070092 IIC PANNELLO SKY PRO 12L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070093 IIC PANNELLO SKY PRO 14L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070094 IIC PANNELLO SKY PRO 16L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070095 IIC PANNELLO SKY PRO 18L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- Esplosione scalare di 101070096 IIC PANNELLO SKY PRO 20L CPC58 - Datum: 27.10.2010
- PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP

- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 8L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 10L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 12L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 14L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 16L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 18L CPC 58*
- *ITW Datenblatt Kollektor SKY PRO 20L CPC 58*
- *Esplosione scalare di 101070090 IIC PANNELLO SKY PRO 8L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070091 IIC PANNELLO SKY PRO 10L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070092 IIC PANNELLO SKY PRO 12L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070093 IIC PANNELLO SKY PRO 14L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070094 IIC PANNELLO SKY PRO 16L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070095 IIC PANNELLO SKY PRO 18L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *Esplosione scalare di 101070096 IIC PANNELLO SKY PRO 20L CPC58 - date: 27.10.2010*
- *PANNELLO IN LANA DI ROCCIA TERVOL DP*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Kloben – MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500
- *Kloben -MANUALE TECHNICO – COLLETTORI SOLARI SKY PRO 1500*

Die Installationsanweisungen enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐

Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☐	☒
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp
PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58
sowie für die baugleichen Kollektoren
PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58,
PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58 und
PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58.

The test report is valid for collector type PANNELLO SKY PRO 20L CPC 58 as specified above as well as for the collectors PANNELLO SKY PRO 8L CPC 58, PANNELLO SKY PRO 10L CPC 58, PANNELLO SKY PRO 12L CPC 58, PANNELLO SKY PRO 14L CPC 58, PANNELLO SKY PRO 16L CPC 58 and PANNELLO SKY PRO 18L CPC 58 identical in construction.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 18.11.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 22.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1026**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 12.08.- 18.10.2010 68 Tage
Duration of exposure: *68 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
930	**34**	**99**	**61**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 02.09.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**14**	**977**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 06.09.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**14**	**947**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 06.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.4	**14**	**1034**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 20.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.4	**14**	**996**	**19**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 18.10.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
1.8	**12**	**4.25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 20.10.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 12.10.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
965	**235**	**14**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 259 °C**
to

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 25.11.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0

Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 259 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 259 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
Die Prüfungen der Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit wurden an einem in Bezug auf die Prüfungen baugleichen Kollektor durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse wurden dem Prüfbericht 10COL943Q vom 11.01.2011 entnommen.

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
The durability and reliability tests were carried out at a solar collector identical in construction in respect to the tests carried out. The results were taken from test report 10COL943Q dated 11th of January 2011.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	05.08.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	12.08. – 25.11.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 11.01.2011

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL892
Test Report No.: 10COL892

Stuttgart, den 09.08.2010
Stuttgart, August 9th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB104715**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 16
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB104715 *Navitron SFB104715*
Herstellernummer: *serial no.:*	001183-2007 *001183-2007*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C892 *C892*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.24 m² *1.24 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	0.63 m² *0.63 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	0.53 m² *0.53 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1642 mm (von Prüflabor bestimmt) *1642 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	758 mm (von Prüflabor bestimmt) *758 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	155 mm (von Prüflabor bestimmt) *155 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, ABS *aluminium alloy, ABS*
Gewicht: *weight:*	76 kg *76 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.6 Liter *0.6 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715 *Evacuated solar collector tube, SFVB4715*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	179 °C (von Prüflabor bestimmt) *179 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFB104715-00-00, Pressurized Collector, Datum: 07.11.2009
- SFB104715-00-01, Shell of manifold box, Datum: 07.11.2009
- SFB104715-00-03, copper pipe of manifold, Datum: 07.11.2009
- Vertical bar, SFB104715-00-04, Datum: 07.11.2009
- Bottom rail, SFB104715-00-05, Datum: 07.11.2009
- evacuated solar tube, SFVB4715-0 Datum: 13.04.2009
- heat pipe, SFVB4715-1, Datum: 13.04.2009

- *SFB104715-00-00, Pressurized Collector, date: 07.11.2009*
- *SFB104715-00-01, Shell of manifold box, date: 07.11.2009*

- *SFB104715-00-03, copper pipe of manifold, date: 07.11.2009*
- *Vertical bar, SFB104715-00-04, date: 07.11.2009*
- *Bottom rail, SFB104715-00-05, date: 07.11.2009*
- *evacuated solar tube, SFVB4715-0 date: 13.04.2009*
- *heat pipe, SFVB4715-1, date: 13.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB104715
- Specification of the following parts SFB4715 family
- *ITW data sheet collector SFB104715*
- *Specification of the following parts SFB4715 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.
The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB series Installation Manual
- SFB series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB104715. *The test report is valid for collector type Navitron SFB104715 as specified above.*

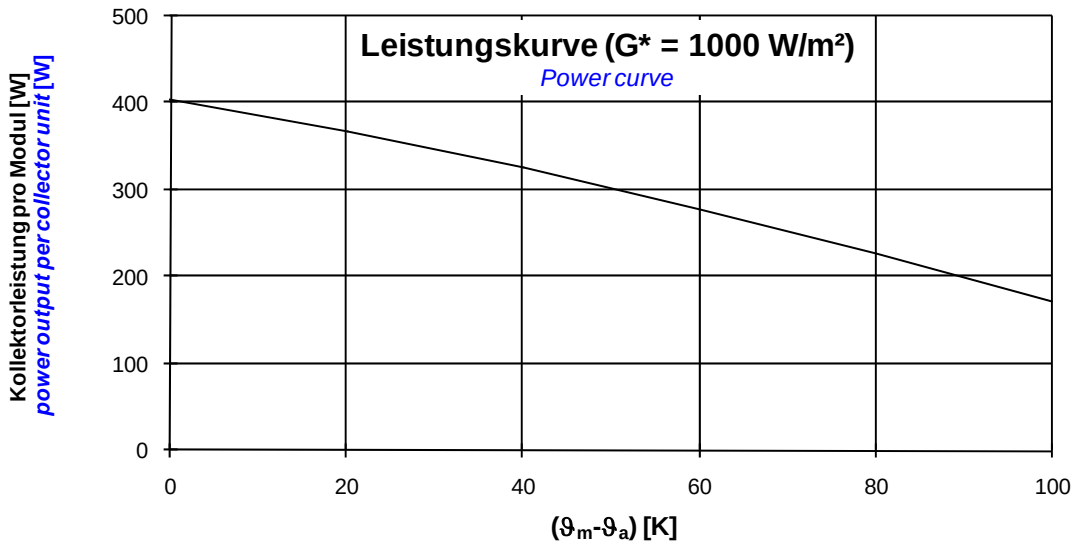
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.641
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.772
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 13 *See page 13*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	75.53
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	0.63
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	404



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	162	283	404
20	124	245	367
40	83	204	325
60	36	157	279
80	0 *)	107	228
100	0 *)	51	172

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 28.04. – 23.06.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 09.08.2010

i.V.

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.641**	a_1 = **2.772 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.009 W/(m²K²)**	**c = 75.53 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.63**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.21	1.44	1.85	2.23	2.29	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	607	733	788
4	542	642	689
5	485	**562**	601
6	435	494	528

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.542 [-]
$K_{\theta d}$:	1.626 [-]
c_1:	2.772 [W/(m²K)]
c_2:	0.009 [W/(m²K²)]
c_5:	75.530 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.21	1.44	1.85	2.23	2.29	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

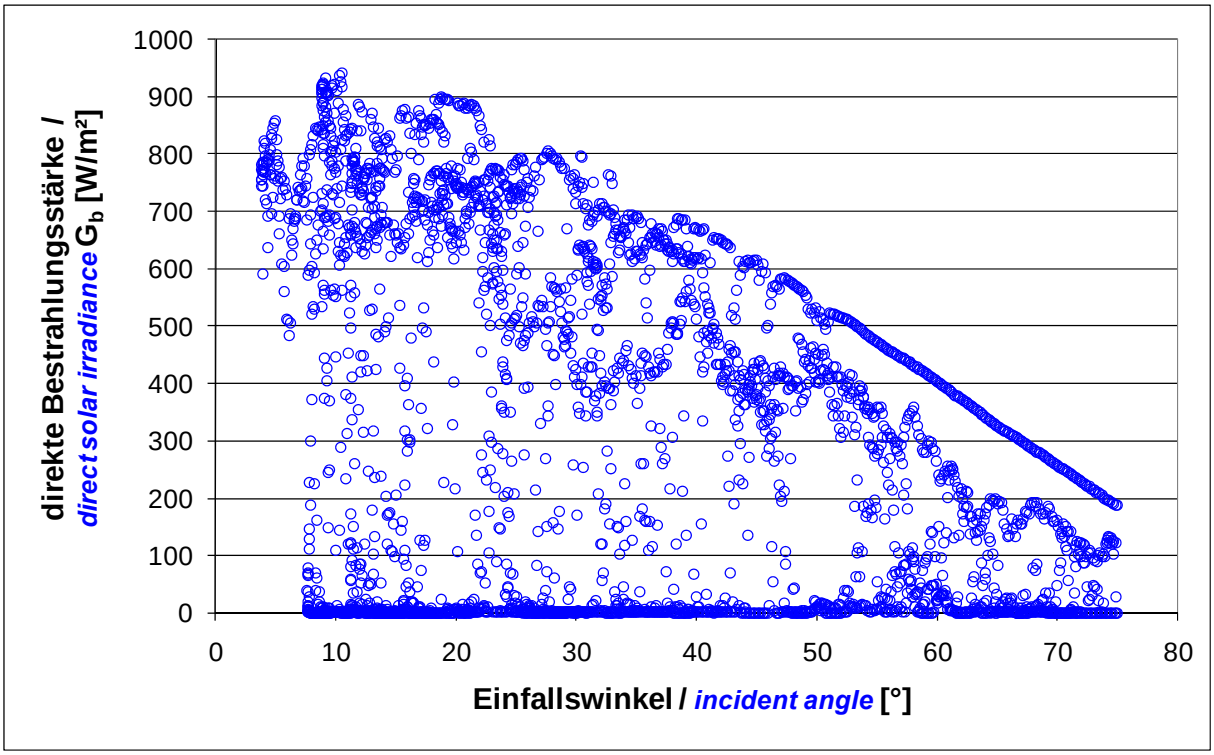


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

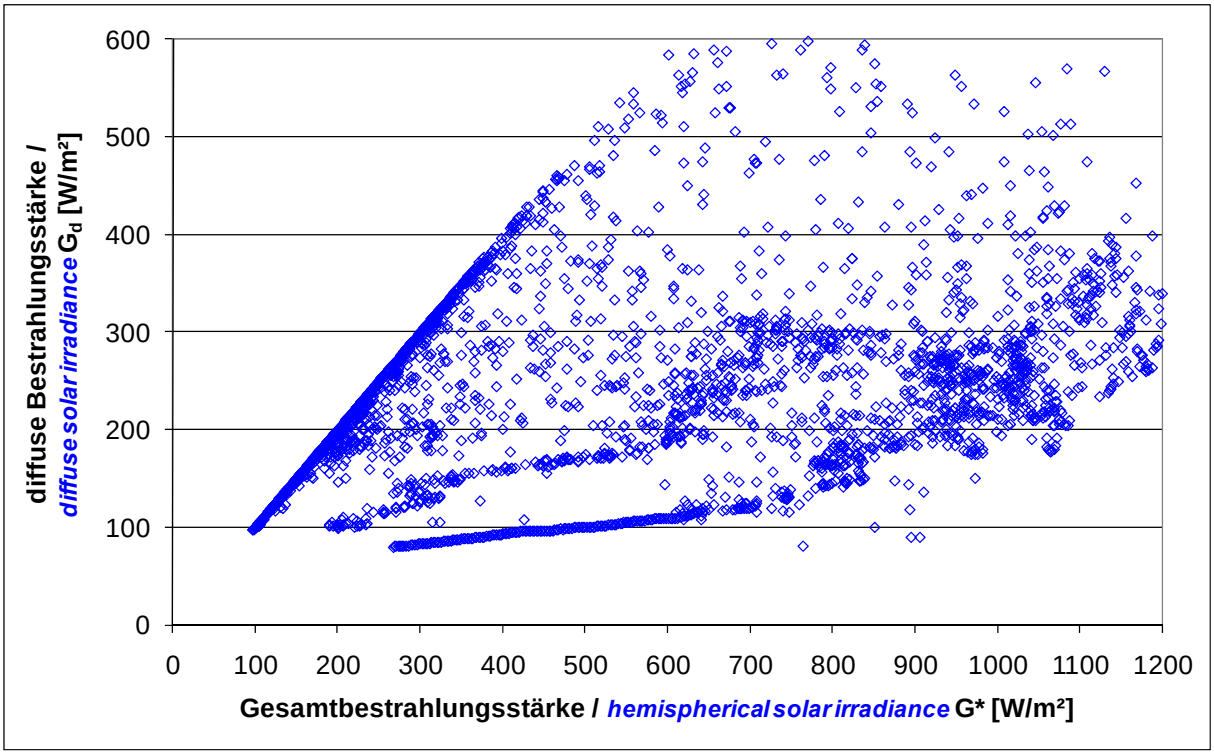


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

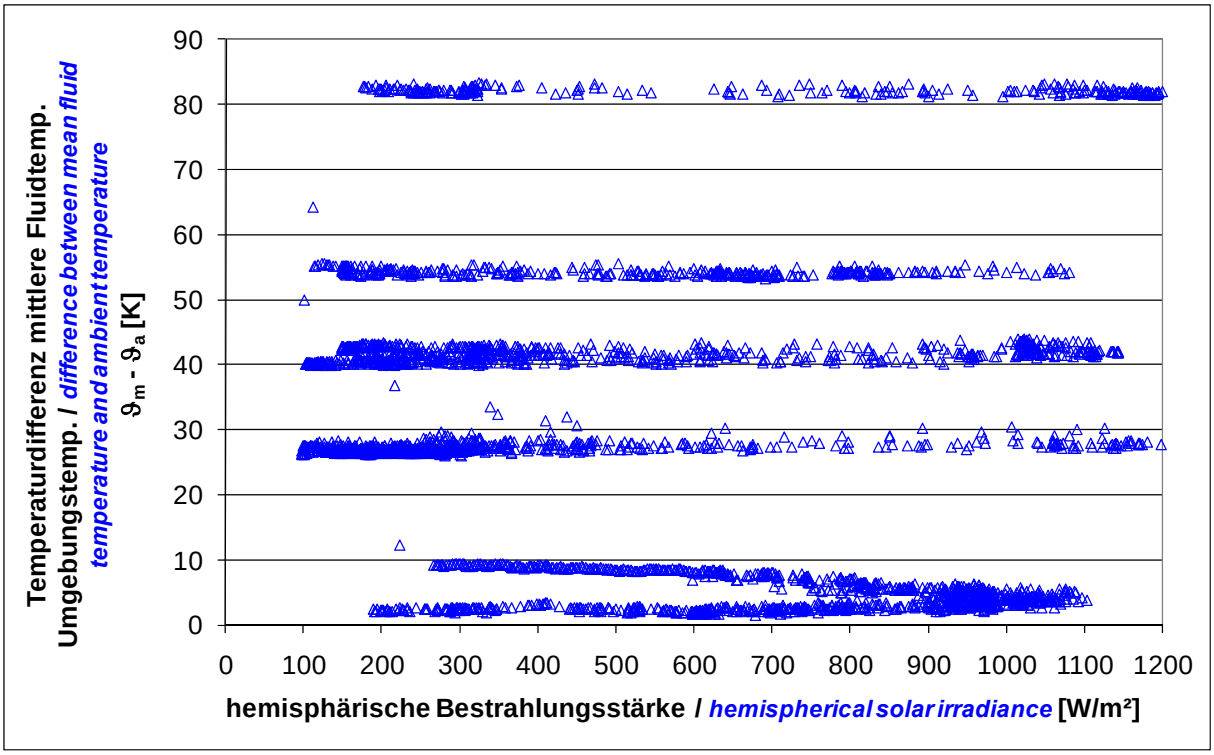


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL893
Test Report No.: 10COL893

Stuttgart, den 09.08.2010
Stuttgart, August 9th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB304715**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 16
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 18
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB304715 *Navitron SFB304715*
Herstellernummer: *serial no.:*	002501-2007 *002501-2007*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C893A *C893A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.54 m² *3.54 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.59 m² *1.59 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1642 mm (von Prüflabor bestimmt) *1642 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2156 mm (von Prüflabor bestimmt) *2156 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	155 mm (von Prüflabor bestimmt) *155 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, ABS *aluminium alloy, ABS*
Gewicht: *weight:*	76 kg *76 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.7 Liter *1.7 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715 *Evacuated solar collector tube, SFVB4715*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	179 °C (von Prüflabor bestimmt) *179 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Pressurized Collector, SFB304715-00-00, Datum: 13.02.2008
- Shell of manifold box, SFB304715-00-01, Datum: 13.02.2008
- Copper pipe of manifold, SFB304715-00-03, Datum: 13.02.2008
- Vertical bar, SFB304715-00-04, Datum: 13.02.2008
- Bottom rail, SFB304715-00-05, Datum: 13.02.2008
- SFB(10.15.20)4715-00-00, Pressurized Collector, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)4715-00-01, Shell of manifold box, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)4715-00-03, copper pipe of manifold, Datum: 07.11.2009
- Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-00-04, Datum: 07.11.2009

- Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-00-05, Datum: 07.11.2009
- evacuated solar tube, SFVB4715-0 Datum: 13.04.2009
- heat pipe, SFVB4715-1, Datum: 13.04.2009
- *Pressurized Collector, SFB304715-00-00, date: 13.02.2008*
- *Shell of manifold box, SFB304715-00-01, date: 13.02.2008*
- *Copper pipe of manifold, SFB304715-00-03, date: 13.02.2008*
- *Vertical bar, SFB304715-00-04, date: 13.02.2008*
- *Bottom rail, SFB304715-00-05, date: 13.02.2008*
- *SFB(10.15.20)4715-00-00, Pressurized Collector, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-00-01, Shell of manifold box, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-00-03, copper pipe of manifold, date: 07.11.2009*
- *Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-00-04, date: 07.11.2009*
- *Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-00-05, date: 07.11.2009*
- *evacuated solar tube, SFVB4715-0 date: 13.04.2009*
- *heat pipe, SFVB4715-1, date: 13.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB154715
- ITW Datenblatt Kollektor SFB204715
- ITW Datenblatt Kollektor SFB304715
- Specification of the following parts SFB4715 family
- *ITW data sheet collector SFB154715*
- *ITW data sheet collector SFB204715*
- *ITW data sheet collector SFB304715*
- *Specification of the following parts SFB4715 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐

	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB series Installation Manual
- SFB series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐

	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB304715 sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB154715 und Navitron SFB204715.

The test report is valid for collector type Navitron SFB304715 as specified above as well as for the collectors Navitron SFB154715 and Navitron SFB204715 identical in construction.

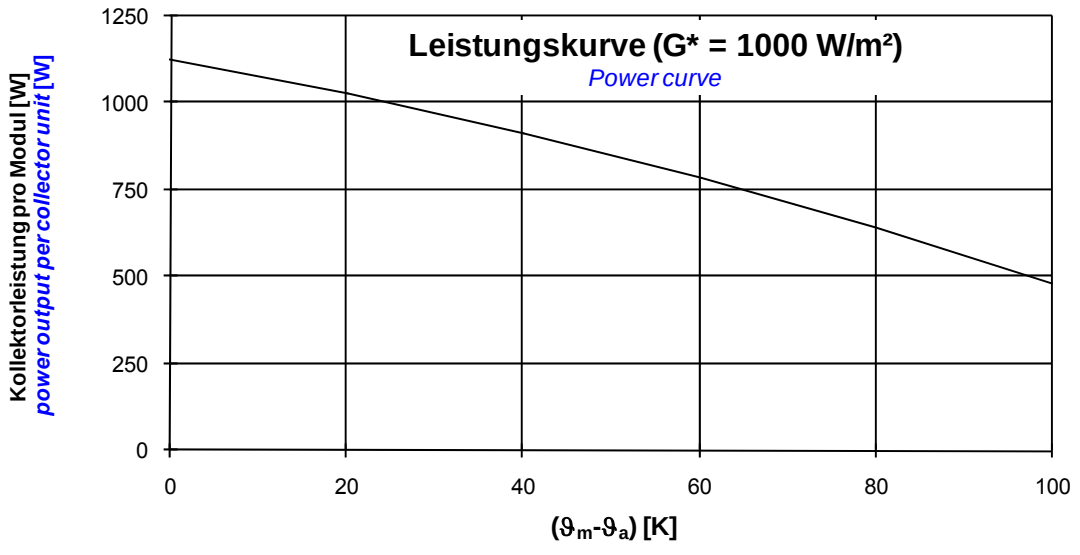
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.599
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.417
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.010
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 13 *See page 13*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	72.45
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.88
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1126



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	450	788	1126
20	352	690	1028
40	239	576	914
60	110	448	786
80	0 *)	304	642
100	0 *)	146	484

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 28.04. – 23.06.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 09.08.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.599**	a_1 = **2.417 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.010 W/(m²K²)**	**c = 72.45 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.67**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.18	1.41	1.90	2.22	2.36	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	580	701	755
4	515	615	663
5	463	**542**	582
6	420	482	516

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.509 [-]
$K_{\theta d}$:	1.666 [-]
c_1:	2.417 [W/(m²K)]
c_2:	0.010 [W/(m²K²)]
c_5:	72.450 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.18	1.41	1.90	2.22	2.36	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

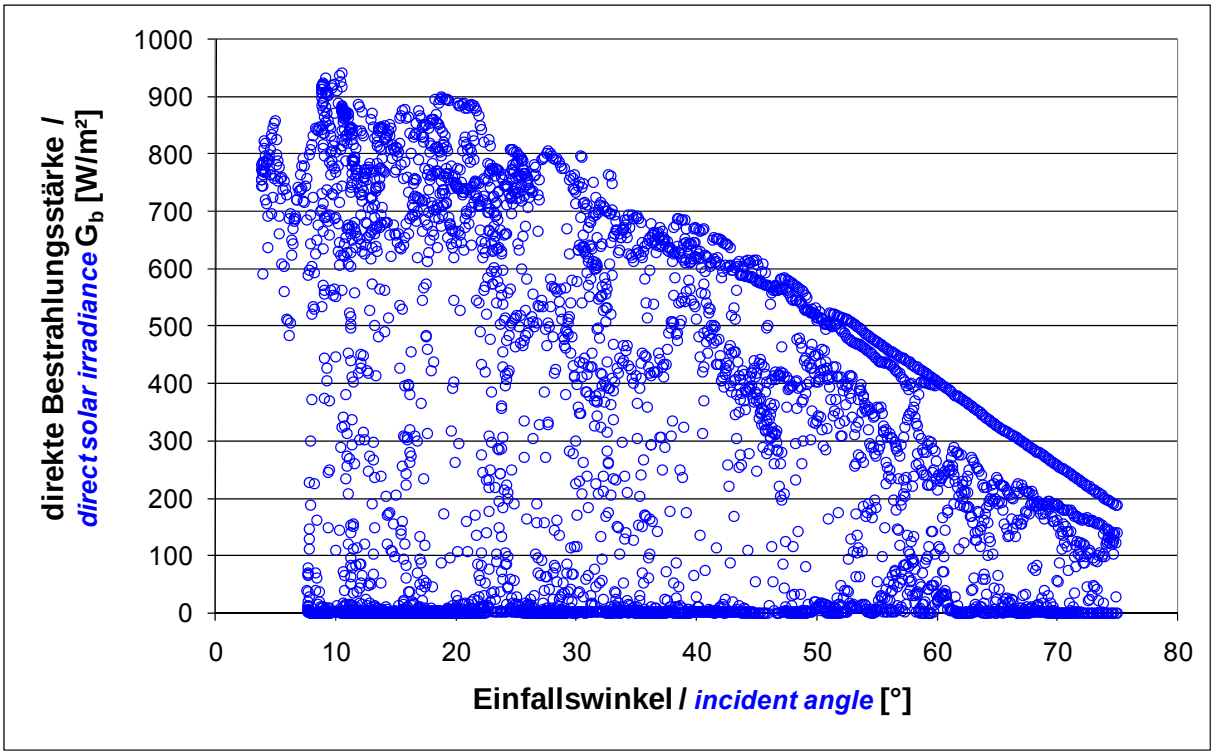


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

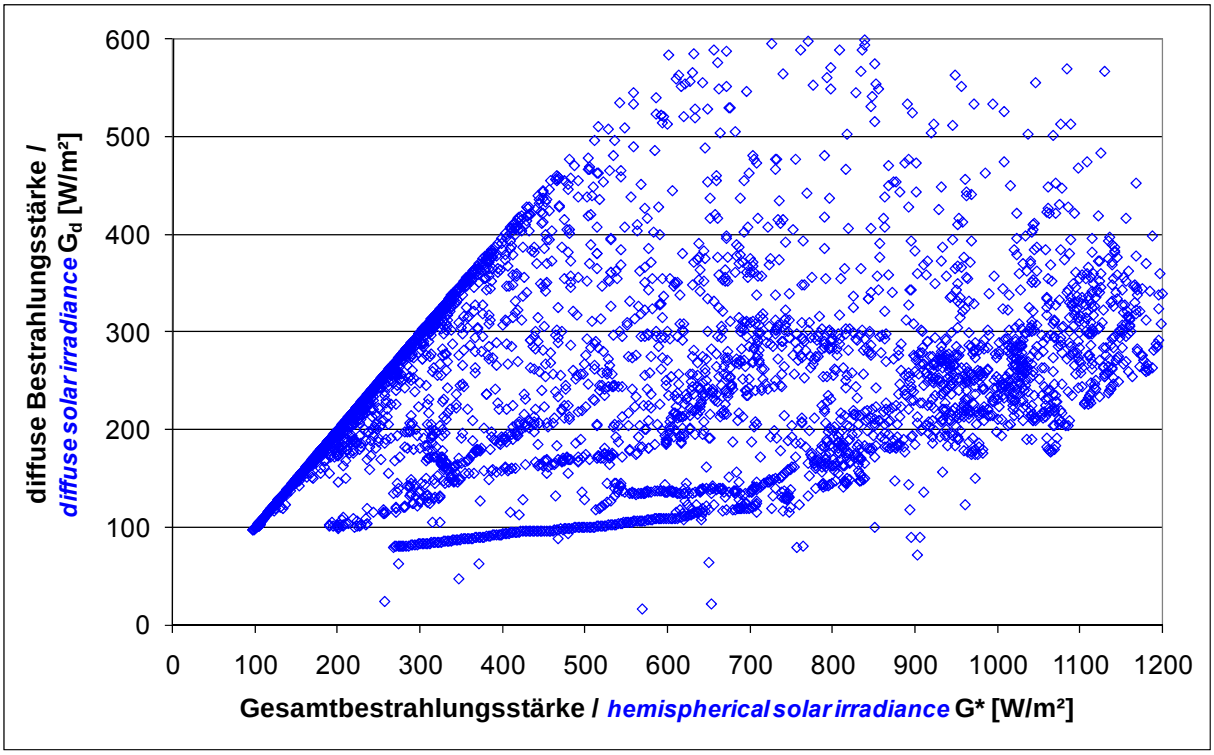


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

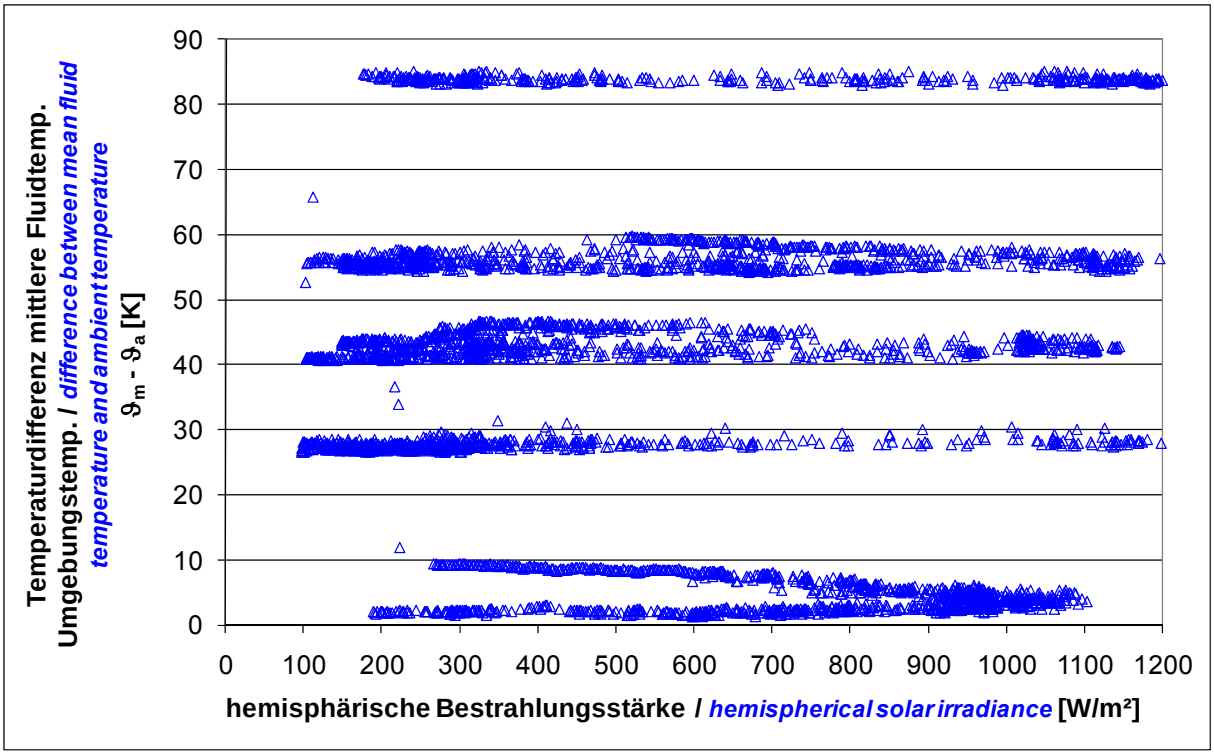


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für Navitron SFB154715

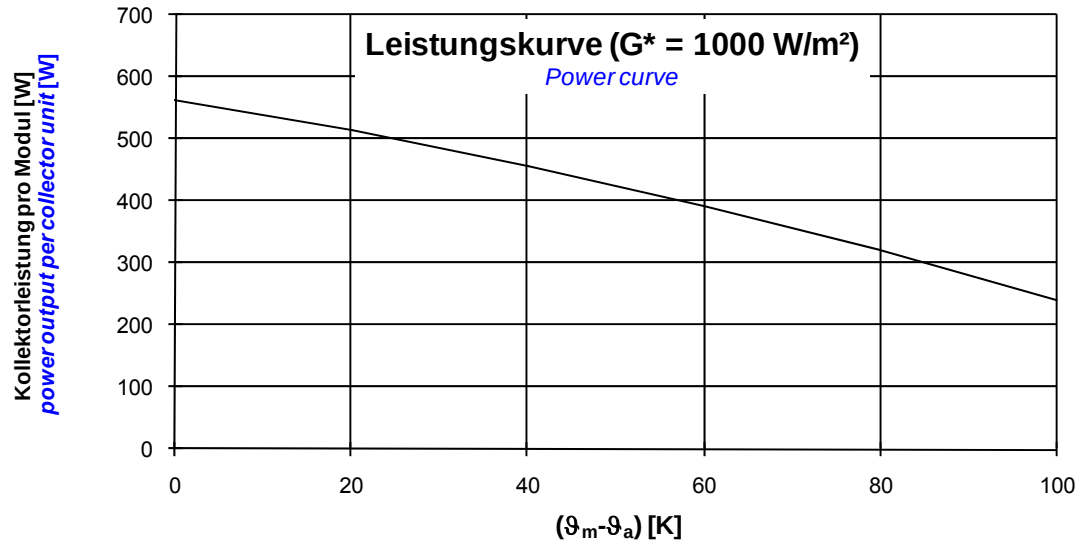
Annex C.1: Power curve for Navitron SFB154715

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 0.94 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.599
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.417 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.010 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 563 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	225	394	563
20	176	345	514
40	119	288	457
60	55	224	393
80	0 *)	152	321
100	0 *)	73	242

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für Navitron SFB204715

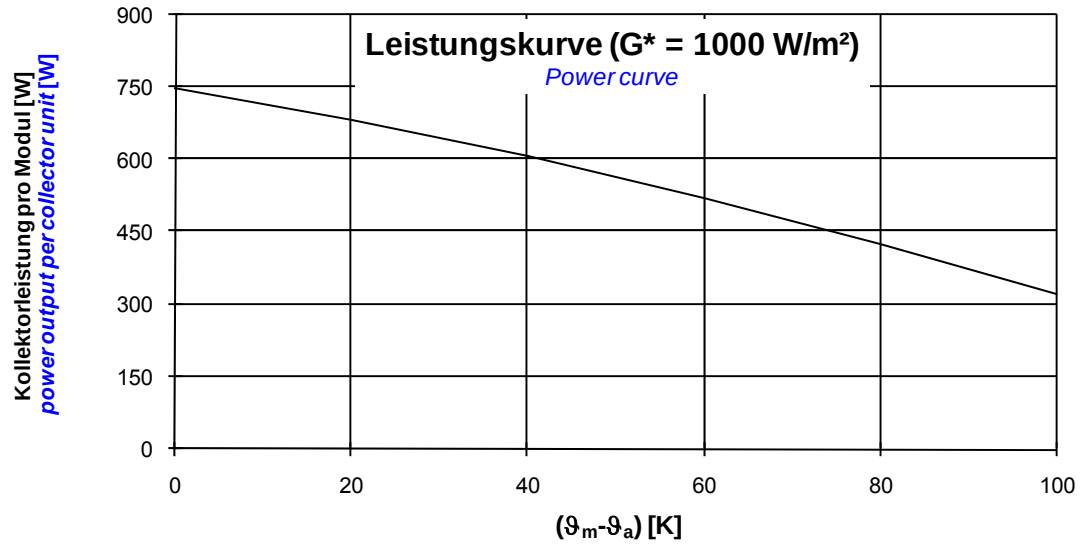
Annex C.2: Power curve for Navitron SFB204715

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.25 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.599
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.417 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.010 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 749 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	300	524	749
20	234	459	683
40	159	383	608
60	73	298	522
80	0 *)	202	427
100	0 *)	97	322

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL893Q
Test Report No.: 10COL893Q

Stuttgart, den 09.08.2010
Stuttgart, August 9th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB304715**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB304715 *Navitron SFB304715*
Herstellernummer: *serial no.:*	002500-2007 *002500-2007*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C893B *C893B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.54 m² *3.54 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.59 m² *1.59 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1642 mm (von Prüflabor bestimmt) *1642 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2156 mm (von Prüflabor bestimmt) *2156 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	155 mm (von Prüflabor bestimmt) *155 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, ABS *aluminium alloy, ABS*
Gewicht: *weight:*	76 kg *76 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.7 Liter *1.7 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	70 mm *70 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715 *Evacuated solar collector tube, SFVB4715*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	179 °C (von Prüflabor bestimmt) *179 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Pressurized Collector, SFB304715-00-00, Datum: 13.02.2008
- Shell of manifold box, SFB304715-00-01, Datum: 13.02.2008
- Copper pipe of manifold, SFB304715-00-03, Datum: 13.02.2008
- Vertical bar, SFB304715-00-04, Datum: 13.02.2008
- Bottom rail, SFB304715-00-05, Datum: 13.02.2008
- SFB(10.15.20)4715-00-00, Pressurized Collector, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)4715-00-01, Shell of manifold box, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)4715-00-03, copper pipe of manifold, Datum: 07.11.2009
- Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-00-04, Datum: 07.11.2009

- Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-00-05, Datum: 07.11.2009
- evacuated solar tube, SFVB4715-0 Datum: 13.04.2009
- heat pipe, SFVB4715-1, Datum: 13.04.2009
- *Pressurized Collector, SFB304715-00-00, date: 13.02.2008*
- *Shell of manifold box, SFB304715-00-01, date: 13.02.2008*
- *Copper pipe of manifold, SFB304715-00-03, date: 13.02.2008*
- *Vertical bar, SFB304715-00-04, date: 13.02.2008*
- *Bottom rail, SFB304715-00-05, date: 13.02.2008*
- *SFB(10.15.20)4715-00-00, Pressurized Collector, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-00-01, Shell of manifold box, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-00-03, copper pipe of manifold, date: 07.11.2009*
- *Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-00-04, date: 07.11.2009*
- *Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-00-05, date: 07.11.2009*
- *evacuated solar tube, SFVB4715-0 date: 13.04.2009*
- *heat pipe, SFVB4715-1, date: 13.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB104715
- ITW Datenblatt Kollektor SFB154715
- ITW Datenblatt Kollektor SFB204715
- ITW Datenblatt Kollektor SFB304715
- Specification of the following parts SFB4715 family

- *ITW data sheet collector SFB104715*
- *ITW data sheet collector SFB154715*
- *ITW data sheet collector SFB204715*
- *ITW data sheet collector SFB304715*
- *Specification of the following parts SFB4715 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐

	Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
	Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB series Installation Manual
- SFB series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐

	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB304715 sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB104715, Navitron SFB154715 und Navitron SFB204715. *The test report is valid for collector type Navitron SFB304715 as specified above as well as for the collectors Navitron SFB104715, Navitron SFB154715 and Navitron SFB204715 identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 23.06.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 29.04.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**987**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 13.04.- 15.06.2010 64 Tage
Duration of exposure: *64 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
960	**33**	**117**	**57**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 19.04.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.7	**14**	**940**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 28.04.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**13**	**1017**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 21.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**10**	**1050**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 22.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**10**	**1028**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 25.06.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.1	**14**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 16.06.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2900 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2900 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 29.04.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
987	**172**	**25**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu / *to* **ϑ_{stg} = 179 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 23.06.2007
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0

Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 179 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 179 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Das Typenschild enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The collector label does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	13.04. – 23.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 09.08.2010

i.V. Müller Dick

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL894
Test Report No.: 10COL894

Stuttgart, den 03.08.2010
Stuttgart August 3rd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB104715-AL**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 16
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB104715-AL *Navitron SFB104715-AL*
Herstellernummer: *serial no.:*	keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C894 *C894*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.18 m² *1.18 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	0.63 m² *0.63 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	0.53 m² *0.53 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1660 mm (von Prüflabor bestimmt) *1660 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	710 mm (von Prüflabor bestimmt) *710 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	133 mm (von Prüflabor bestimmt) *133 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, Nylon *aluminium alloy, nylon*
Gewicht: *weight:*	25 kg *25 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, Nylon *Silicon rubber, nylon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.94 *0.94*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.54 Liter *0.54 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	65 mm *65 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU *Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	210 °C (von Prüflabor bestimmt) *210 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Pressurized Collector, SFB104715-AL-65-00, Datum: 13.04.2009
- Shell of manifold box, SFB104715-AL-65-01, Datum: 14.04.2009
- Copper pipe of manifold, SFB104715-AL-65-02, Datum: 14.04.2009
- Vertical bar, SFB104715-AL-65-03, Datum: 16.04.2009
- Bottom rail, SFB104715-AL-65-04, Datum: 14.04.2009
- *Pressurized Collector, SFB304715-AL-65-00, date: 13.04.2009*
- *Shell of manifold box, SFB304715-AL-65-01, date: 13.04.2009*
- *Copper pipe of manifold, SFB304715-AL-65-02, date: 14.04.2009*
- *Vertical bar, SFB304715-AL-65-03, date: 16.04.2009*
- *Bottom rail, SFB304715-AL-65-04, date: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB104715-AL
- Specification of the following parts SFB4715-AL family
- *ITW data sheet collector SFB104715-AL*
- *Specification of the following parts SFB4715-AL family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐

	Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB104715-AL. *The test report is valid for collector type Navitron SFB104715-AL as specified above.*

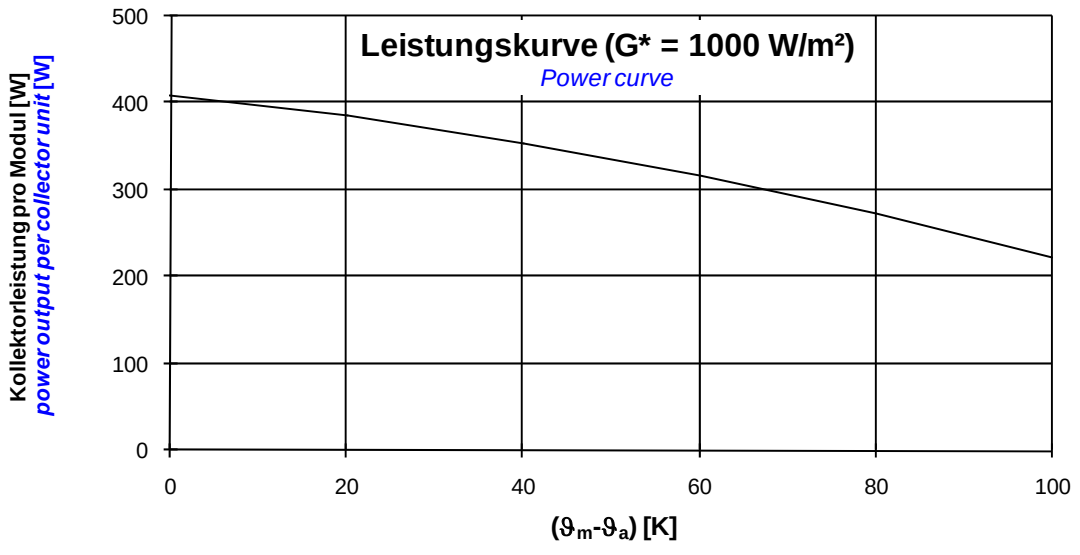
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.651
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.765
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.012
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 12 *See page 12*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	74.80
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	0.63
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	410



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	164	287	410
20	139	262	385
40	107	231	354
60	70	193	316
80	27	150	273
100	0 *)	100	223

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	28.04. – 24.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 03.08.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.651**	a_1 = **1.765 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.012 W/(m²K²)**	**c = 74.80 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.68**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.15	1.44	1.82	2.06	2.22	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	623	754	817
4	555	658	711
5	495	**574**	618
6	444	503	540

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.571 [-]
$K_{\theta d}$:	1.482 [-]
c_1:	1.765 [W/(m²K)]
c_2:	0.012 [W/(m²K²)]
c_5:	74.80 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.15	1.44	1.82	2.06	2.22	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

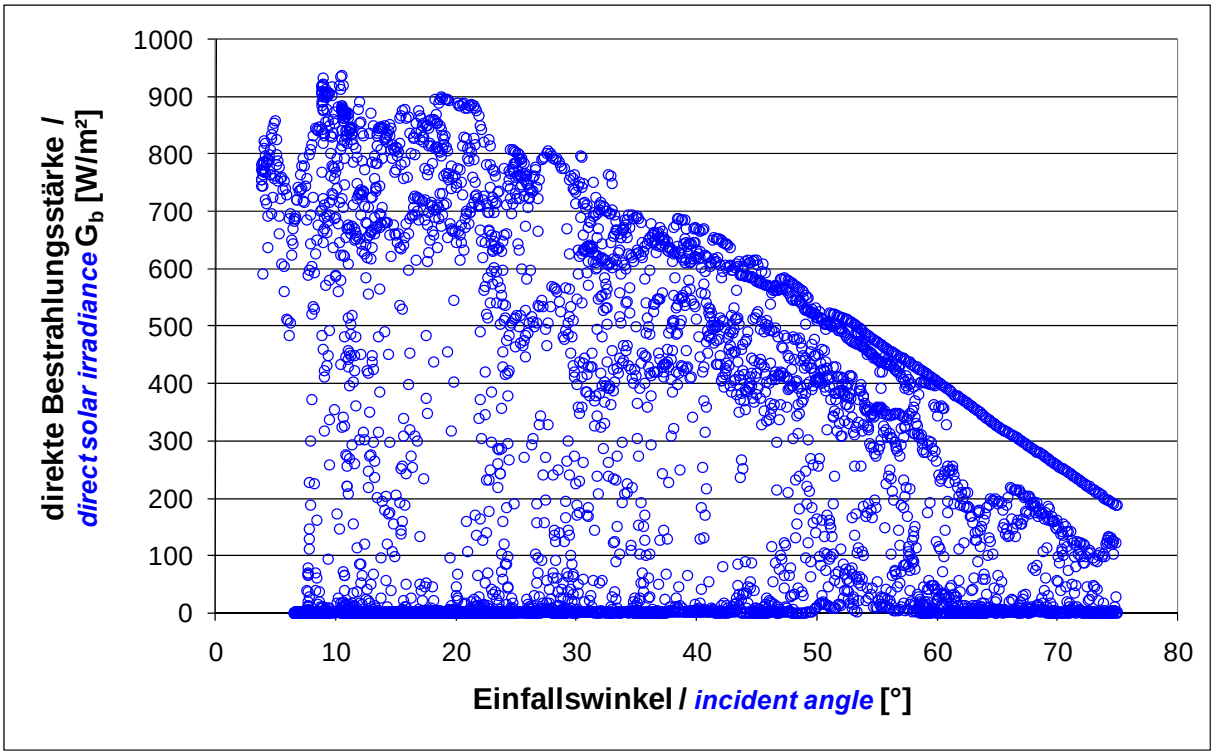


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

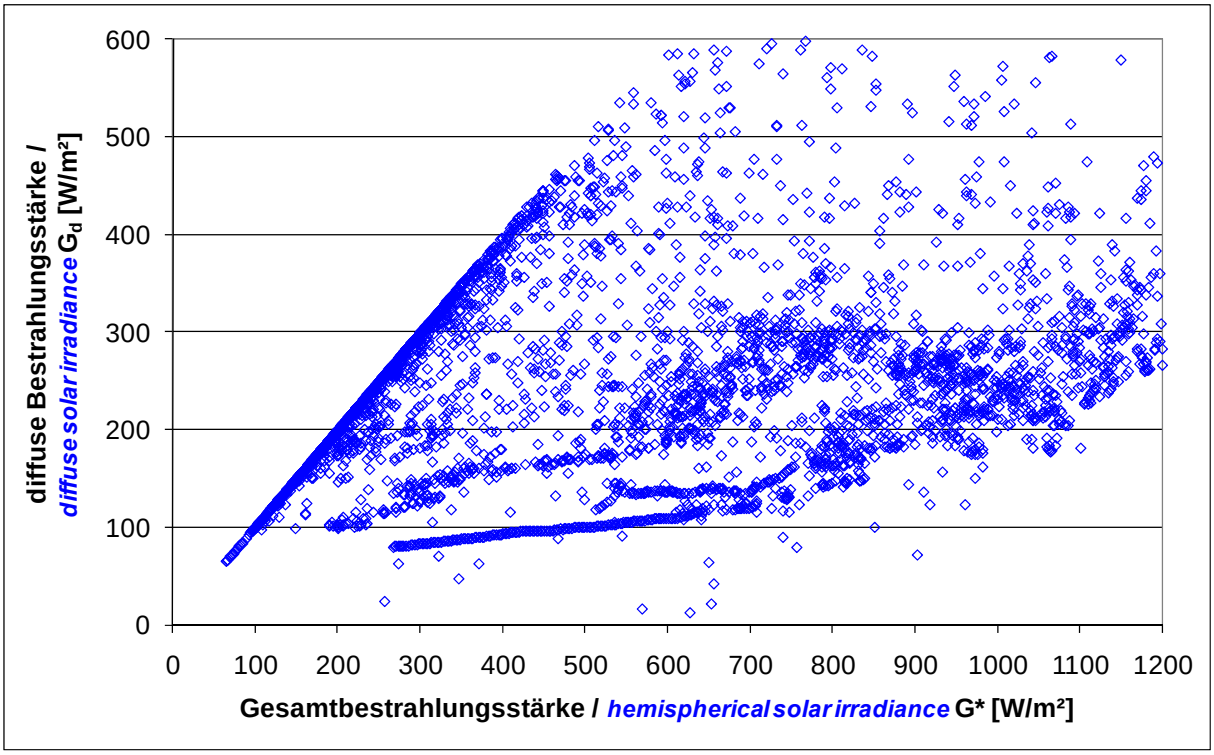


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

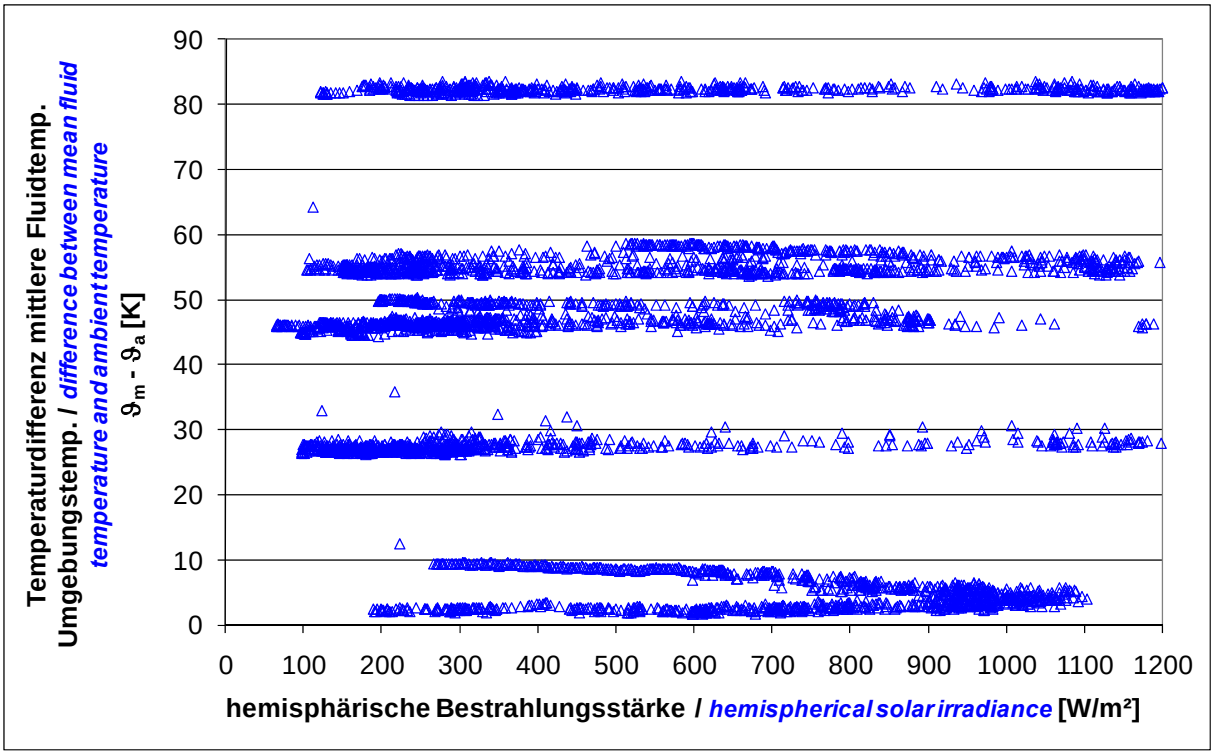


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL895
Test Report No.: 10COL895

Stuttgart, den 03.08.2010
Stuttgart August 3rd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB304715-AL**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 16
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 18
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB304715-AL *Navitron SFB304715-AL*
Herstellernummer: *serial no.:*	keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C895A *C895A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.34 m² *3.34 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.59 m² *1.59 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1660 mm (von Prüflabor bestimmt) *1660 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2012 mm (von Prüflabor bestimmt) *2012 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	133 mm (von Prüflabor bestimmt) *133 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, Nylon *aluminium alloy, nylon*
Gewicht: *weight:*	68 kg *68 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, Nylon *Silicon rubber, nylon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.94 *0.94*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.5 Liter *1.5 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	65 mm *65 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU *Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	210 °C (von Prüflabor bestimmt) *210 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Pressurized Collector, SFB304715-AL-65-00, Datum: 13.04.2009
- Shell of manifold box, SFB304715-AL-65-01, Datum: 13.04.2009
- Copper pipe of manifold, SFB304715-AL-65-02, Datum: 14.04.2009
- Vertical bar, SFB304715-AL-65-03, Datum: 16.04.2009
- Bottom rail, SFB304715-AL-65-04, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-AL-65-03, Datum: 16.04.2009

- Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-AL-65-04, Datum: 14.04.2009

- *Pressurized Collector, SFB304715-AL-65-00, date: 13.04.2009*
- *Shell of manifold box, SFB304715-AL-65-01, date: 13.04.2009*
- *Copper pipe of manifold, SFB304715-AL-65-02, date: 14.04.2009*
- *Vertical bar, SFB304715-AL-65-03, date: 16.04.2009*
- *Bottom rail, SFB304715-AL-65-04, date: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-00, Pressurized Collector, date: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-01, Shell of manifold box, date: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-02, copper pipe of manifold, date: 14.04.2009*
- *Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-AL-65-03, date: 16.04.2009*
- *Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-AL-65-04, date: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB154715-AL
- ITW Datenblatt Kollektor SFB204715-AL
- ITW Datenblatt Kollektor SFB304715-AL
- Specification of the following parts SFB4715-AL family

- *ITW data sheet collector SFB154715-AL*
- *ITW data sheet collector SFB204715-AL*
- *ITW data sheet collector SFB304715-AL*
- *Specification of the following parts SFB4715-AL family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐

	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐

	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB304715-AL sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB154715-AL und Navitron SFB204715-AL. *The test report is valid for collector type Navitron SFB304715-AL as specified above as well as for the collectors Navitron SFB154715-AL and Navitron SFB204715-AL identical in construction.*

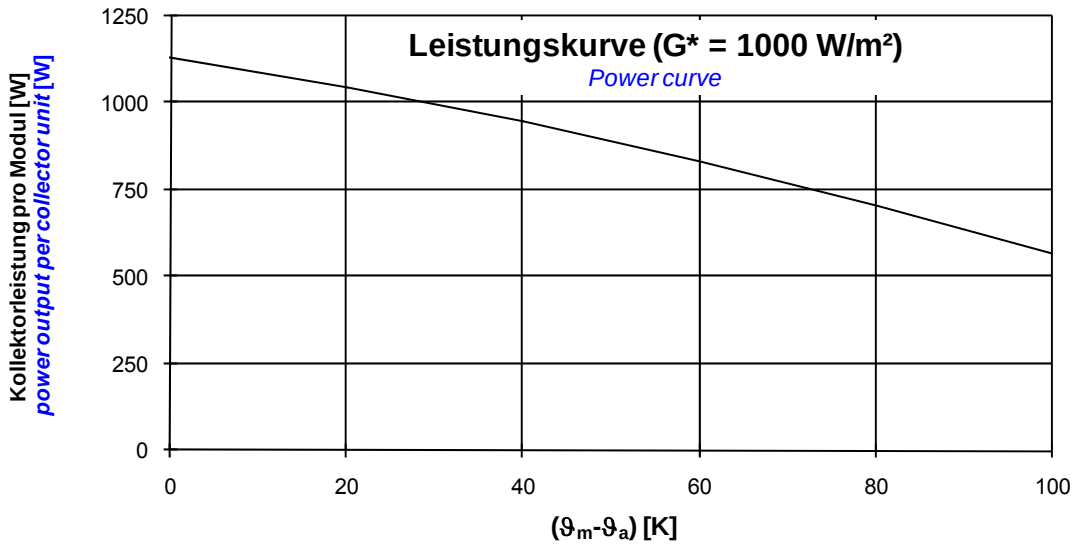
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.601
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.101
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 13 *See page 13*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	75.76
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.88
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1130



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	452	791	1130
20	366	705	1044
40	267	606	945
60	154	493	832
80	28	367	706
100	0 *)	227	566

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 28.04. – 24.06.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 03.08.2010

i. V.

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.601**	a_1 = **2.101 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.009 W/(m²K²)**	**c = 75.76 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = 1.68	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.20	1.47	1.93	2.10	2.18	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	615	741	798
4	556	654	703
5	501	**577**	618
6	452	510	545

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.506 [-]
$K_{\theta d}$:	1.675 [-]
c_1:	2.101 [W/(m²K)]
c_2:	0.009 [W/(m²K²)]
c_5:	75.760 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.20	1.47	1.93	2.10	2.18	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

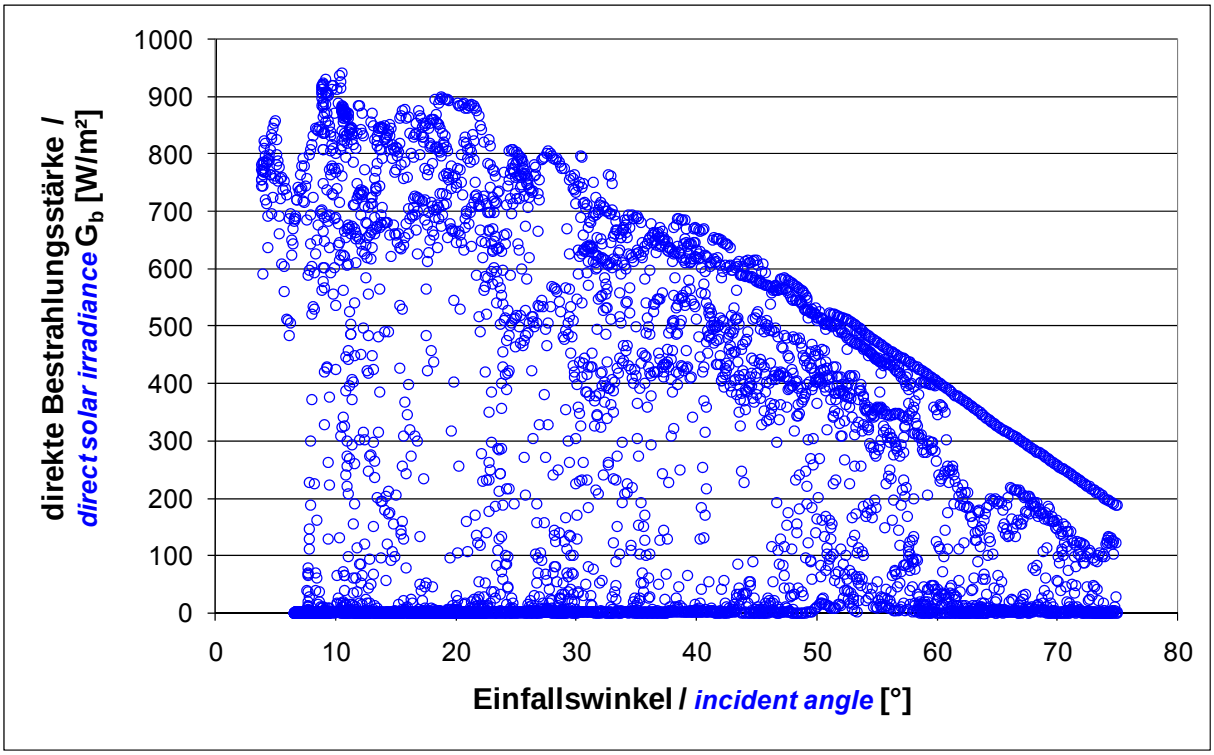


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

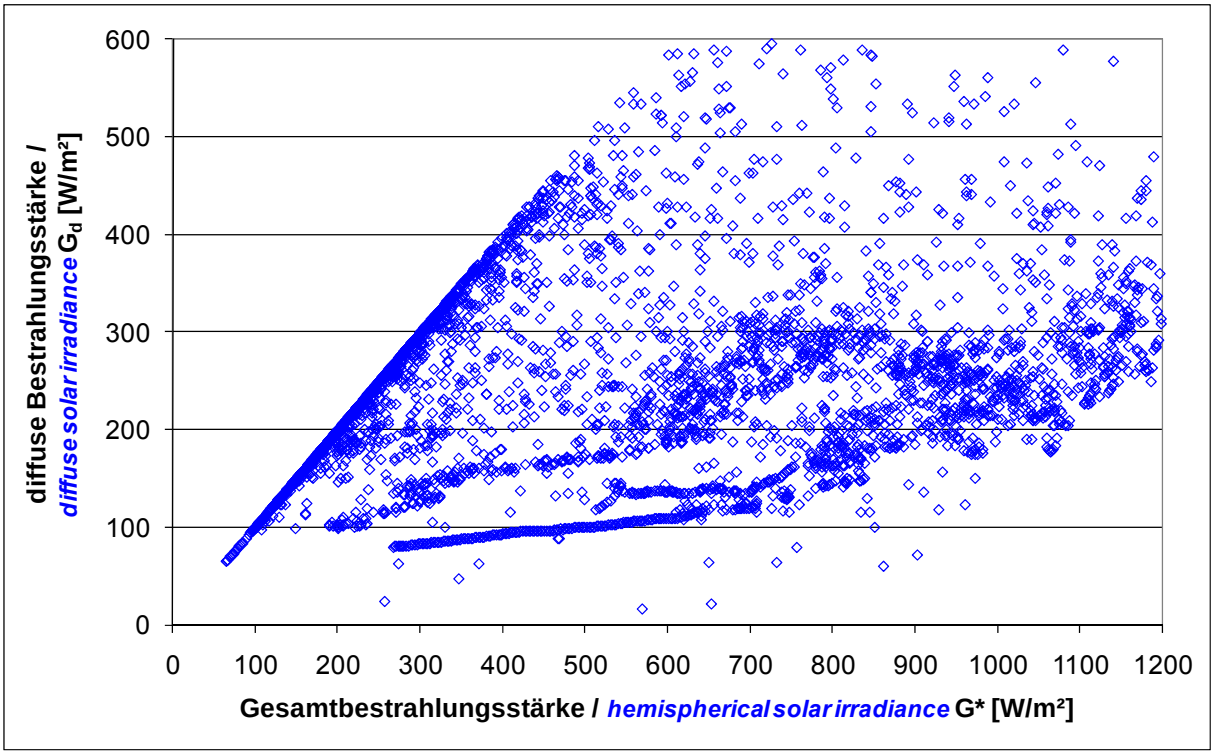


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

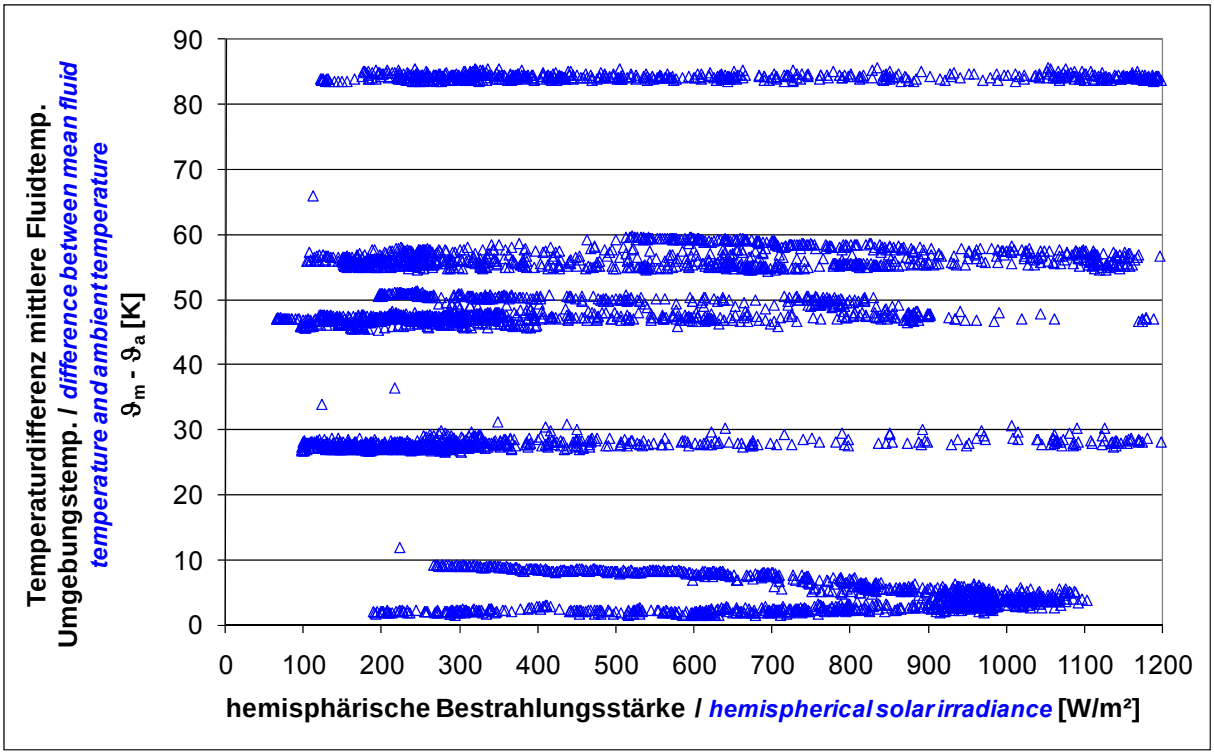


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für Navitron SFB154715-AL

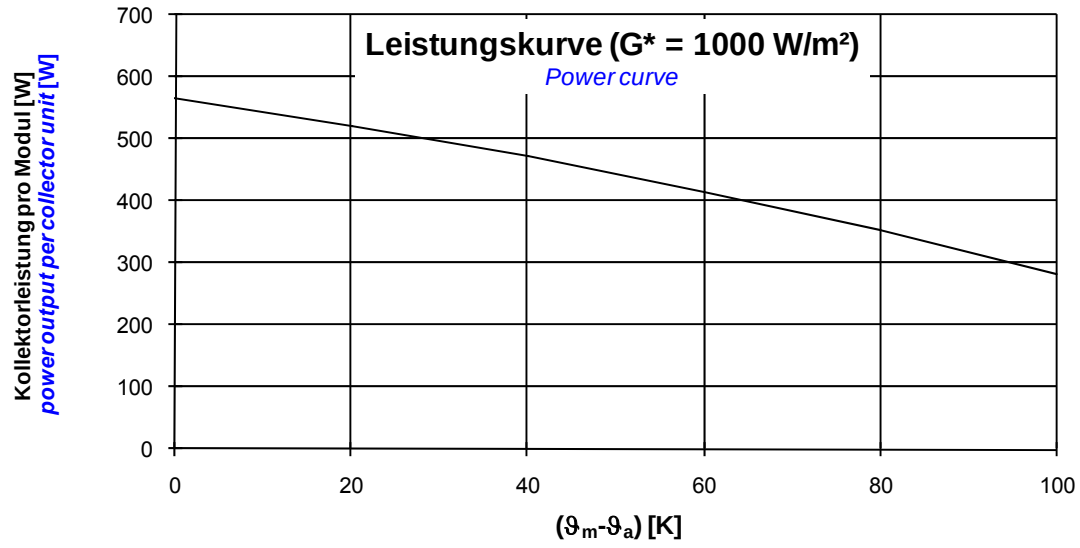
Annex C.1: Power curve for Navitron SFB154715-AL

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 0.94 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.601
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.101 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.009 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 565 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	226	395	565
20	183	353	522
40	133	303	472
60	77	247	416
80	14	183	353
100	0 *)	113	283

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für Navitron SFB204715-AL

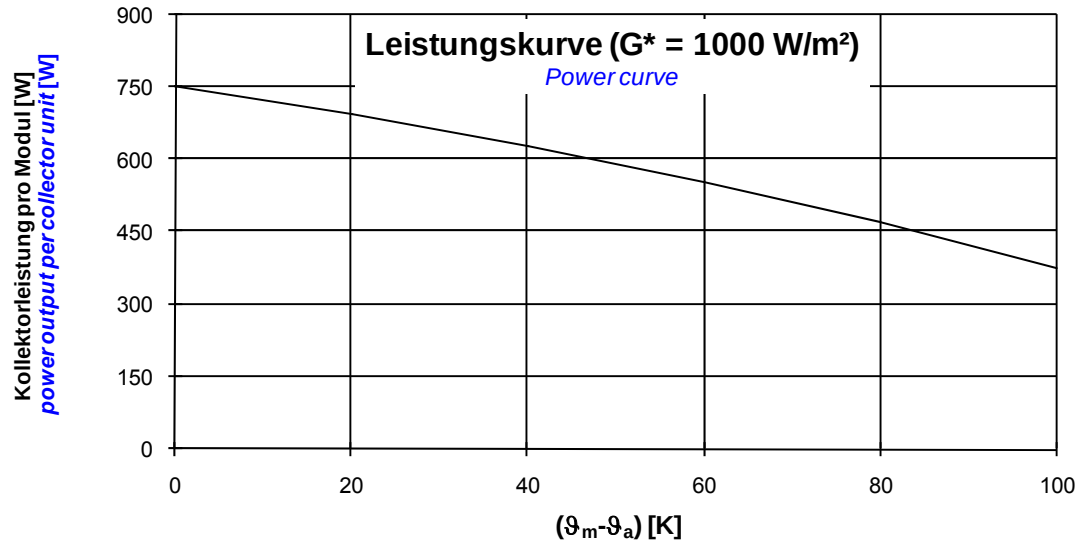
Annex C.2: Power curve for Navitron SFB204715-AL

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.25 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.601
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.101 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.009 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 751 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	301	526	751
20	243	469	694
40	177	403	628
60	102	328	553
80	18	244	469
100	0 *)	151	376

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL895Q
Test Report No.: 10COL895Q

Stuttgart, den 03.08.2010
Stuttgart, August 3rd, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB304715-AL**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB304715-AL *Navitron SFB304715-AL*
Herstellernummer: *serial no.:*	keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C895B, C895A *C895B, C895A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	3.34 m² *3.34 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.59 m² *1.59 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1660 mm (von Prüflabor bestimmt) *1660 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2012 mm (von Prüflabor bestimmt) *2012 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	133 mm (von Prüflabor bestimmt) *133 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminiumlegierung, Nylon *aluminium alloy, nylon*
Gewicht: *weight:*	68 kg *68 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, Nylon *Silicon rubber, nylon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.94 *0.94*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.5 Liter *1.5 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	37 x 1.6 mm *37 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	65 mm *65 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU *Evacuated solar collector tube, SFVB4715-CU*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	210 °C (von Prüflabor bestimmt) *210 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Pressurized Collector, SFB304715-AL-65-00, Datum: 13.04.2009
- Shell of manifold box, SFB304715-AL-65-01, Datum: 13.04.2009
- Copper pipe of manifold, SFB304715-AL-65-02, Datum: 14.04.2009
- Vertical bar, SFB304715-AL-65-03, Datum: 16.04.2009
- Bottom rail, SFB304715-AL-65-04, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)4715-AL-65-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-AL-65-03, Datum: 16.04.2009

- Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-AL-65-04, Datum: 14.04.2009

- *Pressurized Collector, SFB304715-AL-65-00, date: 13.04.2009*
- *Shell of manifold box, SFB304715-AL-65-01, date: 13.04.2009*
- *Copper pipe of manifold, SFB304715-AL-65-02, date: 14.04.2009*
- *Vertical bar, SFB304715-AL-65-03, date: 16.04.2009*
- *Bottom rail, SFB304715-AL-65-04, date: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-00, Pressurized Collector, date: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-01, Shell of manifold box, date: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)4715-AL-65-02, copper pipe of manifold, date: 14.04.2009*
- *Vertical bar, SFB(10.15.20)4715-AL-65-03, date: 16.04.2009*
- *Bottom rail, SFB(10.15.20)4715-AL-65-04, date: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB104715-AL
- ITW Datenblatt Kollektor SFB154715-AL
- ITW Datenblatt Kollektor SFB204715-AL
- ITW Datenblatt Kollektor SFB304715-AL
- Specification of the following parts SFB4715-AL family

- *ITW data sheet collector SFB104715-AL*
- *ITW data sheet collector SFB154715-AL*
- *ITW data sheet collector SFB204715-AL*
- *ITW data sheet collector SFB304715-AL*
- *Specification of the following parts SFB4715-AL family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐

	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐

	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB304715-AL sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB104715-AL, Navitron SFB154715-AL und Navitron SFB204715-AL. *The test report is valid for collector type Navitron SFB304715-AL as specified above as well as for the collectors Navitron SFB104715-AL, Navitron SFB154715-AL and Navitron SFB204715-AL identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 08.07.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**55**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 05.06.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1012**	**26**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 13.04.- 24.06.2010 73 Tage
Duration of exposure: *73 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
1084	**37**	**128**	**61**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 28.04.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.1	**13**	**1016**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 29.04.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.1	**13**	**982**	**26**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 21.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**960**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 22.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**1026**	**13**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 25.06.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.6	**16**	**4.5**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 28.06.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2750 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2750 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 05.06.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1012	**207**	**25**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu / *to* **ϑ_{stg} = 210 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 09.07.2007
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0

Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 210 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 210 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
Die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfungen wurden, mit Ausnahme der Innendruckprüfung, am Absorber des Kollektors mit der internen Kennzeichnung C895B durchgeführt. Die Innendruckprüfung des Absorbers wurde am baugleichen Kollektor, mit der internen Kennzeichnung C895A, durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
The durability and reliability tests were accomplished at the collector with internal identification C895B with the exception of the internal pressure test for absorber. The internal pressure test for absorber was accomplished at the collector with internal identification C895A identical in construction.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	13.04. – 09.07.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 03.08.2010

i. V.

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL896
Test Report No.: 10COL896

Stuttgart, den 26.07.2010
Stuttgart, July 26th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB105818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 16
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 18
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB105818 *Navitron SFB105818*
Herstellernummer: *serial no.:*	keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C896 *C896*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.66 m² *1.66 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	0.95 m² *0.95 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	0.81 m² *0.81 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1960 mm (von Prüflabor bestimmt) *1960 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	847 mm (von Prüflabor bestimmt) *847 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Edelstahl, ABS *stainless steel, ABS*
Gewicht: *weight:*	50 kg *50 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.65 Liter *0.65 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	10 *10*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB5818 *Evacuated solar collector tube, SFVB5818*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	209 °C (von Prüflabor bestimmt) *209 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFVB5818-1, Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-00, Pressurized Collector, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-01, Shell of manifold box, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-02, Soleplate, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-03, copper pipe of manifold, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-04, Vertical bar, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-05, Bottom rail, Datum: 07.11.2009
- SFB305818-00-09, Datum: 13.02.2008

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *SFVB5818-1, Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-00, Pressurized Collector, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-01, Shell of manifold box, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-02, Soleplate, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-03, copper pipe of manifold, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-04, Vertical bar, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-05, Bottom rail, date: 07.11.2009*
- *SFB305818-00-09, date: 13.02.2008*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB105818
- ITW Datenblatt Kollektor SFB155818
- ITW Datenblatt Kollektor SFB205818
- Specification of the following parts SFB5818 family
- *ITW data sheet collector SFB105818*
- *ITW data sheet collector SFB155818*
- *ITW data sheet collector SFB205818*
- *Specification of the following parts SFB5818 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐

	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐
	Das Typenschild lag als Muster vor. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen. *The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.*		
Installationsanweisung: *instructor installation manual :*	▪ SFB series Installation Manual ▪ SFB series Installation Manual		
	Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben: *The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:*		
		ja *yes*	nein *no*
	Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
	Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐

	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB105818 sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB155818 und Navitron SFB205818.

The test report is valid for collector type Navitron SFB105818 as specified above as well as for the collectors Navitron SFB155818 and Navitron SFB205818 identical in construction.

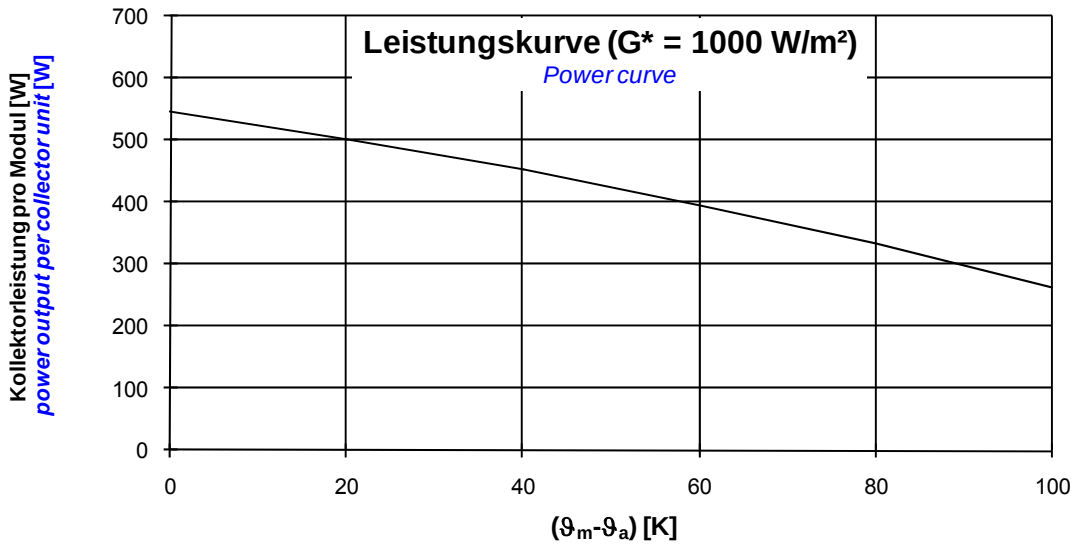
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.575
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	2.086
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 12 *See page 12*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	68.91
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	0.95
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	546



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	219	382	546
20	175	339	503
40	126	289	453
60	69	233	397
80	5	169	333
100	0 *)	99	263

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 04.06. – 25.06.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 26.07.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.575**	a_1 = **2.086 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.009 W/(m²K²)**	**c = 68.910 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.37**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.11	1.38	1.72	1.82	1.87	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	502	612	664
4	452	547	592
5	407	**487**	528
6	370	437	472

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.524 [-]
$K_{\theta d}$:	1.37 [-]
c_1:	2.086 [W/(m²K)]
c_2:	0.009 [W/(m²K²)]
c_5:	68.910 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.11	1.38	1.72	1.82	1.87	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

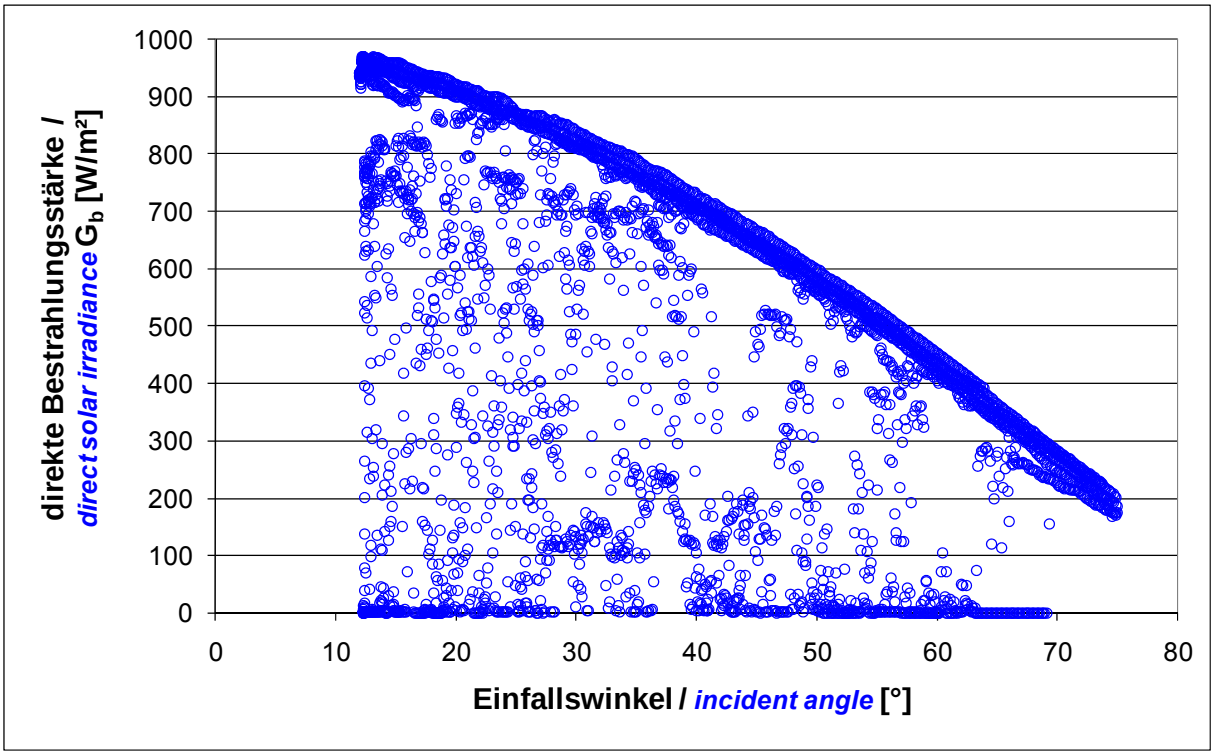


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

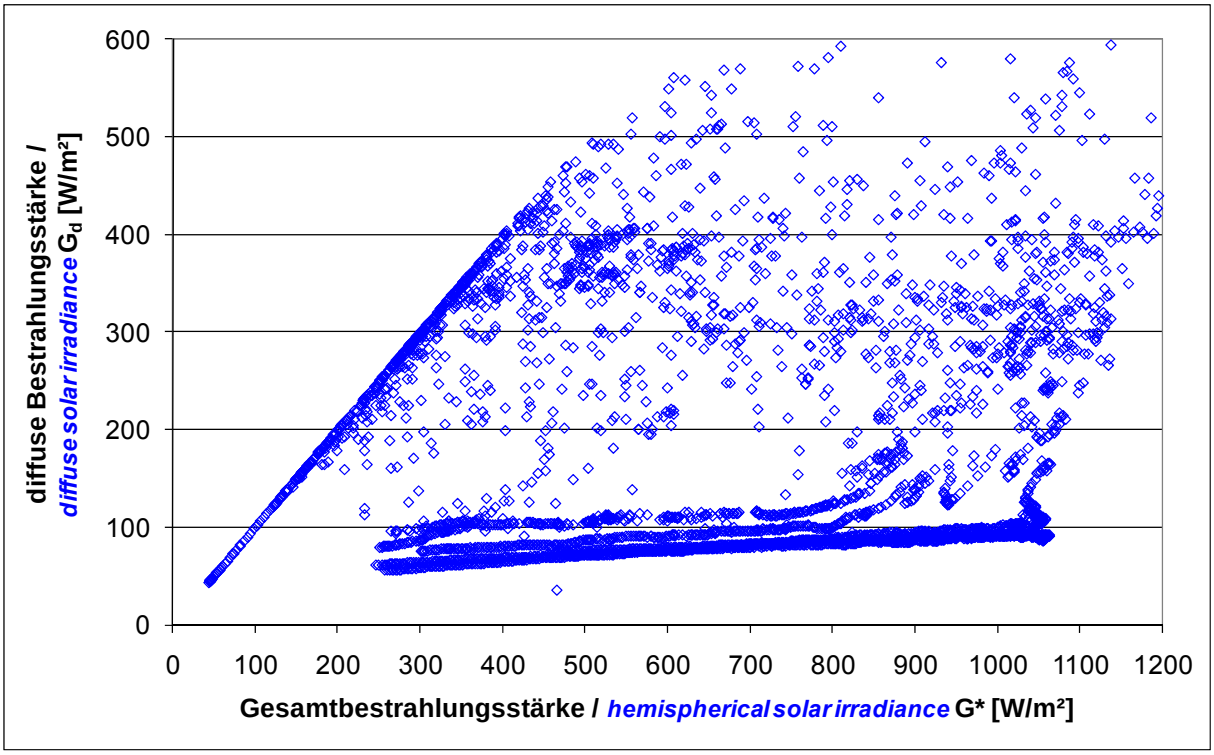


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

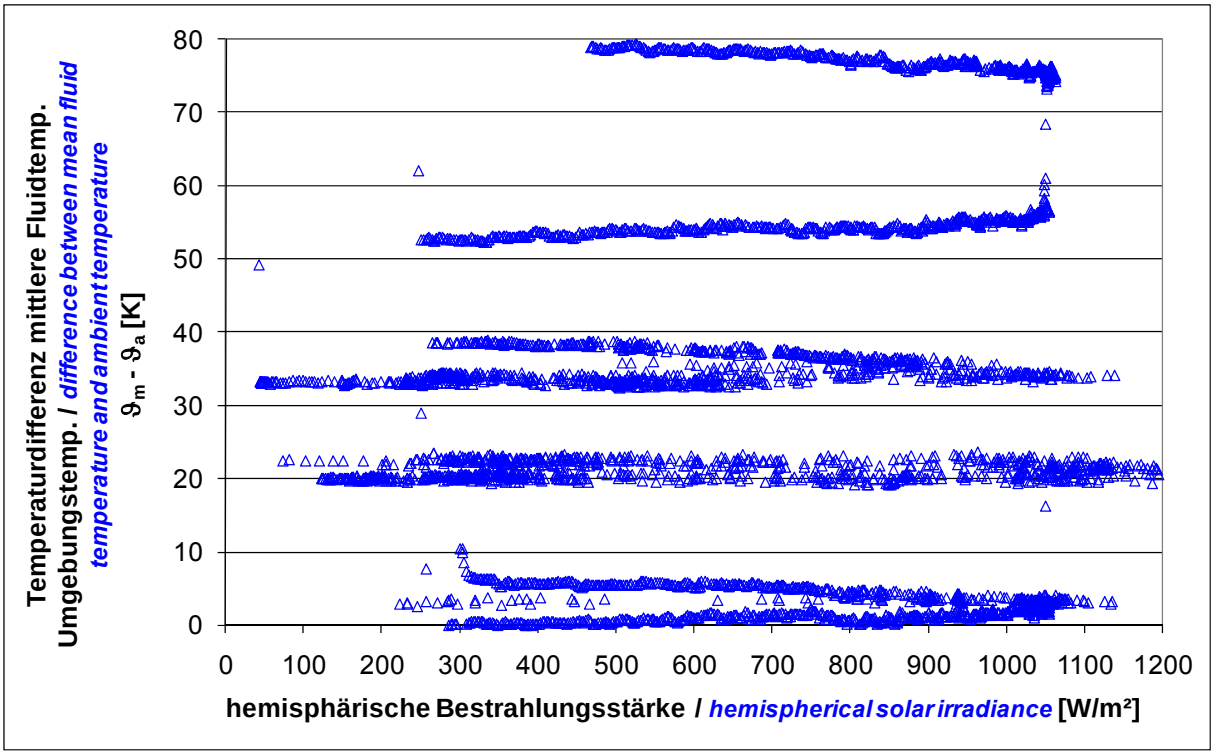


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für Navitron SFB155818

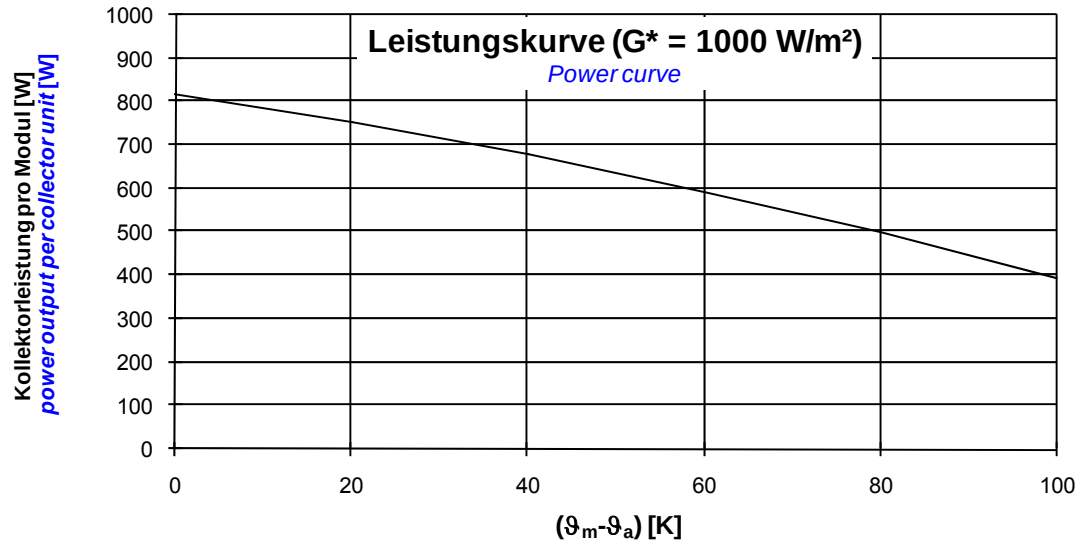
Annex C.1: Power curve for Navitron SFB155818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	$A = 1.42\ m^2$
Konversionsfaktor / *conversion factor*	$\eta_0 = 0.575$
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	$a_1 = 2.086\ W/(m^2K)$
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	$a_2 = 0.009\ W/(m^2K^2)$
Peakleistung ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a)= 0$) pro Kollektormodul: *Peak Power ($G^* = 1000\ W/m^2$, $(\vartheta_m-\vartheta_a) = 0$) per collector unit:*	$W_{peak} = 817\ W$



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m-\vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	327	572	817
20	262	507	752
40	188	433	678
60	103	348	593
80	8	253	498
100	0 *)	148	392

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für Navitron SFB205818

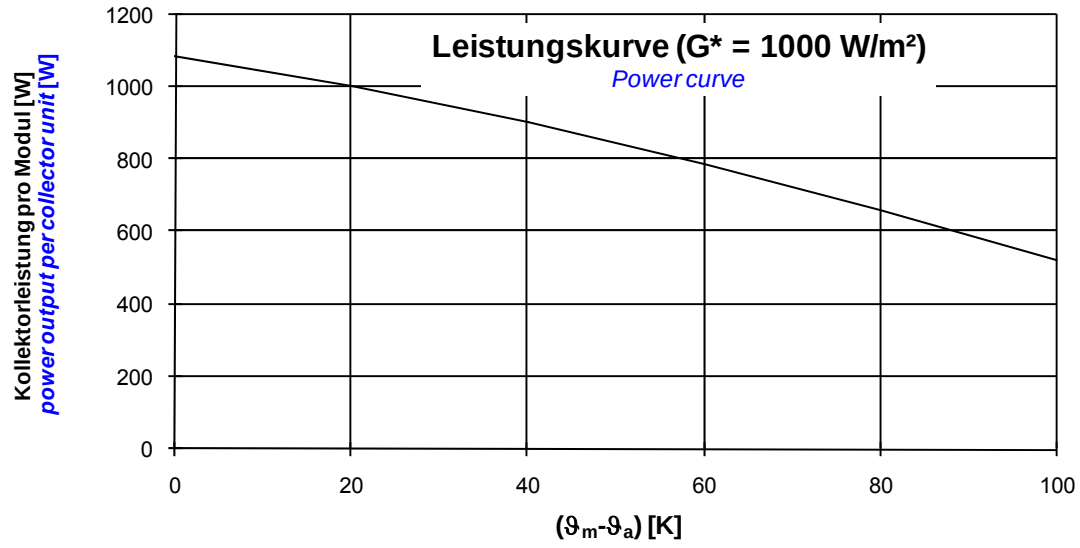
Annex C.2: Power curve for Navitron SFB205818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.89 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.575
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 2.086 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.009 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1087 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	435	761	1087
20	349	675	1001
40	250	576	902
60	137	463	789
80	10	336	662
100	0 *)	196	522

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL897
Test Report No.: 10COL897

Stuttgart, den 26.07.2010
Stuttgart, July 26th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB305818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 16
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB305818 *Navitron SFB305818*
Herstellernummer: *serial no.:*	001646 - 2007 *001646 - 2007*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C897A *C897A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.79 m² *4.79 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.84 m² *2.84 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1960 mm (von Prüflabor bestimmt) *1960 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2445 mm (von Prüflabor bestimmt) *2445 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Edelstahl, ABS *stainless steel, ABS*
Gewicht: *weight:*	122 kg *122 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.9 Liter *1.9 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB5818 *Evacuated solar collector tube, SFVB5818*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	209 °C (von Prüflabor bestimmt) *209 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFVB5818-1, Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- Pressurized Collector, SFB305818-00-00, Datum: 13.02.2008
- Shell of manifold box, SFB305818-00-01, Datum: 13.02.2008
- Soleplate, SFB305818-00-02, Datum: 13.02.2008
- Copper pipe of manifold, SFB305818-00-03, Datum: 13.02.2008
- Vertical bar, SFB305818-00-04, Datum: 13.02.2008
- Bottom rail, SFB305818-00-05, Datum: 13.02.2008
- SFB305818-00-09, Datum: 13.02.2008

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *SFVB5818-1, Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *Pressurized Collector, SFB305818-00-00, date: 13.02.2008*
- *Shell of manifold box, SFB305818-00-01, date: 13.02.2008*
- *Soleplate, SFB305818-00-02, date: 13.02.2008*
- *Copper pipe of manifold, SFB305818-00-03, date: 13.02.2008*
- *Vertical bar, SFB305818-00-04, date: 13.02.2008*
- *Bottom rail, SFB305818-00-05, date: 13.02.2008*
- *SFB305818-00-09, date: 13.02.2008*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB305818
- Specification of the following parts SFB5818 family
- *ITW data sheet collector SFB305818*
- *Specification of the following parts SFB5818 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB series Installation Manual
- SFB series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB305818. *The test report is valid for collector type Navitron SFB305818 as specified above.*

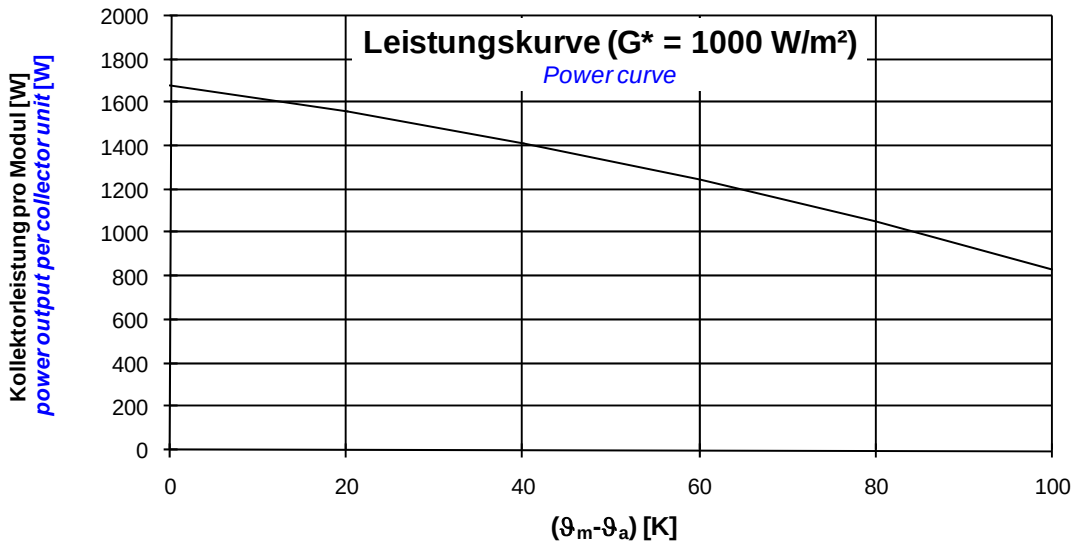
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.592
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.889
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.011
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 12 *See page 12*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	66.24
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.84
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1681



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	673	1177	1681
20	553	1057	1561
40	408	912	1417
60	238	743	1247
80	43	548	1052
100	0 *)	328	832

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 04.06. – 25.06.2010
Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 26.07.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.592**	a_1 = **1.889 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.011 W/(m²K²)**	**c = 66.240 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.32**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.09	1.35	1.67	1.74	1.65	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	517	625	681
4	471	567	614
5	431	**510**	550
6	395	461	494

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.545 [-]
$K_{\theta d}$:	1.318 [-]
c_1:	1.889 [W/(m²K)]
c_2:	0.011 [W/(m²K²)]
c_5:	66.240 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.09	1.35	1.67	1.74	1.65	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

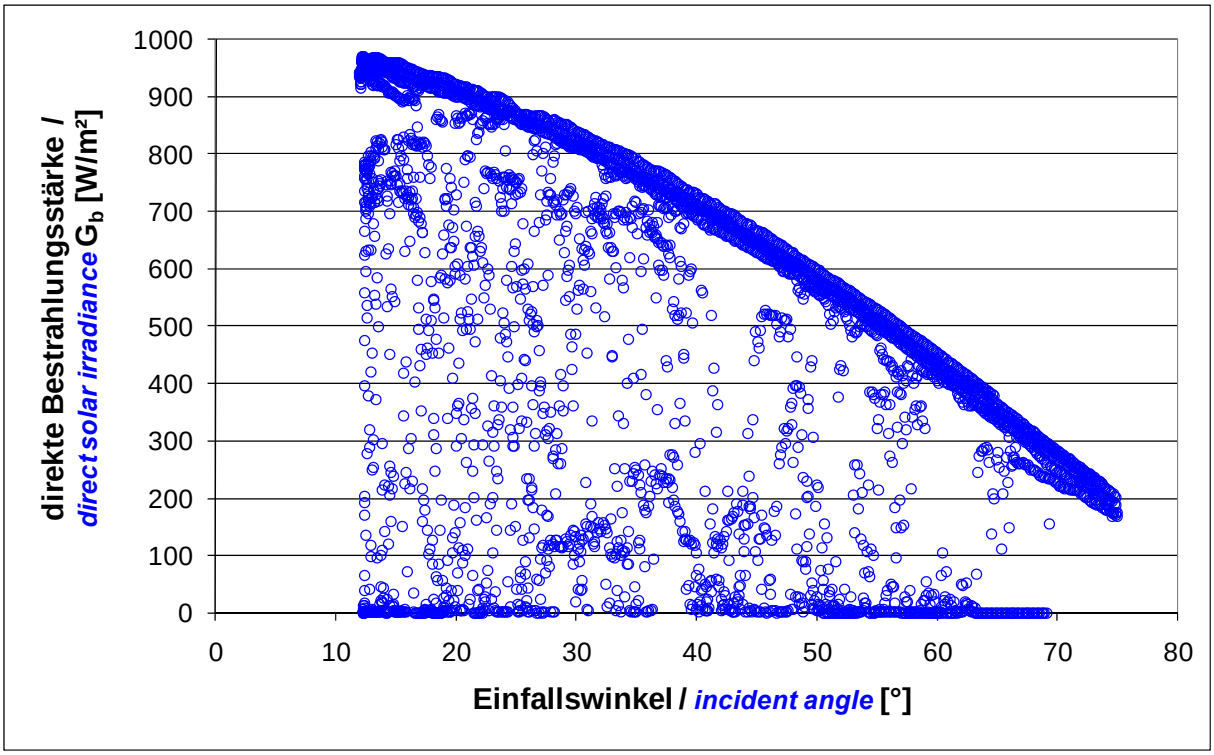


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

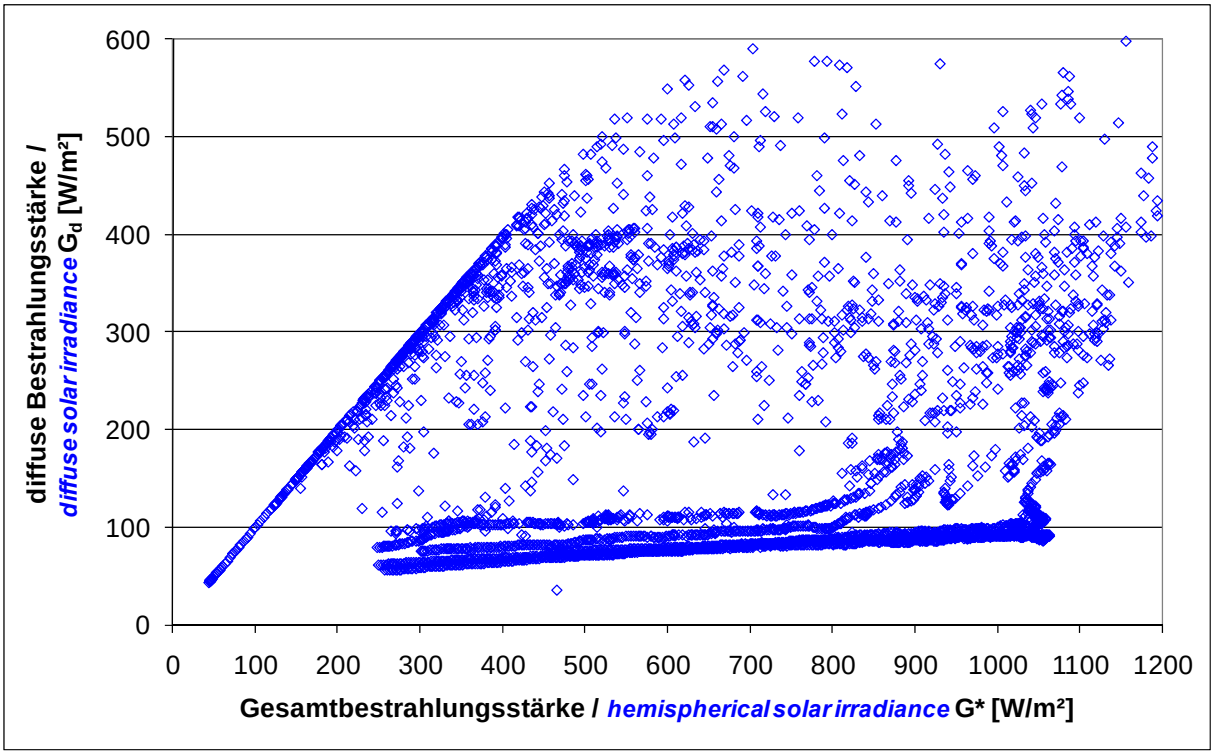


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

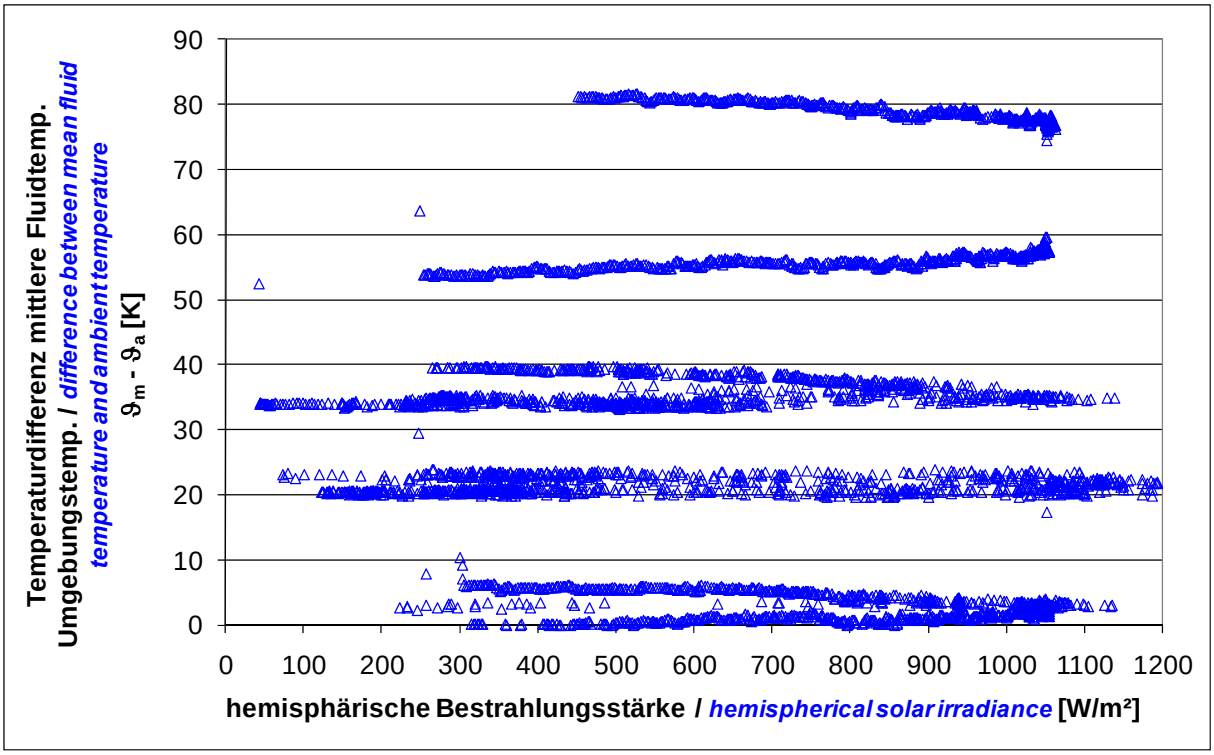


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL897Q
Test Report No.: 10COL897Q

Stuttgart, den 26.07.2010
Stuttgart, July 26th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Navitron Ltd.** **2 Lands End Way** **Oakham, Rutland** **LE 15 6RB, United Kingdom**
Hersteller: *manufacturer:*	**Navitron Ltd.**
Typ: *type:*	**Navitron SFB305818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 12
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 13
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Navitron Ltd. 2 Lands End Way Oakham, Rutland LE 15 6RB, United Kingdom
Ansprechpartner: *contact person:*	Tim Mayers Tel.: 0044 (0)1572 725512 Fax: 0044 (0)1572 724390 email: TimMayer@navitron.org.uk
Typ: *type:*	Navitron SFB305818 *Navitron SFB305818*
Herstellernummer: *serial no.:*	001647 - 2007 *001647 - 2007*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C897B *C897B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.79 m² *4.79 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.84 m² *2.84 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.44 m² *2.44 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1960 mm (von Prüflabor bestimmt) *1960 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2445 mm (von Prüflabor bestimmt) *2445 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	156 mm (von Prüflabor bestimmt) *156 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Edelstahl, ABS *stainless steel, ABS*
Gewicht: *weight:*	122 kg *122 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikongummi, ABS *Silicon rubber, ABS*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Borosilikatglas *borosilicate glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	AL-N/AL *AL-N/AL*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.92 *0.92*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.07 *0.07*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.9 Liter *1.9 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	47 x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	80 mm *80 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Evacuated solar collector tube, SFVB5818 *Evacuated solar collector tube, SFVB5818*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.91 *0.91*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	209 °C (von Prüflabor bestimmt) *209 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 45 % Glykol + Wasser *pure water, 45 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	120 kg/h *120 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFVB5818-1, Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- Pressurized Collector, SFB305818-00-00, Datum: 13.02.2008
- Shell of manifold box, SFB305818-00-01, Datum: 13.02.2008
- Soleplate, SFB305818-00-02, Datum: 13.02.2008
- Copper pipe of manifold, SFB305818-00-03, Datum: 13.02.2008
- Vertical bar, SFB305818-00-04, Datum: 13.02.2008
- Bottom rail, SFB305818-00-05, Datum: 13.02.2008
- SFB305818-00-09, Datum: 13.02.2008
- SFB(10.15.20)5818-00-00, Pressurized Collector, Datum: 07.11.2009

- SFB(10.15.20)5818-00-01, Shell of manifold box, Datum: 07.11.2009
- SFB(10.15.20)5818-00-03, copper pipe of manifold, Datum: 07.11.2009

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *SFVB5818-1 Heat Pipe, date: 13.04.2009*
- *Pressurized Collector, SFB305818-00-00, date: 13.02.2008*
- *Shell of manifold box, SFB305818-00-01, date: 13.02.2008*
- *Soleplate, SFB305818-00-02, date: 13.02.2008*
- *Copper pipe of manifold, SFB305818-00-03, date: 13.02.2008*
- *Vertical bar, SFB305818-00-04, date: 13.02.2008*
- *Bottom rail, SFB305818-00-05, date: 13.02.2008*
- *SFB305818-00-09, Datum: 13.02.2008*
- *SFB(10.15.20)5818-00-00, Pressurized Collector, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-01, Shell of manifold box, date: 07.11.2009*
- *SFB(10.15.20)5818-00-03, copper pipe of manifold, date: 07.11.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SFB105818
- ITW Datenblatt Kollektor SFB155818
- ITW Datenblatt Kollektor SFB205818
- ITW Datenblatt Kollektor SFB305818
- Specification of the following parts SFB5818 family

- *ITW data sheet collector SFB105818*
- *ITW data sheet collector SFB155818*
- *ITW data sheet collector SFB205818*
- *ITW data sheet collector SFB305818*
- *Specification of the following parts SFB5818 family*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐

	Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☐	☒
	Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
	Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
	Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
	Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB series Installation Manual
- SFB series Installation Manual

Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐

	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Navitron SFB304715-AL sowie für die baugleichen Kollektoren Navitron SFB104715-AL, Navitron SFB154715-AL und Navitron SFB204715-AL. *The test report is valid for collector type Navitron SFB304715-AL as specified above as well as for the collectors Navitron SFB104715-AL, Navitron SFB154715-AL and Navitron SFB204715-AL identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 07.06.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 29.04.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**987**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 19.03.- 31.05.2010 74 Tage
Duration of exposure: *74 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
1036	**30**	**134**	**61**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 23.03.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**16**	**974**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 24.03.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**16**	**910**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 19.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**1003**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 21.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**1041**	**13**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 17.05.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.0	**10**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 01.06.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 1000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 29.04.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
987	**202**	**25**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu *to* **ϑ_{stg} = 209 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 11.06.2007
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0

Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 209 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 209 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Das Typenschild enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The collector label does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	19.03. – 11.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 26.07.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL872S
Test Report No.: 09COL872S

Stuttgart, den 10. Dezember 2010
Stuttgart, 10.12.2010

Auftraggeber: *Client:*	**Schüco International KG** **Karolinenstr. 1-15** **33609 Bielefeld** **Deutschland**
Hersteller: *Manufacturer:*	**Schüco International KG**
Typ: *Type:*	**CTE 220 CH2** *CTE 220 CH2*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2010** *2010*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	Schüco International KG Karolinenstr. 1-15 33609 Bielefeld Deutschland
Ansprechpartner: *Contact person:*	Dipl.-Ing. Nadine Hanke Tel.: +49 521 783-7338 Fax: +49 521 783-9247 email: nhanke@schueko.com
Typ: *Type:*	CTE 220 CH2 No. 271 748 *CTE 220 CH2 no. 271 748*
Herstellernummer: *Serial no.:*	29201000011304.166 *29201000011304.166*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C872S *C872S*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	2152 mm * 1252 mm *2152 mm * 1252 mm*	Fläche: 2.69 m² *Area: 2.69 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	2095 mm * 1195 mm *2095 mm * 1195 mm*	Fläche: 2.50 m² *Area: 2.50 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	2095 mm * 1195 mm *2095 mm * 1195 mm*	Fläche: 2.50 m² *Area: 2.50 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid *Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	48 kg *) *48 kg *)*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	2200 cm³ *) *2200 cm³ *)*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	80 mm *80 mm*
Material Gehäuserahmen: *Enclosure side material:*	Aluminium *Aluminium*
Material Rückwand: *Enclosure back material:*	Aluminium *Aluminium*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Geklebter Profilrahmen *Glued profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	Miro-Term *) *Miro-Term* *)
Prüfdruck: *Test Pressure:*	15 bar *15 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Seriell *Serial*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	2100 mm * 1200 mm * 0.6 mm *2100 mm * 1200 mm * 0.6 mm*
Abstand Absorber - transp. Abdeckung: *Glazing to absorber air space thickness:*	15 mm *15 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	18 x 0.8 mm *) *18 x 0.8 mm* *)
Außendurchmesser und Wandstärke Absorberrohr: *Riser tube outside diameter and wall thickness:*	10 x 0.4 mm *) *10 x 0.4 mm* *)
Anzahl Absorberrohrschleifen: *Number of tube runs:*	14 *14*
Abstand der Absorberrohre: *Center to center distance between tube runs:*	141 mm *141 mm*
Länge Absorberrohr: *Length of flow path through tubes:*	17533 mm *17533 mm*
Verbindung Absorber- und Sammelrohr *riser tube to header connection method:*	Hartgelötet *Hard-solderd*
Verbindung zwischen Absorber und Absorberrohr *Bond between riser and fin / plate:*	Geklebt *Glued*
Min. Dicke Verbindung Absorber Rohr *Minimum thickness of bond material between the fin / plate and the riser tube:*	0.5 mm (zusätzliches Alublech von hinten aufgeklebt, dadurch Absorberrohr ringsum umschlossen) *0.5 mm (additional aluminium sheet glued on backside, riser tube all around encircled)*
Breite Verbindung Absorber Rohr: *Bond width:*	75 mm *75 mm*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Abdeckungen: *Number of covers:*	1 *1*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klarglas *Clear glass*
Material: *Material:*	ESG extraweiß, eisenarm *) *ESG extra white, low iron* *)
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	2120 mm * 1220 mm * 4 mm *) *2120 mm * 1220 mm * 4 mm* *)

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *Back side*	seitlich *Sidewards*
Material: *Material:*	Mineralwolle *Mineral wool*	- *-*
Hersteller: *Manufacturer:*	Isover *) *Isover* *)	- *-*
Dicke: *Thickness:*	40 mm *) *40 mm* *)	- *-*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	EPDM, SMP *) *EPDM, SMP* *)
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	Silikon *) *Silicon* *)

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	200 °C *) *200 °C* *)
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CTE 220 CH2 No. 271 748 sowie für den baugleichen Kollektor CTE 220 CH2 No. 271 941.
The test report is valid for collector type CTE 220 CH2 no. 271 748 as specified above and for the collector CTE 220 CH2 no. 271 941 identical in construction.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 13. August 2010
Date: 13.08.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 13. August 2010
Date: 13.08.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 14.08. - 18.10.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 66 Tage
Duration of exposure: 66 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
910	**31**	**90**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 06. September 2010
1. Test: 06.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**14**	**957**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 20. September 2010
2. Test: 20.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**14**	**1000**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 21. September 2010
3. Test: 21.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**13**	**964**	**20**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 22. September 2010
Date: 22.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
2.0	**14**	**1018**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
192	**44**	**21**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 09. Dezember 2010
Date: 09.12.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
10	**15**	**10**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 09. Dezember 2010
Date: 09.12.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.004528262**
b [(mbar h)/l)]	**0.309874316**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

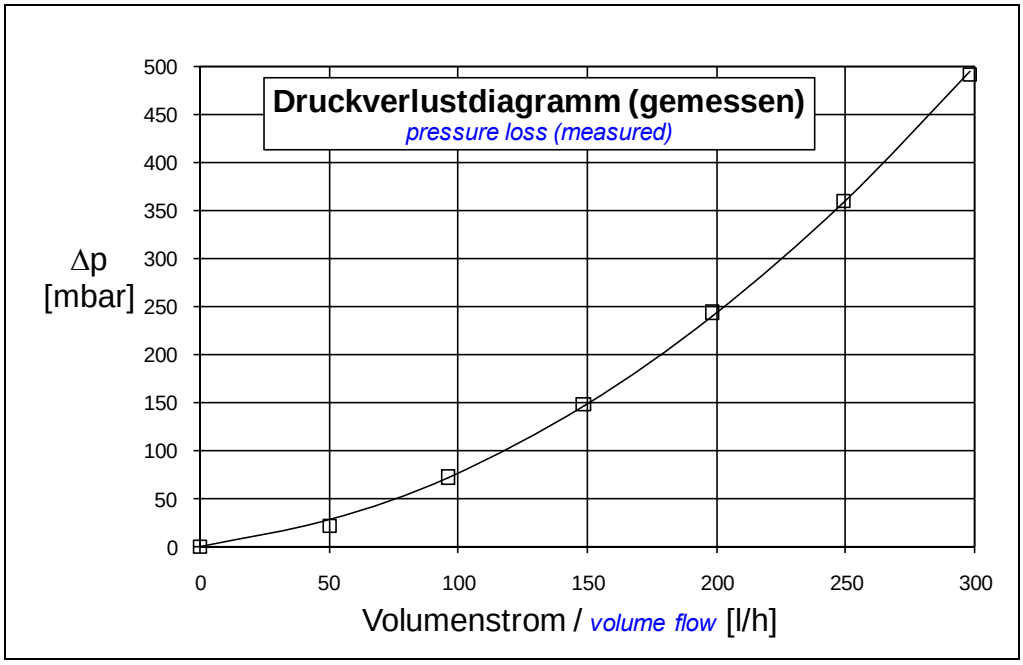


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

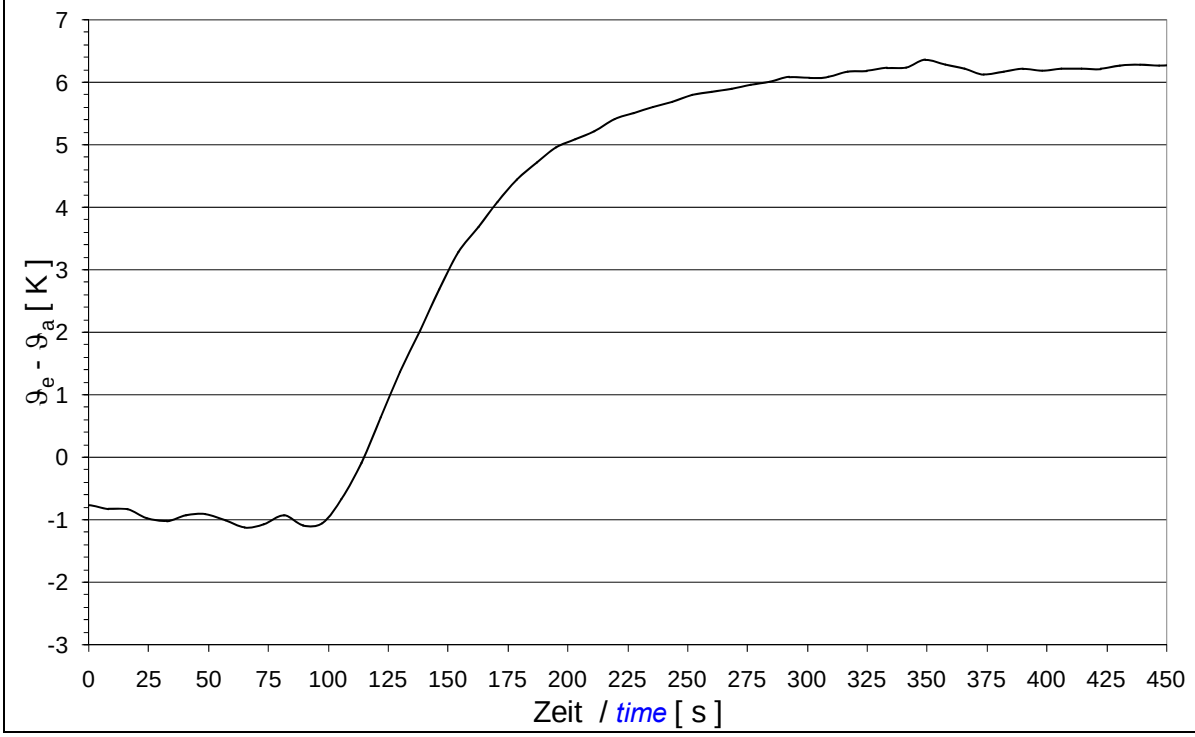
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	50.1	96.0	148.9	198.1	249.0	297.7
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	21.3	70.0	147.6	241.8	359.5	491.2

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 08. Dezember 2010
Date: 08.12.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	81

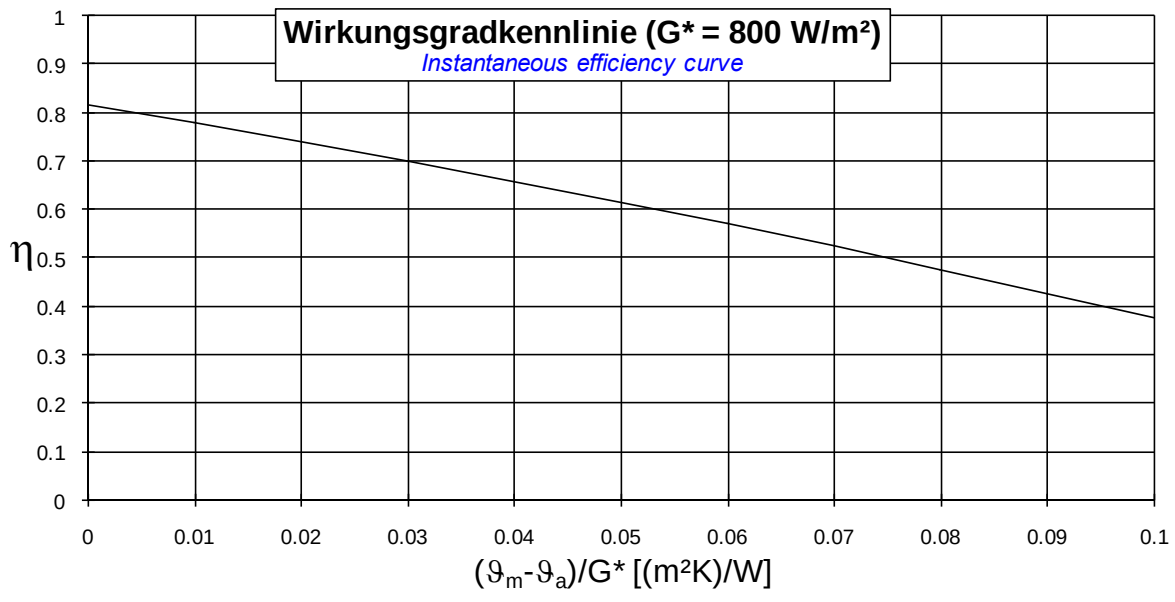


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.818
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	3.689
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.818	0.780	0.741	0.701	0.659	0.616	0.571	0.524	0.477	0.428	0.377

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 29. Oktober und 03. Dezember 2010
Date: 29.10. and 03.12.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta)$:	1.00	0.99	0.97	0.92	0.85

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 09. Dezember 2010
Date: 09.12.2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem*
1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem*
2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem*
* - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	22.07.2010
Prüfzeitraum: *Date of measurements:*	13.08.2010 - 09.12.2010
Prüfer: *Persons making measurements:*	M. Wild, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 10. Dezember 2010

i.V.

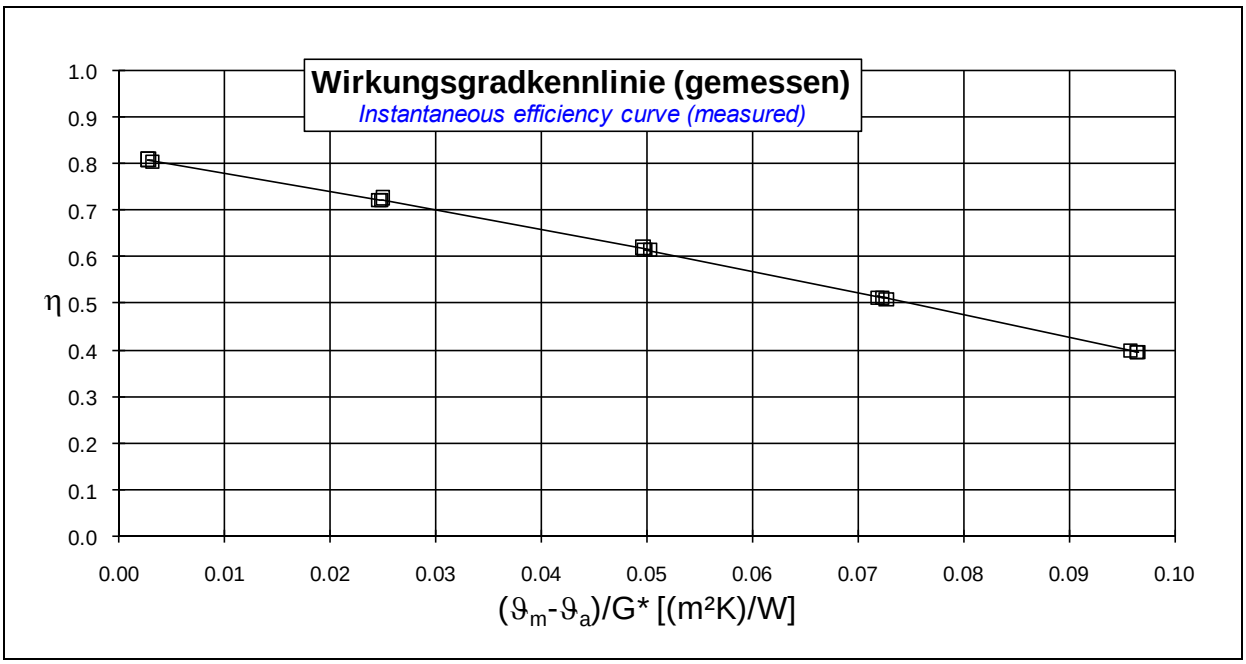
Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

	G^*	$\dot{m}$	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	η
Nr	$\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\left[\frac{kg}{h}\right]$	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	$\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	[–]
1	762.86	179.30	19.84	27.22	7.38	23.53	21.15	2.38	0.0031	0.8058
2	760.02	179.28	19.85	27.21	7.36	23.53	21.32	2.21	0.0029	0.8063
3	759.54	179.28	19.86	27.21	7.35	23.54	21.47	2.07	0.0027	0.8060
4	769.86	183.94	38.82	45.33	6.51	42.08	23.04	19.04	0.0247	0.7230
5	770.35	183.87	38.83	45.34	6.51	42.09	22.97	19.12	0.0248	0.7223
6	767.63	184.31	38.86	45.35	6.49	42.10	22.94	19.16	0.0250	0.7244
7	761.91	187.25	57.58	62.96	5.37	60.27	21.95	38.32	0.0503	0.6152
8	766.64	187.18	57.61	63.02	5.42	60.32	22.05	38.26	0.0499	0.6159
9	768.83	187.29	57.63	63.07	5.44	60.35	22.10	38.25	0.0498	0.6173
10	781.53	188.87	76.55	81.08	4.53	78.82	22.33	56.48	0.0723	0.5121
11	771.06	189.09	76.56	81.01	4.45	78.79	22.64	56.15	0.0728	0.5106
12	780.54	188.94	76.57	81.10	4.53	78.84	22.79	56.05	0.0718	0.5134
13	772.88	190.75	95.42	98.82	3.41	97.12	22.42	74.70	0.0967	0.3961
14	775.53	190.84	95.44	98.87	3.43	97.16	22.42	74.73	0.0964	0.3973
15	780.14	190.95	95.46	98.93	3.47	97.19	22.48	74.71	0.0958	0.3999

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 09COL873S vom 10. Dezember 2010)

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

(This test report substitutes test report no. 09COL873S of December 10th, 2010)

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL873S/1
Test Report No.: 09COL873S/1

Stuttgart, den 10. Januar 2011
Stuttgart, 10.01.2011

Auftraggeber: *Client:*	**Schüco International KG** **Karolinenstr. 1-15** **33609 Bielefeld** **Deutschland**
Hersteller: *Manufacturer:*	**Schüco International KG**
Typ: *Type:*	**CTE 215 CH** *CTE 215 CH*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2010** *2010*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Änderungshistorie:

Revisions:

Prüfberichts Nummer: *Test Report No.:*	Datum: *Date:*	Bemerkungen: *Remarks:*
09COL873S/1 *09COL873S/1*	10. Januar 2011 *10.01.2011*	Korrektur der Angabe zur Wärmedämmung, Seite 6 *Correction of the description for the thermal insulation, page 6*
09COL873 *09COL873*	10. Dezember 2010 *10.12.2010*	Erstellung Prüfbericht *Issue of test report*

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 4
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....7
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 7
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....7
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 8
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....9
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 9
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....10
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....11
Collector time constant

10 Wärmeleistung....12
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....13
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....13
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....14
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 15
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 16
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	Schüco International KG Karolinenstr. 1-15 33609 Bielefeld Deutschland
Ansprechpartner: *Contact person:*	Dipl.-Ing. Nadine Hanke Tel.: +49 521 783-7338 Fax: +49 521 783-9247 email: nhanke@schueko.com
Typ: *Type:*	CTE 215 CH No. 271 828 *CTE 215 CH no. 271 828*
Herstellernummer: *Serial no.:*	1 *1*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C873S *C873S*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	1952 mm * 1051 mm *1952 mm * 1051 mm*	Fläche: 2.05 m² *Area: 2.05 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	1894 mm * 995 mm *1894 mm * 995 mm*	Fläche: 1.88 m² *Area: 1.88 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	1894 mm * 995 mm *1894 mm * 995 mm*	Fläche: 1.88 m² *Area: 1.88 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid *Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	38 kg *) *38 kg *)*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	1185 cm³ *1185 cm³*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	80 mm *80 mm*
Material Gehäuserahmen: *Enclosure side material:*	Aluminium *Aluminium*
Material Rückwand: *Enclosure back material:*	Aluminium *Aluminium*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Geklebter Profilrahmen *Glued profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	Miro-Term *Miro-Term*
Prüfdruck: *Test Pressure:*	15 bar *15 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Seriell *Serial*
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	1900 mm * 1000 mm * 0.6 mm *1900 mm * 1000 mm * 0.6 mm*
Abstand Absorber - transp. Abdeckung: *Glazing to absorber air space thickness:*	16 mm *16 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	Kein Sammlerrohr *No header tube*
Außendurchmesser und Wandstärke Absorberrohr: *Riser tube outside diameter and wall thickness:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Absorberrohrschleifen: *Number of tube runs:*	6 *6*
Abstand der Absorberrohre: *Center to center distance between tube runs:*	166 mm *166 mm*
Länge Absorberrohr: *Length of flow path through tubes:*	11820 mm *11820 mm*
Verbindung Absorber- und Sammelrohr *riser tube to header connection method:*	Kein Sammlerrohr *No header tube*
Verbindung zwischen Absorber und Absorberrohr *Bond between riser and fin / plate:*	Geklebt *Glued*
Min. Dicke Verbindung Absorber Rohr *Minimum thickness of bond material between the fin / plate and the riser tube:*	0.5 mm (zusätzliches Alublech von hinten aufgeklebt, dadurch Absorberrohr ringsum umschlossen) *0.5 mm (additional aluminium sheet glued on backside, riser tube all around encircled)*
Breite Verbindung Absorber Rohr: *Bond width:*	75 mm *75 mm*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Abdeckungen: *Number of covers:*	1 *1*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klarglas *Clear glass*
Material: *Material:*	ESG extraweiß, eisenarm *) *ESG extra white, low iron* *)
Länge * Breite * Dicke: *Length * Width * Thickness:*	1920 mm * 1020 mm * 3.2 mm *) *1920 mm * 1020 mm * 3.2 mm* *)

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *Back side*	seitlich *Sidewards*
Material: *Material:*	Mineralwolle *Mineral wool*	- *-*
Hersteller: *Manufacturer:*	Isover *) *Isover* *)	- *-*
Dicke: *Thickness:*	35 mm *) *35 mm* *)	- *-*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	EPDM, SMP *) *EPDM, SMP* *)
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	EPDM, SMP *) *EPDM, SMP* *)

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	200 °C *) *200 °C* *)
sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CTE 215 CH.
The test report is valid for collector type CTE 215 CH as specified above.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 07. Juli 2010
Date: 07.07.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 12. Juli 2010
Date: 12.07.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 13.07. - 22.09.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 72 Tage
Duration of exposure: 72 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
1100	**35**	**134**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 06. September 2010
1. Test: 06.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**14**	**1017**	**16**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 20. September 2010
2. Test: 20.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**14**	**1000**	**18**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 21. September 2010
3. Test: 21.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
2.0	**13**	**987**	**20**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 22. September 2010
Date: 22.09.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
2.7	**14**	**1031**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
184	**40**	**22**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 02. Dezember 2010
Date: 02.12.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
10	**15**	**20**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 03. Dezember 2010
Date: 03.12.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.00133644**
b [(mbar h)/l)]	**0.08851774**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

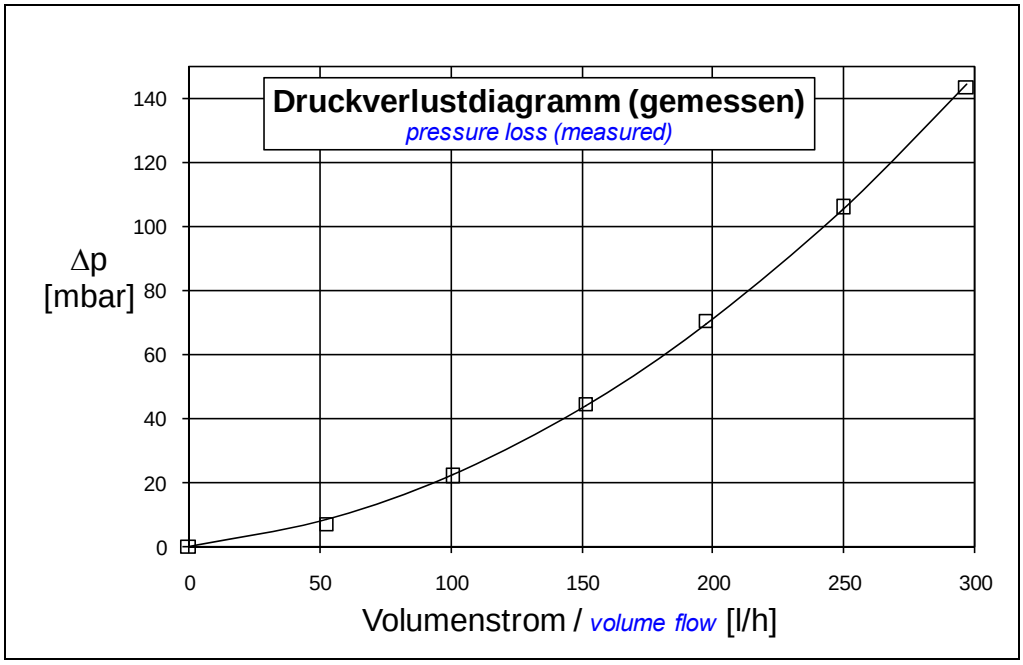


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

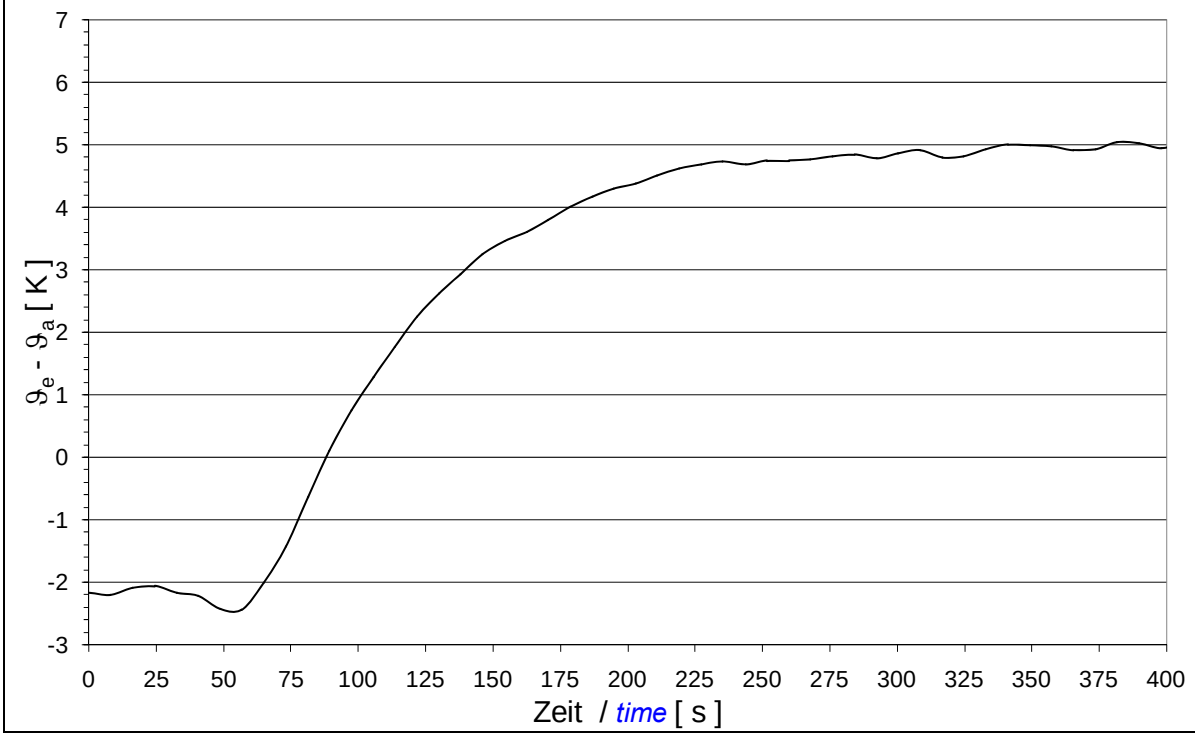
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	52.2	100.3	151.1	197.1	249.5	296.9
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	6.9	21.6	44.4	70.2	105.6	143.5

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 04. November 2010
Date: 04.11.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	81

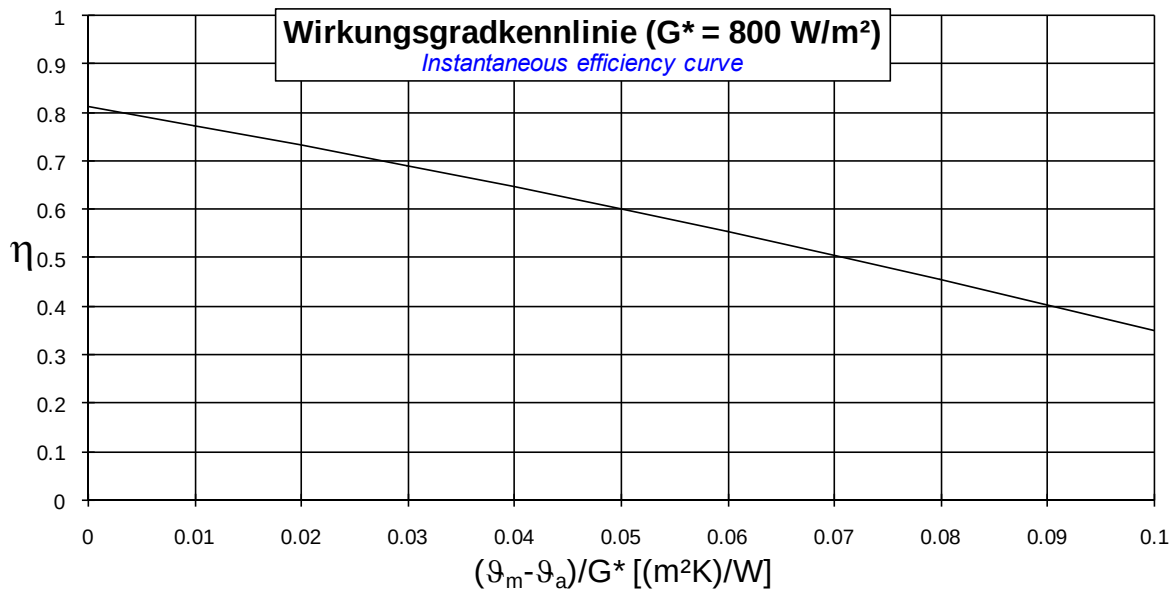


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.812
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	3.750
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.011
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.812	0.774	0.733	0.692	0.648	0.603	0.555	0.506	0.456	0.403	0.349

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 10. Oktober 2010
Date: 10.10.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta)$:	1.00	0.98	0.95	0.87	0.75

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 02. Dezember 2010
Date: 02.12.2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: 02.07.2010
Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 07.07.2010 - 03.12.2010
Date of measurements:

Prüfer: M. Wild, Dipl.-Ing. C. Zimmermann,
Persons making measurements: Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 10. Januar 2011

i.V.

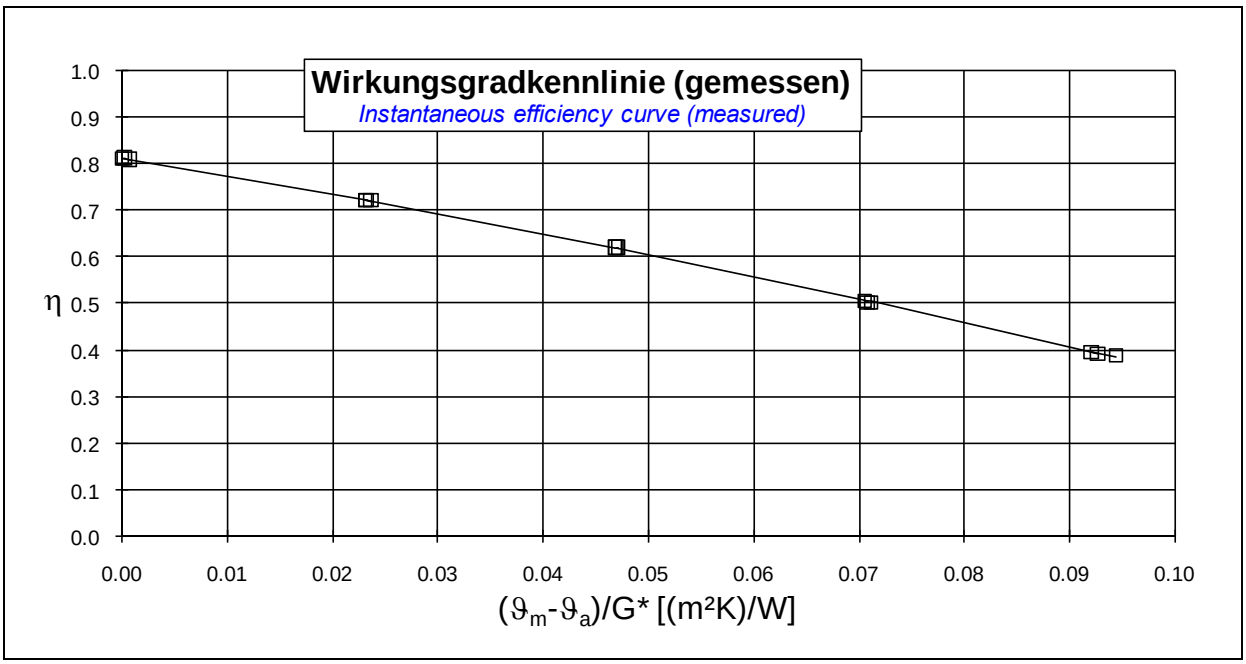
Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	772.91	135.41	19.98	27.44	7.46	23.71	23.08	0.63	0.0008	0.8070
2	762.80	135.71	20.01	27.38	7.37	23.69	23.38	0.31	0.0004	0.8102
3	770.52	135.70	20.03	27.50	7.47	23.76	23.72	0.04	0.0001	0.8122
4	752.68	138.92	38.54	44.86	6.32	41.70	24.15	17.55	0.0233	0.7213
5	749.97	139.13	38.54	44.83	6.29	41.69	23.85	17.84	0.0238	0.7213
6	758.00	139.17	38.57	44.93	6.36	41.75	24.20	17.55	0.0232	0.7213
7	768.37	141.75	56.89	62.30	5.41	59.59	23.59	36.00	0.0469	0.6180
8	766.49	141.79	56.92	62.32	5.40	59.62	23.47	36.15	0.0472	0.6182
9	770.57	141.79	56.93	62.36	5.42	59.64	23.36	36.28	0.0471	0.6179
10	755.69	142.67	75.51	79.80	4.29	77.66	24.06	53.59	0.0709	0.5039
11	762.14	142.87	75.51	79.85	4.33	77.68	23.89	53.79	0.0706	0.5053
12	761.35	142.82	75.56	79.87	4.31	77.72	23.53	54.18	0.0712	0.5032
13	775.19	144.33	93.92	97.30	3.38	95.61	23.65	71.96	0.0928	0.3936
14	778.84	144.37	93.92	97.33	3.41	95.63	23.78	71.84	0.0922	0.3953
15	761.69	144.22	93.92	97.21	3.28	95.56	23.65	71.91	0.0944	0.3888

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL867
Test Report No.: 10COL867

Stuttgart, den 06.10.2010
Stuttgart, October 6th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Schüco International KG** **Karolinenstr. 1-15** **33609 Bielefeld** **Deutschland**
Hersteller: *manufacturer:*	**Schüco International KG**
Typ: *type:*	**CTE 319 CH AR**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Prüfung der Schlagfestigkeit 12
Impact Resitance Test

10 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

11 Endkontrolle 13
Final Inspection

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 14
Summary of Reliability Tests

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung 15
Test Results Thermal Performance

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 17
Test Occurrences and Operating Behaviour

15 Prüfverfahren 17
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 18
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 20
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 23
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Schüco International KG Karolinenstr. 1-15 33609 Bielefeld
Ansprechpartner: *contact person:*	Dipl.-Ing. Nadine Hanke Tel.: +49 521 783-7338 Fax: +49 521 783-9247 email: nhanke@schueco.com
Typ: *type:*	CTE 319 CH AR *CTE 319 CH AR*
Herstellernummer: *serial no.:*	11 2010 00010008.169, 11 2010 00010009.169, 21 2010 00015005.169 *11 2010 00010008.169, 11 2010 00010009.169, 21 2010 00015005.169*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C867 A, C867 B, C867 C *C867 A, C867 B, C 867 C*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serie *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.34 m² *2.34 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.34 m² *2.34 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor, *flat plate collector*
Länge: *length:*	2102 mm (von Prüflabor bestimmt) *2102 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1202 mm (von Prüflabor bestimmt) *1202 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	80 mm (von Prüflabor bestimmt) *80 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	44 kg *44 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM, SMP *EPDM, SMP*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	geklebt *glued*
Dicke: *thickness:*	0.6 mm *0.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Miro-Therm *Miro-Therm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	2.5 Liter (Kollektorlabel anderen Inhalt) *2.5 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	1 *1*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	95 mm *95 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	12 mm Klemmringverschraubung *12 mm compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	ESG *ESG*
Hersteller: *manufacturer:*	f/solar GmbH *f/solar GmbH*
Produktbezeichnung: *brand name:*	solarfloat HT *solarfloat HT*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.94 *0.94*
Dicke: *thickness:*	4.0 mm *4.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*	- -
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*	- -
Produktbezeichnung: *Product name:*	ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll *ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll*	- -
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.04 W/(mK) *0.04 W/(mK)*	- -
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.00 kJ/(kgK) *1.00 kJ/(kgK)*	- -
Dichte: *density:*	25 kg/m³ *25 kg/m³*	- -
Dicke: *thickness:*	35 mm *35 mm*	- -

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	202 °C (von Prüflabor bestimmt) *202 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser / Glykol Gemisch (60 / 40 %) *water / glycol mixture (60 / 40 %)*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	150 kg/h *150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Stückliste - Kollektor CTE 319 CH - Zeichnung Nr. 271354_S0_0101 - Datum: 29.01.2010
- Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 319 CH - Zeichnung Nr. 271354 G0 0100 - Datum: 20.01.2010
- AR - Glasscheibe 2,5 m^2 - Zeichnung Nr. 231179 KT 0200 - Datum: 28.01.2010
- Dichtungsrahmen - Zeichnung Nr. 221640 DR 0000 - Datum: 22.11.2004
- Absorber – Mäander Ao 2,5 - Zeichnung Nr. 271363 G0 9302 - Datum: 01.02.2010
- Absorberhalter 40 mm Dämmung - Zeichnung Nr. 255269 FZ 0100 - Datum: 19.08.2009

- Rohrmanschette D12 - Zeichnung Nr. 221478 KT 0101 - Datum: 04.08.2008
- Rohrmanschette D8 - Zeichnung Nr. 221479 KT 0101 - Datum: 07.11.2008
- Dämmung Ultimate - Zeichnung Nr. 231221 FZ 0100 - Datum: 26.09.2008
- Eckverbinder - Zeichnung Nr. 216828 FZ 0200 - Datum: 26.07.1995
- Kollektorrahmen - Zeichnung Nr. 379280 G0 0500 - Datum: 10.12.2009
- *part list - Kollektor CTE 319 CH - drawing no. 271354_S0_0101 - date: 29.01.2010*
- *Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 319 CH - drawing no. 271354 G0 0100- date: 20.01.2010*
- *AR - Glasscheibe 2,5 m^2 - drawing no. 231179 KT 0200- date: 28.01.2010*
- *Dichtungsrahmen - drawing no. 221640 DR 0000 - date: 22.11.2004*
- *Absorber – Mäander Ao 2,5 - drawing no. 271363 G0 9302 - date: 01.02.2010*
- *Absorberhalter 40 mm Dämmung - drawing no. 255269 FZ 0100- date: 19.08.2009*
- *Rohrmanschette D12 - drawing no. 221478 KT 0101 - date: 04.08.2008*
- *Rohrmanschette D8 - drawing no. 221479 KT 0101 - date: 07.11.2008*
- *Dämmung Ultimate - drawing no. 231221 FZ 0100 - date: 26.09.2008*
- *Eckverbinder - drawing no. 216828 FZ 0200 - date: 26.07.1995*
- *Kollektorrahmen - drawing no. 379280 G0 0500 - date: 10.12.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- F / solarfloat – technisches Datenblatt für transparente Abdeckung
- Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – Technisches Datenblatt – Nr.: TDUK0001, Stand: Juli 2006
- Alanod Solar – Technische Informationen
- Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book
- Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas
- *ITW data sheet collector*
- *F / solarfloat – technical data sheet for transparent cover*
- *Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – technical data sheet – no.: TDUK0001, date: Juli 2006*
- *Alanod Solar – technical information*
- *Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book*
- *Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Solar Systeme – Montagesystem Auf-/Flachdach MSE 310 – Schüco – Vorab Version 01 – Stand 05/2010 – Art.-Nr.: 271 727
- *Solar Systeme – Montagesystem Auf-/Flachdach MSE 310 – Schüco – pre version 01 – date: 05/2010 – art.-no. 271 727*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐

	Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
	Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
	Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
	Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
	Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
	Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
	Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
	Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CTE 319 CH AR. *The test report is valid for collector type CTE 319 CH AR.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 10.09.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 07.07.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1002**	**29**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 17.06.- 03.08.2010 47 Tage
Duration of exposure: *47 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
860	**32**	**99**	**59**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 25.06.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**942**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 09.07.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**918**	**31**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 21.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.4	**< 25**	**1059**	**13**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 22.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.4	**< 25**	**1035**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 28.04.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.9	**12**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 1000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 1000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Prüfung der Schlagfestigkeit
Impact Resistance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.10.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.10.

Datum: 24.09.2010
date:

Fallhöhe *height of fall* [m]	Masse *mass* [g]	Anzahl der Schläge *number of impacts* [-]
2.0	**147**	**10**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

10 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 07.07.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1002	**196**	**24**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 202 °C**
to

11 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 24.09.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

12.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Prüfung der Schlagfestigkeit *Impact resistance test*	kein größerer Fehler *no major failure*
9. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

12.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 202 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 202 °C.

12.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

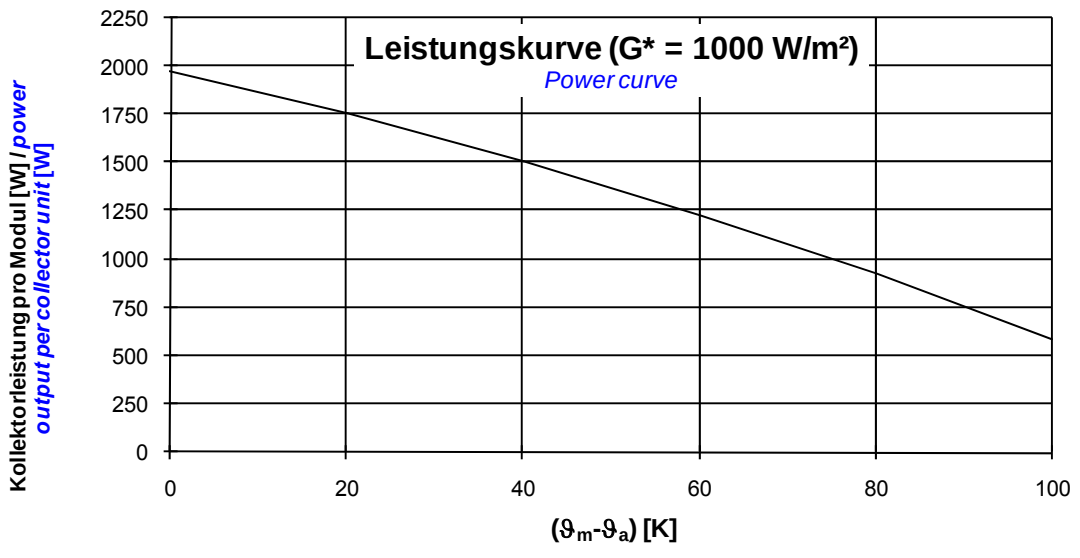
The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.845
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	4.341
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.016
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	0.950
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	12.260
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	73
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.34
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1977



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	791	1384	1977
20	573	1166	1759
40	325	918	1511
60	47	640	1233
80	0 *)	332	925
100	0 *)	0 *)	587

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

15 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor mit der Serien-Nr.: 11 2010 00010008.169 durchgeführt. Die Prüfungen der schnellen inneren Temperaturwechsel, der Beregnung und der Endkontrolle wurden am Kollektor mit der Serien-Nr.: 11 2010 00010009.169, die Prüfungen des Innendrucks, der Hochtemperatur, der Stagnationstemperatur, der Exposition, der schnellen äußeren Temperaturwechsel, der mechanischen Belastung, der Schlagfestigkeit und der Endkontrolle wurden am Kollektor mit der Serien-Nr.: 21 2010 00015005. 169 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector with the serial no. 11 2010 00010008.169. The internal thermal shock, the rain penetration and the final inspection was accomplished at the collector with the serial no. 11 2010 00010009.169, the internal pressure for absorber, the high temperature resistance, the stagnation temperature, the exposure, the external thermal shock, the mechanical load test, the impact resistance test and the final inspection was accomplished at the collector with the serial no. 21 2010 00015005. 169.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	06.04.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	14.04. – 24.09.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 06.10.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.845**	a_1 = **4.341 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.016 W/(m²K²)**	c = **12.260 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.80	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	494	594	645
4	446	535	579
5	404	**480**	518
6	369	432	464

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.850 [-]
b_0:	0.106 [-]
$K_{\theta d}$:	0.985 [-]
c_1:	4.341 [W/(m²K)]
c_2:	0.016 [W/(m²K²)]
c_5:	12.290 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.80	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

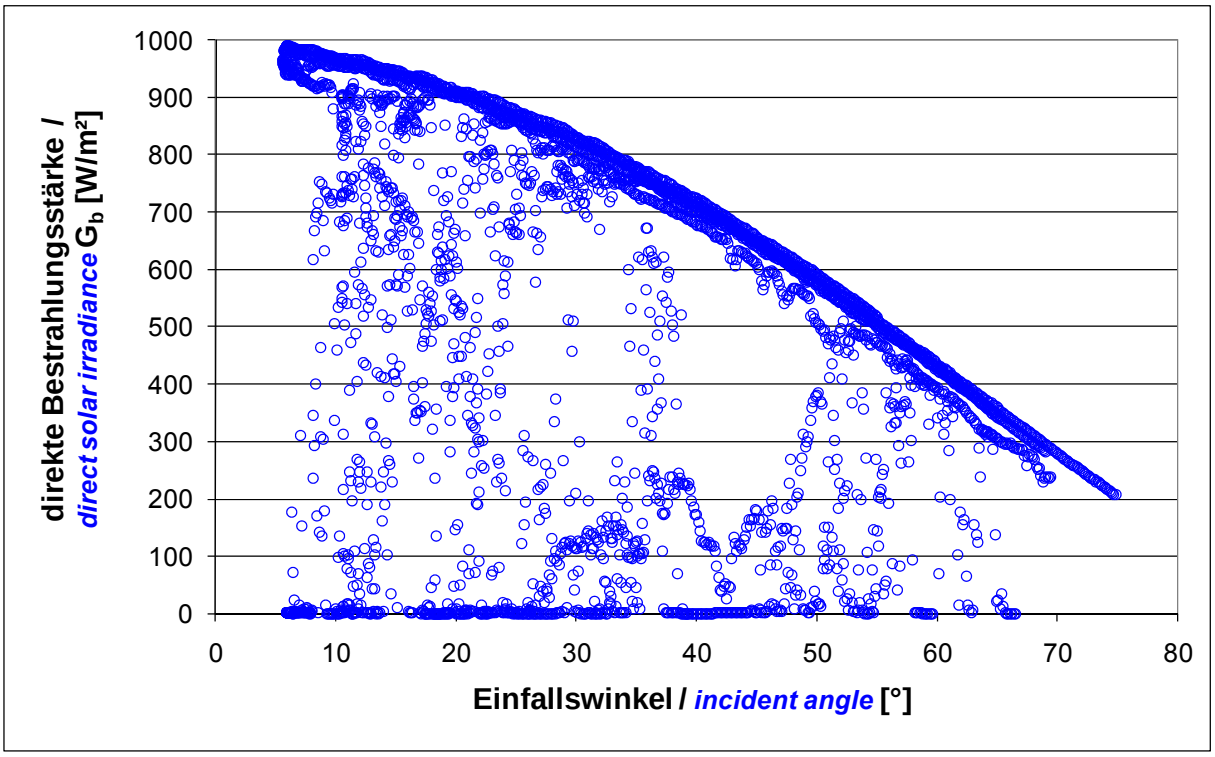


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

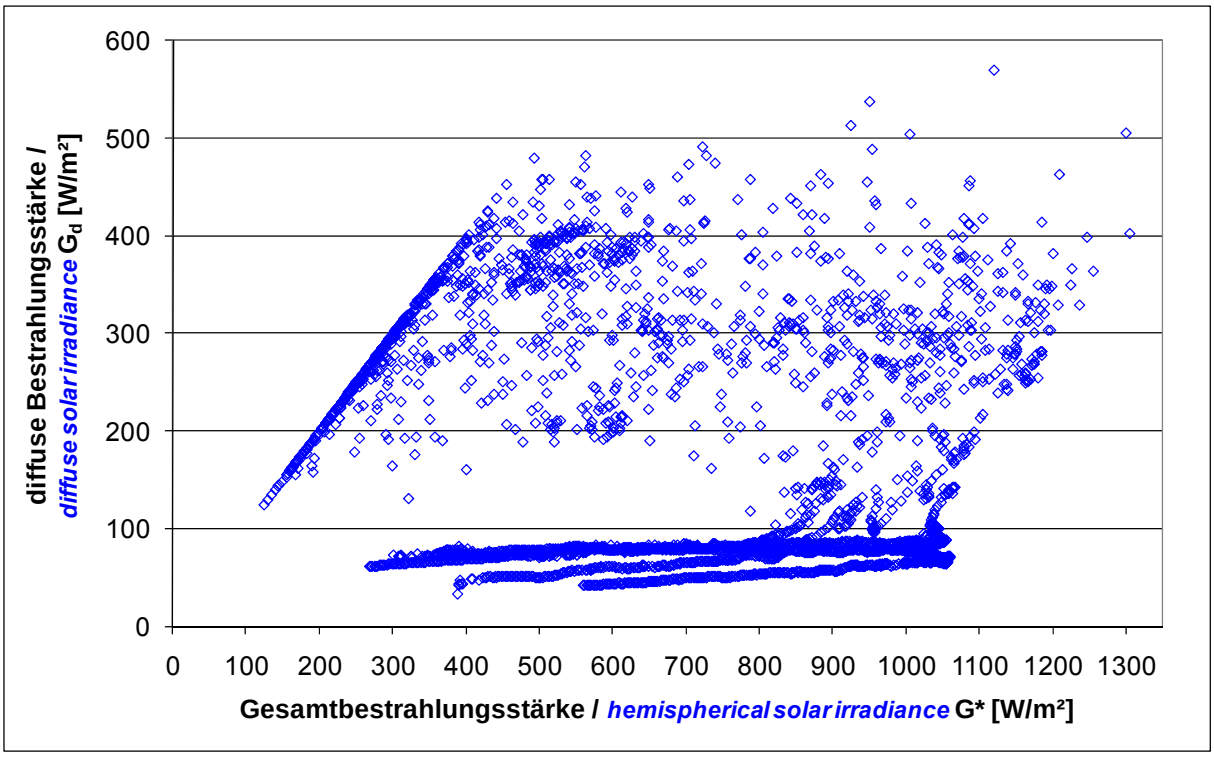


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

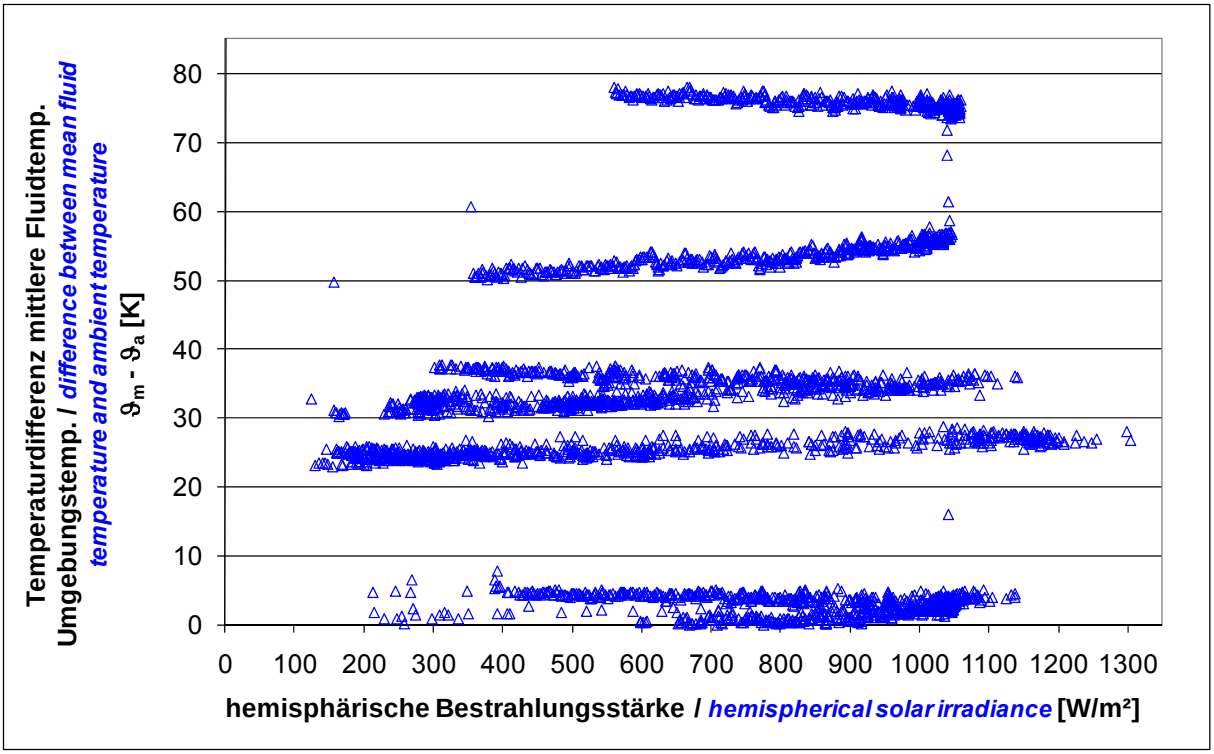


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 10COL868 vom 07. Oktober 2010)

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector
(This test report substitutes test report no. 10COL868 of October 7th, 2010)

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL868/1
Test Report No.: 10COL868/1

Stuttgart, den 08.12.2010
Stuttgart, December 8th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Schüco International KG** **Karolinenstr. 1-15** **33609 Bielefeld** **Deutschland**
Hersteller: *manufacturer:*	**Schüco International KG**
Typ: *type:*	**CTE 319 CH**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Prüfung der Schlagfestigkeit 12
Impact Resitance Test

10 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

11 Endkontrolle 13
Final Inspection

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 14
Summary of Reliability Tests

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung 15
Test Results Thermal Performance

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 17
Test Occurrences and Operating Behaviour

15 Prüfverfahren 17
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 18
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 20
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 23
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Schüco International KG Karolinenstr. 1-15 33609 Bielefeld
Ansprechpartner: *contact person:*	Dipl.-Ing. Nadine Hanke Tel.: +49 521 783-7338 Fax: +49 521 783-9247 email: nhanke@schueko.com
Typ: *type:*	CTE 319 CH *CTE 319 CH*
Herstellernummer: *serial no.:*	21 2010 00010464.130, 21 2010 00010463.130 *21 2010 00010464.130, 21 2010 00010463.130*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C868 A, C868 B *C868 A, C868 B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serie *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.53 m² *2.53 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.34 m² *2.34 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.34 m² *2.34 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor, *flat plate collector*
Länge: *length:*	2102 mm (von Prüflabor bestimmt) *2102 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1202 mm (von Prüflabor bestimmt) *1202 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	80 mm (von Prüflabor bestimmt) *80 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	44 kg *44 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM, SMP *EPDM, SMP*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	geklebt *glued*
Dicke: *thickness:*	0.6 mm *0.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Miro-Therm *Miro-Therm*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.7 Liter (Kollektorlabel anderen Inhalt) *1.7 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	1 *1*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	142 mm *142 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	12 mm Klemmringverschraubung *12 mm compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	ESG *ESG*
Hersteller: *manufacturer:*	f/solar GmbH *f/solar GmbH*
Produktbezeichnung: *brand name:*	solarfloat *solarfloat*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.914 *0.914*
Dicke: *thickness:*	4.0 mm *4.0 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*	- -
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*	- -
Produktbezeichnung: *Product name:*	ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll *ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll*	- -
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.04 W/(mK) *0.04 W/(mK)*	- -
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.00 kJ/(kgK) *1.00 kJ/(kgK)*	- -
Dichte: *density:*	25 kg/m³ *25 kg/m³*	- -
Dicke: *thickness:*	35 mm *35 mm*	- -

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	188 °C (von Prüflabor bestimmt) *188 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser / Glykol Gemisch (60 / 40 %) *water / glycol mixture (60 / 40 %)*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	150 kg/h *150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Stückliste - Kollektor CTE 319 CH - Zeichnung Nr. 271618_S0_0101 - Datum: 21.01.2010
- Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 319 CH - Zeichnung Nr. 271618 G0 0100 - Datum: 20.01.2010
- Glasscheibe 2,5 m^2 - Zeichnung Nr. 221472 KT 0500 - Datum: 01.12.2009
- Dichtungsrahmen - Zeichnung Nr. 221640 DR 0000 - Datum: 22.11.2004
- Absorber – Mäander Ao 2,5 - Zeichnung Nr. 271363 G0 0302 - Datum: 19.01.2010
- Absorberhalter für D 12 mm - Zeichnung Nr. 256165 KT 0200 - Datum: 08.06.2009

- Rohrmanschette D12 - Zeichnung Nr. 221478 KT 0101 - Datum: 04.08.2008
- Rohrmanschette D8 - Zeichnung Nr. 221479 KT 0101 - Datum: 07.11.2008
- Dämmung Ultimate - Zeichnung Nr. 231221 FZ 0100 - Datum: 26.09.2008
- Eckverbinder - Zeichnung Nr. 216828 FZ 0200 - Datum: 26.07.1995
- Kollektorrahmen - Zeichnung Nr. 379280 G0 0500 - Datum: 10.12.2009
- Rückwand - Zeichnung Nr. 257673 FZ 0100 - Datum: 257673 FZ 0100

- *part list - Kollektor CTE 319 CH - drawing no. 271618_S0_0101 - date: 21.01.2010*
- *Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 319 CH - drawing no. 271618 G0 0100- date: 20.01.2010*
- *Glasscheibe 2,5 m^2 - drawing no 221472 KT 0500 - date: 01.12.2009*
- *Dichtungsrahmen - drawing no. 221640 DR 0000 - date: 22.11.2004*
- *Absorber – Mäander Ao 2,5 - drawing no. 271363 G0 0302 - date: 19.01.2010*
- *Absorberhalter für D 12 mm - drawing no. 256165 KT 0200- date: 08.06.2009*
- *Rohrmanschette D12 - drawing no. 221478 KT 0101 - date: 04.08.2008*
- *Rohrmanschette D8 - drawing no. 221479 KT 0101 - date: 07.11.2008*
- *Dämmung Ultimate - drawing no. 231221 FZ 0100 - date: 26.09.2008*
- *Eckverbinder - drawing no. 216828 FZ 0200 - date: 26.07.1995*
- *Kollektorrahmen - drawing no. 379280 G0 0500 - date: 10.12.2009*
- *Rückwand - drawing no. 257673 FZ 0100 - date: 257673 FZ 0100*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- F / solarfloat – technisches Datenblatt für transparente Abdeckung
- Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – Technisches Datenblatt – Nr.: TDUK0001, Stand: Juli 2006
- Alanod Solar – Technische Informationen
- Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book
- Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas

- *ITW data sheet collector*
- *F / solarfloat – technical data sheett for transparent cover*

- *Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – technical data sheet – no.: TDUK0001, date: Juli 2006*
- *Alanod Solar – technical information*
- *Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book*
- *Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Solar Systeme – Montagesystem Auf-/Flachdach MSE 310 – Schüco – Vorab Version 01 – Stand 05/2010 – Art.-Nr.: 271 727
- *Solar Systeme – Montagesystem Auf-/Flachdach MSE 310 – Schüco – pre version 01 – date: 05/2010 – art.-no. 271 727*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CTE 319 CH.

The test report is valid for collector type CTE 319 CH.

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 10.09.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 31.07.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1016**	**24**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 17.06.- 03.08.2010 47 Tage
Duration of exposure: *47 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
860	**32**	**99**	**59**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 25.06.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**942**	**25**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 09.07.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
1.9	**< 25**	**918**	**31**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 21.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.4	**< 25**	**1059**	**13**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 22.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.4	**< 25**	**1035**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 28.04.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
3.9	**12**	**4.0**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 1000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 1000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Prüfung der Schlagfestigkeit
Impact Resistance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.10.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.10.

Datum: 01.10.2010
date:

Fallhöhe *height of fall* [m]	Masse *mass* [g]	Anzahl der Schläge *number of impacts* [-]
2.0	**147**	**10**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

10 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 31.07.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1016	**185**	**24**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 188 °C**
to

11 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 01.10.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

12.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Prüfung der Schlagfestigkeit *Impact resistance test*	kein größerer Fehler *no major failure*
9. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

12.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 188 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 188 °C.

12.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

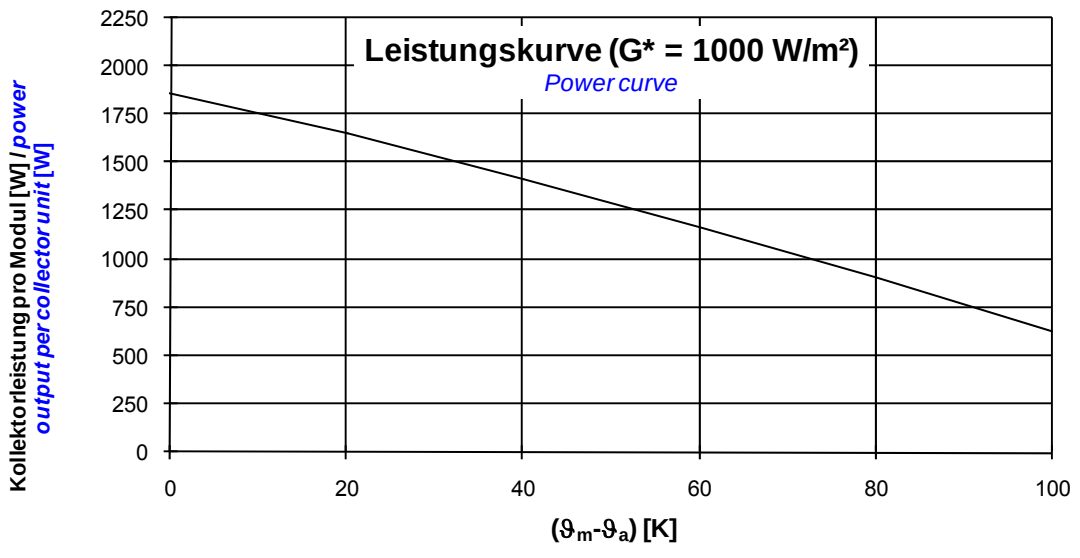
The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.797
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	4.403
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	0.927
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	11.230
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.34
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1865



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	746	1305	1865
20	532	1091	1650
40	300	860	1419
60	52	611	1171
80	0 *)	346	906
100	0 *)	65	624

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

15 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ CTE 319 CH (Serien-Nr.: 21 2010 00010464.130) durchgeführt.
Die Prüfungen der Hochtemperatur, der Stagnationstemperatur, der Schlagfestigkeit und der Endkontrolle wurden am Kollektor Typ CTE 319 CH (Serien-Nr.: 21 2010 00010463.130).
Die Prüfungen zum Innendruck des Absorbers, die schnellen inneren und äußeren Temperaturwechsel, die Beregnung, die Exposition und die mechanischen Belastungen wurden an einem, in Bezug auf die durchgeführten Prüfungen baugleichen Kollektor (CTE 319 CH AR) durchgeführt und dem Prüfbericht 10COL867 vom 6.10.2010 entnommen.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector type CTE 319 CH (serial no. 21 2010 00010464.130).
The high temperature resistance, the stagnation temperature, the impact resistance test and the final inspection were accomplished at the collector type CTE 319 CH (serial no. 21 2010 00010463.130).
The internal pressure for absorber, the internal thermal shock, the external thermal shock, the rain penetration, the exposure and the mechanical load test were accomplished at the collector type CTE 319 CH AR, identical in construction with respect to the performed tests and taken from test report 10COL867 dated October 6th, 2010.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	02.07.10
Prüfzeitraum: *Test period:*	02.07. – 01.10.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 08.12.2010

i.V.

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.797**	a_1 = **4.403 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.009 W/(m²K²)**	c = **11.230 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.95	0.91	0.85	0.70	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	454	548	597
4	413	497	541
5	377	**452**	489
6	346	410	443

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.801 [-]
b_0:	0.155 [-]
$K_{\theta d}$:	0.999 [-]
c_1:	4.403 [W/(m²K)]
c_2:	0.009 [W/(m²K²)]
c_5:	11.230 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.95	0.91	0.85	0.70	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

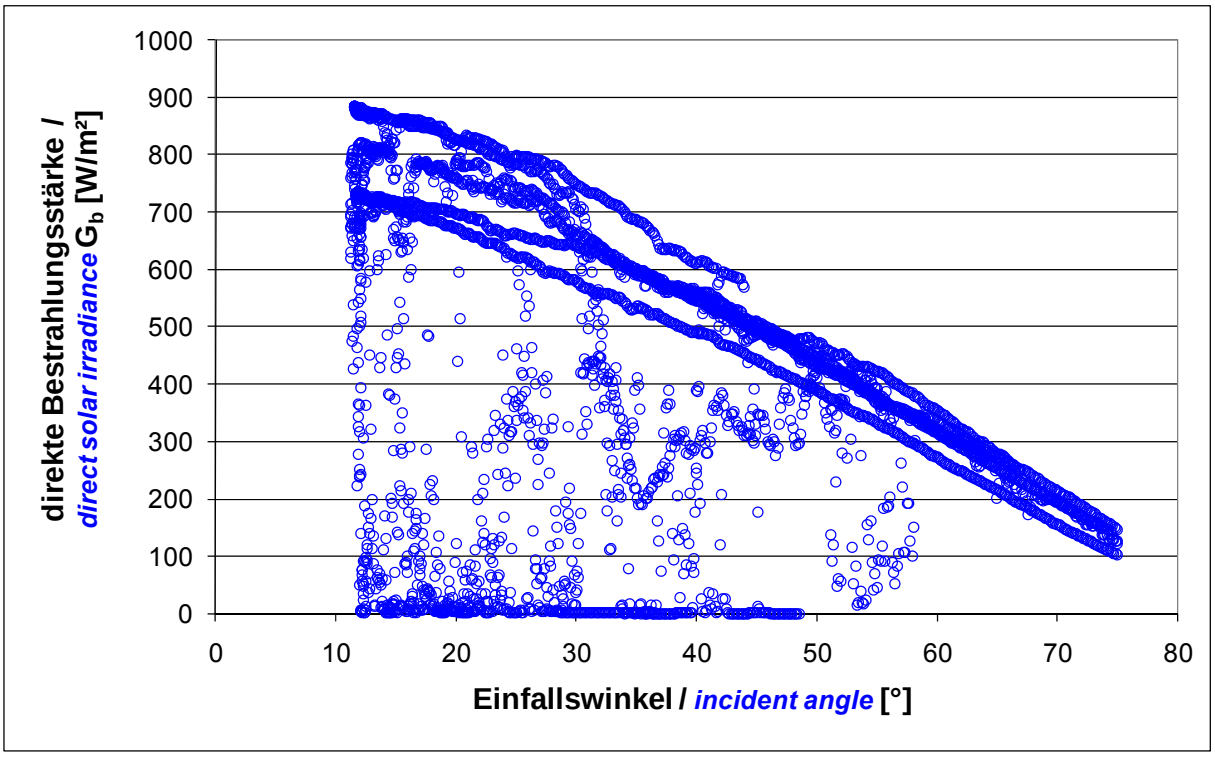


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

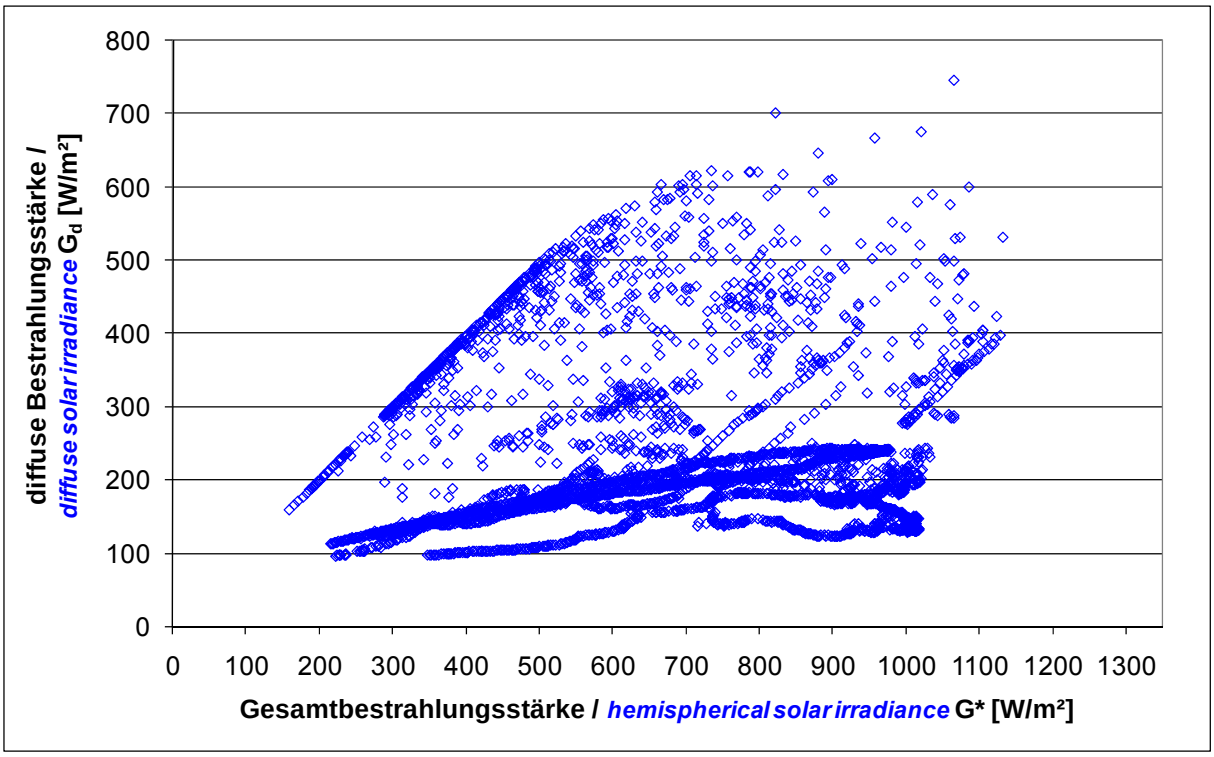


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

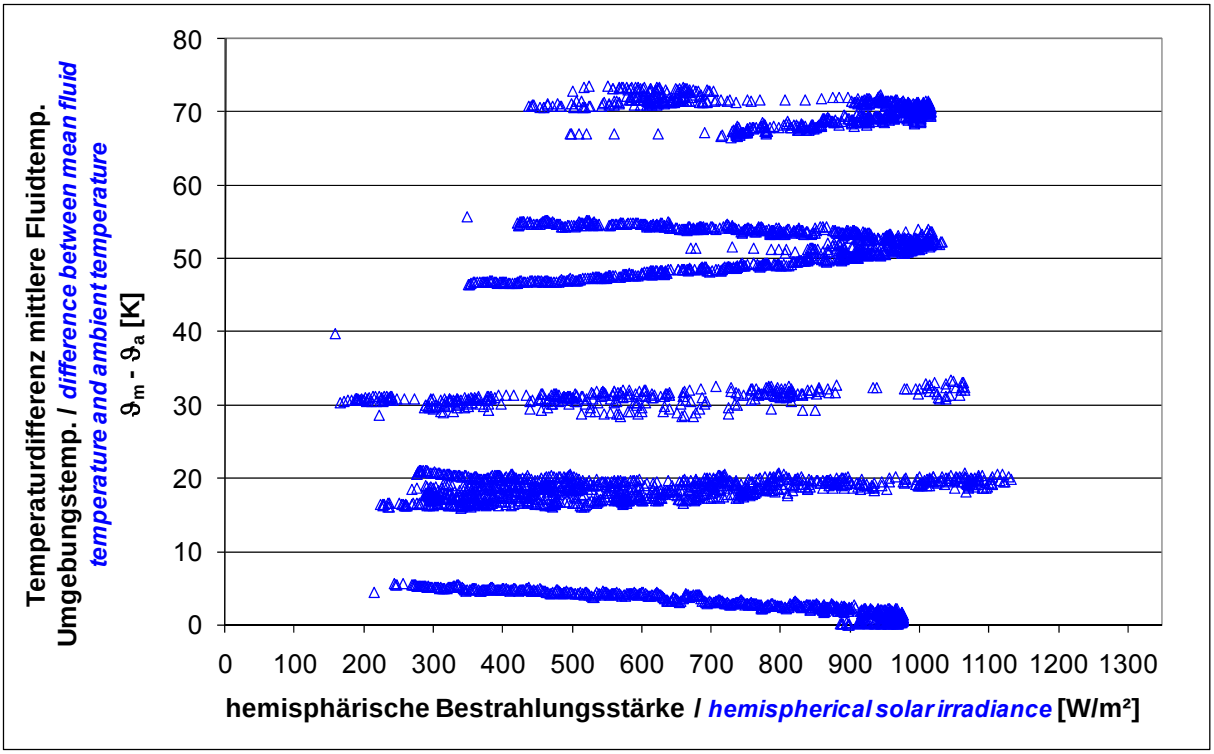


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 10COL870 vom 05. Oktober 2010)

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector

(This test report substitutes test report no. 10COL870 of October 5th, 2010)

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 10COL870/1
Test Report No.: 10COL870/1

Stuttgart, den 10.01.2011
Stuttgart, January 10th, 2011

Auftraggeber: *client:*	**Schüco International KG** **Karolinenstr. 1-15** **33609 Bielefeld** **Deutschland**
Hersteller: *manufacturer:*	**Schüco International KG**
Typ: *type:*	**CTE 215 CH**
Herstelljahr: *year of production:*	**2010**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Änderungshistorie:
Revisions:

Prüfberichts Nummer: *Test Report No.:*	Datum: *Date:*	Bemerkungen: *Remarks:*
10COL870/1 *10COL870/1*	10. Januar 2011 *10.01.2011*	Korrektur der Angabe zur Wärmedämmung, Seite 6 *Correction of the description for the thermal insulation, page 6*
09COL870 *09COL870*	05. Oktober 2010 *05.10.2010*	Erstellung Prüfbericht *Issue of test report*

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 4
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 11
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 11
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 11
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 12
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 12
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 13
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 13
Mechanical Load Test

9 Prüfung der Schlagfestigkeit 14
Impact Resitance Test

10 Stagnationstemperatur 14
Stagnation Temperature

11 Endkontrolle 15
Final Inspection

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 16
Summary of Reliability Tests

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung 17
Test Results Thermal Performance

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 19
Test Occurrences and Operating Behaviour

15 Prüfverfahren 19
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 20
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 22
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 25
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Schüco International KG Karolinenstr. 1-15 33609 Bielefeld
Ansprechpartner: *contact person:*	Dipl.-Ing. Nadine Hanke Tel.: +49 521 783-7338 Fax: +49 521 783-9247 email: nhanke@schueko.com
Typ: *type:*	CTE 215 CH *CTE 215 CH*
Herstellernummer: *serial no.:*	23 2010 00010212.176, 23 2010 00010215.176 *23 2010 00010212.176, 23 2010 00010215.176*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C870 A, C870 B *C870 A, C870 B*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serie *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2010 *2010*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.05 m² *2.05 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.88 m² *1.88 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor, *flat plate collector*
Länge: *length:*	1951 mm (von Prüflabor bestimmt) *1951 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1051 mm (von Prüflabor bestimmt) *1051 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	80 mm (von Prüflabor bestimmt) *80 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium *aluminium*
Gewicht: *weight:*	38 kg *38 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	EPDM, SMP *EPDM, SMP*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Aluminiumblech und Kupferregister *aluminium sheet and copper piping*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	geklebt *glued*
Dicke: *thickness:*	0.5 mm *0.5 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Miro-Term *Miro-Term*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.05 *0.05*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.3 Liter *1.3 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	12 x 0.35 mm *8 x 0.35 mm*
Anzahl Absorberrohre: *number of absorber tubes:*	1 *1*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	166 mm *166 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	12 x 0.35 mm *12 x 0.35 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	12 mm Klemmringverschraubung *12 mm compression fitting*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Material: *material:*	ESG *ESG*
Hersteller: *manufacturer:*	f/solar GmbH *f/solar GmbH*
Produktbezeichnung: *brand name:*	solarfloat *solarfloat*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.914 *0.914*
Dicke: *thickness:*	3.2 mm *3.2 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Rückseite *back side*	seitlich *sidewards*
Material: *material:*	Mineralwolle *mineral wool*	- -
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*	- -
Produktbezeichnung: *Product name:*	ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll *ULTIMATE U KPN* *15/20/25 SOL Easy Roll*	- -
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.04 W/(mK) *0.04 W/(mK)*	- -
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.00 kJ/(kgK) *1.00 kJ/(kgK)*	- -
Dichte: *density:*	25 kg/m³ *25 kg/m³*	- -
Dicke: *thickness:*	35 mm *35 mm*	- -

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	198 °C (von Prüflabor bestimmt) *198 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Wasser / Glykol Gemisch (60 / 40 %) *water / glycol mixture (60 / 40 %)*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	150 kg/h *150 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Stückliste - Kollektor CTE 215 CH (Al natur) - Zeichnung Nr. 271358_S0_0101 - Datum: 29.01.2010
- Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 215 CH - Zeichnung Nr. 271358 G0 0100 - Datum: 29.01.2010
- Glasscheibe 2,1 m^2 - Zeichnung Nr. 271335 KT 0100 - Datum: 01.12.2009
- Dichtungsrahmen - Zeichnung Nr. 221640 DR 0000 - Datum: 22.11.2004
- Absorber – Mäander As 2,1 WLB - Zeichnung Nr. 222397 G0 0301 - Datum: 22.09.2008
- Absorberhalter für Ø12mm - Zeichnung Nr. 256165 KT 0200 - Datum: 08.06.2009

- Rohrmanschette D12 - Zeichnung Nr. 221478 KT 0101 - Datum: 04.08.2008
- Rohrmanschette D8 - Zeichnung Nr. 221479 KT 0101 - Datum: 07.11.2008
- Dämmung Ultimate - Zeichnung Nr. 231221 FZ 0100 - Datum: 26.09.2008
- Rückwand - Zeichnung Nr. 231800 FZ 0100 - Datum: 25.01.2010
- Eckverbinder - Zeichnung Nr. 216828 FZ 0200 - Datum: 26.07.1995
- Kollektorrahmen - Zeichnung Nr. 330700 G0 0100 - Datum: 29.01.2010
- Kollektorrahmen - Zeichnung Nr. 471030 G0 0100 - Datum: 19.01.2010
- Stückliste - Kollektor TR CTE 215 CH - Zeichnung Nr. 271829_S0_0101 - Datum: 04.02.2010
- Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 215 CH - Zeichnung Nr. 271829 G0 0100 - Datum: 04.02.2010
- Rückwand - Zeichnung Nr. 257673 FZ 0100 - Datum: 29.01.2010

- *part list - Kollektor CTE 319 CH (Al natur)- drawing no. 271358_S0_0101- date: 29.01.2010*
- *Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 215 CH - drawing no. 271358 G0 0100- date: 29.01.2010*
- *Glasscheibe 2,1 m^2 - drawing no. 271335 KT 0100 - date: 01.12.2009*
- *Dichtungsrahmen - drawing no. 221640 DR 0000 - date: 22.11.2004*
- *Absorber – Mäander As 2,1 WLB - drawing no. 222397 G0 0301 - date: 22.09.2008*
- *Absorberhalter für Ø12mm - drawing no. 256165 KT 0200- date: 08.06.2009*
- *Rohrmanschette D12 - drawing no. 221478 KT 0101 - date: 04.08.2008*
- *Rohrmanschette D8 - drawing no. 221479 KT 0101 - date: 07.11.2008*
- *Dämmung Ultimate - drawing no. 231221 FZ 0100 - date: 26.09.2008*
- *Rückwand - drawing no. 231800 FZ 0100 - date: 25.01.2010*
- *Eckverbinder - drawing no. 216828 FZ 0200 - date: 26.07.1995*
- *Kollektorrahmen - drawing no. 330700 G0 0100 - date: 29.01.2010*
- *Kollektorrahmen - drawing no. 471030 G0 0100 - date: 19.01.2010*
- *part list - Kollektor TR CTE 215 CH - drawing no. 271829_S0_0101- date: 04.02.2010*
- *Schnitt Kollektor - Kollektor CTE 215 CH - drawing no. 271829 G0 0100- date: 04.02.2010*
- *Rückwand - drawing no. 257673 FZ 0100 - date: 29.01.2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- F / solarfloat – technisches Datenblatt für transparente Abdeckung
- Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – Technisches Datenblatt – Nr.: TDUK0001, Stand: Juli 2006
- Alanod Solar – Technische Informationen
- Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book
- Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas

- *ITW data sheet collector*
- *F / solarfloat – technical data sheett for transparent cover*
- *Isover – ULTIMATE U KPN 15/20/25 SOL Easy Roll – technical data sheet – no.: TDUK0001, date: Juli 2006*
- *Alanod Solar – technical information*
- *Alanod Solar – mirotherm – absorber fact book*
- *Prüfbericht SPF – Ausgasung von Wärmedämmmaterialien in thermischen Flachkollektoren mit Antireflexglas*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.

The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- Solar-Systeme – Schüco Montagesystem MSE 320 Aufdach - Flachdach – Stand 03/2010 – Art.-Nr.: 271 726
- Solarstationen – Version 04 – Stand 06.2010 – Art.-Nr.: 249718
- *Solar-Systeme – Schüco Montagesystem MSE 320 Aufdach - Flachdach – date: 03/2010 – art.-no. 271 726*
- *Solarstationen – version 04 – date: 06.2010 – art.-no. 249718*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐

	maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
	Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
	größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
	zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
	Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CTE 215 CH. *The test report is valid for collector type CTE 215 CH.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 10.09.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 02.09.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1041**	**20**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 07.07.- 05.09.2010 61 Tage
Duration of exposure: *61 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
970	**38**	**106**	**59**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 08.07.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**< 25**	**962**	**28**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 12.07.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**< 25**	**980**	**31**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 02.09.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**< 25**	**903**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 06.09.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.2	**< 25**	**967**	**17**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 21.07.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
4.7	**14**	**4.2**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 3000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 3000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse
Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 24.09.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 2000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 2000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Prüfung der Schlagfestigkeit
Impact Resistance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.10.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.10.

Datum: 24.09.2010
date:

Fallhöhe *height of fall* [m]	Masse *mass* [g]	Anzahl der Schläge *number of impacts* [-]
1.4	**147**	**10**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

10 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 02.09.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1041	**195**	**20**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 198 °C**
to

11 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 24.09.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

12 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

12.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Prüfung der Schlagfestigkeit *Impact resistance test*	kein größerer Fehler *no major failure*
9. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

12.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 198 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 198 °C.

12.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

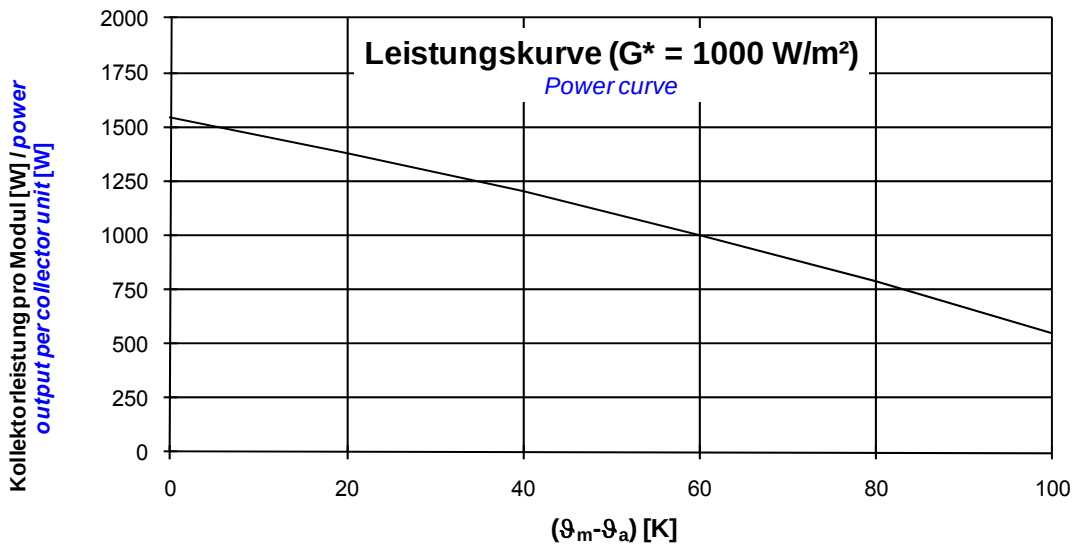
The installer instruction manual does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

13 Prüfergebnisse Wärmeleistung
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.820
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	4.068
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.012
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_{\theta\perp}(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	0.950
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	15.200
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	73
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.88
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1542



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	617	1079	1542
20	455	917	1380
40	275	737	1200
60	77	539	1002
80	0 *)	323	785
100	0 *)	89	551

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

15 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde am Kollektor mit der Serien-Nr.: 23 2010 00010212.176, die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfung am Kollektor mit der Serien-Nr.: 23 2010 00010215.176 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector with the serial no. 23 2010 00010212.176, the durability and reliability test was accomplished at the collector with the serial no. 23 2010 00010215.176.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	02.07.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	07.07. – 24.09.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 10.01.2011

i.V.

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.820**	a_1 = **4.068 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.012 W/(m²K²)**	**c = 15.200 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren *incidence angle modifier*

θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.80	0

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	482	581	632
4	438	526	570
5	399	**474**	513
6	365	428	462

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0\left(\frac{1}{\cos\theta} - 1\right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.826 [-]
b_0:	0.106 [-]
$K_{\theta d}$:	0.973 [-]
c_1:	4.068 [W/(m²K)]
c_2:	0.012 [W/(m²K²)]
c_5:	15.200 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$:	1	0.99	0.98	0.97	0.94	0.89	0.80	0.000

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier for hemispherical solar irradiance* [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

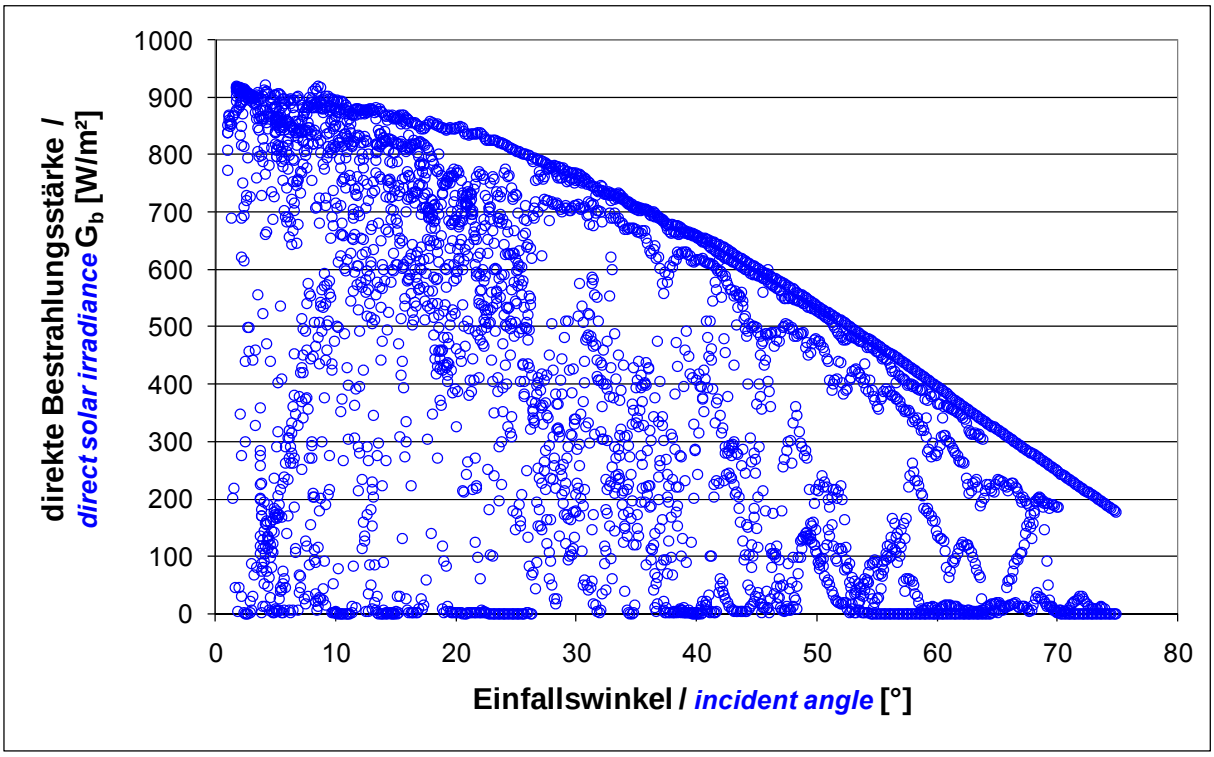


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

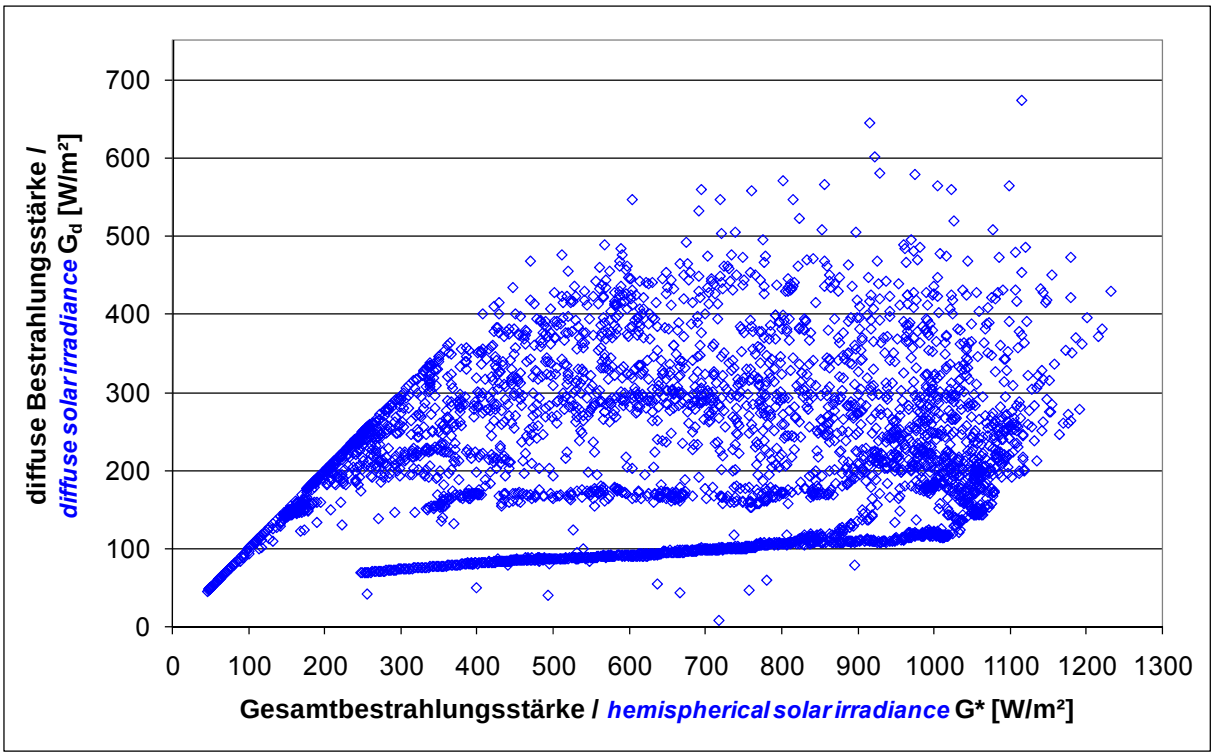


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

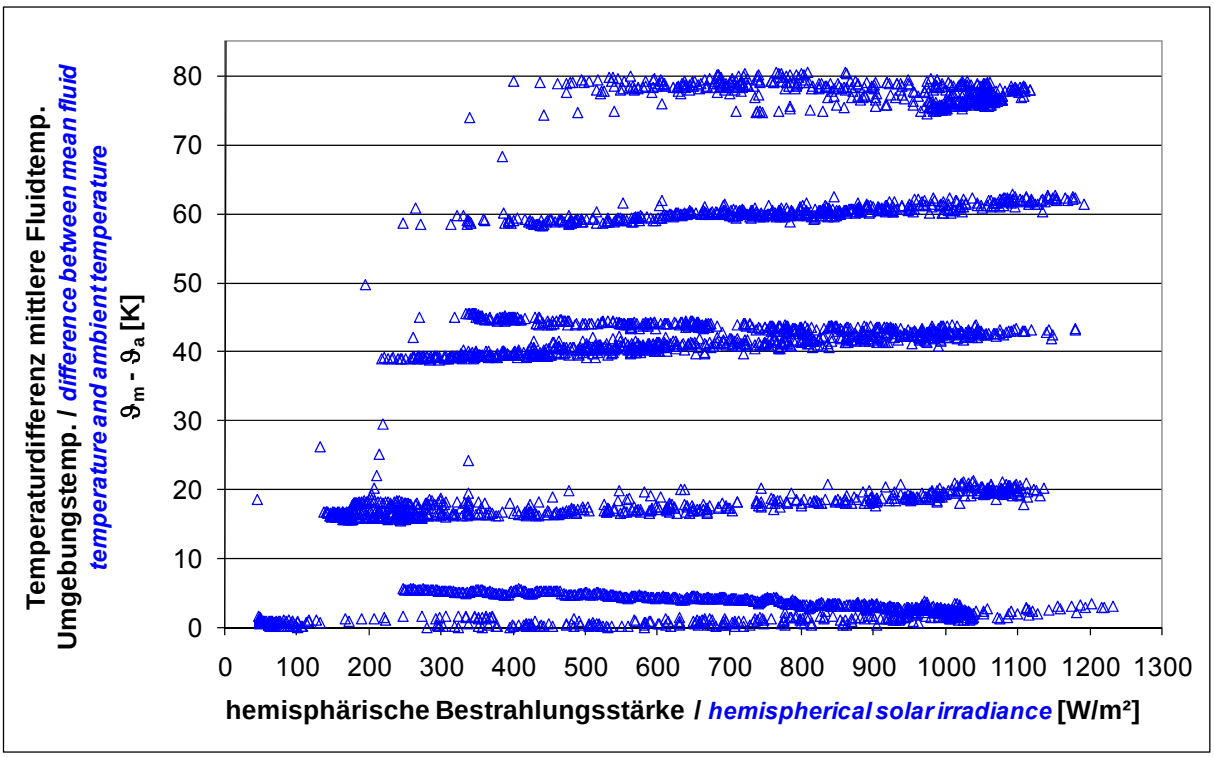


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL843
Test Report No.: 09COL843

Stuttgart, den 21.05.2010
Stuttgart, May 21th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Spring Solar Ltd.** **Industrial Estate, Building 20** **8111 Seregélyes Jánosmajor** **Hungary**
Hersteller: *manufacturer:*	**Spring Solar Ltd.**
Typ: *type:*	**SK8-CPC**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 14
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 17
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Spring Solar Ltd. Industrial Estate, Building 20 8111 Seregélyes Jánosmajor Hungary
Ansprechpartner: *contact person:*	Norbert Hanti Tel.: +36 70638 2004 Fax: +36 22501 264 email: norbert.hanti@springsolar.hu
Typ: *type:*	SK8-CPC *SK8-CPC*
Herstellernummer: *serial no.:*	09-305032 *09-305032*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C843 *C843*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	1.49 m² *1.49 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.25 m² *1.25 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.33 m² *1.33 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1645 mm (von Prüflabor bestimmt) *1645 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	905 mm (von Prüflabor bestimmt) *905 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	96 mm (von Prüflabor bestimmt) *96 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	eloxiertes Aluminium, extrudiert *extruded, full anodized Aluminium*
Gewicht: *weight:*	25 kg *25 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	keine Angabe *not specified*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	über Aluminiumwärmeleitblech *via aluminium heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Cr-Al-N/CU *Cr-Al-N/Cu*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	> 95 % *> 95 %*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 6.5 % *≤ 6.5 %*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.0 l *1.0 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 1.0 mm *8 x 1.0 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	8 *8*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 0.7 mm *18 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 4
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Aussengewinde (von Prüflabor bestimmt) *3/4“ external thread (determined by test laboratory)*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilicate Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 90 % *≥ 90 %*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*
Produktbezeichnung: *product name:*	Ultimate *Ultimate*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.034 W/(mK) *0.034 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	23 kg/m³ *23 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	50 mm *50 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	286 °C (von Prüflabor bestimmt) *286 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS frost resistant, Wärmeträgerflüssigkeit *Tyfocor LS frost resistant, Heat transfer fluid*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 – 250 kg/h *50 - 250 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SK 8CPC collector dimensions - Zeichnung Nr.: 09-SK8.01 - Datum: 01.11.2009
- Vacuum tube cross-section - Zeichnung Nr.: 09-TS01 - Datum: 01.11.2009
- Manifold cross-section - Zeichnung Nr.: 09-MF01 - Datum: 01.11.2009
- List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors - Zeichnung Nr.: PARTLIST100501 - Datum: 05.01.2010

- *SK 8CPC collector dimensions - drawing no. 09-SK 8.01 - date: 01.11.2009*
- *Vacuum tube cross-section - drawing no. 09-TS01 - date: 01.11.2009*
- *Manifold cross-section - drawing no. 09-MF01 - date: 01.11.2009*
- *List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors - drawing no. 09-SK12.01 - date: 05.01.2010*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm
- Qualitätsdatenblatt – Alanod 320G
- EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate

- *ITW data sheet collector*
- *Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm*
- *Quality data sheet – Alanod 320G*
- *EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☐	☒
Herstellungsjahr *year of production*	☐	☒
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☐	☒
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☐	☒
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.
The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – Dokumentennummer: SP_INST_MAN_2010/1
- *INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – document number: SP_INST_MAN_2010/1*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SK8-CPC. *The test report is valid for collector type SK8-CPC.*

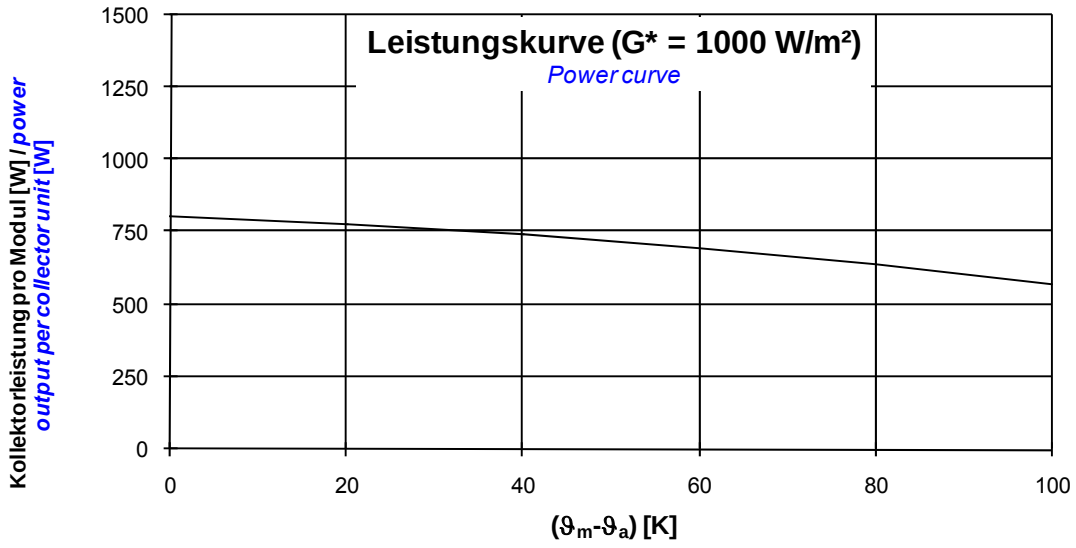
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.646
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	0.971
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.009
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	s. Anhang A
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	30.50
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.25
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	808



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	323	565	808
20	294	536	779
40	256	499	741
60	210	452	694
80	154	396	638
100	89	331	574

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	26.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	04.12.2009 – 19.05.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 21.05.2010

i. A. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.646**	a_1 = **0.971 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.009 W/(m²K²)**	**c = 30.50 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.09**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.95	0.89	0.80	0.65	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.04	1.06	1.07	1.22	1.40	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	550	660	727
4	516	618	675
5	482	**566**	612
6	445	508	545

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperatur 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.627 [-]
$K_{\theta d}$:	1.088 [-]
c_1:	0.971 [W/(m²K)]
c_2:	0.009 [W/(m²K²)]
c_5:	30.50 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.89	0.80	0.65	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.04	1.06	1.07	1.22	1.40	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°;\theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

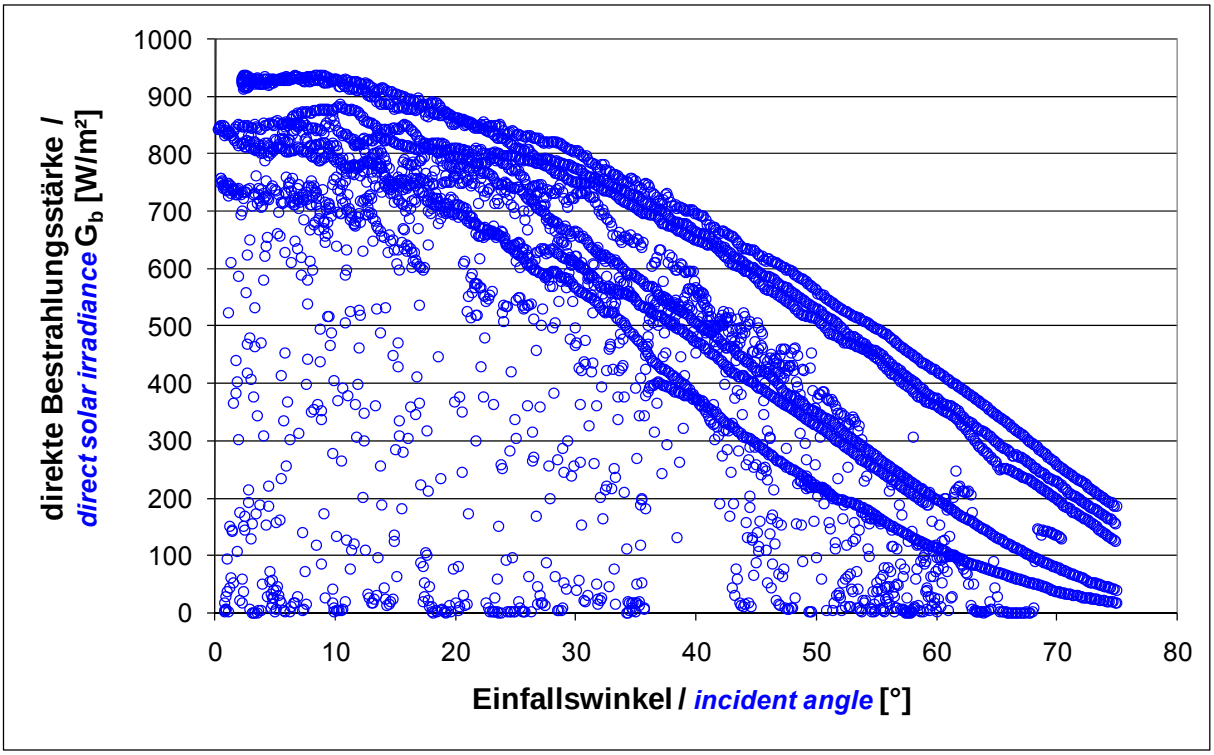


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

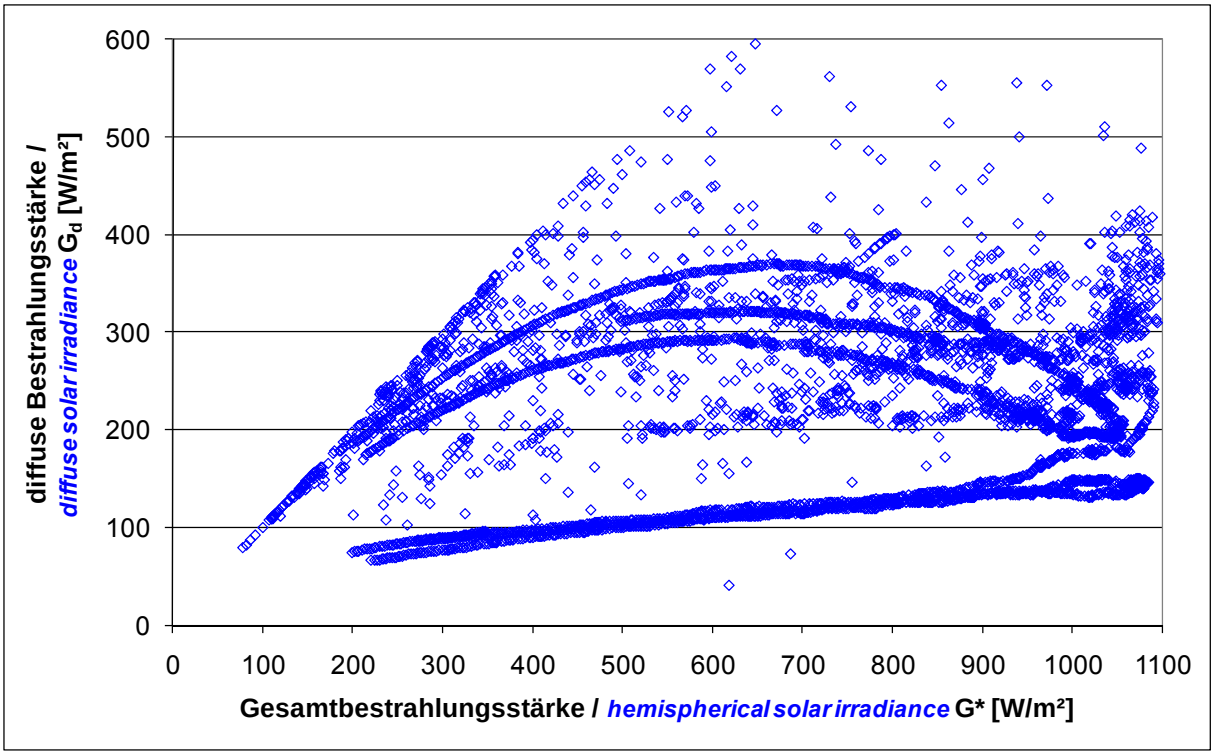


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

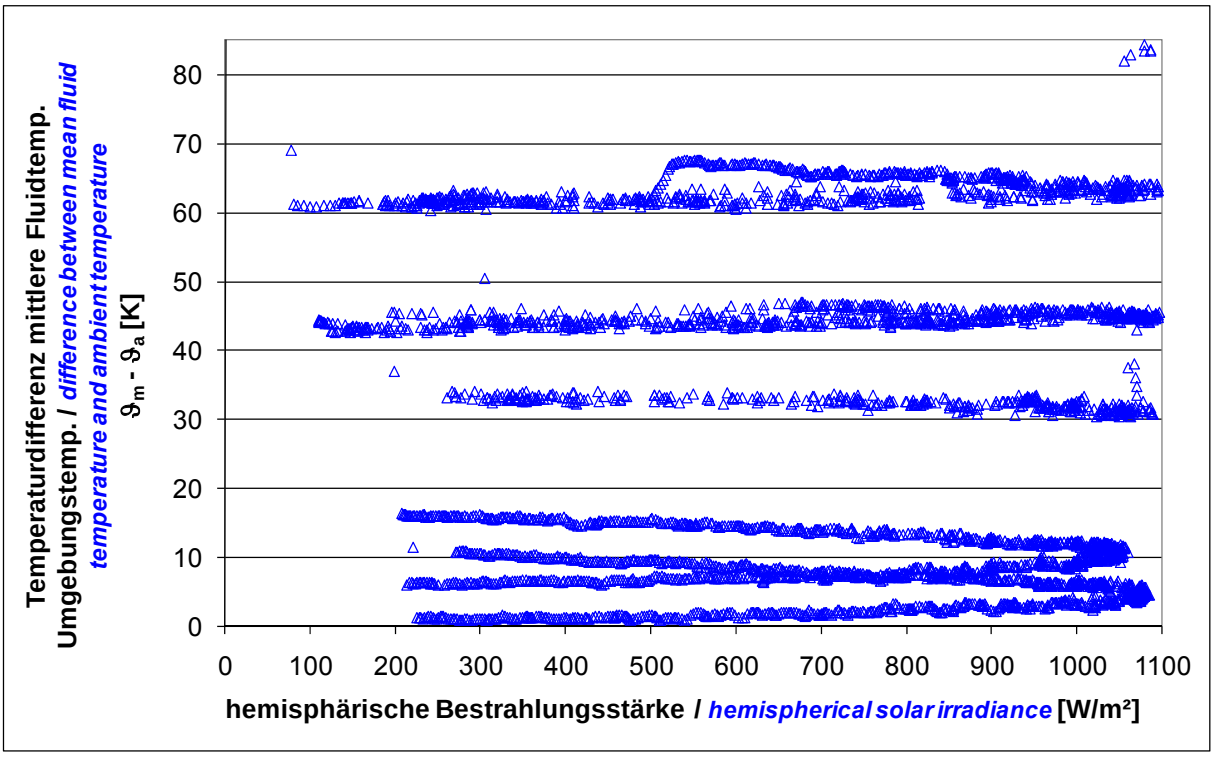


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL844
Test Report No.: 09COL844

Stuttgart, den 21.05.2010
Stuttgart, May 21th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Spring Solar Ltd.** **Industrial Estate, Building 20** **8111 Seregélyes Jánosmajor** **Hungary**
Hersteller: *manufacturer:*	**Spring Solar Ltd.**
Typ: *type:*	**SK12-CPC**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 14
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 17
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Spring Solar Ltd. Industrial Estate, Building 20 8111 Seregélyes Jánosmajor Hungary
Ansprechpartner: *contact person:*	Norbert Hanti Tel.: +36 70638 2004 Fax: +36 22501 264 email: norbert.hanti@springsolar.hu
Typ: *type:*	SK12-CPC *SK12-CPC*
Herstellernummer: *serial no.:*	09-305021 *09-305021*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C844 A *C844 A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.21 m² *2.21 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.99 m² *1.99 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1645 mm (von Prüflabor bestimmt) *1645 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1345 mm (von Prüflabor bestimmt) *1345 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	96 mm (von Prüflabor bestimmt) *96 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	eloxiertes Aluminium, extrudiert *extruded, full anodized Aluminium*
Gewicht: *weight:*	36 kg *36 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	keine Angabe *not specified*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	über Aluminiumwärmeleitblech *via aluminium heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Cr-Al-N/CU *Cr-Al-N/Cu*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	> 95 % *> 95 %*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 6.5 % *≤ 6.5 %*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.5 l *1.5 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 1.0 mm *8 x 1.0 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	12 *12*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 0.7 mm *18 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 4
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Aussengewinde (von Prüflabor bestimmt) *3/4“ external thread (determined by test laboratory)*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilicate Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 90 % *≥ 90 %*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*
Produktbezeichnung: *product name:*	Ultimate *Ultimate*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.034 W/(mK) *0.034 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	23 kg/m³ *23 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	50 mm *50 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	286 °C (von Prüflabor bestimmt) *286 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS frost resistant, Wärmeträgerflüssigkeit *Tyfocor LS frost resistant, Heat transfer fluid*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 – 250 kg/h *50 - 250 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SK12CPC collector dimensions -
  Zeichnung Nr.: 09-SK12.01 - Datum: 01.11.2009
- Vacuum tube cross-section -
  Zeichnung Nr.: 09-TS01 - Datum: 01.11.2009
- Manifold cross-section -
  Zeichnung Nr.: 09-MF01 - Datum: 01.11.2009
- List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors -
  Zeichnung Nr.: PARTLIST100501 -
  Datum: 05.01.2010

- *SK12CPC collector dimensions -*
  drawing no. 09-SK12.01 - date: 01.11.2009
- *Vacuum tube cross-section -*
  drawing no. 09-TS01 - date: 01.11.2009
- *Manifold cross-section -*
  drawing no. 09-MF01 - date: 01.11.2009
- *List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors -*
  drawing no. 09-SK12.01 - date: 05.01.2010

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm
- Qualitätsdatenblatt – Alanod 320G
- EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate

- *ITW data sheet collector*
- *Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm*
- *Quality data sheet – Alanod 320G*
- *EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☐	☒
Herstellungsjahr *year of production*	☐	☒
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☐	☒
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☐	☒
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.
The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – Dokumentennummer: SP_INST_MAN_2010/1
- *INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – document number: SP_INST_MAN_2010/1*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SK12-CPC. *The test report is valid for collector type SK12-CPC.*

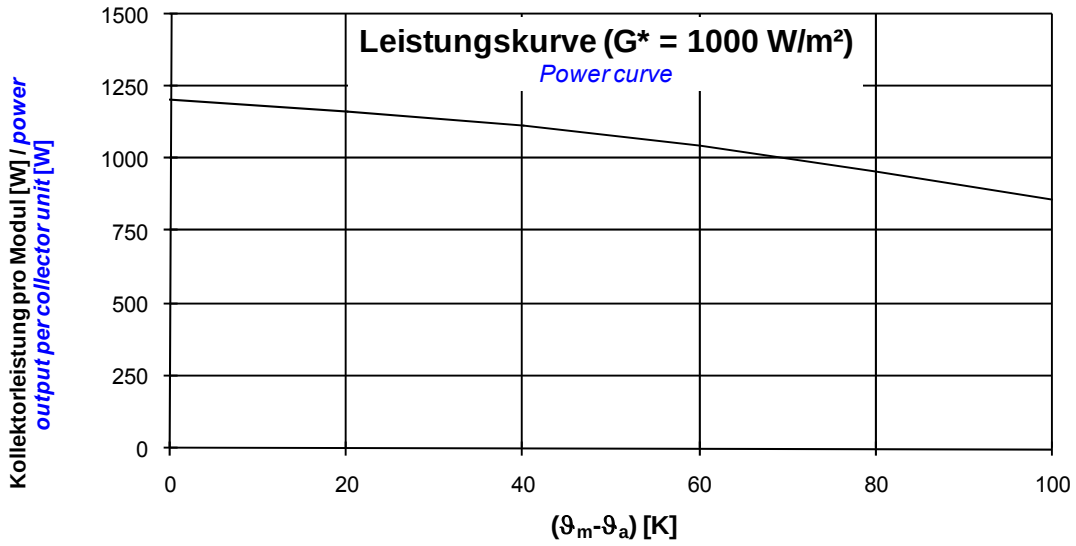
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.640
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	0.736
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.011
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	s. Anhang A
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	30.96
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.88
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1203



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	481	842	1203
20	445	806	1167
40	393	754	1115
60	324	685	1046
80	238	599	960
100	136	497	858

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	26.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	04.12.2009 – 19.05.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 21.05.2010

i.V. Harald Drück

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.640**	a_1 = **0.736 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.011 W/(m²K²)**	**c = 30.96 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.08**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	0.99	0.93	0.87	0.77	0.61	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.03	1.04	1.05	1.21	1.39	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	538	648	715
4	507	609	667
5	475	**561**	606
6	441	504	542

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung *System data of the ITW reference solar hot water system*	
Dachausrichtung: *roof orientation:*	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad *south; tilt angle equal to latitude*
Kollektoranbindung: *collector piping:*	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, λ = 0,04 W/(mK) Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich *15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, λ = 0,04 W/(mK), one half of each pipe is located outside, the other half is located inside*
Speicher: *storage:*	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15°C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit 2 λ_{Wasser} *volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperatur 15 °C* *volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C* *stratification number 100; effective vertical heat conductivity 2 λ_{water}*
Wärmeübertrager: *heat exchanger:*	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{WT}$ in [W/K]; $(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c: Aperturfläche [m²] ϑ_m: Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] *immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{WT}$ in [W/K];* *$(kA)_{WT} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$* *with Ac: aperture area [m²]* *ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]*
Warmwasser-verbrauch: *hot water consumption:*	200 l/Tag ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a *200 l/day ($7^{\underline{00}}$: 80 l; $12^{\underline{00}}$: 40 l; $19^{\underline{00}}$: 80 l);* *cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C* *annual consumption: 2936 kWh/a*

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.628 [-]
$K_{\theta d}$:	1.041 [-]
c_1:	0.736 [W/(m²K)]
c_2:	0.011 [W/(m²K²)]
c_5:	30.960 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.93	0.87	0.77	0.61	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.03	1.04	1.05	1.21	1.39	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

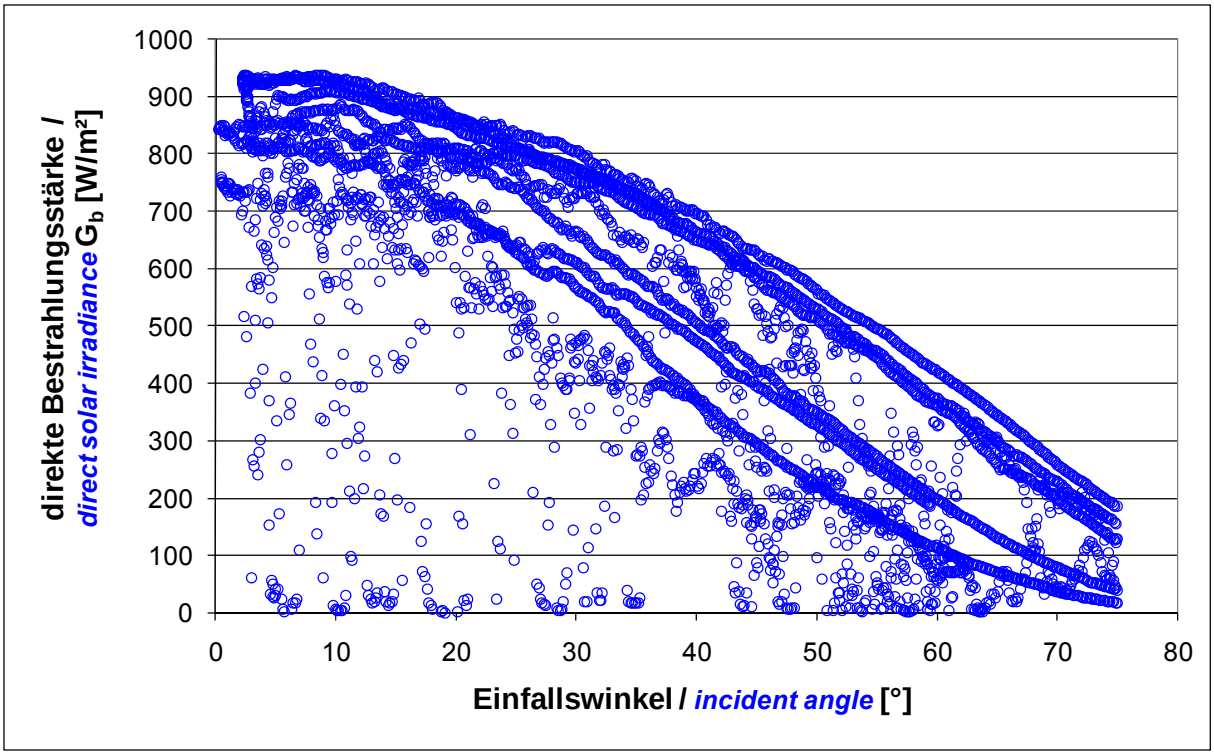


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

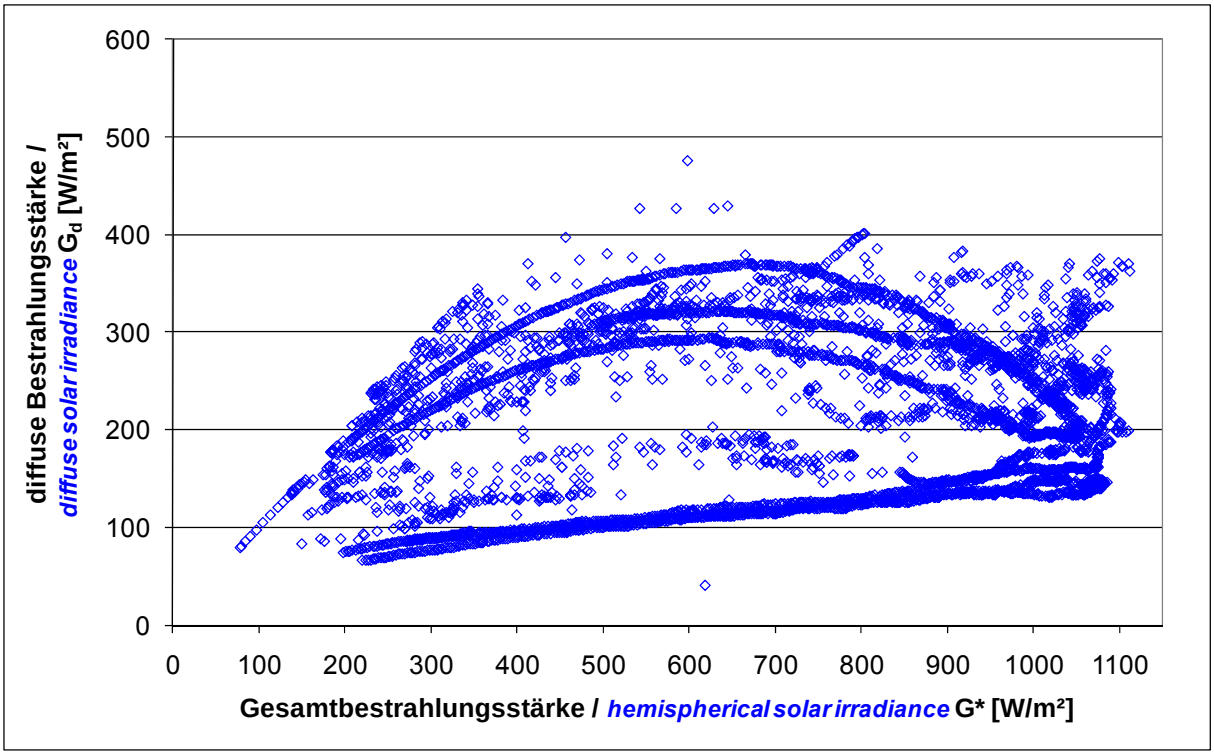


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

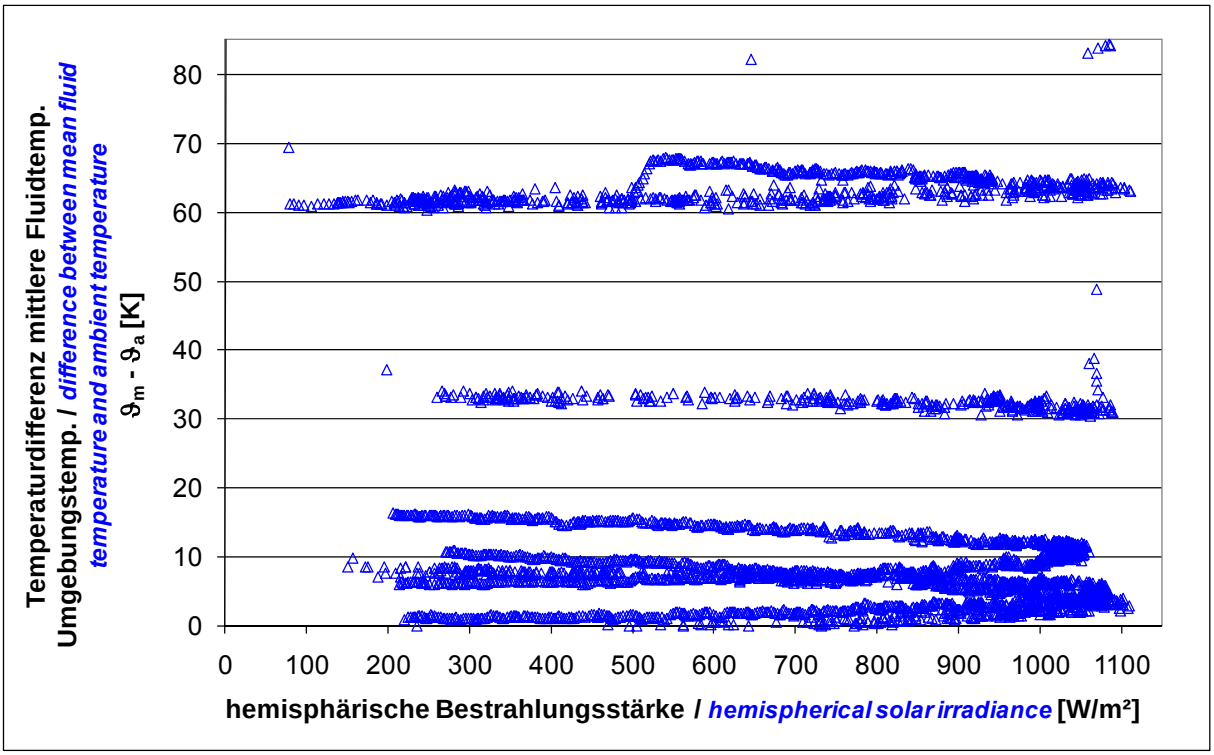


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL844Q
Test Report No.: 09COL844Q

Stuttgart, den 21.05.2010
Stuttgart, May 21th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**Spring Solar Ltd.** **Industrial Estate, Building 20** **8111 Seregélyes Jánosmajor** **Hungary**
Hersteller: *manufacturer:*	**Spring Solar Ltd.**
Typ: *type:*	**SK-12 CPC**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 9
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 9
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 9
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 10
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 10
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 11
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 11
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 12
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 13
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 14
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Spring Solar Ltd. Industrial Estate, Building 20 8111 Seregélyes Jánosmajor Hungary
Ansprechpartner: *contact person:*	Norbert Hanti Tel.: +36 70638 2004 Fax: +36 22501 264 email: norbert.hanti@springsolar.hu
Typ: *type:*	SK12-CPC *SK12-CPC*
Herstellernummer: *serial no.:*	09-305023, 09-305018 *09-305023, 09-305018*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C844 B, C844 C *C844 B, C844 C*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.21 m² *2.21 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.88 m² *1.88 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.99 m² *1.99 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit CPC Reflektor *evacuated tubular collector with direct flow and CPC reflector*
Länge: *length:*	1645 mm (von Prüflabor bestimmt) *1645 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1345 mm (von Prüflabor bestimmt) *1345 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	96 mm (von Prüflabor bestimmt) *96 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	eloxiertes Aluminium, extrudiert *extruded, full anodized Aluminium*
Gewicht: *weight:*	36 kg *36 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	keine Angabe *not specified*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: *Joint absorber-risers:*	über Aluminiumwärmeleitblech *via aluminium heat transfer sheet*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	Cr-Al-N/CU *Cr-Al-N/Cu*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	> 95 % *> 95 %*
Emissionsgrad: *emittance:*	≤ 6.5 % *≤ 6.5 %*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.5 l *1.5 l*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	parallel *parallel*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	8 x 1.0 mm *8 x 1.0 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	12 *12*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	110 mm *110 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	18 x 0.7 mm *18 x 0.7 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	4 4
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	3/4“ Aussengewinde (von Prüflabor bestimmt) *3/4“ external thread (determined by test laboratory)*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	47 mm *47 mm*
Material: *material:*	Borosilicate Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *brand name:*	keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	≥ 90 % *≥ 90 %*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Mineralwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	Isover *Isover*
Produktbezeichnung: *product name:*	Ultimate *Ultimate*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.034 W/(mK) *0.034 W/(mK)*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	keine Angabe *not specified*
Dichte: *density:*	23 kg/m³ *23 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	50 mm *50 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	286 °C (von Prüflabor bestimmt) *286 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	10 bar *10 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	Tyfocor LS frost resistant, Wärmeträgerflüssigkeit *Tyfocor LS frost resistant, Heat transfer fluid*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	50 – 250 kg/h *50 - 250 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SK12CPC collector dimensions -
  Zeichnung Nr.: 09-SK12.01 - Datum: 01.11.2009
- Vacuum tube cross-section -
  Zeichnung Nr.: 09-TS01 - Datum: 01.11.2009
- Manifold cross-section -
  Zeichnung Nr.: 09-MF01 - Datum: 01.11.2009
- List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors -
  Zeichnung Nr.: PARTLIST100501 -
  Datum: 05.01.2010

- *SK12CPC collector dimensions -*
  drawing no. 09-SK12.01 - date: 01.11.2009
- *Vacuum tube cross-section -*
  drawing no. 09-TS01 - date: 01.11.2009
- *Manifold cross-section -*
  drawing no. 09-MF01 - date: 01.11.2009
- *List of Parts in SK8-CPC/SK12-CPC Collectors -*
  drawing no. 09-SK12.01 - date: 05.01.2010

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm
- Qualitätsdatenblatt – Alanod 320G
- EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate

- *ITW data sheet collector*
- *Shandong Linuo New Material Co. Ltd. – Manufacturing Test Report – Vacuum tube, Three target evacuated tube 47 by 1503 mm*
- *Quality data sheet – Alanod 320G*
- *EC-Konformitätszertifikat – Isover-Ultimate*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☐	☒
Herstellungsjahr *year of production*	☐	☒
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☐	☒
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☐	☒
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☐	☒

Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.
The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – Dokumentennummer: SP_INST_MAN_2010/1
- *INSTALLATION MANUAL FOR SK8-CPC / SK12-CPC SOLAR COLLECTORS – document number: SP_INST_MAN_2010/1*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☐	☒
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☐	☒
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SK12-CPC und SK8-CPC. *The test report is valid for collector type SK12-CPC and SK8-CPC.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 08.04.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10	**15**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 27.02.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1063**	**27**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 18.12.2009 - 02.03.2010 (Almeria) 75 Tage
Duration of exposure: *75 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
995	**34**	**341**	**100**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 23.03.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.5	**< 25**	**982**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 24.03.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
3.5	**< 25**	**1051**	**19**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 23.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**< 25**	**878**	**23**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 23.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.6	**< 25**	**878**	**23**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 29.04.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
5.4	**12**	**4.2**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 07.05.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2500 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2500 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 27.02.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1063	**299**	**27**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu **ϑ_{stg} = 286 °C**
to

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 19.05.2010
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0
Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 286 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 286 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
Die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfungen wurden mit Ausnahme der Prüfungen der schnellen inneren Temperaturwechsel und der mechanischen Belastung an Kollektor Typ SK12-CPC (Serien-Nr.: 09-305023). Die Prüfungen der schnellen inneren Temperaturwechsel und der mechanischen Belastung wurde an Kollektor Typ SK12-CPC (Serien-Nr.: 09-305018) durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
The durability and reliability test with the exception of the tests internal thermal shock and the mechanical load was accomplished at the collector type SK12-CPC (serial-no.: 09-305023). The tests internal thermal shock and the mechanical load were accomplished at the collector type SK12-CPC (serial-no.: 09-305018).

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	26.11.2009
Prüfzeitraum: *Test period:*	04.12.2009 – 19.05.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 21.05.2010

i. A. Mandel Dürr

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL814
Test Report No.: 09COL814

Stuttgart, den 24.06.2010
Stuttgart, June 24th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD** **No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu** **213163 China**
Hersteller: *manufacturer:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD**
Typ: *type:*	**SF-B155818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 9
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 11
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren 11
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 12
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ... 13
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Leistungskurven 16
Annex C: Power Curves

Anhang D: Nomenklatur 19
Annex D: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China
Ansprechpartner: *contact person:*	John Chen Tel.: 0086-519-8305169 / -1 / -2 / -3 Fax: 0086-519-83051690 email: john@sunflower-solar.com
Typ: *type:*	SF-B155818 *SF-B155818*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C814 *C814*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	2.31 m² *2.31 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	1.42 m² *1.42 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	1.22 m² *1.22 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1970 mm (von Prüflabor bestimmt) *1970 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1175 mm (von Prüflabor bestimmt) *1175 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	135 mm (von Prüflabor bestimmt) *135 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium Legierung *aluminium alloy*
Gewicht: *weight:*	55 kg *55 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon, *silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.06 *0.06*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	0.9 Liter *0.9 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	58 x 1.6 mm *58 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	15 *15*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	75 mm *75 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.93 *0.93*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	222 °C (von Prüflabor bestimmt) *222 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 40 % Glykol + Wasser *pure water, 40 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	65 kg/h *65 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009

- SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SF-B155818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B205818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B225818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B245818
- Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension

- *ITW data sheet collector SF-B155818*
- *ITW data sheet collector SF-B205818*
- *ITW data sheet collector SF-B225818*
- *ITW data sheet collector SF-B245818*
- *Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SF-B155818 sowie für die baugleichen Kollektoren SF-B205818, SF-B225818 und SF-B245818.

The test report is valid for collector type SF-B155818 as specified above as well as for the collectors SF-B205818, SF-B225818 and SF-B245818 identical in construction.

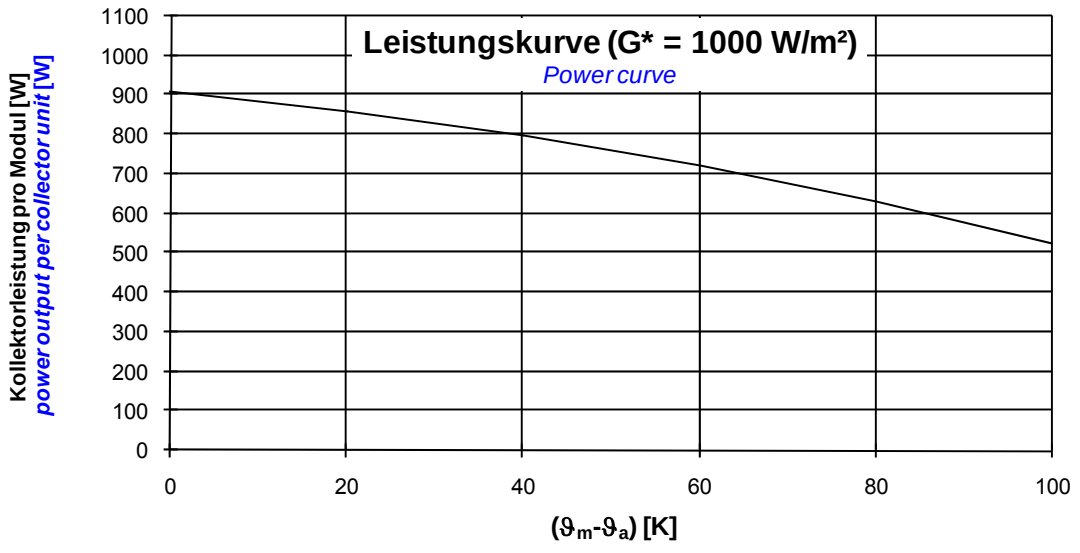
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.640
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.494
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.012
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ(50°) [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 12 *See page 12*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	66.68
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	1.42
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	909



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	364	636	909
20	314	587	860
40	251	524	797
60	175	448	720
80	85	357	630
100	0 *)	254	526

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ SF-B305818 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.
The performance test was accomplished at the collector type SF-B305818.

Eingang Prüfling: 19.02.2010
Arrival of test sample:
Prüfzeitraum: 17.04. – 22.04.2010
Test period:
Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy
Test engineer:

Stuttgart, den 24.06.2010



Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.640**	a_1 = **1.494 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.012 W/(m²K²)**	**c = 66.680 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.36**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.09	1.38	1.78	1.82	2.08	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	601	728	795
4	549	653	710
5	502	**580**	624
6	454	515	550

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.586 [-]
$K_{\theta d}$:	1.358 [-]
c_1:	1.494 [W/(m²K)]
c_2:	0.012 [W/(m²K²)]
c_5:	66.680 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.09	1.38	1.78	1.82	2.08	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

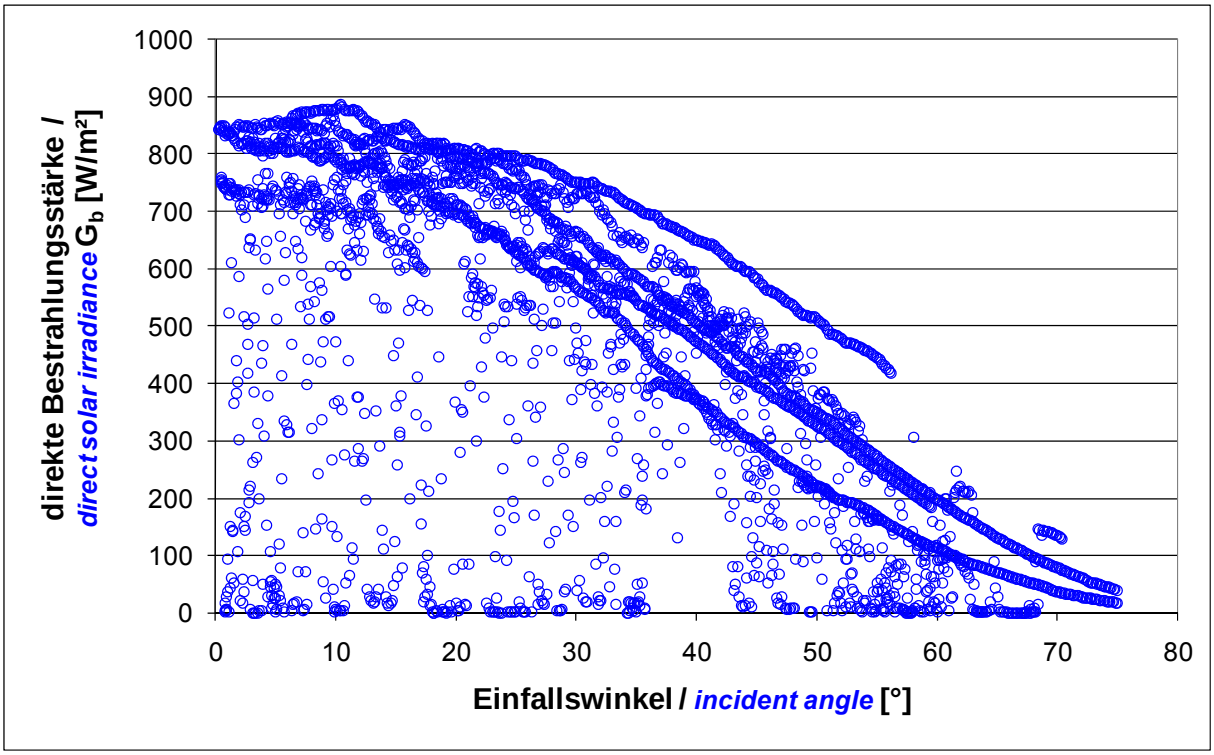


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

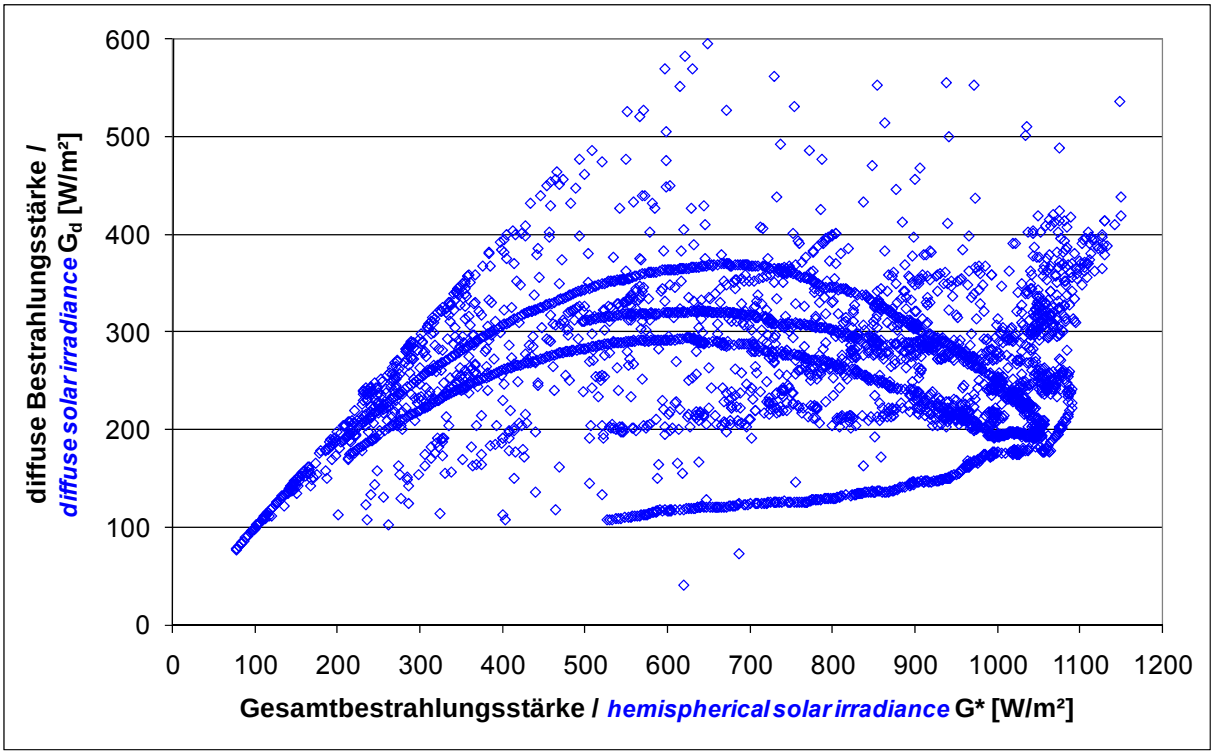


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

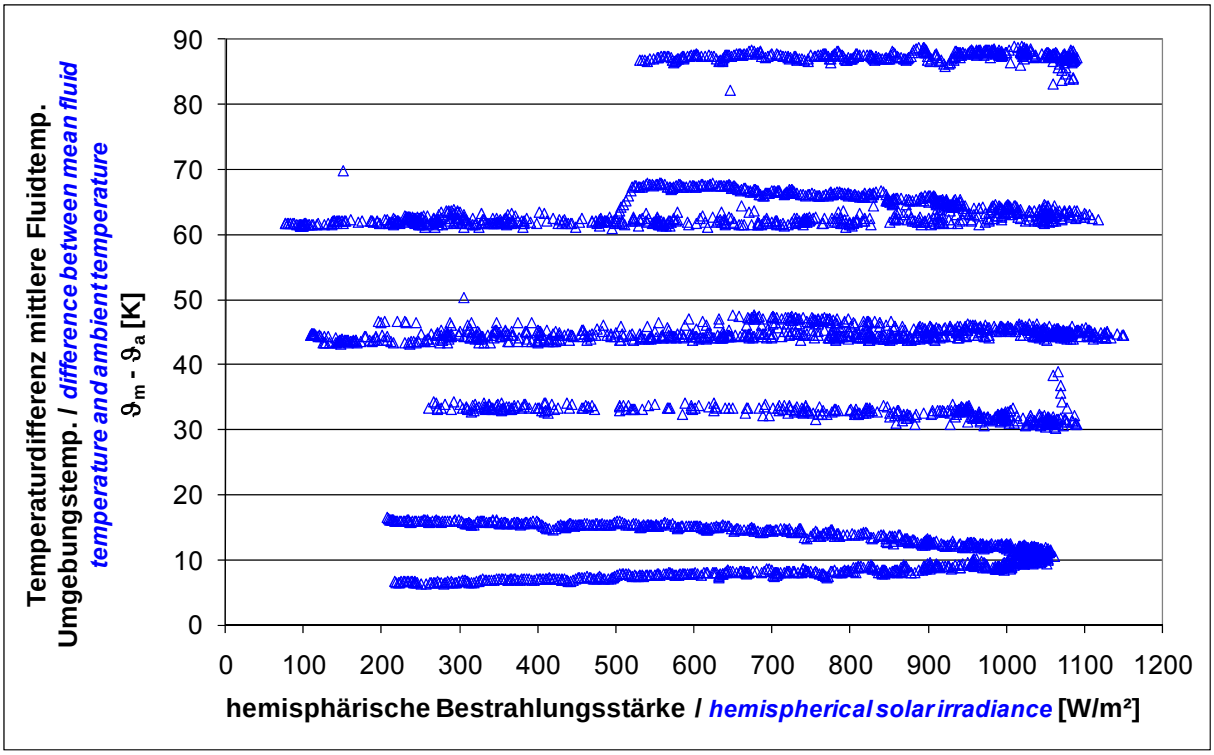


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für SF-B205818

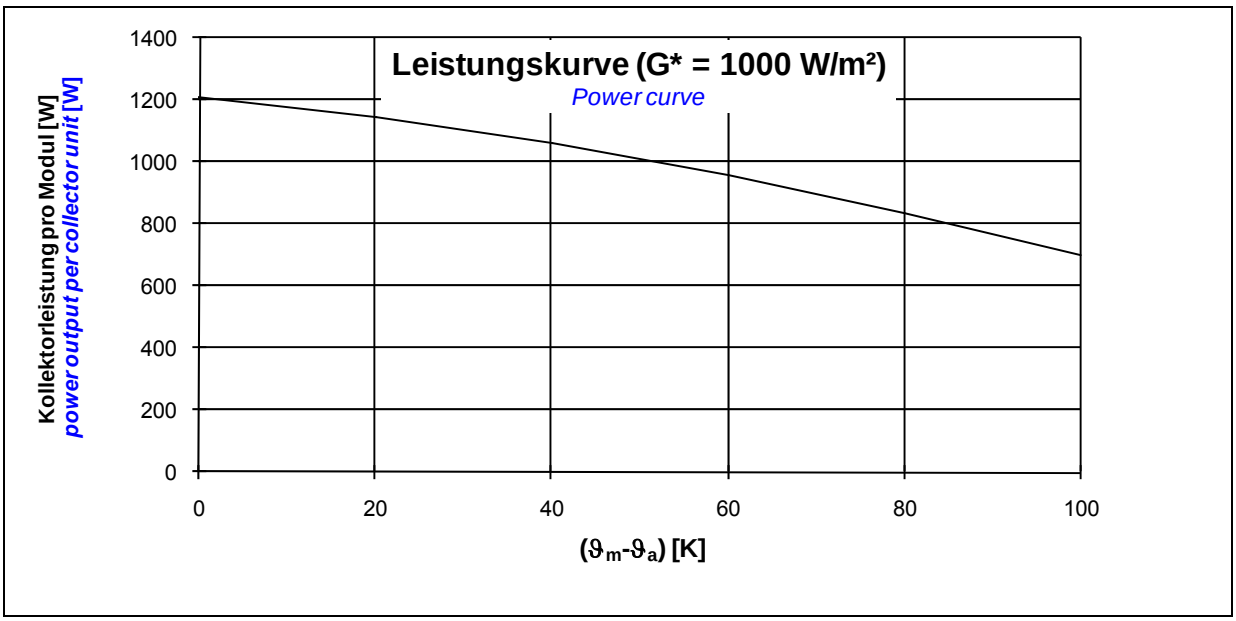
Annex C.1: Power curve for SF-B205818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 1.89 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.640
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.494 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.012 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1210 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	484	847	1210
20	418	781	1144
40	335	697	1060
60	233	596	959
80	113	476	839
100	0 *)	338	700

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für SF-B225818

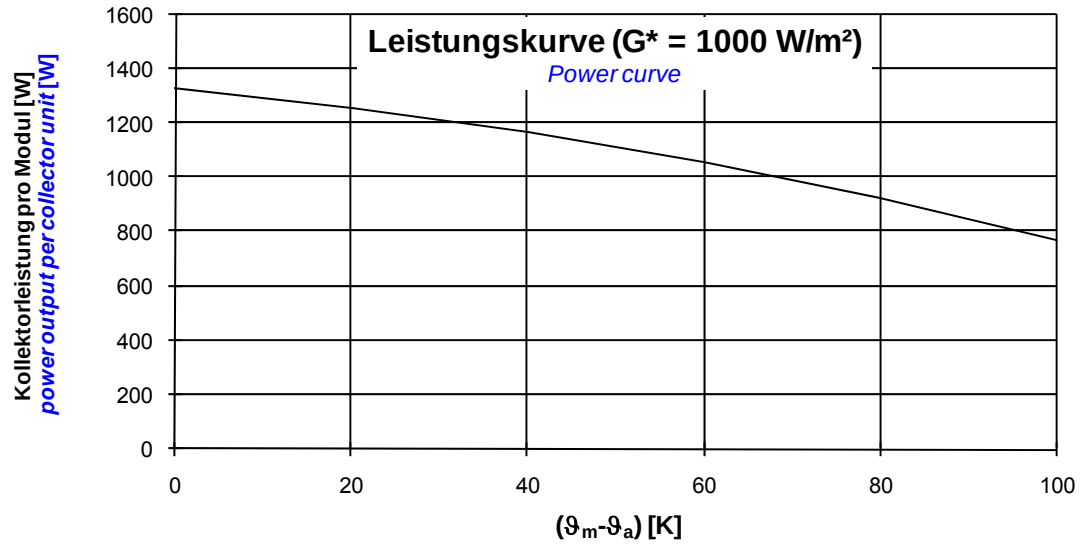
Annex C.2: Power curve for SF-B225818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.08 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.640
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.494 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.012 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1331 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

ϑ_m-ϑ_a in [K]	Bestrahlungsstärke / *Irradiance* 400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	532	932	1331
20	460	860	1259
40	368	768	1167
60	256	656	1055
80	124	523	923
100	0 *)	371	771

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für SF-B245818

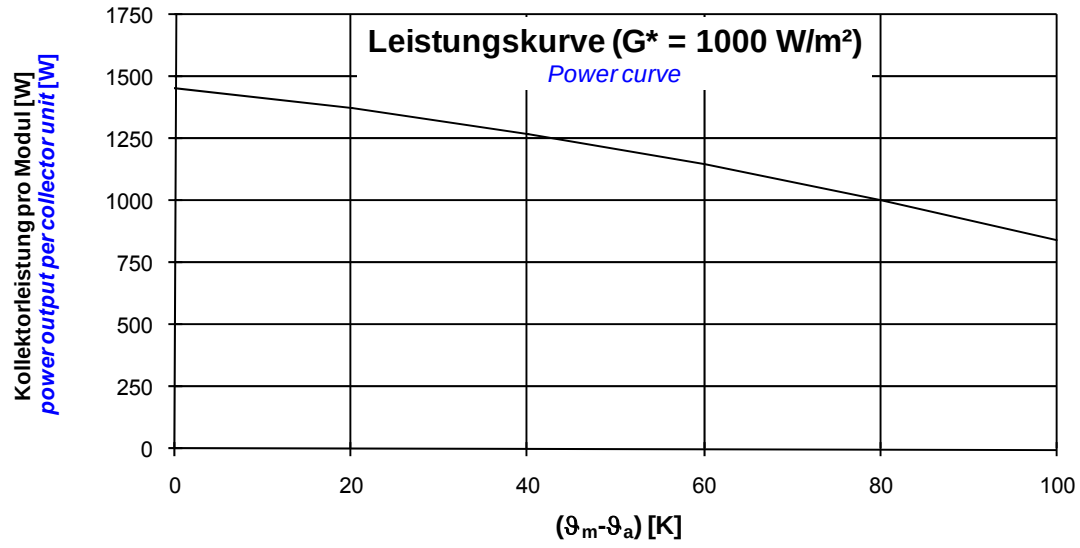
Annex C.3: Power curve for SF-B245818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*	A = 2.27 m²
Konversionsfaktor / *conversion factor*	η_0 = 0.640
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*	a_1 = 1.494 W/(m²K)
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient / *temperature depending heat transfer coefficient*	a_2 = 0.012 W/(m²K²)
Peakleistung (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) pro Kollektormodul: *Peak Power (G* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0) per collector unit:*	W_{peak} = 1453 W



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	581	1017	1453
20	502	938	1374
40	402	838	1274
60	280	715	1151
80	135	571	1007
100	0 *)	405	841

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.
*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 09COL814S
Test Report No.: 09COL814S

Stuttgart, den 10. September 2010
Stuttgart, 10.09.2010

Auftraggeber: *Client:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD** **No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District,** **Changzhou Jiangsu** **213163 China**
Hersteller: *Manufacturer:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD**
Typ: *Type:*	**SF-B155818** *SF-B155818*
Herstellungsjahr: *Year of production:*	**2009** *2009*

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1 Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt 3
General specifications determined by test laboratory

2 Eingangsprüfung....6
Receiving inspection

3 Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition) 6
Static pressure test (prior exposure)

4 Expositionstest....6
Exposure test

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 7
Thermal shock / water spray test

6 Schneller innerer Temperaturwechsel....8
Thermal shock / cold fill test

7 Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition) 8
Static pressure test (after exposure)

8 Druckverlust....9
Pressure drop test

9 Kollektorzeitkonstante....10
Collector time constant

10 Wärmeleistung....11
Thermal performance test

11 Einfallswinkelkorrekturfaktor....12
Incident angle modifier

12 Endkontrolle....12
Disassembly and final Inspection

13 Prüfverfahren....13
Test methods

Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte 14
Measured Data

Anhang B: Nomenklatur 15
Symbols and Units

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt
General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
**) Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller *Manufacturer*	1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China
Ansprechpartner: *Contact person:*	John Chen Tel.: 0086-519-8305169 / -1 / -2 / -3 Fax: 0086-519-83051690 E-Mail: john@sunflower-solar.com
Typ: *Type:*	SF-B155818 *SF-B155818*
Herstellernummer: *Serial no.:*	Keine Angaben *Not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *Internal identification of test laboratory:*	C814S *C814S*

Bezugsflächen
Dimensions of collector unit

Bruttofläche: *Gross area:*	1970 mm * 1175 mm *1970 mm * 1175 mm*	Fläche: 2.32 m² *Area: 2.32 m²*
Aperturfläche: *Aperture area:*	15 * 54.8 mm * 1724 mm *15 * 54.8 mm * 1724 mm*	Fläche: 1.42 m² *Area: 1.42 m²*
Absorberfläche: *Absorber area:*	15 * 47 mm * 1724 mm *15 * 47 mm * 1724 mm*	Fläche: 1.22 m² *Area: 1.22 m²*

Kollektor/Gehäuse
Enclosure

Bauart: *Collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr. *Evacuated tubular collector with heat pipe.*
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: *Dry weight:*	55 kg *) *55 kg *)*
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: *Fluid Capacity:*	900 cm³ *) *900 cm³ *)*
Tiefe des Gehäuses: *Depth of the collector enclosure:*	135 mm *135 mm*
Material Gehäuse Sammler: *Enclosure manifold material:*	Aluminium Legierung *) *Aluminium alloy *)*
Gehäuse Konstruktion: *Frame fastening methods:*	Profilrahmen *Profile frame*

Absorber
Absorber

Material: *Material:*	Glas *) *Glass* *)
Absorberbeschichtung: *Absorber coating:*	SS-CU-ALN/AlN *) *SS-CU-ALN/AlN* *)
Prüfdruck: *Test pressure:*	9 bar *9 bar*
Durchströmungsform: *Flow pattern:*	Parallel *Parallel*
Abmessungen Absorber: *Absorber plate/fin Dimensions:*	
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr: *Header tube outside diameter and wall thickness:*	35 mm x 1.0 mm *35 mm x 1.0 mm*
Anordnung Sammler: *Header configuration:*	Keine Angaben *Not specified*
Beschichtete Länge der Röhre: *Length of coating on the glass:*	1724 mm *1724 mm*
Außendurchmesser und Wandstärke der beschichteten Röhre: *Outside diameter and wall thickness:*	47 mm x 1.6 mm *47 x 1.6 mm*
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubes:*	75 mm *75 mm*
Länge der Heatpipes: *Length of heatpipes:*	1748 mm *1748 mm*
Abmessungen Kondensator Länge * Durchmesser: *Dimensions of condenser Length * Diameter:*	53 mm * 14 mm *53 mm * 14 mm*
Verbindung Kondensator Sammler: *Details of connection condenser and header:*	Trockene Steckverbindung *Dry plug connection*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl Vakuumröhren: *Number of concentric tubes:*	15 *15*
Oberflächen Charakteristik: *Surface characteristics:*	Klar *Clear*
Material: *Material:*	Borosilikat Glas 3.3 *) *Borosilicate glass 3.3* *)
Abstand der Röhren: *Center to center distance between tubular glazings:*	75 mm *75 mm*
Länge * Durchmesser * Wandstärke Röhre: *Length * Diameter * Thickness tubular glazing:*	1724 mm * 58 mm * 1.6 mm *1724 mm * 58 mm * 1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler *Manifold*
Material: *Material:*	Steinwolle *) *Rockwool* *)
Hersteller: *Manufacturer:*	Keine Angaben *Not specified*
Dicke: *Thickness:*	65 mm *65 mm*

Dichtungen
Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: *Glazing gasket:*	Silikon *) *Silicon* *)
Dichtung Gehäuse Durchführung: *Inlet / outlet tube gasket:*	Silikon *) *Silicon* *)

Grenzwerte
Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: *Max. temperature of operation:*	222 °C *222 °C*
Sonstige Beschränkungen: *Other limitations:*	- *-*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SF-B155818.
The test report is valid for collector type SF-B155818 as specified above.

2. Eingangsprüfung
Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 19. Februar 2010
Date: 19.02.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Expostion)
Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 29. April 2010
Date: 29.04.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9.2**	**30**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest
Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 29.04. - 15.07.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 78 Tage
Duration of exposure: 78 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *Sum of hemispherical irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m² *Number of days with more than 17 MJ/m²* [d]	Niederschlagssumme *Sum of rainfall* [l/m²]
1232	**38**	**163**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 29. April 2010
1. Test: 29.04.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**14**	**993**	**25**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 25. Juni 2010
2. Test: 25.06.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**12**	**1016**	**25**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

3. Prüfung: 08. Juli 2010
3. Test: 08.07.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
3.0	**12**	**976**	**27**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Schneller innerer Temperaturwechsel
Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 09. Juli 2010
Date: 09.07.2010

Volumenstrom *Volume flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *Fluid temperature* [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke *Mean irradiance* [W/m²]
2.1	**17**	**973**

Absorbertemperatur Anfang *Absorber temperature beginning* [°C]	Absorbertemperatur Ende *Absorber temperature end* [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur *Mean ambient temperature* [°C]
-[1)]	**-**[1)]	**32**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)
Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 10. September 2010
Date: 10.09.2010

Max. Betriebsdruck *Max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *Test pressure* [bar]	Prüfdauer *Test duration* [min]
6	**9.5**	**20**

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

[1)] keine Messung möglich, da Vakuumröhrenkollektor.
[1)] no measurement possible since evacuated tubular collector.

8. Druckverlust
Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 16. August 2010
Date: 16.08.2010

Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure drop

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]	**0.00004398238**
b [(mbar h)/l)]	**0.00183588108**

(Wassertemperatur / *water temperature* ϑ = 20°C ± 1°C)

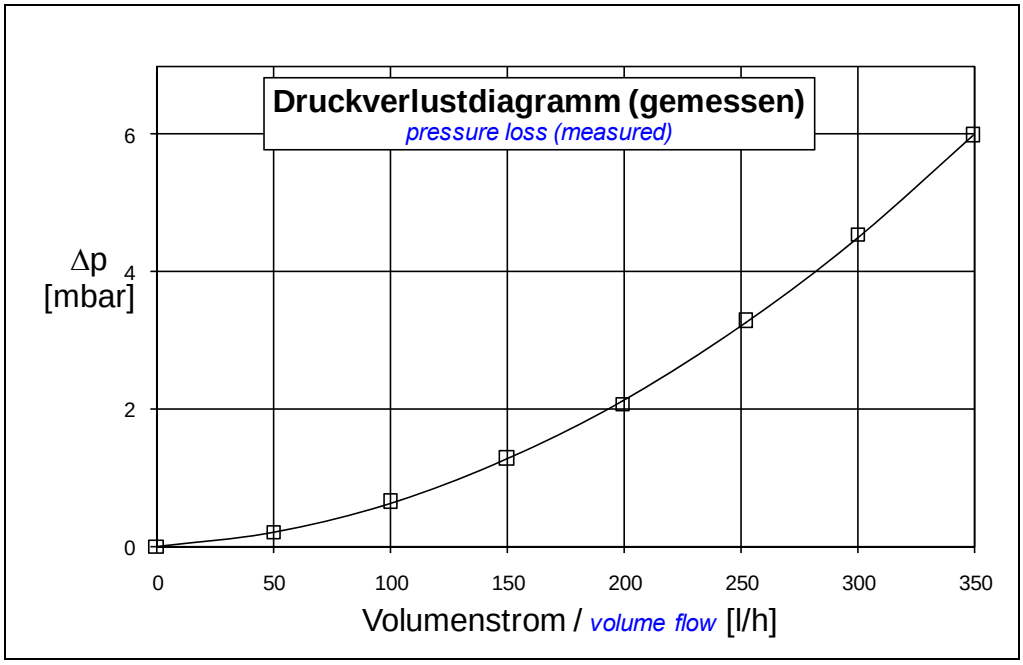


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

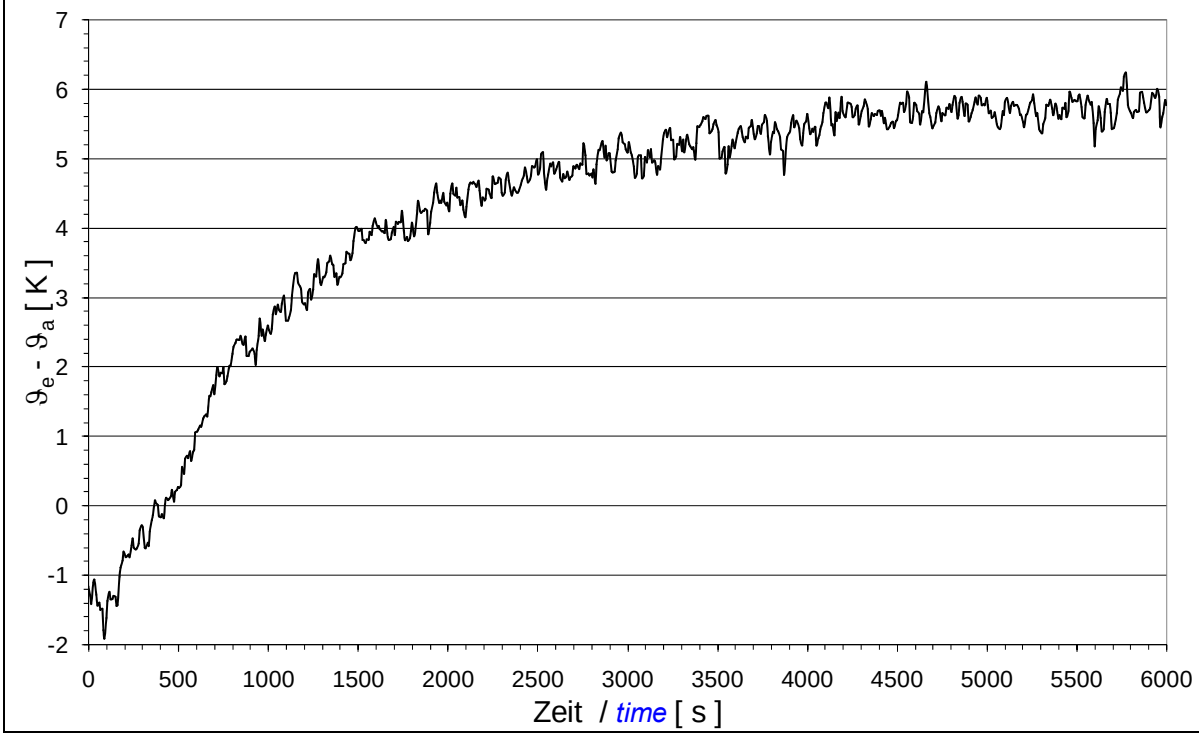
Volumenstrom [l/h] *Volume flow rate*	0.0	49.4	99.4	150.0	199.1	251.8	299.6	348.9
Druckverlust [mbar] *Pressure drop*	0.0	0.2	0.6	1.3	2.1	3.3	4.5	6.0

9. Kollektorzeitkonstante
Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 11. August 2010
Date: 11.08.2010

Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] *Collector time constant*	1566

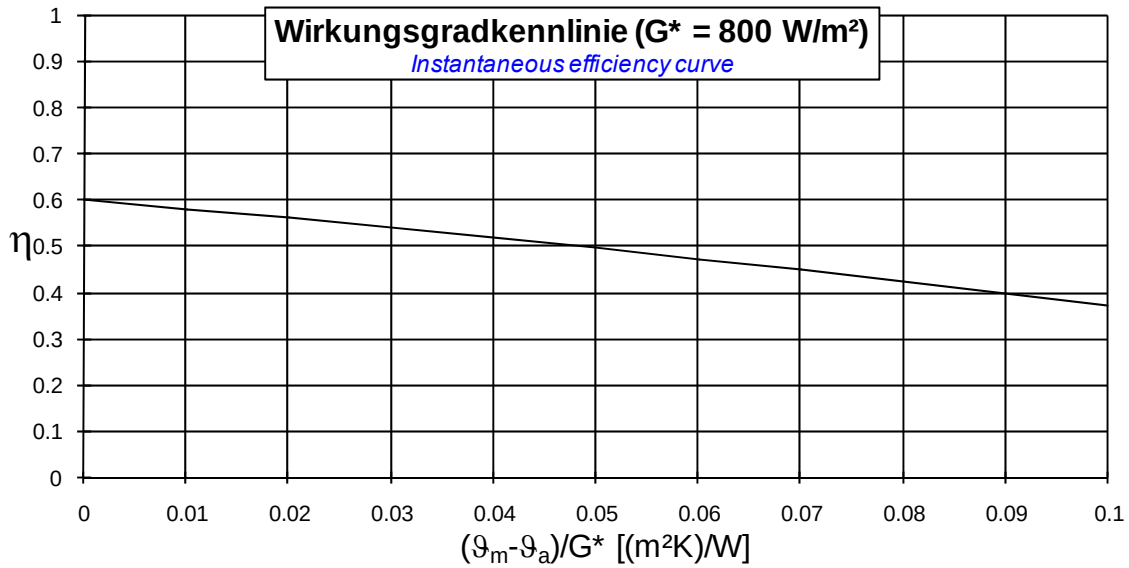


10. Wärmeleistung
Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *Conversion factor*	0.600
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *Heat transfer coefficient*	1.868
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *Temperature depending heat transfer coefficient*	0.005
Volumenstrom [l/(m²h)] *Volume flow rate*	72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.600	0.581	0.561	0.540	0.519	0.497	0.474	0.450	0.425	0.399	0.373

11. Einfallswinkelkorrekturfaktor
Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 21. Juli 2010
Date: 21.07.2010

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ *Incident angle θ*	0	30	45	60	70
$K_\theta(\theta_l)$:	1.00	0.99	0.95	0.84	0.70
$K_\theta(\theta_t)$:	1.00	1.16	1.37	1.44	1.46

12. Endkontrolle
Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.
Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 17. August 2010
Date: 17.08.2010

Kollektor Komponente ***Collector component***	**Potenzieller Fehler** ***Potential problem***	**Ergebnis** ***Evaluation***
Gehäuse, Befestigungen *Collector box, fasteners*	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt *Cracking, warping, corrosion, rain penetration*	0
Montageset *Mountings, structure*	Stabilität, Sicherheit *Strength, safety*	0
Dichtungen *Seals, gaskets*	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität *Cracking, adhesion, elasticity*	0
Abdeckung, Reflektor *Cover, reflector*	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen *Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung *Cracking, crazing, blistering*	0
Absorberrohre *Absorber tubes and headers*	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung *Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber mounting*	Deformation, Korrosion *Deformation, corrosion*	0
Wärmedämmung *Thermal insulation*	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung *Water retention, out gassing, degradation*	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler *0 – No problem* | 1 – Kleiner Fehler *1 – Minor problem* | 2 – Ersthafter Fehler *2 – Severe problem* | * - Untersuchung nicht möglich ** - Inspection not possible*

13. Prüfverfahren
Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.
The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.
The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Date of measurements:*	19.02.2010 – 17.08.2010
Prüfer: *Persons making measurements:*	Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 10. September 2010

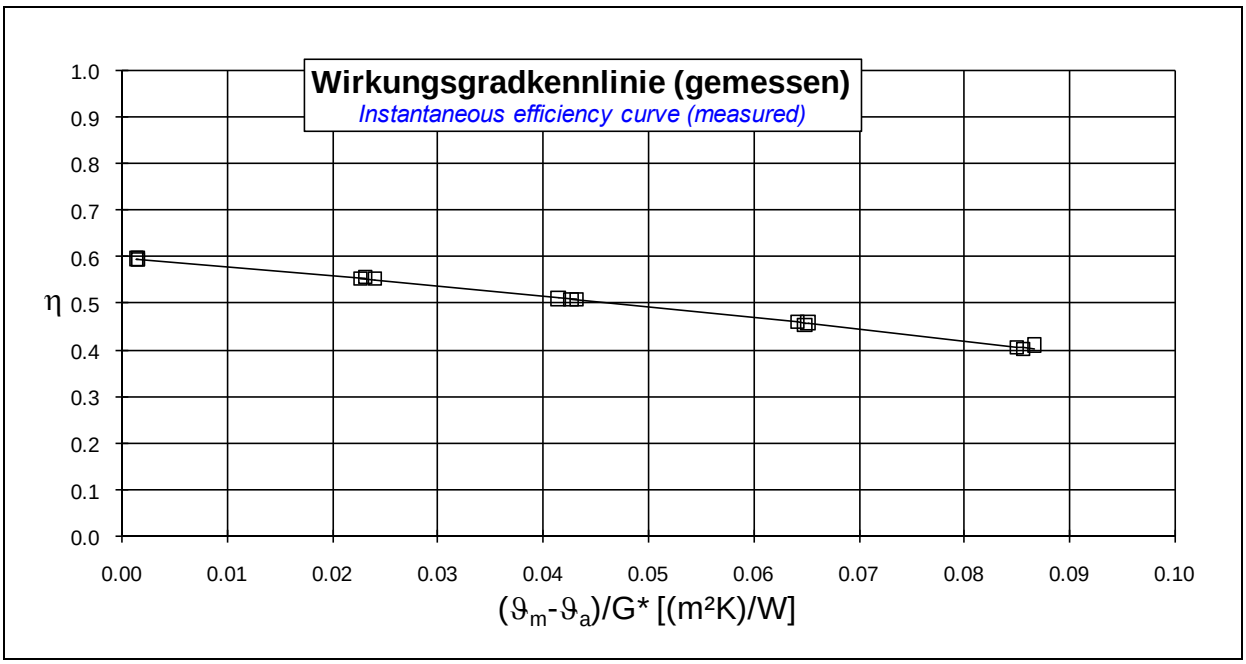
Dr.-Ing. H. Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	$\dot{m}$ $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [–]
1	808.48	102.10	21.95	27.70	5.75	24.83	23.58	1.25	0.0015	0.5937
2	811.05	102.26	21.97	27.74	5.77	24.86	23.63	1.23	0.0015	0.5948
3	814.84	102.13	21.98	27.77	5.79	24.87	23.77	1.11	0.0014	0.5932
4	809.69	104.70	38.05	43.32	5.27	40.69	21.98	18.70	0.0231	0.5580
5	826.33	105.09	38.06	43.38	5.32	40.72	21.99	18.73	0.0227	0.5539
6	820.28	104.75	38.12	43.42	5.30	40.77	21.12	19.65	0.024	0.5536
7	819.41	106.70	56.23	60.99	4.76	58.61	24.54	34.07	0.0416	0.5079
8	827.07	106.63	56.27	61.09	4.82	58.68	22.93	35.75	0.0432	0.5095
9	823.70	106.80	56.30	61.10	4.80	58.70	23.46	35.24	0.0428	0.5103
10	834.70	107.93	74.25	78.58	4.33	76.41	22.87	53.55	0.0642	0.4606
11	841.72	107.84	74.32	78.64	4.32	76.48	21.78	54.70	0.065	0.4552
12	836.50	107.85	74.33	78.63	4.30	76.48	21.85	54.63	0.0653	0.4560
13	834.80	109.18	92.29	96.05	3.76	94.17	23.22	70.95	0.085	0.4070
14	839.57	109.01	92.38	96.13	3.75	94.26	22.39	71.87	0.0856	0.4037
15	831.03	109.00	92.41	96.18	3.77	94.30	22.23	72.07	0.0867	0.4090

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient *Heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *Temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *Coefficient for calculation of pressure loss*
G*	[W/m²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke *Hemispherical solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$\dot{m}$	[kg/h]	Massenstrom *Mass flow rate*
Δp	[mbar]	Druckverlust *Pressure drop*
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante *Collector time constant*
$\dot{V}$	[l/h]	Volumenstrom *Volume flow rate*
η	[-]	Wirkungsgrad *Collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Conversion factor*
ϑ	[°C]	Temperatur *Temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur *Ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur *Collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur *Collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	Mittlere Fluidtemperatur *Mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *Incidence angle of the hemispherical solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL815
Test Report No.: 09COL815

Stuttgart, den 24.06.2010
Stuttgart, June 24th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD** **No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu** **213163 China**
Hersteller: *manufacturer:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD**
Typ: *type:*	**SF-B305818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben....3
General Specifications

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung 8
Test Results Thermal Performance

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors....10
Test Occurrences and Operating Behaviour

4 Prüfverfahren....10
Test Methods

Anhang A: Ertragsvorhersage 11
Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...12
Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Anhang C: Nomenklatur 15
Annex C: Symbols and Units

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)
General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China
Ansprechpartner: *contact person:*	John Chen Tel.: 0086-519-8305169 / -1 / -2 / -3 Fax: 0086-519-83051690 email: john@sunflower-solar.com
Typ: *type:*	SF-B305818 *SF-B305818*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C815A *C815A*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.54 m² *4.54 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.83 m² *2.83 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.43 m² *2.43 m²*

Kollektor/Gehäuse
Technical figures

Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1975 mm (von Prüflabor bestimmt) *1975 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2301 mm (von Prüflabor bestimmt) *2301 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	132 mm (von Prüflabor bestimmt) *132 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium Legierung *aluminium alloy*
Gewicht: *weight:*	108 kg *108 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon, *silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.06 *0.06*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.8 Liter *1.8 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	58 x 1.6 mm *58 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	75 mm *75 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.93 *0.93*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	222 °C (von Prüflabor bestimmt) *222 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 40 % Glykol + Wasser *pure water, 40 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	130 kg/h *130 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009*
- *SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SF-B305818
- Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension
- *ITW data sheet collector SF-B305818*
- *Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐

	ja *yes*	nein *no*
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SF-B305818.

The test report is valid for collector type SF-B305818 as specified above.

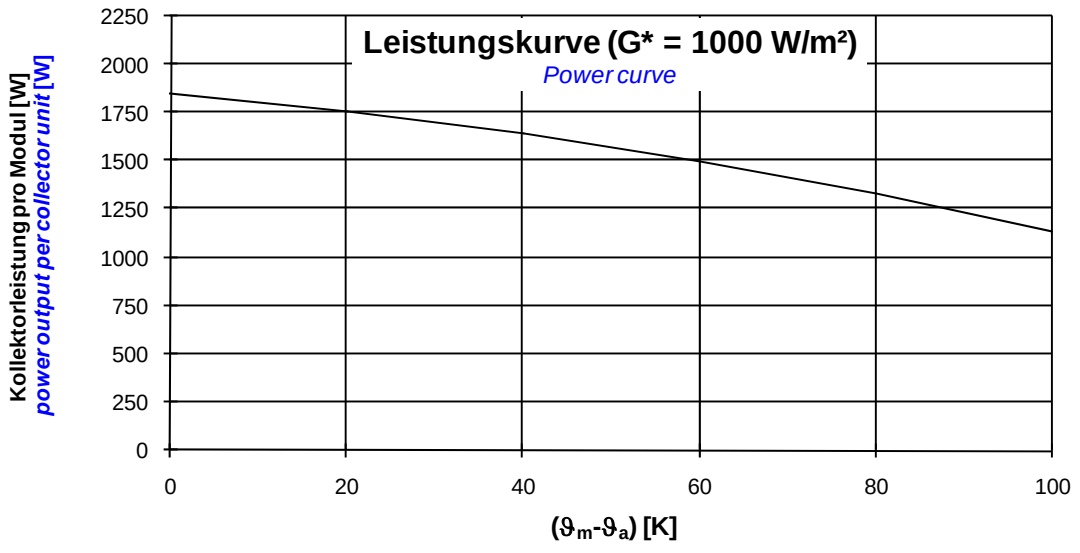
2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] *conversion factor*	0.654
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] *heat transfer coefficient*	1.329
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] *temperature depending heat transfer coefficient*	0.012
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50°)$ [-] *incidence angle modifier*	Siehe Seite 11 *See page 11*
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] *area related heat capacity*	66.64
Volumenstrom [l/(m²h)] *volume flow rate*	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] *aperture area per collector unit*	2.83
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a)= 0) *peak power [W_{peak}] per collector unit (G^* = 1000 W/m², (ϑ_m-ϑ_a) = 0)*	1851



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

	Bestrahlungsstärke / *Irradiance*		
ϑ_m-ϑ_a in [K]	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	740	1296	1851
20	652	1207	1762
40	536	1091	1646
60	392	948	1503
80	222	777	1333
100	25	580	1135

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

4 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	17.04. – 22.04.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 24.06.2010

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)

collector characteristics (based on aperture area)

Konversionsfaktor *Conversion factor*	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient *heat transfer coefficient*	flächenbezogene Wärmekapazität *area related heat capacity*
η_0 = **0.654**	a_1 = **1.329 W/(m²K)**	
	a_2 = **0.012 W/(m²K²)**	**c = 66.640 kJ/(m²K)**

Einfallswinkel-Korrekturfaktoren
Incidence angle modifier

	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d}$ = **1.37**	$K_{\theta b}(\theta_l)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.10	1.36	1.76	1.76	1.96	0.00

Berechnungsresultate

calculation results

Standort / *location*	Hannover	**Würzburg**	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m²a)] *radiation*	1022	**1212**	1354
Aperturfläche [m²] *aperture area*	Jährlicher Kollektorertrag[1)] [kWh/(m²a)] *yearly energy gain*		
3	627	756	823
4	572	677	734
5	523	**598**	642
6	472	528	563

[1)] Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l,\theta_t) = K_{\theta b}(\theta_l,0) \cdot K_{\theta b}(0,\theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

	auf Aperturfläche bezogen *based on the aperture area*
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.596 [-]
$K_{\theta d}$:	1.365 [-]
c_1:	1.329 [W/(m²K)]
c_2:	0.012 [W/(m²K²)]
c_5:	66.640 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ *incident angle θ*	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.10	1.36	1.76	1.76	1.96	0.00

Berechnung der Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / *zero-loss collector efficiency* (η_0 at ϑ_m-ϑ_a = 0) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l = 10{,}7°; \theta_t = 10{,}7°) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat loss coefficient* [W/(m²K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature dependence of the heat loss coefficient* [W/(m²K²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / *area related heat capacity* [kJ/(m²K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

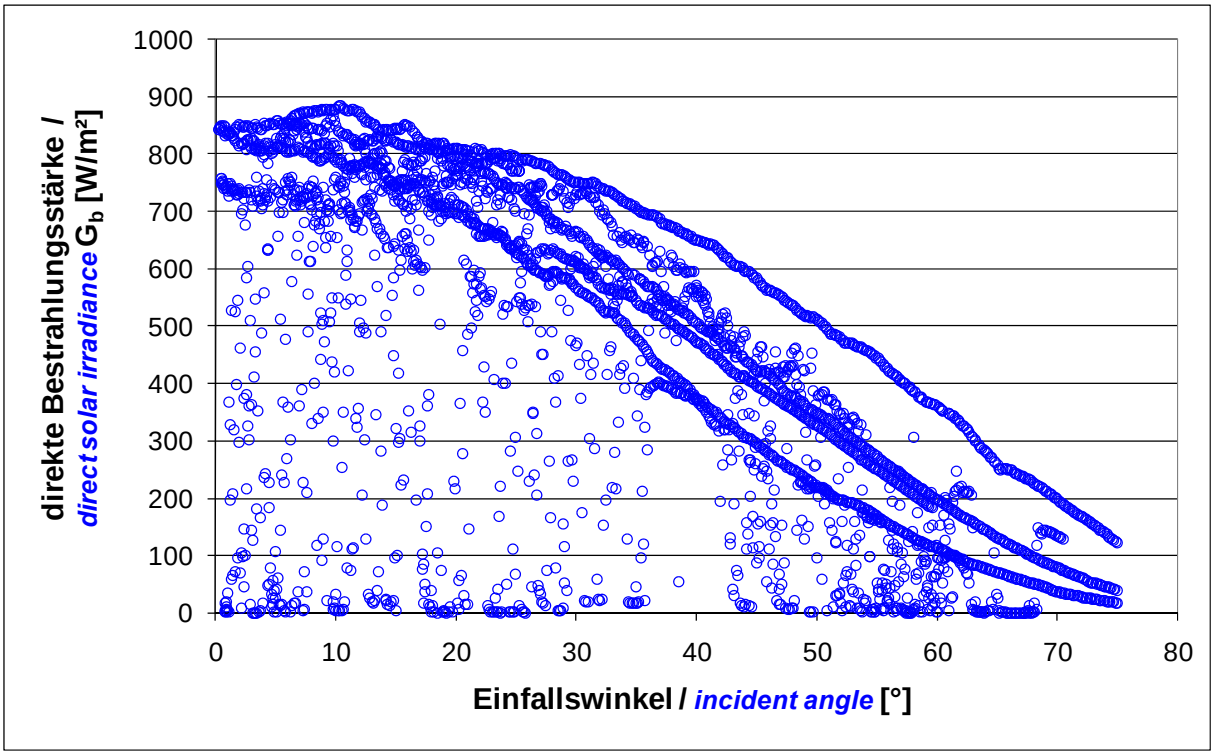


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

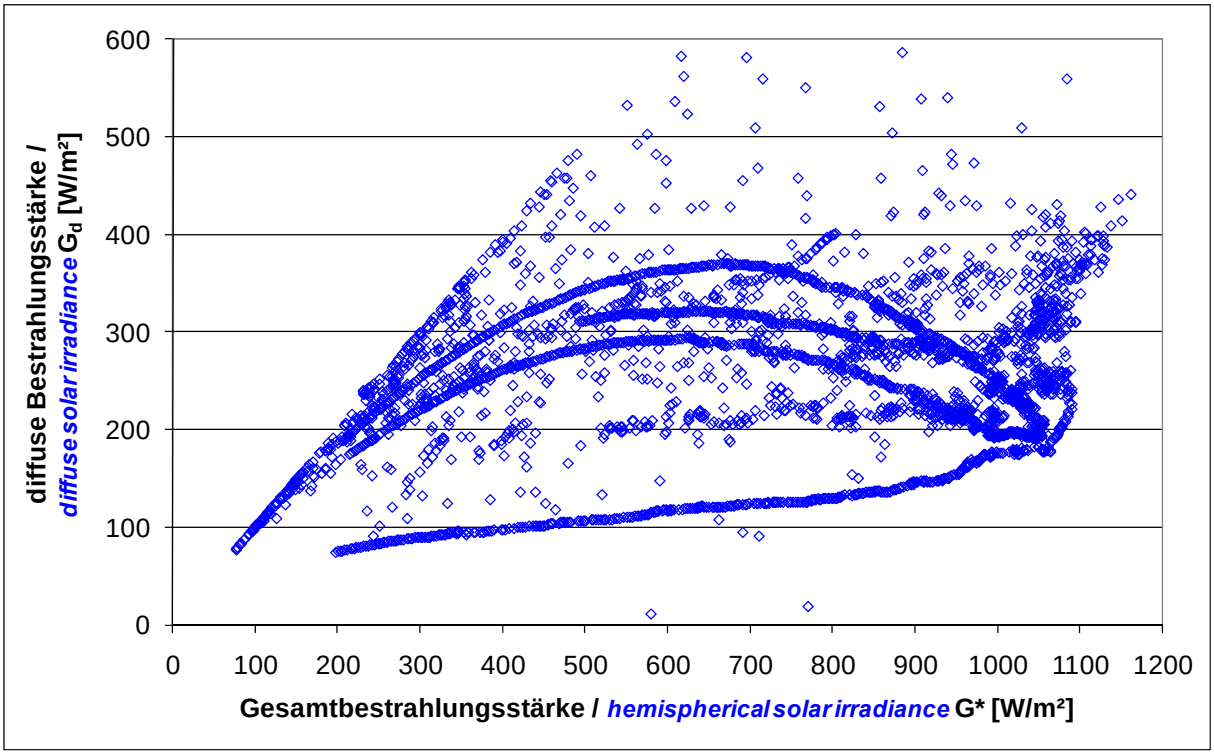


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

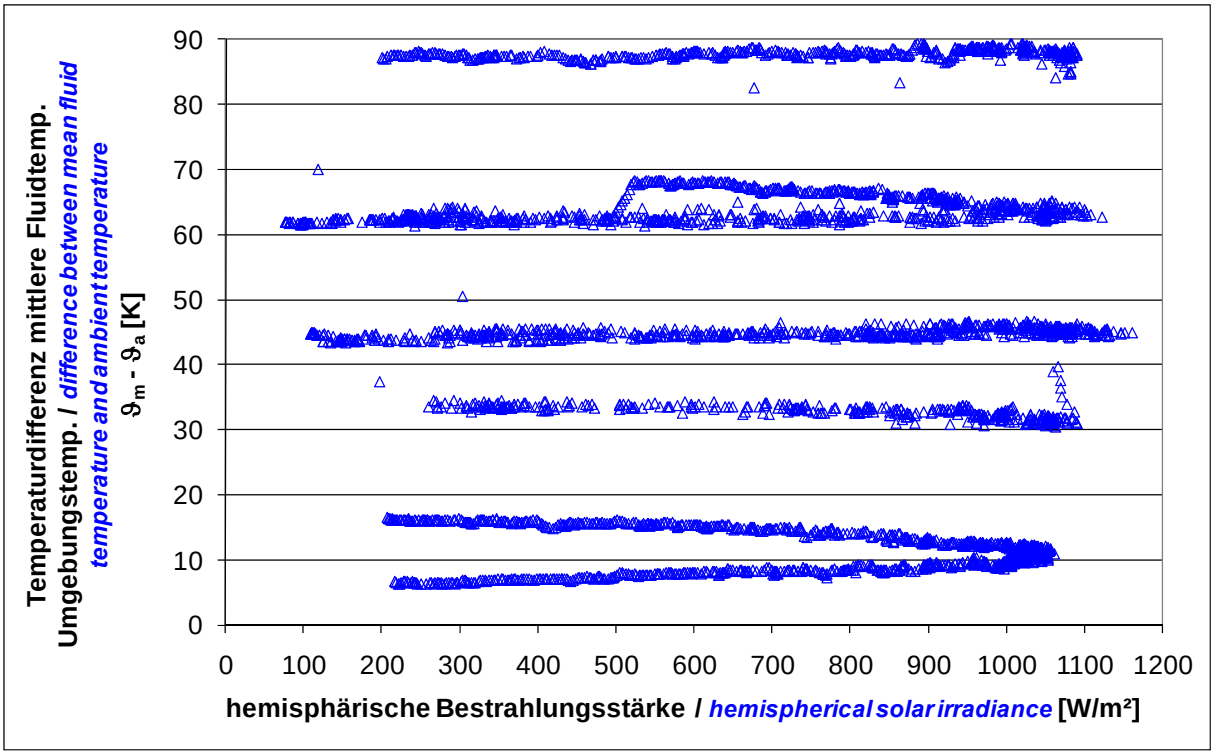


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m²]	Aperturfläche / *aperture area*
a	[(mbar h²)/l²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
a_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
a_2	[W/(m²K²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts *coefficient for calculation of pressure loss*
b_0	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / *factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance*
c	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
c_1	[W/(m²K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*
c_2	[W/(m²K²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient *temperature depending heat transfer coefficient*
c_5	[kJ/(m²K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors *area based heat capacity of the collector*
$F'(\tau\alpha)_{en}$	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *conversion factor of the beam irradiance*
G*	[W/m²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / *hemispherical solar irradiance*
G_b	[W/m²]	direkte Bestrahlungsstärke / *beam solar irradiance*
G_d	[W/m²]	diffuse Bestrahlungsstärke / *diffuse solar irradiance*
$K_\theta(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance*
$K_{\theta b}(\theta)$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the beam solar irradiance*
$K_{\theta d}$	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke *incident angle modifier of the diffuse solar irradiance*
$(kA)_{WT}$	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers *heat transfer capacity of the solar heat exchanger*
$\dot{m}$	[l/h]	Massenstrom / *mass flow rate*
$\dot{Q}$	[W]	Kollektorleistung / *power per collector unit*
$\dot{q}$	[W/m²]	flächenbezogene Kollektorleistung / *area based collector power*
Δp	[mbar]	Druckverlust / *pressure loss*
η	[-]	Wirkungsgrad / *collector efficiency*
η_0	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke *conversion factor*
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / *heat conductivity*
ϑ	[°C]	Temperatur / *temperature*
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / *ambient air temperature*
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / *collector outlet temperature*
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / *collector inlet temperature*
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / *mean fluid temperature*
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke *incidence angle of the beam solar irradiance*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht
Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Durability and Reliability of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL815Q
Test Report No.: 09COL815Q

Stuttgart, den 24.06.2010
Stuttgart, June 24th, 2010

Auftraggeber: *client:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China**
Hersteller: *manufacturer:*	**1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD**
Typ: *type:*	**SF-B305818**
Herstelljahr: *year of production:*	**2009**

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben 3
General Specifications

2 Innendruckprüfung des Absorbers 7
Internal Pressure Test for Absorber

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit 7
High Temperature Resistance

4 Expositionstest 7
Exposure

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel 8
External Thermal Shock

6 Schneller innerer Temperaturwechsel 9
Internal Thermal Shock

7 Beregnungsprüfung 9
Rain Penetration

8 Mechanische Belastung 10
Mechanical Load Test

9 Stagnationstemperatur 11
Stagnation Temperature

10 Endkontrolle 11
Final Inspection

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen 12
Summary of Reliability Tests

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors 15
Test Occurrences and Operating Behaviour

13 Prüfverfahren 15
Test Methods

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)

General Specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China
Ansprechpartner: *contact person:*	John Chen Tel.: 0086-519-8305169 / -1 / -2 / -3 Fax: 0086-519-83051690 email: john@sunflower-solar.com
Typ: *type:*	SF-B305818, SF-B155818 *SF-B305818, SF-B155818*
Herstellernummer: *serial no.:*	Keine Angabe *not specified*
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: *internal identification of test laboratory:*	C815B, C814 *C815B, C814*
Serienprodukt oder Baumuster: *serial product or model:*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr: *year of production:*	2009 *2009*

Bezugsflächen *Dimensions of collector unit*	von Prüflabor bestimmt *determined by test laboratory*
Bruttofläche: *gross area:*	4.54 m² *4.54 m²*
Aperturfläche: *aperture area:*	2.83 m² *2.83 m²*
Absorberfläche: *absorber area:*	2.43 m² *2.43 m²*

Kollektor/Gehäuse *Technical figures*	
Bauart: *collector type:*	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, *evacuated tubular collector with heat pipe*
Länge: *length:*	1970 mm (von Prüflabor bestimmt) *1970 mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	2302 mm (von Prüflabor bestimmt) *2302 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	132 mm (von Prüflabor bestimmt) *132 mm (determined by test laboratory)*
Material: *material:*	Aluminium Legierung *aluminium alloy*
Gewicht: *weight:*	108 kg *108 kg*
Dichtungsmaterialien: *sealing material:*	Silikon, *silicon*
Einbauweise: *collector mounting:*	Aufdach, Flachdach *On roof, flat roof*

Absorber
Absorber

Material: *material:*	Glas *glass*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*
Oberflächenbehandlung: *surface treatment:*	SS-CU-ALN/AIN *SS-CU-ALN/AIN*
Absorptionsgrad: *absorptance:*	0.95 *0.95*
Emissionsgrad: *emittance:*	0.06 *0.06*
Wärmeträgerinhalt: *heat transfer fluid content:*	1.8 Liter *1.8 litres*
Durchströmungsform: *flow pattern:*	seriell *serial*
Abmessungen Absorberrohre: *dimension absorber tubes:*	58 x 1.6 mm *58 x 1.6 mm*
Anzahl Absorberrohre: *no. of absorber tubes:*	30 *30*
Abstand der Absorberrohre: *distance between absorber tubes:*	75 mm *75 mm*
Abmessungen Sammlerrohr: *dimension of the header:*	35 x 1.0 mm *35 x 1.0 mm*
Anzahl Anschlüsse: *number of connections:*	2 *2*
Ausführung Anschlüsse: *realisation of connections:*	22 mm Kupferrohr *22 mm copper pipe*

Transparente Abdeckung
Transparent cover:

Anzahl: *number:*	1 *1*
Außendurchmesser der Glasröhre: *outer diameter glass tube :*	58 mm *58 mm*
Material: *material:*	Borosilikat Glas 3.3 *borosilicate glass 3.3*
Hersteller: *manufacturer:*	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd *Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd*
Produktbezeichnung: *brand name:*	Keine Angabe *not specified*
Transmissionsgrad: *transmittance:*	0.93 *0.93*
Dicke: *thickness:*	1.6 mm *1.6 mm*

Wärmedämmung
Thermal insulation:

	Sammler header
Material: *material:*	Steinwolle *rock wool*
Hersteller: *manufacturer:*	keine Angabe *not specified*
Produktbezeichnung: *product name:*	keine Angabe *not specified*
Wärmeleitfähigkeit: *thermal conductivity:*	0.043 W/mK *0.043 W/mK*
Wärmekapazität: *heat capacity:*	1.34 kJ/(kgK) *1.34 kJ/(kgK)*
Dichte: *density:*	217 kg/m³ *217 kg/m³*
Dicke: *thickness:*	65 mm *65 mm*

Grenzdaten
Limitations:

Stillstandstemperatur: *stagnation temperature:*	222 °C (von Prüflabor bestimmt) *222 °C (determined by test laboratory)*
max. zul. Betriebsüberdruck: *max. operation pressure:*	6 bar *6 bar*
Zulässiger Wärmeträger: *allowed heat transfer fluid:*	reines Wasser, 40 % Glykol + Wasser *pure water, 40 % glycol + water*
Nenndurchfluss pro Kollektor: *nominal flow rate per collector:*	130 kg/h *130 kg/h*

Feststellung des Kollektors
Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009

- SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009

- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SF-B155818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B205818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B225818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B245818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B305818
- Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension

- *ITW data sheet collector SF-B155818*
- *ITW data sheet collector SF-B205818*
- *ITW data sheet collector SF-B225818*
- *ITW data sheet collector SF-B245818*
- *ITW data sheet collector SF-B305818*
- *Sunflower´s test samples, Items, Material; Dimension*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:

The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

	ja *yes*	nein *no*
Name des Herstellers *name of manufacturer*	☒	☐
Kollektortyp *collector type*	☒	☐
Seriennummer *serial number*	☒	☐
Herstellungsjahr *year of production*	☒	☐
Brutto-Kollektorfläche *gross area of collector*	☒	☐
Maße des Kollektors *dimensions of collector*	☒	☐
Maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*	☒	☐
Volumen des Wärmeträgermediums *volume of heat transfer fluid*	☒	☐
Leergewicht des Kollektors *weight of empty collector*	☒	☐
Hergestellt in: *made in:*	☒	☐

Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen.

The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2it must be attached visible and durable to the collector.

Installationsanweisung:
instructor installation manual :

- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual
- SFB-AL (SF-B) series Installation Manual

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:

	ja *yes*	nein *no*
Maße und Gewicht des Kollektors *dimensions and weight of the collector*	☒	☐
Anweisung für dessen Transport und Handhabung *instructions about the transport and handling of the collector*	☒	☐
Beschreibung des Montageverfahrens *description of the mounting procedure*	☒	☐
Empfehlungen für den Blitzschutz *recommendations about lightning protection*	☒	☐
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander *instructions about the coupling of the collectors to one another*	☒	☐
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträger-kreislauf *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*	☒	☐
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m² *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*	☒	☐
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien *recommendations about the heat transfer media*	☒	☐
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind *precautions to be taken during filling, operation and service*	☒	☐
maximaler Betriebsdruck *maximum operation pressure*	☒	☐
Druckabfall *pressure drop*	☒	☐
größter und kleinster Neigungswinkel *maximum and minimum tilt angle*	☒	☐
zulässige Wind- und Schneelast *permissible wind and snow load*	☒	☐
Wartungsanforderungen *maintenance requirements*	☒	☐

Gültigkeit *Validity:*	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SF-B305818 sowie für die baugleichen Kollektoren SF-B155818, SF-B205818, SF-B225818 und SF-B245818. *The test report is valid for collector type SF-B305818 as specified above as well as for the collectors SF-B155818, SF-B205818, SF-B225818 and SF-B245818 identical in construction.*

2 Innendruckprüfung des Absorbers
Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 29.04.2010
date:

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
6	**9**	**30**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit
High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 28.04.2010
date:

Prüfdauer *test duration* [min]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
60	**1007**	**21**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest
Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 26.02.- 31.05.2010 95 Tage
Duration of exposure: *95 days*

Einstrahlungssumme in Kollektorebene *sum of global irradiation* [MJ/m²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² *number of days with more than 14 MJ/m²* [d]	Niederschlags-summe *sum of rainfall* [l/m²]	Anzahl Stunden über 850 W/m² *number of hours with more than 850 W/m²* [h]
1076	**31**	**151**	**61**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel
External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 23.03.2010
1. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**16**	**988**	**15**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 24.03.2010
2. test:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**16**	**854**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel
Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 19.04.2010
1. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**920**	**18**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 21.04.2010
2. test

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Umgebungstemperatur *mean ambient temperature* [°C]
2.8	**10**	**1050**	**12**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Beregnungsprüfung
Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 11.05.2010
date:

Volumenstrom *flow rate* [l/(m²min)]	Fluidtemperatur *fluid temperature* [°C]	Prüfdauer *test duration* [h]
2.9	**11**	**4.3**

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung
Mechanical load test

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung
Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Execution and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 01.06.2010
date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1500 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 1500 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur
Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 24.04.2010
date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m *mean irradiance* [W/m²]	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} *mean absorber temperature* [°C]	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} *mean ambient temperature* [°C]
1007	**214**	**21**

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von G_s = 1000 W/m² und ϑ_{as} = 30 °C ergibt sich nach
Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions G_s = 1000 W/m² and ϑ_{as} = 30 °C is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m}\left(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}\right)$$

zu / *to* **ϑ_{stg} = 222 °C**

10 Endkontrolle
Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.
Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 22.05.2007
date:

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel:
Evaluation according the following scale:

0 - kein Fehler / *no problem*
1 - geringer Fehler / *minor problem*
2 - schwerer Fehler / *major problem*
* - Inspektion war nicht möglich oder Komponente nicht vorhanden / *Inspection was not possible or component not does not exist*

Gehäuse / *Collector box*	Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser *Cracking / warping / corrosion / rain penetration*	0
Montageelemente *Mountings*	Festigkeit / Sicherheit *Strength / safety*	0
Verschlüsse / Dichtungen *Seals / gaskets*	Rissbildung / Haftung / Elastizität *Cracking / adhesion / elasticity*	0

Abdeckung / Reflektor *Cover / reflector*	Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung / Ausgasen *Cracking / crazing / buckling / delamination / warping / outgasing*	0
Absorberbeschichtung *Absorber coating*	Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung *Cracking / crazing / blistering*	0
Absorberregister *Absorber piping*	Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen *Deformation / corrosion / leakage / loss of bonding*	0
Absorberbefestigung *Absorber fixing*	Verformung / Korrosion *Deformation / corrosion*	0
Wärmedämmung *Insulation*	Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung *Water retention / outgasing / degradation*	0

Ergebnis: Kein schwerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major problem acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen
Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen
Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers *Internal pressure for absorber*	kein größerer Fehler *no major failure*
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit *High temperature resistance*	kein größerer Fehler *no major failure*
3. Expositionstest *Exposure*	kein größerer Fehler *no major failure*
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel *External shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
5. Schneller innerer Temperaturwechsel *Internal shock*	kein größerer Fehler *no major failure*
6. Beregnungsprüfung *Rain penetration*	kein größerer Fehler *no major failure*
7. Mechanische Belastung *Mechanical load test*	kein größerer Fehler *no major failure*
8. Prüfung der Schlagfestigkeit *Impact resistance test*	kein größerer Fehler *no major failure*
9. Endkontrolle *Final inspection*	kein größerer Fehler *no major failure*

11.2 Sicherheit
Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 222 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 222 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors
Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors
Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

13 Prüfverfahren
Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
Die Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfungen wurden mit Ausnahme der Innendruckprüfung an Kollektor Typ SF-B305818 durchgeführt. Die Innendruckprüfung wurde an dem baugleichen Kollektor Typ SF-B155818 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".
The durability and reliability tests were accomplished at the collector type SF-B305818 with the exception of the internal pressure test. The internal pressure test for absorber was accomplished at the collector type SF-B155818 identical in construction.

Eingang Prüfling: *Arrival of test sample:*	19.02.2010
Prüfzeitraum: *Test period:*	26.02. – 11.06.2010
Prüfer: *Test engineer:*	Dipl.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. C. Zimmermann, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 24.06.2010

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen
Direktor
Director

RESEARCH AND TESTING CENTER FOR
THERMAL SOLAR SYSTEMS
Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering
University of Stuttgart

in cooperation with
SWT TECHNOLOGIE

Store Test Report
Domestic hot water store

Test Report No.: 10STO189

Stuttgart, September 21st, 2010

Claimant:	Jiangsu Sunrain Solar Energy Co.,Ltd. Ninghai Industrialz Zone, Lianyungang City Jiangsu Province, China
Manufacturer:	Jiangsu Sunrain Solar Energy Co.,Ltd.
Type:	SST-300
Construction Year:	2010

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Contents

Page

1 Technical data 3

2 Schematic design 4

3 Test results 5

3.1 Geometrical Data 5

3.2 Volumina 5

3.3 Thermal parameters 5

3.4 Connections 6

3.5 Temperature sensors 6

4 Remarks 10

5 Test procedure 10

5.1 Determination of the “utilized hot water volume“ 10

5.2 Remark concerning the calculation of the fractional energy saving 10

5.3 General 10

Figures

Figure 1: Draw-off profile ($\overline{\dot{V}} \approx 150$ l/h) immediately after charging of the auxiliary part of the store and after 48 hours stand-by 7

Figure 2: Normalized draw-off profile of Figure 1 7

Figure 3: Draw-off profile for two different draw-off flow rates 8

Figure 4: Heat transfer capacity rate of the solar loop heat exchanger for different flowrates 8

Figure 5: Heat transfer capacity rate of the auxiliary loop heat exchanger for different flowrates 9

Figure 6: Temperatures and volume flow rate during determining the “utilized hot water volume” 9

1 Technical data[1]

Manufacturer:	Type:		
Jiangsu Sunrain Solar Energy Co.,Ltd.	SST-300		
Year: 2010	Serial No.: none	Nominal volume: 300 liters	Design: Upright stainless steel tank with immersed heat exchangers for solar loop and auxiliary heating
Performance index acc. DIN 4708: no reference	Test acc. to DIN 4753: no reference		

	Domestic hot water volume:
Corrosion protection:	None (stainless steel)
Max operation pressure:	4 bar
Max operation temperature:	90 °C

Thermal insulation:	PU foam, 40 mm

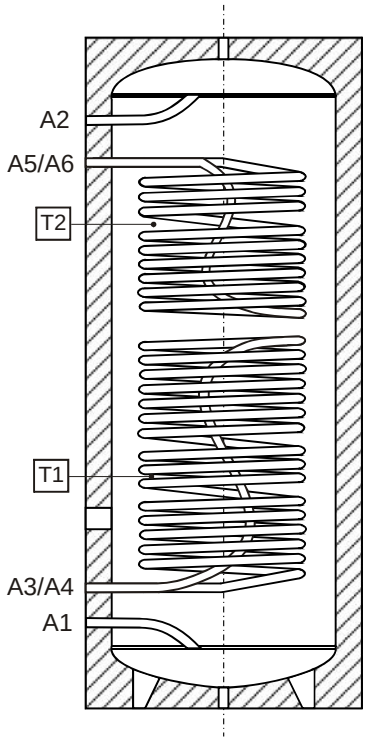
Electrical auxiliary heating:[2]

Voltage:	-
Heating power:	-
Connections:	1“ IT[3] horizontal

Heat exchanger:	**solar loop**	**auxiliary loop**
Max operation pressure [bar]:	6,0	6,0
Max operation temperature [°C]:	90	90
Volume of heat exchanger [litres]:	3,4	1,6
Design:	copper tube	copper tube

[1] as stated by the manufacturer
[2] possible, at test sample not installed
[3] inside thread

2 Schematic design[4]



Temperature sensor

	Application
T1	solar loop pump
T2	auxiliary heating

Connections

	Type	Application
A1	¾“IT	Cold water (inlet)
A2	¾“IT	Hot water (outlet)
A3	¾“IT	Collector loop (inlet)
A4	¾“IT	Collector loop (outlet)
A5	¾“IT	Auxiliary loop (inlet)
A6	¾“IT	Auxiliary loop (outlet)

T = Temperature sensor IT = inside thread

3 Test results

According to EN 12977-3:2008 *'Thermal solar systems and components, Custom built systems, Part 3: Performance characterisation of stores for solar heating systems'* following parameters were determined:

3.1 Geometrical Data

Weight (empty):			
			79 kg
Maximum Height:	Height of water volume:	Max. diameter / width:	Diameter of water volume:
1,76 m	1,56 m	0,57 m	0,48 m

3.2 Volumina

Domestic hot water volume:	Solar loop heat exchanger:	Auxiliary heat exchanger:
271,6 liters	3,4 liters [4]	1,6 liters [4]

3.3 Thermal parameters

Thermal capacity of entire store:		Thermal capacity of auxiliary part:	
1173,0 kJ/K ± 2,0 %		see chapter 5	
Heat loss rate (operation):	Heat loss rate (stand-by):	Effective vertical thermal conductivity:	Stratification number:
2,46 W/K ± 5 %	**2,17 ± 0,04** [5] W/K	**0,64 ± 0,04** W/(mK)	**163**
Heat loss rate of bottom (stand-by):		Heat loss rate of top and mantle (stand-by):	
0,15 W/K		**2,02** W/K	

Heat transfer capacity rate of solar loop heat exchanger:

$$(kA)_{HX,Sol} = 876{,}9 \cdot \dot{m}^{0,547} \cdot \vartheta_m^{0,311} \text{ [W/K]}$$ [6,7]

determined for a volume flow rate between 100 l/h and 300 l/h and a transfered heating power between 2 and 6 kW

Heat transfer capacity rate of auxiliary loop heat exchanger:

$$(kA)_{HX,Aux} = 83{,}9 \cdot \dot{m}^{0,116} \cdot \vartheta_m^{0,548} \text{ [W/K]}$$ [6,7]

determined for a volume flow rate between 500 l/h and 1000 l/h and a transfered heating power between 7 and 15 kW

[4] as stated by the manufacturer
[5] derived by regression analysis
[6] $\dot{m}$ = mass flow through heat exchanger [kg/s]
[7] ϑ_m = mean local temperature in °C (mean value of heat exchanger-inlet temperature and local store temperature)

3.4 Connections

	relative height:[8]	Application:
A1	0,0	Cold water
A2	**0,94**	Hot water
A3	**0,07**	Collector flow (inlet)
A4	0,56	Collector return (outlet)
A5	0,86	Auxiliary flow (inlet)
A6	**0,56**	Auxiliary flow (outlet)

3.5 Temperature sensors

	relative height:[8]	Application:
T1	**0,32**	Solar loop pump
T2	**0,72**	auxiliary heating

[8] Relative height, in relation to the height of the domestic hot water volume.
The data of the height for the store model (MULTIPORT Store-Model for TRNSYS Type 140 Version 2.03) are not on principle equal to the physical data of the height

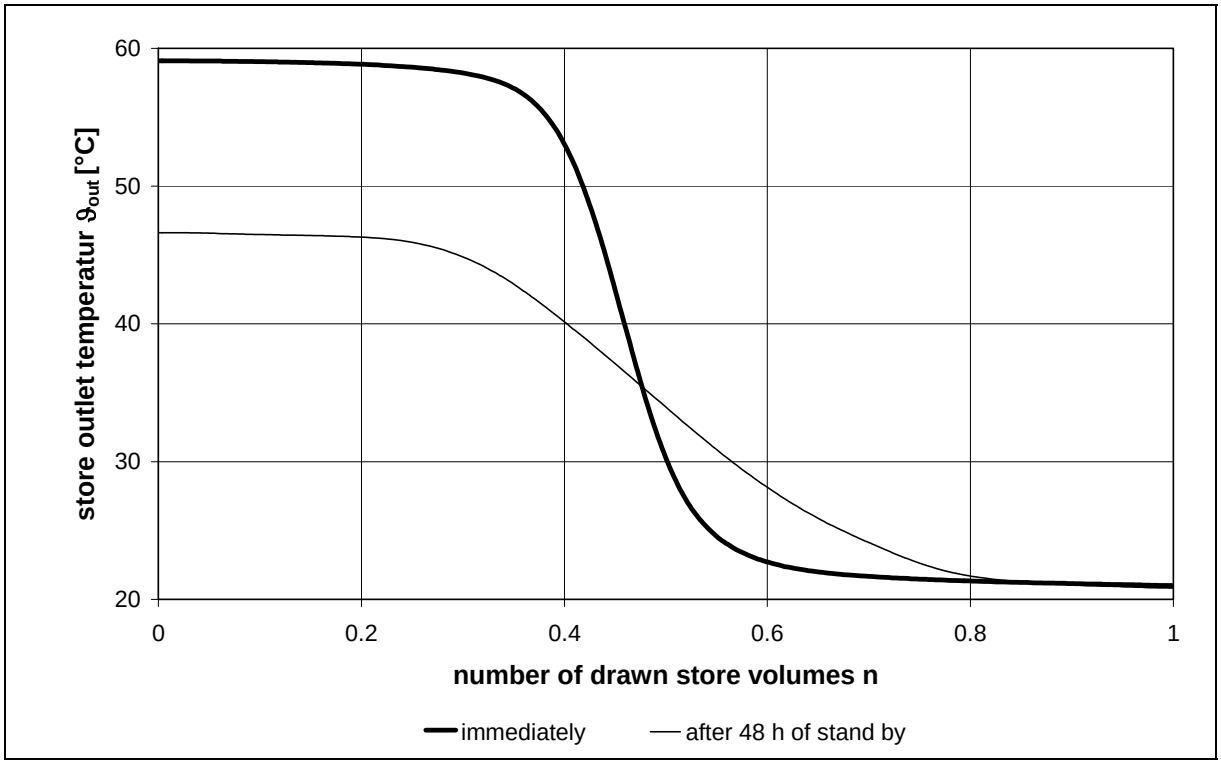


Figure 1: Draw-off profile ($\dot{\overline{V}} \approx 150$ l/h) immediately after charging of the auxiliary part of the store and after 48 hours stand-by

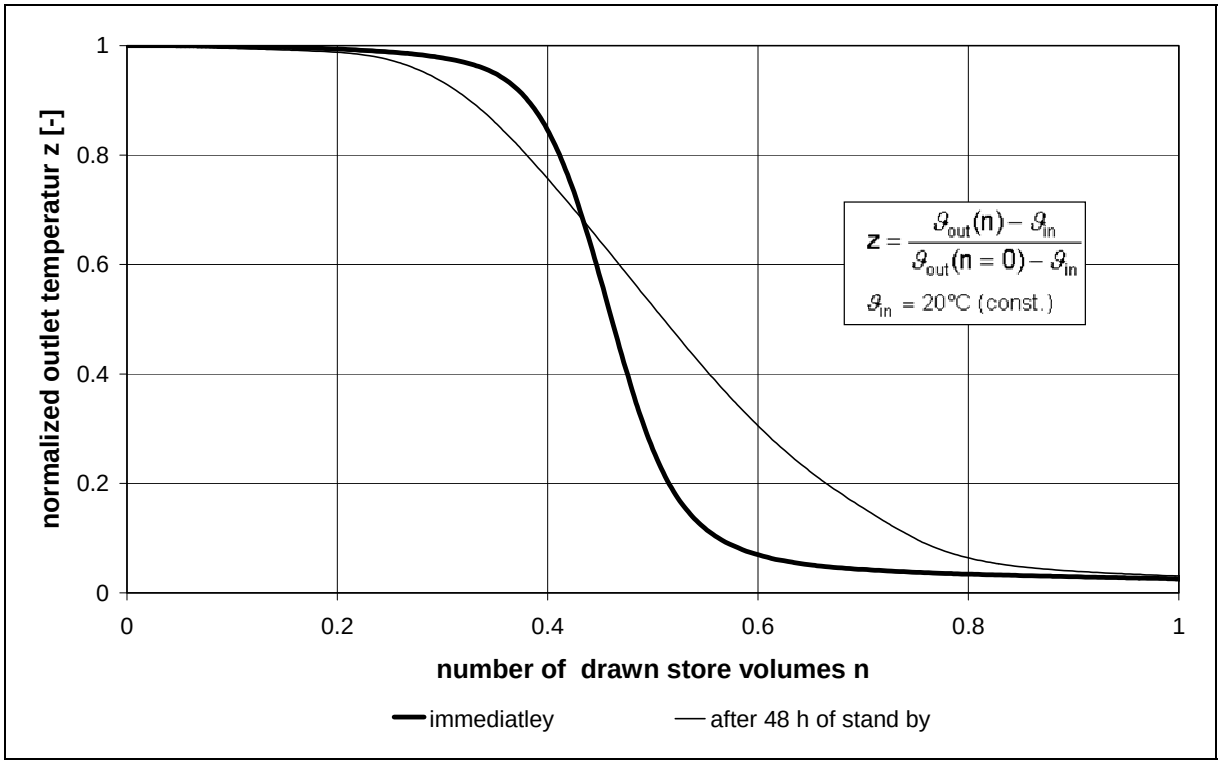


Figure 2: Normalized draw-off profiles of figure 1

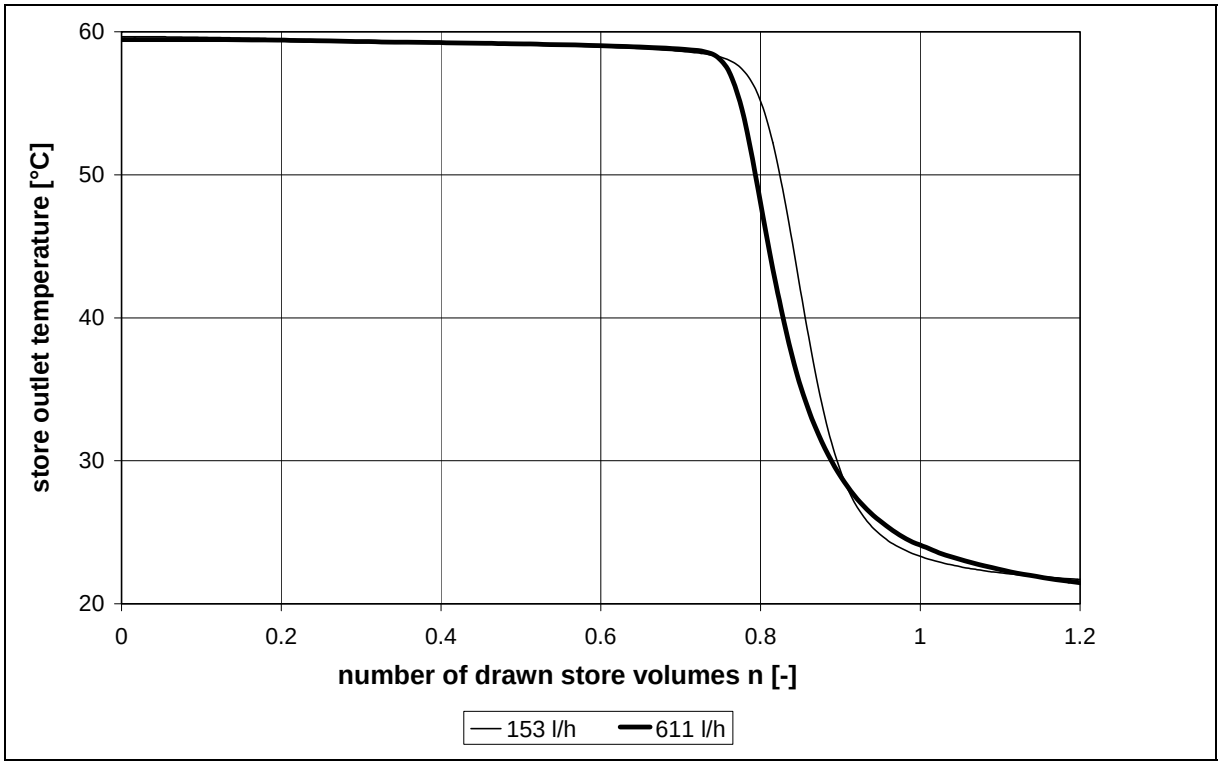


Figure 3: Draw-off profiles for two different draw-off flow rates

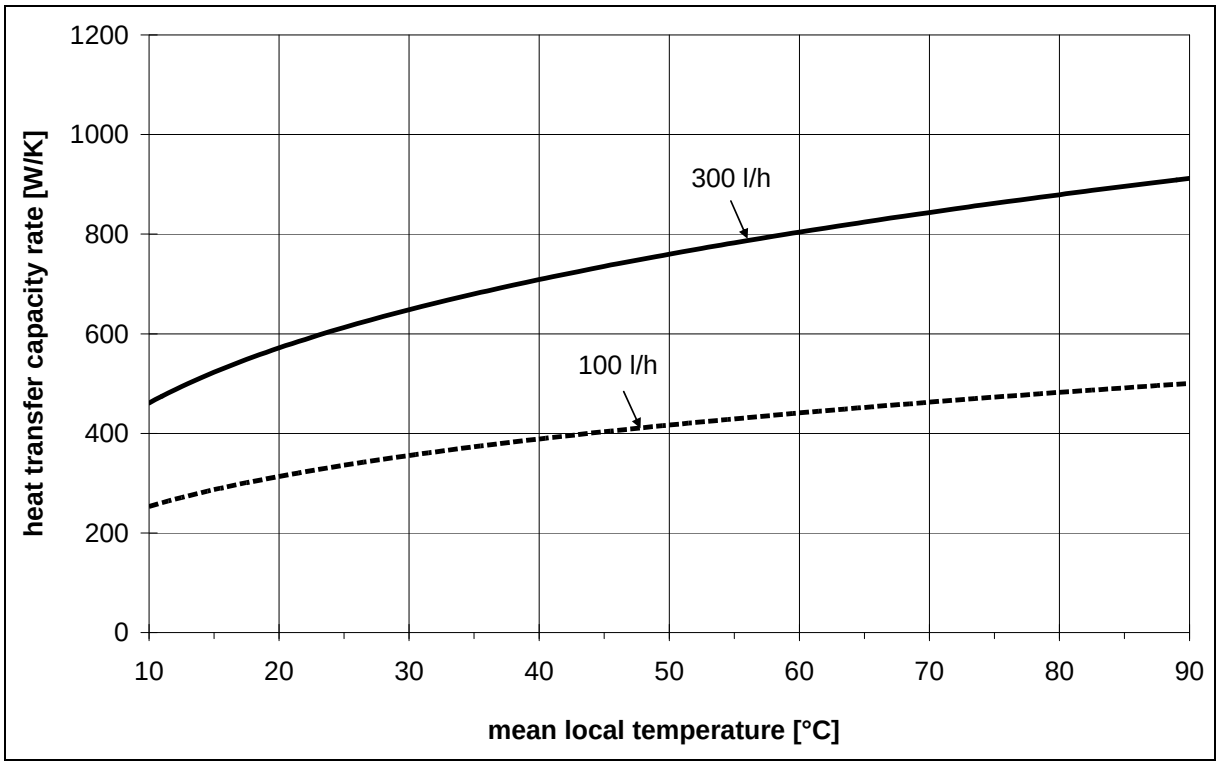


Figure 4: Heat transfer capacity rate of the solar loop heat exchanger for different flow rates

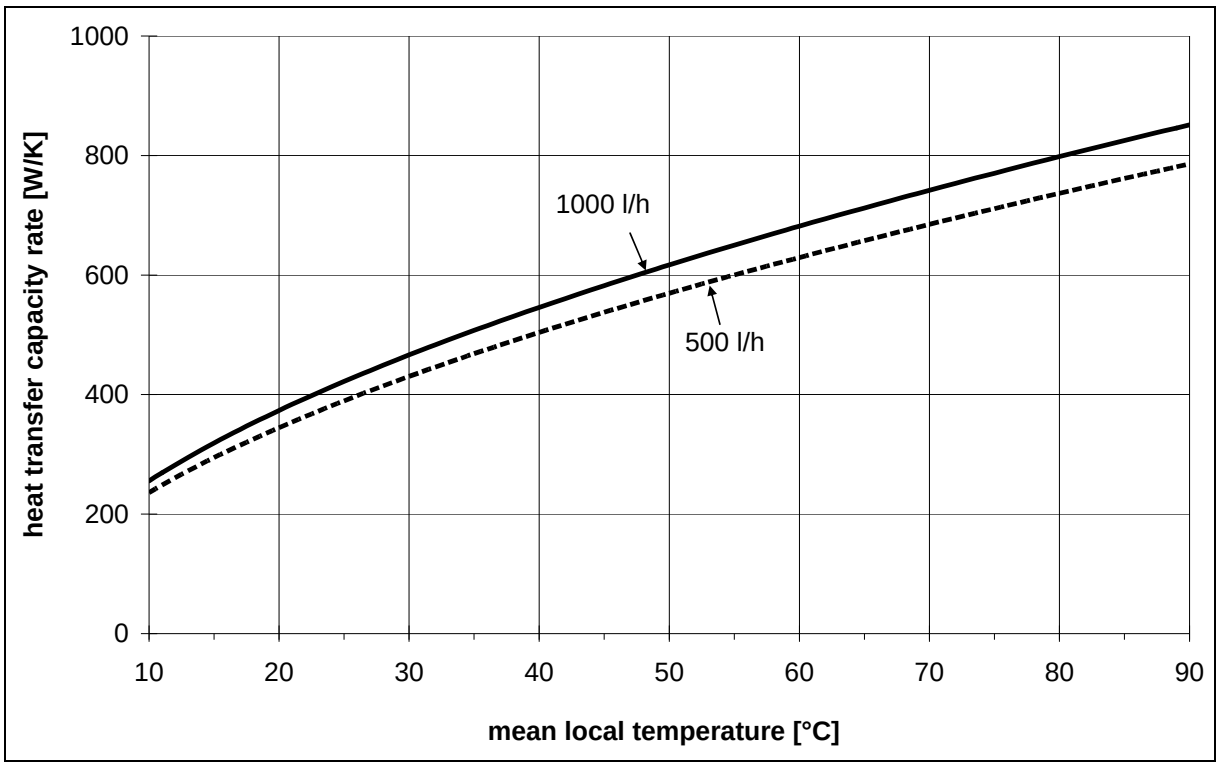


Figure 5: Heat transfer capacity rate of the auxiliary loop heat exchanger for different flow rates

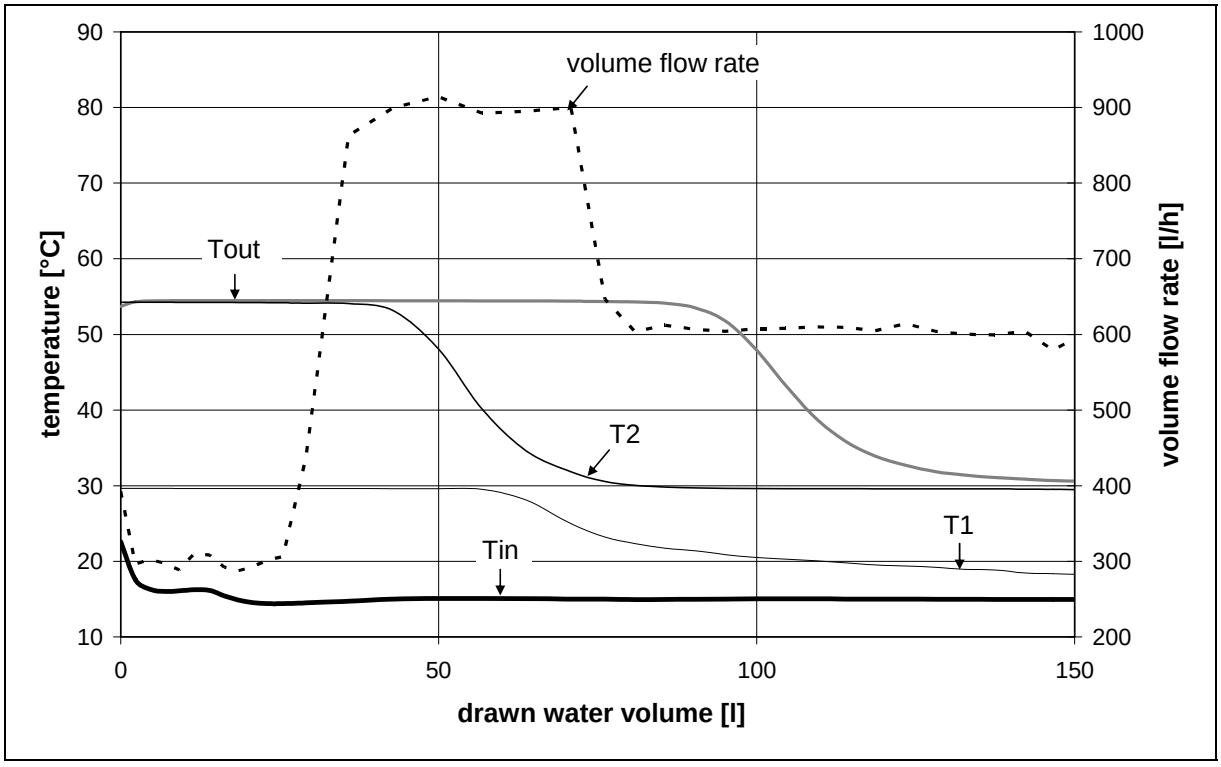


Figure 6: Temperatures and volume flow rate during determing the "utilized hot water volume"

4 Remarks

No special incidents

5 Test procedure

5.1 Determination of the "utilized hot water volume"

In Figure 6 the draw-off profiles during the determination of the "utilized hot water volume" is shown. Therefore the store was conditioned at an uniform temperature of 30 °C first. Afterwards the store was charged using the connections A5 (inlet) and A6 (outlet) with a thermal power of 15 kW, a volume flow rate of 1000 l/h and a maximum inlet temperature of 70°C until a temperature of 52,5°C was reached at the temperature sensor T_2 located in the auxiliary part. Within this charging phase a heat quantity of 12,01 MJ was delivered to the store. Immediately after charging the hot water was tapped without charging the store using the following tapping profile: 5 min with 300 l/h, 3 min. with 900 l/h, afterwards 600 l/h. The cold water inlet temperature was 15°C. Within this discharge phase a heat quantity of 17,00 MJ could be withdrawn from the store until the temperature difference between cold water inlet and hot water outlet dropped below $\Delta T = 30$ K continuously. Using this heat quantity a water volume of **117,1 litres** can be heated up from 10°C to 45°C. This volume is called "utilized hot water volume".

5.2 Remark concerning the calculation of the fractional energy saving

A large "utilized hot water volume" can be realized using a large hot water volume or a high switch-off temperature for heating the auxiliary part. Both parameters have great influence on the thermal behaviour of a thermal solar system (heat losses of the store and solar energy gain). Therefore, the yearly system simulation to determine the fractional energy savings has to be performed with the same parameters as used for the determination of the "utilized hot water volume".

5.3 General

The thermal testing of the store was performed according to EN 12977-3:2008 *'Thermal solar systems and components, Custom built systems, Part 3: Performance characterisation of stores for solar heating systems'.*

The **bold** printed values were determined by means of parameter identification.

Water was used as heat transfer fluid.

Additional information to this test report and the tested store can be found in the document entitled „Additional information to the test report No. 10STO189".

The reproduction of **single pages** of this test report is not allowed without permission of ITW.

Arrival of test sample:	23.06.2010
Testing period:	06.07.2010 to 22.07.2010
Identification of test sample:	Adhesive label 10STO189
Test location	Stuttgart, Pfaffenwaldring 10
Test engineers:	Dipl.-Ing. S. Bachmann

Stuttgart, September 21st, 2010

Dr.-Ing. Harald Drück
- head of TZS -

Explanations to Test Report No. 10STO189

The following pages contain additional explanations and information related to the store test report mentioned above. For a better understanding, some facts will be explained by examples and complex correlations will be shown in a simplified way.

Definition of terms

For the tested store the hot water is heated before draw off and then kept ready for use. According to DIN 4753 (water heaters and water heating installations for drinking water and service water) these stores or water heaters are named store-water heaters. For better readability of this text the term store is used in the following.

1 Technical Data

In accordance to DIN 4753 the thermal output [kW] or performance number [-] determined according to DIN 4708 has to be indicated on the label of the store. In order to obtain the indicated thermal output or the performance number during discharging the store, an adequate thermal power has to be fed into the store in advance or during the discharge. The thermal outputs indicated according to DIN 4708 are already in a range of 30 – 150 kW for stores with a volume of about 300 liters. However, a boiler for a single or two family house today has in general a substantial lower power, so in reality the output of the store is limited by the maximum power of the boiler. For that reason we don't think the indication of a maximum thermal output or performance number is useful, so that we usually do not determine such a number.

2 Schematic design

Here the schematic design of the store as well as the positions of the connections and temperature sensors are shown according to the specifications of the manufacturer.

3 Test results

The ***maximum height*** and the ***maximum diameter*** have been measured at the test sample equipped with thermal insulation.

The ***diameter of the water volume*** was taken from the documentation.

The ***height of the water space*** was calculated for a cylindrical geometry from the determined total volume and the diameter of the water volume.

For the determination of all ***thermal parameters*** water was used as heat transfer fluid. Here the thermophysical properties for the density ($\rho = 992.42$ kg/m^3) and the specific heat capacity ($c_p = 4.181$ kJ/(kg·K)), averaged over the common range of the operating temperature (15°C – 60°C) are assumed to be constant.

The ***thermal capacity of the entire store*** indicates the maximum amount of heat which the store can accumulate or deliver per Kelvin temperature difference. One Kelvin temperature difference corresponds to a change of temperature in the store of one degree Celsius.

The following example shows the calculation of the delivered amount of heat:

> If a store with a thermal capacity of 1.2 MJ/K and an uniform temperature of 60°C is completely discharged with an inlet temperature of the cold water of 20°C, it delivers the following amount of heat Q_{out} :
>
> $$Q_{out} = (60 - 20)\text{K} \cdot 1.2\ \text{MJ/K} = 48\ \text{MJ} = 48000\ \text{kJ} = 13.33\ \text{kWh}$$

If the useful store volume is remarkably smaller than the nominal volume, the store has a "dead" volume, e. g. a volume that is partly not used. The part below the output of the solar loop heat exchanger cannot be heated, since hot water has a lower density than cold water and therefore rises. If the useful store volume is somewhat larger than it's due to the thermal capacity of the metal used for the tank and the heat exchangers the entire store volume is completely used.

The ***thermal capacity of the auxiliary part*** describes the thermal energy that can be taken up or released by the auxiliary part during normal operation per Kelvin temperature difference. In general the circulation pump for the auxiliary heating loop is controlled by the auxiliary heater sensor. Thus the thermal capacity of the auxiliary part depends on the position of the upper heat exchanger **and** the position of the auxiliary heater sensor.

The ***heat loss capacity rate*** describes the heat losses from store to ambient per Kelvin temperature difference (between store and ambient). The heat loss capacity rate during operation applies for the case of a constant temperature of about 60°C in the store. To reach this state the store is constantly charged by a heat flow which corresponds to the heat loss capacity rate from store to ambient.

If cooling of the store is allowed the indicated heat loss capacity rate during stand-by is valid. As this is the case for the application of the store in a solar domestic hot water system the heat losses of the store are better characterized by the indicated heat loss capacity rate during stand-by. If the thermal insulations for the bottom of the store, the mantle of the store and the

top of the store differ the heat loss capacity rate during stand-by for these parts of the store is indicated separately.

The meaning of the heat loss capacity rate is illustrated in the following example for a solar domestic hot water system.

Example for the heat loss capacity rate of the store:

If the entire store has a uniform temperature of 60°C located in a room with a temperature of 20°C the relevant temperature difference between the water in the store and the ambient is 40 K. Furthermore assuming a heat loss capacity rate of 2,5 W/K the flow of heat loss $\dot{Q}_{loss}$ from the store to the ambient is calculated according to the following equation:

$$\dot{Q}_{verl} = 2{,}5\ \text{W/K} \cdot (60 - 20)\text{K} = 100\ \text{W}$$

100 W seems to be a marginal power compared to the power of the collector field which is about 2500 W (irradiation 800 W/m^2, collector area 5 m^2, η = 80 %). However the heat losses occur for 24 hours a day, and so the store is loosing 2,4 kWh each day. Compared with the daily hot water energy consumption of 8 kWh, (typical for a four person household), the energy loss is about 30 %!
As shown by this example, the heat loss capacity rate has an important influence on the performance of the system. Hence it should be as low as possible.

The ***effective vertical thermal conductivity*** informs about the degradation of the thermal stratification during stand-by. To obtain the effective vertical thermal conductivity the upper part of the store is charged twice. The first time the discharge is performed immediately after charging, the second time a stand-by of 48 hours is included. Figure 1 of the test report shows the two different draw-off profiles.
The measured outlet temperature is plotted versus the number of drawn store volumes (n).

How to calculate the number of drawn store volumes is shown by an example:
It is assumed that a store with a volume of 300 liter is discharged with a constant flow rate of 150 l/h. After one hour ***n*** amounts to 0,5; after 2 hours to 1,0.

As shown in figure 1 of the test report the profile obtained after stand-by is starting at a lower temperature and the curve is more smoothed. The lower temperature at the start of discharge is caused by two overlapping effects:
First the store has lost energy during the 48 h stand-by to the environment. Therefore the amount of discharged energy after the stand-by is obviously lower than the energy discharged immediately after charging. The **second** effect is the heat transfer from the hot upper part to the cold lower part of the store, during the 48 h stand-by. Figure 2 of the test report shows the profiles in a standardized form.
The heat transfer from the top to the bottom of the store is due to the thermal conductivity of the steel tank, the water and other inner parts of the construction (e. g. heat exchangers), as well as due to thermal convection flows. The intensity of this heat transfer is described by the effective vertical thermal conductivity.

The degradation of stratification during stand-by caused by the effective vertical thermal conductivity has two different negative aspects:
1. The energy transferred from the upper part of the store to the lower part has to be renewed by the auxiliary heater to guarantee the operating temperature in the auxiliary part.
2. The energy transferred to the solar part increases its temperature and causes higher temperatures in the collector loop.

We see that the effective vertical thermal conductivity should be as low as possible. It could of course not be lower than the conductivity of the water in the store.
For good stores without immersed parts the effective vertical thermal conductivity is close to the thermal conductivity of water (0,6 W/(m·K)). For stores with immersed heat exchangers an effective vertical thermal conductivity between 1,0 and 1,5 W/(m·K) can be reached.

The ***stratification number*** is an index for the preservation of the temperature profile during discharge. Figure 3 of the test report shows draw-off profiles with the store outlet temperature being constant at first, but then decreasing relatively fast. Ideally a step would occur. The steeper the curve the better the thermal stratification of the store during the discharge, and the more water can be drawn with a constant (high) temperature. The reason for the round "angles" of the profiles is the mixing between the hot water in the store and the cold water floating into the store at the bottom. To reduce mixing the entering cold water should be calmed and fatigued by a baffle plate.

To find the stratification number the draw-off profile for the larger draw-off flow rate shown in figure 3 of the test report is relevant. High stratification numbers indicate a good conservation of the temperature stratification during discharge. The stratification number refers to the number of nodes, if the measured draw-off profile is simulated with a store model based on a finite-difference method.

Simulations of the solar domestic hot water system showed, that variations in the range of high stratification figures have only a very small influence on the solar fraction. If the stratification number changed from 30 to 100 the solar fraction will increase for 1%.

The figures 4 and 5 show the ***heat transfer capacity*** **rate** of the collector loop heat exchanger and the auxiliary loop heat exchanger versus the mean local temperature. The mean local temperature is calculated as the mean value of the heat exchanger inlet temperature and the local store temperature. The heat transfer capacity rate indicates the thermal power which can be transferred per Kelvin (logarithmic mean) temperature difference. This shall be explained by an example:

Example:

The following values are assumed:

- -uniform store temperature of 30°C
- -outlet temperature of the heat exchanger 40°C
- -heat transfer capacity rate of the heat exchanger of 500 W/K (mean local temperature of 45°C)

Simplified the performance $\dot{Q}_{WT}$ transferred by the heat exchanger yields to:

$$\dot{Q}_{WT} = 500\,W/K \cdot [\ \frac{60+40}{2} - 30\ ]\ K = 10000\,W = 10\,kW$$

As shown in the figures 4 and 5 the heat transfer capacity rate is increasing with the mean local temperature since the viscosity of water decreases (the water becomes more dilute). In that case the thermal convection becomes stronger, thus the heat can than be better transferred away from the heat exchanger. The heat transfer capacity rate also depends on the flow rate through the heat exchanger. The heat transfer capacity rate also increases if the mass flow rate increases because the flow in the heat exchanger gets more turbulent. So the inside heat transfer capacity rate increases.

Figure 6 shows the temperature profiles of discharge during the determination of the “utilized hot water volume”. For further details see test report chapter 5.1.

4 Thermal performance of the store in the solar system

Besides the heat loss capacity rate, the effective vertical thermal conductivity and the stratification number there are a number of further store parameters describing a "good" store. These parameters are unfortunately not directly comparable, so that their influence on the system can only be quantified by the simulation of different operating conditions.
To assess the whole store or its qualities operating with a solar system, simulations have to be carried out. The parameters for the description of the thermal behaviour of the store can be found in the chapter 3 of the test report.
To compare different stores with each other, their thermal behaviour is simulated with the same solar system. One quality index is the annual solar fraction.

S. Bachmann, September 21st, 2010

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht

Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wärmeleistung von vorgefertigten thermischen Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung der „J Systemfamilie“

Test Report

Durability, Safety and Thermal Performance of Factory Made Thermal Solar Domestic Hot Water Systems of the “J system family”

nach EN 12976:2006
according to EN 12976:2006

Prüfbericht-Nr.: 10SYS82
Test Report No.: 10SYS82

Stuttgart, den 23.12.2010
Stuttgart, December 23rd, 2010

Hersteller *manufacturer*	**Solahart Industries Pty Ltd** **112 Pilbara Street** **Welshpool Perth 6106** **West Australia**
Fabrikat *brand*	**Solahart**
Typ *type*	**302 J** *302 J*
Herstelljahr *year of production*	**2009 & 2010**

Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben) ... 3
General specifications (acc. to manufacturer) 3
2 Frostbeständigkeit ... 8
Freeze resistance 8
3 Übertemperaturschutz ... 8
Over temperature protection 8
4 Druckbeständigkeit ... 9
Pressure resistance 9
5 Wasserkontamination ... 10
Water contamination 10
6 Sicherheitsausrüstung ... 10
Safety equipment 10
7 Beschilderung ... 10
Marking 10
8 Leistungsprüfung ... 11
Thermal performance test 11
9 Ertragsberechnung ... 12
Thermal performance characterization 12
10 Rücklaufschutz ... 15
Reverse flow protection 15
11 Elektrische Sicherheit ... 15
Electrical safety 15
12 Zusammenfassung ... 16
Summary 16
13 Prüfverfahren ... 17
Test method 17
Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte und Prüfergebnisse ... 18
Annex A: Presentation of measured data and test results 18
Anhang B: Solar Keymark Scheme Rules für System Familien ... 19
Annex B: Solar Keymark Scheme rules for system families 19
Übersicht aller Mitglieder der Systemfamilie 19
Overview of all members of the system family 19
Anhang B1: Typ 151 J 20
Annex B1: Type 151 J 20
Anhang B2: Typ 181 J 23
Annex B2: Type 181 J 23
Anhang B3: Typ 182 J 26
Annex B3: Type 182 J 26
Anhang B4: Typ 221 J 29
Annex B4: Type 221 J 29
Anhang B5: Typ 222 J 32
Annex B5: Type 222 J 32
Anhang B6: Typ 301 J 35
Annex B6: Type 301 J 35
Anhang B7: Typ 303 J 38
Anex B7: Type 303 J 38
Anhang B8: Typ 444 J 41
Annex B8: Type 444 J 41
Anhang C: Symbole und Abkürzung ... 44
Annex C: Symbols and abbreviations 44

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)

General specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Solahart Industries Pty Ltd 112 Pilbara Street Welshpool Perth 6106 West Australia
Fabrikat *brand*	Solahart
Ansprechpartner *contact person*	**Mr. Joe Costanzo** Tel: +61 8 93514600 Fax:+61 8 93514690 e-mail: joe.costanzo@solahart.com.au
Typ *type*	302 J *302 J*
Herstellnummer *serial number*	Keine (separate Herstellnummer für Speicher und Kollektor) *none (separate serial number for store and collector)*
Serienprodukt oder Prototyp *serial product or prototype*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr *year of production*	2009 & 2010 *2009 & 2010*

Anlagenbeschreibung
Description of the system



Die untersuchte Solaranlage arbeitet nach dem Prinzip des Naturumlaufs (Thermosiphon). Die Anlage besteht aus zwei Kollektoren der J-Serie und einem über den Kollektoren angebrachten Speicher mit Mantelwärmeübertrager. Der Speicher kann auf oder unter dem Dach installiert werden. Kollektoren und Mantelwärmeübertrager bilden einen geschlossenen hydraulischen Kreislauf, in dem eine Mischung aus Wasser und Solahart Hartgard® als Frostschutzmittel eingesetzt wird.

The system under investigation uses the thermosiphon principle to transfer the solar energy to the storage tank. The system consists of a store with jacket heat exchanger and two flat plate collectors of the J-type. The store can be mounted above or underneath the roof. The J series is a closed circuit system. The collectors and the jacket heat exchanger form a closed circuit in which as heat transfer fluid a mixture of Solahart Hartgard® and water is used.

Nennvolumen Speicher 302 J *nominal store volume 302 J*	300 l *300 l*
Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Kollektor
Collector

Typ: *type*	Solahart J *Solahart J*
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate*
Länge: *length:*	1936 mm (von Prüflabor bestimmt) *1936mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1022 mm (von Prüflabor bestimmt) *1022 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	80 mm (von Prüflabor bestimmt) *80 mm (determined by test laboratory)*
Bruttofläche: *gross area:*	1,98 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.98 m² (determined by test laboratory)*
Aperturfläche: *aperture area:*	1,86 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.86 m² (determined by test laboratory)*
Absorberfläche: *absorber area:*	1,86 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.86 m² (determined by test laboratory)*
Gewicht: *weight:*	42 kg *42 kg*
Herstelljahr *year of production*	2010 *2010*
Herstellernummern *serial no.*	60310703 / 60310704 *60310703 / 60310704*

Prüfungen des Kollektors
Collector tests

EN 12975-2:2006 *EN 12975-2:2006*	Prüfbericht ITW 08COL733 vom 27.06.2008 *Test report ITW 08COL733, date: June 6th 2008*
Solar-Keymark *Solar Keymark*	erteilt durch DIN CERTCO, Nr. 011-7S455 F *issued by DIN CERTCO, No. 011-7S455 F*

Speicher 302 J
Store 302 J

Bauart: *type:*	emaillierter Stahlspeicher *enamelled steel tank*
Länge x Durchmesser: *length x diameter:*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Nennvolumen: *nominal volume:*	300 l *300 l*
zulässige Betriebstemperatur: *max. operating temperature:*	99 °C *99 °C*
zulässiger Betriebsüberdruck: *max. operating pressure:*	10 bar *10 bar*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1278 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1278 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	308 l (von Prüflabor bestimmt) *308 l (determined by test laboratory)*

Wärmedämmung: *thermal insulation:*	Polyurethan *polyurethane*
Wasserseitiger Korrosionsschutz: *corrosion protection:*	Magnesium Anode *magnesium anode*
Elektrische Zusatzheizung: *auxiliary electric heater:*	nicht vorhanden *non existent*
Wärmeübertrager Kollektorkreis: *solar loop heat exchanger:*	Mantel-Wärmeübertrager *jacket heat exchanger*
Wärmeübertrager Trinkwasser: *drinking water heat exchanger:*	nicht vorhanden *non existent*
Herstelljahr *year of production*	2009 *2009*
Herstellernummer *serial no.*	6085104 *6085104*

Regelung *Controller:*	Nicht benötigt *not required*

Komponenten der Pumpen- und Sicherheitsbaugruppe
Pump and safety components:

Sicherheitsventil *safety valve*	Kombiniertes Druck-/ Temperaturventil *Combined pressure / temperature relief valve*
Typ / Prüfzeichen *type / marking*	H50 / AS 1357-1 LN938 *H50 / AS 1357-1 LN938*
Öffnungsdruck / Öffnungstemperatur *relief pressure / relief temperature*	10 bar oder 99°C *10 bar or 99°C*
Ausdehnungsgefäß *expansion vessel*	nicht benötigt *not required*
Kollektorkreispumpe *solar loop pump*	nicht benötigt *not required*

Sonstiges
Others

Rückflussverhinderer *reverse flow protection*	nicht benötigt *not required*
Durchflussmesser *flow meter*	nicht vorhanden *non existent*
Absperrhahn *shut-off valve*	nicht vorhanden *non existent*
Sicherheitsventil im Solarkreis *expansion valve in the solar loop*	Vorhanden, Ansprechdruck 2,0 bar *existent, relief pressure 2,0 bar*
Brauchwassermischer *Cold water mixing device*	nicht vorhanden *non existent*

Rohrleitungen Kollektorkreis
Piping solar loop

Werkstoff *material*	Die in EN 12976-1:2006, Kapitel 4.3.3 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-1:2006, chapter 4.3.3 are fulfilled*

Dokumentation
Documentation

April 2010
Solahart Owner's Manual 33-1197 Revision E
April 2010
Solahart Owner's Manual *33-1197 Revision E*

Unterlagen für den Installateur *Documentation for the installer*	Die Dokumentation enthält alle in EN 12976-1:2006 geforderten Angaben. *The documentation does include all, acc. to EN 12976-1:2006 required information.*
Unterlagen für den Nutzer *Documentation for the user*	Die Dokumentation enthält alle in EN 12976-1:2006 geforderten Angaben. *The documentation does include all, acc. to EN 12976-1:2006 required information.*

Systemfamilie
System family

Solar Keymark Scheme rules Version 11.04, Anhang D:
Solar Keymark Scheme Rules Version 11.04, annex D:

Für alle Prüfungen, außer der Übertemperaturschutzprüfung, ist die Anlage der Familie mit dem mittleren Verhältnis von Kollektorfläche zu Speichervolumen zu wählen. Diese Prüfungen wurden an dem System 302 J durchgeführt. Die Übertemperaturschutzprüfung wird an der Anlage der Systemfamilie mit dem größten Verhältnis von Kollektorfläche zu Speichervolumen durchgeführt. Die Übertemperaturschutzprüfung wurde an einem unter diesen Aspekten baugleichen System mit den leistungsstärkeren Kollektoren der KF-Kollektorfamilie durchgeführt und erfolgte bei dem System 182 KF (vgl. Prüfbericht 10SYS90 vom 18.11.2010). Eine Aufstellung aller zur J-Systemfamilie gehörenden Anlagen ist im Anhang B aufgeführt.

All tests for a system family except the over temperature protection test shall be performed at the system closest to the medium ratio of collector area to store volume. The tests were performed at the 302 J system. The over temperature protection test shall be performed at the system of the family with the maximum ratio of collector area to store volume. This test was performed at a system similar with regard to this aspects using the higher performing collectors of the KF collector family at the 182 KF system (see test report 10SYS90, dated November 18th 2010). A list of all J-system family members is listed in appendix B.

Gültigkeit *Validity*	Der Prüfbericht ist gültig für die folgenden Systemtypen: Solahart 151 J, 181 J, 182 J, 221 J, 222 J, 301 J, 302 J, 303 J, 444 J. *The test report is valid for the following system types: Solahart 151 J, 181 J, 182 J, 221 J, 222 J, 301 J, 302 J, 303 J, 444 J.*

2 Frostbeständigkeit

Freeze resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.1
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.1.

Prüfung: 30.08.2010
Test: 08/30/2010

Der Kollektorkreis der Anlage wird mit einer Mischung aus Frostschutzmittel und Wasser betrieben. Es ist keine Prüfung notwendig.
The solar loop of the system is filled with a mixture of antifreeze fluid and water. No freeze resistance test is necessary.

Angaben zum Frostschutzmittel *Specification of anti freeze fluid*	
Typ *type*	Solahart Hartgard *Solahart Hartgard*
Substanz *substance*	Propylenglykol *propylene glycol*
Gefrierpunkt *freezing point*	-35 °C (bei 50% Frostschutzmittel und 50% Wasser) *-35 °C (using 50% anti freeze fluid and 50% water)*

Ergebnis: Prüfung entfällt
Conclusion: no test required

3 Übertemperaturschutz

Over temperature protection

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.2.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.2.

Prüfung: 29.07. – 02.08.2010
Test: 07/29 – 08/02/2010

Kollektorneigung *inclination of collector surface*	Anzahl Tage mit mehr als 20 MJ/m² *number of days with more than 20 MJ/m²* [d]	aufgetretene Fehler *failure during test*
49°	**2**	**keine /** *none*

Ergebnis: Kein Fehler nach EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.2
Conclusion: No failure acc. to EN 12976-2:2006, chapter 5.2

Hinweis: Der Test wurde nach den Solar Keymark scheme rules Version 11.04, Anhang D, an dem System der Familie mit dem größten Verhältnis von Kollektorfläche zu Speichervolumen durchgeführt. Diese Prüfung wurde an einem unter diesen Aspekten baugleichen System mit den leistungsstärkeren Kollektoren der KF-Kollektorfamilie durchgeführt und erfolgte bei dem System 182 KF. Weitere Ergebnisse zu diesem System sind im ITW Prüfbericht Nummer 10SYS90 vom 18.11.2010 dokumentiert.

Remark: *according to the Solar Keymark Scheme Rules version 11.04, annex D, the over temperature protection test shall be performed at the system of the family with the maximum ratio of collector area to store volume. This test was performed at a system similar with regard to this aspects using the higher performing collectors of the KF collector family at the 182 KF system. Further results of this system type are documented in ITW report number 10SYS90 dated November 18th 2010.*

4 Druckbeständigkeit

Pressure resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.3.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.3.

Prüfung: 28.04.2010
Test: 04/28/2010

Wärmeübertrager Kollektorkreis
Heat exchanger collector loop

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
2.0	**3.0**	**15**

Druck Testbeginn *pressure at test begin* [bar]	Druck Testende *pressure at test end* [bar]	aufgetretene Fehler / Bemerkungen *failure / comments*
3.0	**3.0**	**keine / *none***

Speicher
Store

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10.0	**15.0**	**15**

Druck Testbeginn *pressure at test begin* [bar]	Druck Testende *pressure at test end* [bar]	aufgetretene Fehler / Bemerkungen *failure / comments*
15.3	**15.3**	**keine / *none***

Ergebnis: Kein Fehler nach EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.3
Conclusion: No failure acc. to EN 12976-2:2006 - chapter 5.3

5 Wasserkontamination

Water contamination

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.4.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.4.

Prüfung: 28.04.2010
Test: 04/28/2010

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.4 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2006 - chapter 5.4 are fulfilled.

6 Sicherheitsausrüstung

Safety equipment

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.6.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.6.

Prüfung: 30.05.2010
Test: 05/30/2010

Sicherheitsventil *Safety valve*	entspricht EN 12976-2:2006 *acc. to EN 12976-2:2006*
Sicherheits- und Ausdehnungsleitungen *Safety lines and expansion lines*	nicht benötigt *not required*
Ausblaseleitungen *Blow off lines*	nicht benötigt *not required*

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.6 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2006 - chapter 5.6 are fulfilled.

7 Beschilderung

Marking

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.7.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.7.

Prüfung: 30.05.2010
Test: 05/30/2010

Kennzeichnung der Anlage
System identification

Typenschild System *system label*	nicht vorhanden *non existent*
Typenschild Kollektor *collector label*	enthält alle notwendigen Daten *contains all information required*
Typenschild Speicher *store label*	enthält alle notwendigen Daten *contains all information required*

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2006, Kapitel 5.7 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2006, chapter 5.7 are fulfilled.

8 Leistungsprüfung

Thermal performance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.8.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.8.

Prüfverfahren: ISO/DIS 9459-5:2007 (Dynamischer Systemtest; DST)
Test method: ISO/DIS 9459-5:2007 (Dynamic system test; DST)

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter (inkl. Standardabweichung) für Solahart 302 J *Model parameters (incl. standard deviations) for Solahart 302 J*					
A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_s [W/K]	C_s [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
2.030	8.058	3.744	1.278	0.0387	0.1394
± 0.0301	± 0.4700	± 0.2255	± 0.0172	± 0.0085	± 0.0108

A_c*	[m²]	Modellparameter für die effektive Kollektorfläche *effective collector loop area*
u_c*	[W/(m²K)]	Modellparameter für den effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Kollektorkreislaufs *effective collector loop heat loss coefficient*
U_s	[W/K]	Modellparameter für die Wärmeverlustrate des Speichers *heat loss rate of the store*
C_s	[MJ/K]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
D_L	[-]	Hilfsgröße zur Charakterisierung der Mischvorgänge im Speicher während der Entnahme *mixing constant, describing mixing effects during draw-off*
S_c	[-]	Modellparameter zur Beschreibung der thermisch geschichteten Beladung im Speicher *collector loop stratification parameter*

9 Ertragsberechnung

Thermal performance characterization

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den bei der Prüfung ermittelten Kennwerten das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the parameter determined by the test of the system, the thermal behaviour of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardised hot water draw-off profiles.

Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung
Reference conditions for performance characterisation

Kollektorausrichtung *collector orientation*	Süd *south*
Wetterdaten *weather data*	Stockholm, Würzburg, Davos, Athen *Stockholm, Würzburg, Davos, Athen*
Warmwasserverbrauch *hot water demand*	200 - 400 Liter / Tag, Entnahme um 18^{00} jahreszeitabhängige Kaltwassertemperatur Warmwassertemperatur: 45 °C *200 - 400 liters / day, draw of at: 18^{00}* *seasonal depending cold water temperature* *hot water demand temperature: 45 °C*
Bemessungslast des Systems *design load of system*	250 Liter / Tag *250 liters / day*
Speicherumgebungstemperatur *ambient temperature of store*	Außentemperatur *Outside temperature*

Thermische Leistungskenngröße
Performance indicator

solarer Deckungsanteil [%]
solar fraction [%]

$$f_{sol} = \frac{Q_L}{Q_d} \cdot 100$$

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	5030	0	45.3
Würzburg (49.5° N)	10643	5481	0	51.5
Davos (46.8° N)	12050	7833	0	65.0
Athen (38.0° N)	8263	6726	0	81.4

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	5676	0	40.9
Würzburg (49.5° N)	13304	6279	0	47.2
Davos (46.8° N)	15063	8751	0	58.1
Athen (38.0° N)	10329	7871	0	76.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	6096	0	36.6
Würzburg (49.5° N)	15965	6865	0	43.0
Davos (46.8° N)	18075	9345	0	51.7
Athen (38.0° N)	12395	8825	0	71.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	6373	0	28.7
Würzburg (49.5° N)	21286	7280	0	34.2
Davos (46.8° N)	24100	9736	0	40.4
Athen (38.0° N)	16526	10031	0	60.7

10 Rücklaufschutz

Reverse flow protection

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.10.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.10.

Prüfung: 30.05.2010
Test: 05/30/2010

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2006, Kapitel 5.10 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Hinweis: Rücklaufschutz erfüllt, da Speicher oberhalb Kollektor montiert (Thermosiphon).
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2006 - chapter 5.10 are fulfilled
Remarks: Reverse flow protection fulfilled, as the storage tank is mounted on top of the collector (thermo siphon).

11 Elektrische Sicherheit

Electrical safety

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.11.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.11.

Prüfung: 05.06.2010
Test: 06/05/2010

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2006, Kapitel 5.11 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2006 - chapter 5.11 are fulfilled

12 Zusammenfassung

Summary

Die Prüfung der Anlage erfolgte nach EN 12976-2:2006 "Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Vorgefertigte Anlagen - Teil 2: Prüfverfahren".

The test of the system was performed according to EN 12976-2:2006 „Thermal solar systems and components – Factory made systems – Part 2: Test methods".

Art der Prüfung ***Type of test***	**Ergebnis** ***Result***
Frostbeständigkeit *Freeze resistance*	Prüfung entfällt *No test required*
Übertemperaturschutz *Over temperature protection*	Keine Fehler nach EN 12976-2:2006 *No failure acc. to EN 12976-2:2006*
Druckbeständigkeit *Pressure resistance*	Keine Fehler nach EN 12976-2:2006 *No failure acc. to EN 12976-2:2006*
Wasserkontamination *Water contamination*	Die in EN 12976-2:2006 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2006 are fulfilled.*
Sicherheitsausrüstung *Safety equipment*	Die in EN 12976-2:2006 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2006 are fulfilled.*
Beschilderung *Marking*	Die in EN 12976-2:2006 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2006 are fulfilled.*
Leistungsprüfung *Thermal performance test*	Ergebnisse siehe Abschnitt 8 *results see chapter 8*
Ertragsberechnung *Thermal performance characterisation*	Ergebnisse siehe Abschnitt 9 *results see chapter 9*
Rücklaufschutz *Reverse flow protection*	Die in EN 12976-2:2006 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2006 are fulfilled*
Elektrische Sicherheit *Electrical safety*	Die in EN 12976-2:2006 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2006 are fulfilled*

13 Prüfverfahren

Test method

Die Prüfung der Anlage erfolgte nach der EN 12976-2:2006 "Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Vorgefertigte Anlagen – Teil 2: Prüfverfahren". Die Ermittlung der Wärmeleistung wurde nach ISO 9459-5:2007 (DST Verfahren) durchgeführt. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The test of the system has been carried out according to EN 12976-2:2006 "Thermal solar systems and components – Factory made systems – Part 2: Test methods". The thermal performance characterisation has been carried out according to ISO 9459-5:2007 (DST method). Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüflinge *Receipt of test samples*	19.04.2010 *04/19/2010*	
Identifikation Prüflinge *Identification of test sample*	10SYS82 (302 J) *10SYS82 (302 J)*	10SYS90 (182 KF) *10SYS90 (182 KF)*
Prüfzeitraum 302 J *Test period 302 J*	28.04.2010 – 30.08.2010 *04/28/2010 – 08/30/2010*	
Prüfzeitraum 182 KF *Test period 182 KF*	20.07.2010 – 02.08.2010 *07/20/2010 – 08/02/2010*	
Prüfer *Test engineer*	Dipl.-Ing. F. Bertsch, Dipl.-Ing. S. Bonk	

Stuttgart, den 23.12.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte und Prüfergebnisse

Annex A: Presentation of measured data and test results

Messsequenzen gemäß ISO 9459:2007, Teil 5
Measurement sequences according to ISO 9459:2007, part 5

Detaillierte Darstellung der Prüfergebnisse gemäß ISO 9459:2007, Teil 5
Detailed presentation of test results according to ISO 9459:2007, Part 5

			Number									Meteorological conditions (average values)			
Seq.No.	Filename	Sequence type	days	A-days	A-valid	B-days	B-valid	S-days	S-valid	x-days	x-valid	$\vartheta_{C,amb}$ [°C]	$\vartheta_{S,amb}$ [°C]	$E_{C,glob}$ [W/m²]	V_C [m/s]
1	**1022SOL1**	Sol	7	7	3							15.3	15.3	149.2	0.0
2	**1022SOL2**	Sol	3			3	3					23.7	23.7	334.6	0.0
3	**1022STO1**	Sto	4			2	2	2	2			15.7	15.7	124.3	0.0

Die Anlagenkennwerte, Standardabweichung und Korrelationsmatrix
System parameters, standard deviations and cross correlation matrix

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
2.030	8.058	3.744	1.278	0.0387	0.1394
± 0.0301	± 0.4700	± 0.2255	± 0.0172	± 0.0085	± 0.0108
Cross correlation matrix					
1.0000000	0.2397413	0.3663607	-0.0218870	0.1516369	0.1091582
0.2397413	1.0000000	-0.3666814	-0.0530312	-0.3078632	0.7713678
0.3663607	-0.3666814	1.0000000	-0.0166889	-0.1033771	-0.2222610
-0.0218870	-0.0530312	-0.0166889	1.0000000	0.1327927	0.0532353
0.1516369	-0.3078632	-0.1033771	0.1327927	1.0000000	-0.2302051
0.1091582	0.7713678	-0.2222610	0.0532353	-0.2302051	1.0000000

Anhang B: Solar Keymark Scheme Rules für System Familien

Annex B: Solar Keymark Scheme rules for system families

Die Einteilung der einzelnen Anlagen bzw. Familienmitglieder der Systemfamilie erfolgt anhand der Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Im Folgenden werden die Unterschiede der jeweiligen Familienmitglieder beschrieben. Die Anlageneigenschaften entsprechen denen der vollständig geprüften und in diesem Bericht beschriebenen Anlage vom Typ 302 J (Referenzsystem), sofern nicht anders spezifiziert.
Die Ergebnisse der Ertragsberechnungen für die jeweiligen Anlagen bzw. Familienmitglieder sind im Folgenden gemeinsam mit der Beschreibung der entsprechenden Anlagen aufgeführt.

The systems being part of one system family are classified according to the Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. The specific differences of each family member are described. If not specified differently the system specifications of the system 302 J (reference system) that was tested completely and is described in this report apply.
The results of the thermal performance characterizations determined of each system are reported together with the description of the system.

Übersicht aller Mitglieder der Systemfamilie

Overview of all members of the system family

Typ *type*	Nennvolumen Speicher *nominal store volume* V [l]	Anzahl der Kollektoren *number of collectors* [-]	Gesamtkollektor-fläche (Apertur) *total collector area (aperture)* A [m²]	Verhältnis von Gesamtkollektor-fläche zu Nenn-volumen Speicher ratio of total collector area to nominal store volume $(A/V)_{sys}$ [m²/m³]	Betrag der Differenz von *Absolute value of difference from* $(A/V)_{sys}$ - $(A/V)_{average}$ [m²/m³]
151 J	150	1	1.86	12.4	1.3
181 J	180	1	1.86	10.3	3.3
182 J	180	2	3.72	20.7	7.0
221 J	220	1	1.86	8.5	5.2
222 J	220	2	3.72	16.9	3.3
301 J	300	1	1.86	6.2	7.5
302 J	300	2	3.72	12.4	1.3
303 J	300	3	5.58	18.6	4.9
444 J	440	4	7.44	16.9	3.3
Arithmetischer Mittelwert der Verhältnisse $(A/V)_{sys}$: $(A/V)_{average}$ [m²/m³] *Arithmetical mean of the ratios of $(A/V)_{sys}$: $(A/V)_{average}$ [m²/m³]*					13,7 *13.7*

Anhang B1: Typ 151 J

Annex B1: Type 151 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	150 l *150 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1280 x 510 mm *ca. 1280 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	631 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *631 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	152 l (von Prüflabor bestimmt) *152 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 151 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 151 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 151 J
Model parameters for Solahart 151 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
1.332	11.561	2.505	0.631	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 80l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 80 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	4441	2101	0	47.3
Würzburg (49.5° N)	4257	2278	0	53.5
Davos (46.8° N)	4820	3292	0	68.3
Athen (38.0° N)	3305	2776	0	84.0

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 110 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 110 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	6107	2644	0	43.3
Würzburg (49.5° N)	5854	2898	0	49.5
Davos (46.8° N)	6628	4136	0	62.4
Athen (38.0° N)	4545	3622	0	79.7

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3047	0	39.2
Würzburg (49.5° N)	7450	3382	0	45.4
Davos (46.8° N)	8435	4724	0	56.0
Athen (38.0° N)	5784	4327	0	74.8

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3375	0	30.4
Würzburg (49.5° N)	10643	3853	0	36.2
Davos (46.8° N)	12050	5182	0	43.0
Athen (38.0° N)	8263	5255	0	63.6

Anhang B2: Typ 181 J

Annex B2: Type 181 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	180 l *180 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1494 x 510 mm *ca. 1494 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	757 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *757 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	182 l (von Prüflabor bestimmt) *182 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 181 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 181 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 181 J
Model parameters for Solahart 181 J

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_s [W/K]	C_s [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
1.302	11.650	2.505	0.757	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 80l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 80 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	4441	2096	0	47.2
Würzburg (49.5° N)	4257	2273	0	53.4
Davos (46.8° N)	4820	3268	0	67.8
Athen (38.0° N)	3305	2763	0	83.6

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 110 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 110 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	6107	2614	0	42.8
Würzburg (49.5° N)	5854	2868	0	49.0
Davos (46.8° N)	6628	4049	0	61.1
Athen (38.0° N)	4545	3581	0	78.8

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3023	0	38.9
Würzburg (49.5° N)	7450	3353	0	45.0
Davos (46.8° N)	8435	4648	0	55.1
Athen (38.0° N)	5784	4292	0	74.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3486	0	31.4
Würzburg (49.5° N)	10643	3959	0	37.2
Davos (46.8° N)	12050	5314	0	44.1
Athen (38.0° N)	8263	5354	0	64.8

Anhang B3: Typ 182 J

Annex B3: Type 182 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	180 l *180 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1494 x 510 mm *ca. 1494 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	757 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *757 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	182 l (von Prüflabor bestimmt) *182 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 182 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 182 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 182 J
Model parameters for Solahart 182 J

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_s [W/K]	C_s [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
2.674	11.048	5.009	0.757	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 80l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 80 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	4441	2372	0	53.4
Würzburg (49.5° N)	4257	2520	0	59.2
Davos (46.8° N)	4820	3731	0	77.4
Athen (38.0° N)	3305	2978	0	90.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 110 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 110 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	6107	3127	0	51.2
Würzburg (49.5° N)	5854	3331	0	56.9
Davos (46.8° N)	6628	4951	0	74.7
Athen (38.0° N)	4545	4017	0	88.4

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3808	0	49.0
Würzburg (49.5° N)	7450	4075	0	54.7
Davos (46.8° N)	8435	6039	0	71.6
Athen (38.0° N)	5784	4992	0	86.3

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	4808	0	43.3
Würzburg (49.5° N)	10643	5279	0	49.6
Davos (46.8° N)	12050	7616	0	63.2
Athen (38.0° N)	8263	6627	0	80.2

Anhang B4: Typ 221 J

Annex B4: Type 221 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	220 l *220 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1760 x 510 mm *ca. 1760 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	925 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *925 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	223 l (von Prüflabor bestimmt) *223 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 221 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 221 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 221 J
Model parameters for Solahart 221 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
1.315	11.477	2.505	0.925	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3039	0	39.1
Würzburg (49.5° N)	7450	3375	0	45.3
Davos (46.8° N)	8435	4656	0	55.2
Athen (38.0° N)	5784	4292	0	74.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3586	0	32.3
Würzburg (49.5° N)	10643	4076	0	38.3
Davos (46.8° N)	12050	5459	0	45.3
Athen (38.0° N)	8263	5462	0	66.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	3803	0	27.4
Würzburg (49.5° N)	13304	4350	0	32.7
Davos (46.8° N)	15063	5784	0	38.4
Athen (38.0° N)	10329	6084	0	58.9

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d

Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d

Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	3897	0	23.4
Würzburg (49.5° N)	15965	4470	0	28.0
Davos (46.8° N)	18075	5911	0	32.7
Athen (38.0° N)	12395	6358	0	51.3

Anhang B5: Typ 222 J

Annex B5: Type 222 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	220 l *220 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1760 x 510 mm *ca. 1760 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	925 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *925 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	223 l (von Prüflabor bestimmt) *223 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 222 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 222 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 222 J
Model parameters for Solahart 222 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
2.690	10.904	5.009	0.925	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3855	0	49.6
Würzburg (49.5° N)	7450	4112	0	55.2
Davos (46.8° N)	8435	6082	0	72.1
Athen (38.0° N)	5784	5015	0	86.7

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	4996	0	45.0
Würzburg (49.5° N)	10643	5439	0	51.1
Davos (46.8° N)	12050	7893	0	65.5
Athen (38.0° N)	8263	6767	0	81.9

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	5621	0	40.5
Würzburg (49.5° N)	13304	6226	0	46.8
Davos (46.8° N)	15063	8812	0	58.5
Athen (38.0° N)	10329	7912	0	76.6

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	5912	0	35.5
Würzburg (49.5° N)	15965	6673	0	41.8
Davos (46.8° N)	18075	9182	0	50.8
Athen (38.0° N)	12395	8738	0	70.5

Anhang B6: Typ 301 J

Annex B6: Type 301 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	300 l *300 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1262 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1262 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	304 l (von Prüflabor bestimmt) *304 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 301 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 301 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 301 J
Model parameters for Solahart 301 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
1.331	11.374	2.505	1.262	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3608	0	32.5
Würzburg (49.5° N)	10643	4087	0	38.4
Davos (46.8° N)	12050	5471	0	45.4
Athen (38.0° N)	8263	5470	0	66.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	3928	0	28.3
Würzburg (49.5° N)	13304	4483	0	33.7
Davos (46.8° N)	15063	5935	0	39.4
Athen (38.0° N)	10329	6218	0	60.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	4130	0	24.8
Würzburg (49.5° N)	15965	4741	0	29.7
Davos (46.8° N)	18075	6254	0	34.6
Athen (38.0° N)	12395	6718	0	54.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	4308	0	19.4
Würzburg (49.5° N)	21286	4960	0	23.3
Davos (46.8° N)	24100	6507	0	27.0
Athen (38.0° N)	16526	7040	0	42.6

Anhang B7: Typ 303 J

Anex B7: Type 303 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	3 *3*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	5,58 m² *5.58 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	300 l *300 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1262 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1262 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	304 l (von Prüflabor bestimmt) *304 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 303 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 303 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 303 J
Model parameters for Solahart 303 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
3.916	10.690	7.514	1.262	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	5507	0	49.6
Würzburg (49.5° N)	10643	5886	0	55.3
Davos (46.8° N)	12050	8724	0	72.4
Athen (38.0° N)	8263	7181	0	86.9

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	6537	0	47.1
Würzburg (49.5° N)	13304	7051	0	53.0
Davos (46.8° N)	15063	10333	0	68.6
Athen (38.0° N)	10329	8697	0	84.2

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	7361	0	44.2
Würzburg (49.5° N)	15965	8046	0	50.4
Davos (46.8° N)	18075	11622	0	64.3
Athen (38.0° N)	12395	10040	0	81.0

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	8261	0	37.2
Würzburg (49.5° N)	21286	9259	0	43.5
Davos (46.8° N)	24100	12869	0	53.4
Athen (38.0° N)	16526	11998	0	72.6

Anhang B8: Typ 444 J

Annex B8: Type 444 J

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	4 *4*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	7,44 m² *7.44 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	440 l *440 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 3285 x 510 mm *ca. 3285 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1851 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1851 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	446 l (von Prüflabor bestimmt) *446 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 444 J

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 444 J

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 J.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 J.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 444 J
Model parameters for Solahart 444 J

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
5.514	10.475	10.018	1.851	0.0703	0.0849

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5:2007 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5:2007 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	7148	0	51.5
Würzburg (49.5° N)	13304	7583	0	57.0
Davos (46.8° N)	15063	11297	0	75.0
Athen (38.0° N)	10329	9141	0	88.5

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	8261	0	49.6
Würzburg (49.5° N)	15965	8828	0	55.3
Davos (46.8° N)	18075	13086	0	72.4
Athen (38.0° N)	12395	10758	0	86.8

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	10170	0	45.8
Würzburg (49.5° N)	21286	11047	0	51.9
Davos (46.8° N)	24100	16075	0	66.7
Athen (38.0° N)	16526	13684	0	82.8

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 600 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 600 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	Q_d [MJ/a]	Q_L [MJ/a]	Q_{par} [MJ/a]	f_{sol} [%]
Stockholm (59.6° N)	33309	12091	0	36.3
Würzburg (49.5° N)	31929	13634	0	42.7
Davos (46.8° N)	36150	18798	0	52.0
Athen (38.0° N)	24789	17699	0	71.4

Anhang C: Symbole und Abkürzung

Annex C: Symbols and abbreviations

A	[m²]	Gesamtkollektorfläche (Apertur) *Total collector area (aperture)*
A_c^*	[m²]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
$(A/V)_{sys}$	[m²/m³]	Verhältnis von Gesamtkollektorfläche zu Nennvolumen Speicher einer Anlage *ratio of total collector area to nominal store volume of one system*
$(A/V)_{average}$	[m²/m³]	Durchschnittliches Verhältnis von Gesamtkollektorfläche zu Nennvolumen Speicher *Average ratio of total collector area to nominal store volume*
C_s	[MJ/K]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
D_L	[-]	Hilfsgröße zur Charakterisierung der Mischvorgänge im Speicher während der Entnahme *mixing constant, describing mixing effects during draw-off*
$E_{C,glob}$	[W/m²]	mittlere Betrahlungsstärke in Kollektorebene *average global radiation in collector plane*
f_{sol}	[%]	Solarer Deckungsanteil *solar fraction*
Q_d	[MJ/a]	Wärmebedarf *heat demand*
Q_L	[MJ/a]	von der solaren Heizungsanlage gelieferte Wärme (Last) *heat delivered by the solar heating system (load)*
Q_{par}	[MJ/a]	Hilfsenergie (elektrisch) für Pumpe(n) des Kollektorkreislaufs und der Regelungsbaugruppe *parasitic energy (electricity) for the collector loop pump(s) and control unit*
S_c	[-]	Modellparameter zu Beschreibung der thermisch geschichteten Beladung im Speicher *collector loop stratification parameter*
u_c^*	[W/(m²K)]	Modellparameter für den effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Kollektorkreislaufs *effective collector loop heat loss coefficient*
U_s	[W/K]	Modellparameter für die Wärmeverlustrate des Speichers *heat loss rate of the store*
V	[m³]	Nennvolumen Speicher *Nominal store volume*
V_C	[m/s]	mittlere Windgeschwindigkeit in Kollektorebene *average wind speed in collector plane*
$\vartheta_{c,amb}$	[°C]	mittlere Kollektortemperatur *average collector temperature*
$\vartheta_{s,amb}$	[°C]	mittlere Speicherumgebungstemperatur *average store temperature*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit
SWT TECHNOLOGIE

Prüfbericht

Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wärmeleistung von vorgefertigten thermischen Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung der „KF Systemfamilie“

Test Report

Durability, Safety and Thermal Performance of Factory Made Thermal Solar Domestic Hot Water Systems of the “KF system family”

nach EN 12976
according to EN 12976

Prüfbericht-Nr.: 10SYS90
Test Report No.: 10SYS90

Stuttgart, den 18.11.2010
Stuttgart, November 18th, 2010

Hersteller *manufacturer*	**Solahart Industries Pty Ltd** **112 Pilbara Street** **Welshpool Perth 6106** **West Australia**
Fabrikat *brand*	**Solahart**
Typ *type*	**302 KF** *302 KF*
Herstelljahr *year of production*	**2003**

Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart
Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis
Table of Contents

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben) ... 3
General specifications (acc. to manufacturer) 3
2 Frostbeständigkeit ... 8
Freeze resistance 8
3 Übertemperaturschutz ... 8
Over temperature protection 8
4 Druckbeständigkeit ... 9
Pressure resistance 9
5 Wasserkontamination ... 9
Water contamination 9
6 Sicherheitsausrüstung ... 10
Safety equipment 10
7 Beschilderung ... 10
Marking 10
8 Leistungsprüfung ... 11
Thermal performance test 11
9 Ertragsberechnung ... 12
Thermal performance characterization 12
10 Rücklaufschutz ... 15
Reverse flow protection 15
11 Elektrische Sicherheit ... 15
Electrical safety 15
12 Zusammenfassung ... 16
Summary 16
13 Prüfverfahren ... 17
Test method 17
Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte und Prüfergebnisse ... 18
Annex A: Presentation of measured data 18
Anhang B: Solar Keymark Scheme Rules für System Familien ... 19
Annex B: Solar Keymark Scheme rules for system families 19
Übersicht aller Mitglieder der Systemfamilie 19
Overview of all members of the system family 19
Anhang B1: Typ 151 KF 20
Annex B1: Type 151 KF 20
Anhang B2: Typ 181 KF 23
Annex B2: Type 181 KF 23
Anhang B3: Typ 182 KF 24
Annex B3: Type 182 KF 24
Anhang B4: Typ 221 KF 27
Annex B4: Type 221 KF 27
Anhang B5: Typ 222 KF 30
Annex B5: Type 222 KF 30
Anhang B6: Typ 301 KF 33
Annex B6: Type 301 KF 33
Anhang B7: Typ 303 KF 36
Anex B7: Type 303 KF 36
Anhang B8: Typ 444 KF 39
Annex B8: Type 444 KF 39
Anhang C: Symbole und Abkürzung ... 42
Annex C: Symbols and abbreviations 42

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben)

General specifications (acc. to manufacturer)

Hersteller *Manufacturer*	Solahart Industries Pty Ltd 112 Pilbara Street Welshpool Perth 6106 West Australia
Fabrikat *brand*	Solahart
Ansprechpartner *contact person*	**Mr. Rob Meesters** Tel.: +31 49 2579696 Fax: +31 49 2579694 email: rob@solahart-europe.com
Typ *type*	302 KF *302 KF*
Herstellnummer *serial number*	Keine (separate Herstellnummer für Speicher und Kollektor) *none (separate serial number for store and collector)*
Serienprodukt oder Prototyp *serial product or prototype*	Serienprodukt *serial product*
Herstelljahr *year of production*	2003 *2003*

Anlagenbeschreibung
Description of the system



Die untersuchte Solaranlage arbeitet nach dem Prinzip des Naturumlaufs (Thermosiphon). Die Anlage besteht aus zwei Kollektoren der KF-Serie und einem über dem Kollektor angebrachten Speicher mit Mantelwärmeübertrager. Der Speicher kann auf oder unter dem Dach installiert werden. Kollektor und Mantelwärmeübertrager bilden einen geschlossenen hydraulischen Kreislauf, in dem eine Mischung aus Wasser und Solahart Hartgard® als Frostschutzmittel eingesetzt wird.

The system under investigation uses the thermosiphon principle to transfer the solar energy to the storage tank. The system consists of a store with jacket heat exchanger and two flat plate collectors of the KF-type. The store can be mounted above or underneath the roof. The KF series is a closed circuit system. The collectors and the jacket heat exchanger form a closed circuit in which as heat transfer fluid a mixture of Solahart Hartgard® and water is used.

Nennvolumen Speicher 302 KF *nominal store volume 302 KF*	300 l *300 l*
Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Kollektor
Collector

Typ: *type*	KF *KF*
Bauart: *collector type:*	Flachkollektor *flat plate*
Länge: *length:*	1936 mm (von Prüflabor bestimmt) *1936mm (determined by test laboratory)*
Breite: *width:*	1022 mm (von Prüflabor bestimmt) *1022 mm (determined by test laboratory)*
Höhe: *height:*	80 mm (von Prüflabor bestimmt) *80 mm (determined by test laboratory)*
Bruttofläche: *gross area:*	1,98 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.98 m² (determined by test laboratory)*
Aperturfläche: *aperture area:*	1,86 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.86 m² (determined by test laboratory)*
Absorberfläche: *absorber area:*	1,86 m² (von Prüflabor bestimmt) *1.86 m² (determined by test laboratory)*
Gewicht: *weight:*	42 kg *42 kg*

Prüfungen des Kollektors
Collector tests

EN 12975-2:2001 *EN 12975-2:2001*	Prüfbericht ITW 04COL341 vom 12.7.2004 *Test report ITW 04COL341, date: July 12th 2004*
Solar-Keymark *Solar Keymark*	erteilt durch DIN Certco, Nr. 011-7S013 F *issued by DIN Certco, No. 011-7S013 F*

Speicher 302 KF
Store 302 KF

Bauart: *type:*	emaillierter Stahlspeicher *enamelled steel tank*
Länge x Durchmesser: *length x diameter:*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Nennvolumen: *nominal volume:*	300 l *300 l*
zulässige Betriebstemperatur: *max. operating temperature:*	99 °C *99 °C*
zulässiger Betriebsüberdruck: *max. operating pressure:*	10 bar *10 bar*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1259 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1259 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	303 l (von Prüflabor bestimmt) *303 l (determined by test laboratory)*
Wärmedämmung: *thermal insulation:*	Polyurethan *polyurethan*
Wasserseitiger Korrosionsschutz: *corrosion protection:*	Magnesium Anode *magnesium anode*

Elektrische Zusatzheizung: *auxiliary electric heater:*	nicht vorhanden *non existend*
Wärmeübertrager Kollektorkreis: *solar loop heat exchanger:*	Mantel-Wärmeübertrager *jacket heat exchanger*
Wärmeübertrager Trinkwasser: *drinking water heat exchanger:*	nicht vorhanden *non existend*
Herstelljahr *year of production*	2003 *2003*
Herstellernummer *serial no.*	228924 *228924*

Regelung *Controller:*	Nicht benötigt *not required*

Komponenten der Pumpen- und Sicherheitsbaugruppe
Pump and safety components:

Sicherheitsventil *safety valve*	Kombiniertes Druck-/ Temperaturventil *Combined pressure / temperature relief valve*
Typ / Prüfzeichen *marking*	H50 / AS 1357-1 LN938 *H50 / AS 1357-1 LN938*
Öffnungsdruck *relief pressure*	10 bar oder 99°C *10 bar or 99°C*
Ausdehnungsgefäß *expansion vessel*	nicht benötigt *not required*
Kollektorkreispumpe *solar loop pump*	nicht benötigt *not required*

Sonstiges
Others

Rückflussverhinderer *reverse flow protection*	nicht benötigt *not required*
Durchflussmesser *flow meter*	nicht vorhanden *non existent*
Absperrhahn *shut-off valve*	nicht vorhanden *non existent*
Sicherheitsventil im Solarkreis *expansion valve in the solar loop*	Vorhanden, Ansprechdruck 2,0 bar *existent, relief pressure 2,0 bar*
Brauchwassermischer *Cold water mixing device*	nicht vorhanden *non existent*

Rohrleitungen Kollektorkreis
Piping solar loop

Werkstoff *material*	Die in EN 12976-1:2006, Kapitel 4.3.3 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-1:2000, chapter 4.3.3 are fulfilled*

Dokumentation
Documentation

April 2010
Solahart Owner's Manual 33-1197 Revision E

April 2010
Solahart Owner's Manual *33-1197 Revision E*

Unterlagen für den Installateur *Documentation for the installer*	Die Dokumentation enthält alle in EN 12976-1:2006 geforderten Angaben. *The documentation does include all, acc. to EN 12976-1:2006 required information.*
Unterlagen für den Nutzer *Documentation for the user*	Die Dokumentation enthält alle in EN 12976-1:2006 geforderten Angaben. *The documentation does include all, acc. to EN 12976-1:2006 required information.*

Systemfamilie
System family

Solar Keymark Scheme rules Version 11.04, Anhang D: *Solar Keymark Scheme Rules version 11.04, annex D:*	Für alle Prüfungen, außer der Übertemperaturschutzprüfung, ist die Anlage der Familie mit dem mittleren Verhältnis von Kollektorfläche zu Speichervolumen zu wählen. Diese Prüfungen wurden an dem System 302 KF durchgeführt. Die Übertemperaturschutzprüfung wird an der Anlage der Systemfamilie mit dem größten Verhältnis von Kollektorfläche zu Speichervolumen durchgeführt. Die Prüfung erfolgte bei dem System 182 KF. Eine Aufstellung aller zu dieser Systemfamilie gehörenden Anlagen ist im Anhang B aufgeführt. *All tests for a system family except the over temperature protection test shall be performed at the system closest to the medium ratio of collector area to store volume. The tests were performed at the 302 KF system. The over temperature protection test shall be performed at the system of the family with the maximum ratio of collector area to store volume. The test was performed at the 182 KF system. A list of all system family members is listed in appendix B.*

Gültigkeit *Validity*	Der Prüfbericht ist gültig für die folgenden Systemtypen: Solahart 151 KF, 182 KF, 221 KF, 222 KF, 301 KF, 302 KF, 303 KF, 444 KF. *The test report is valid for the following system types: Solahart 151 KF, 182 KF, 221 KF, 222 KF, 301 KF, 302 KF, 303 KF, 444 KF.*

2 Frostbeständigkeit

Freeze resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.1
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.1.

Prüfung: 12.12.2004
Test: *12/12/2004*

Der Kollektorkreis der Anlage wird mit einer Mischung aus Frostschutzmittel und Wasser betrieben. Es ist keine Prüfung notwendig.
The solar loop of the system is filled with a mixture of antifreeze fluid and water. No freeze resistance test is necessary.

Angaben zum Frostschutzmittel *Specification of anti freeze fluid*	
Typ *type*	Solahart Hartgard *Solahart Hartgard*
Substanz *substance*	Propylenglykol *propylene glycol*
Gefrierpunkt *freezing point*	-35 °C (bei 50% Frostschutzmittel und 50% Wasser) *-35 °C (using 50% anti freeze fluid and 50% water)*

Ergebnis: Prüfung entfällt
Conclusion: no test required

3 Übertemperaturschutz

Over temperature protection

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2006 – Kapitel 5.2.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2006 – chapter 5.2.

Prüfung: 29.07. – 02.08.2010
Test: *07/29 – 08/02/2010*

Kollektorneigung *inclination of collector surface*	Anzahl Tage mit mehr als 20 MJ/m² *number of days with more than 20 MJ/m²* [d]	aufgetretene Fehler *failure during test*
49°	**2**	**keine /** *none*

Ergebnis: Kein Fehler nach EN 12976-2:2006 - Kapitel 5.2
Conclusion: No failure acc. to EN 12976-2:2006, chapter 5.2

Hinweis: Der Test wurde nach den Solar Keymark scheme rules Version 11.04, Anhang D, am System 182 KF, dem System der Familie mit dem größten Verhältnis von Kollektorfläche zu Speicher-volumen, durchgeführt. Weitere Ergebnisse zu diesem System sind im Anhang B3 aufgeführt.

Remark: *according to the Solar Keymark Scheme Rules version 11.04, annex D, the over temperature protection test shall be performed at the system of the family with the maximum ratio of collector area to store volume. The test was performed at a 182 KF system. Further results of this system type are enlisted in appendix B3.*

4 Druckbeständigkeit

Pressure resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.3.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.3.

Prüfung: 16.08.2004
Test: *08/16/2004*

Wärmeübertrager Kollektorkreis
Heat exchanger collector loopr

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
2.0	**3.0**	**25**

Druck Testbeginn *pressure at test begin* [bar]	Druck Testende *pressure at test end* [bar]	aufgetretene Fehler / Bemerkungen *failure / comments*
3.0	**2.9**	**keine / *none***

Speicher
Store

max. Betriebsdruck *max. operating pressure* [bar]	Prüfdruck *test pressure* [bar]	Prüfdauer *test duration* [min]
10.0	**15.0**	**15**

Druck Testbeginn *pressure at test begin* [bar]	Druck Testende *pressure at test end* [bar]	aufgetretene Fehler / Bemerkungen *failure / comments*
15.5	**15.5**	**keine / *none***

Ergebnis: Kein Fehler nach EN 12976-2:2000 - Kapitel 5.3
Conclusion: No failure acc. to EN 12976-2:2000 - chapter 5.3

5 Wasserkontamination

Water contamination

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 - Kapitel 5.4.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.4.

Prüfung: 07.08.2004
Test: *08/07/2004*

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2000 - Kapitel 5.4 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2000 - chapter 5.4 are fulfilled.

6 Sicherheitsausrüstung

Safety equipment

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.7.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.7.

Prüfung: 08.08.2004
Test: 08/08/2004

Sicherheitsventil *Safety valve*	entspricht EN 12976-2:2000 *acc. to EN 12976-2:2000*
Sicherheits- und Ausdehnungsleitungen *Safety lines and expansion lines*	nicht benötigt *not required*
Ausblaseleitungen *Blow off lines*	nicht benötigt *not required*

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2000 - Kapitel 5.7 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2000 - chapter 5.7 are fulfilled.

7 Beschilderung

Marking

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.8.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.8.

Prüfung: 15.08.2004
Test: 08/15/2004

Kennzeichnung der Anlage
System identification

Typenschild System *system label*	nicht vorhanden *non existent*
Typenschild Kollektor *collector label*	enthält alle notwendigen Daten *contains all information required*
Typenschild Speicher *store label*	enthält alle notwendigen Daten *contains all information required*

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2004, Kapitel 5.8 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2004, chapter 5.8 are fulfilled.

8 Leistungsprüfung

Thermal performance test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.9.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.9.

Prüfverfahren: ISO/DIS 9459-5:1997 (Dynamischer Systemtest; DST)
Test method: ISO/DIS 9459-5:1997 (Dynamic system test; DST)

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter (inkl. Standardabweichung) für Solahart 302 KF *Model parameters (incl. standard deviations) for Solahart 302 KF*					
A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
2.249	7.402	3.039	1.259	0.0657	0.1926
± 0.0254	± 0.3720	± 0.1770	± 0.0166	± 0.0098	± 0.0123

A_c*	[m²]	Modellparameter für die effektive Kollektorfläche *effective collector loop area*
u_c*	[W/(m²K)]	Modellparameter für den effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Kollektorkreislaufs *effective collector loop heat loss coefficient*
U_s	[W/K]	Modellparameter für die Wärmeverlustrate des Speichers *heat loss rate of the store*
C_s	[MJ/K]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
D_L	[-]	Hilfsgröße zur Charakterisierung der Mischvorgänge im Speicher während der Entnahme *mixing constant, describing mixing effects during draw-off*
S_c	[-]	Modellparameter zur Beschreibung der thermisch geschichteten Beladung im Speicher *collector loop stratification parameter*

9 Ertragsberechnung

Thermal performance characterization

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den bei der Prüfung ermittelten Kennwerten das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergie-ertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the parameter determined by the test of the system, the thermal behaviour of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardised hot water draw-off profiles.

Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung
Reference conditions for performance characterisation

Kollektorausrichtung *collector orientation*	Süd *south*
Wetterdaten *weather data*	Stockholm, Würzburg, Davos, Athen *Stockholm, Würzburg, Davos, Athen*
Warmwasserverbrauch *hot water demand*	200 - 400 Liter / Tag, Entnahme um 18^{00} jahreszeitabhängige Kaltwassertemperatur Warmwassertemperatur: 45 °C *200 - 400 liters / day, draw of at: 18^{00}* *seasonal depending cold water temperature* *hot water demand temperature: 45 °C*
Bemessungslast des Systems *design load of system*	250 Liter / Tag *250 liters / day*
Speicherumgebungstemperatur *ambient temperature of store*	Außentemperatur *Outside temperature*

Thermische Leistungskenngröße
Performance indicator

solarer Deckungsanteil [%]
solar fraction [%]

$$f_{sol} = \frac{Q_L}{Q_d} \cdot 100$$

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	5540	0	49.9
Würzburg (49.5° N)	10643	5949	0	55.9
Davos (46.8° N)	12050	8688	0	72.1
Athen (38.0° N)	8263	7114	0	86.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	6259	0	45.1
Würzburg (49.5° N)	13304	6838	0	51.4
Davos (46.8° N)	15063	9776	0	64.9
Athen (38.0° N)	10329	8366	0	81.0

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	6762	0	40.6
Würzburg (49.5° N)	15965	7503	0	47.0
Davos (46.8° N)	18075	10465	0	57.9
Athen (38.0° N)	12395	9383	0	75.7

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	7173	0	32.3
Würzburg (49.5° N)	21286	8131	0	38.2
Davos (46.8° N)	24100	10966	0	45.5
Athen (38.0° N)	16526	10841	0	65.6

10 Rücklaufschutz

Reverse flow protection

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.11.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.11.

Prüfung: 07.08.2004
Test: 08/07/2004

Ergebnis: Die in EN 12976-2:2000, Kapitel 5.11 geforderten Kriterien werden erfüllt.
Hinweis: Rücklaufschutz erfüllt, da Speicher oberhalb Kollektor montiert (Thermosiphon).

Conclusion: Criteria acc. to EN 12976-2:2000 - chapter 5.11 are fulfilled
Remarks: Reverse flow protection fulfilled, as the storage tank is mounted on top of the collector (thermo siphon).

11 Elektrische Sicherheit

Electrical safety

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12976-2:2000 – Kapitel 5.12.
Performance and boundary conditions acc. to EN 12976-2:2000 – chapter 5.12.

Prüfung: 07.08.2004
Test: 08/07/2004

Ergebnis: Die Anlage verfügt über keine elektrischen Bauteile
Conclusion: The system does not contain any electrical devices

12 Zusammenfassung

Summary

Die Prüfung der Anlage erfolgte nach EN 12976-2:2000 "Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Vorgefertigte Anlagen - Teil 2: Prüfverfahren".

The test of the system was performed according to EN 12976-2:2000 „Thermal solar systems and components – Factory made systems – Part 2: Test methods".

Art der Prüfung ***Type of test***	**Ergebnis** ***Result***
Frostbeständigkeit *Freeze resistance*	Prüfung entfällt *No test required*
Übertemperaturschutz *Over temperature protection*	Keine Fehler nach EN 12976-2:2000 *No failure acc. to EN 12976-2:2000*
Druckbeständigkeit *Pressure resistance*	Keine Fehler nach EN 12976-2:2000 *No failure acc. to EN 12976-2:2000*
Wasserkontamination *Water contamination*	Die in EN 12976-2:2000 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2000 are fulfilled.*
Sicherheitsausrüstung *Safety equipment*	Die in EN 12976-2:2000 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2000 are fulfilled.*
Beschilderung *Marking*	Die in EN 12976-2:2000 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2000 are fulfilled.*
Leistungsprüfung *Thermal performance test*	Ergebnisse siehe Abschnitt 8 *results see chapter 8*
Ertragsberechnung *Thermal performance characterisation*	Ergebnisse siehe Abschnitt 9 *results see chapter 9*
Rücklaufschutz *Reverse flow protection*	Die in EN 12976-2:2000 geforderten Kriterien werden erfüllt. *Criteria acc. to EN 12976-2:2000 are fulfilled*
Elektrische Sicherheit *Electrical safety*	Keine elektrischen Bauteile vorhanden *No electrical devices*

13 Prüfverfahren

Test method

Die Prüfung der Anlage erfolgte nach der EN 12976-2:2000 "Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Vorgefertigte Anlagen – Teil 2: Prüfverfahren". Die Ermittlung der Wärmeleistung wurde nach ISO/DIS 9459-5:1997 (DST Verfahren) durchgeführt. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The test of the system has been carried out according to EN 12976-2:2000 "Thermal solar systems and components – Factory made systems – Part 2: Test methods". The thermal performance characterisation has been carried out according to ISO/DIS 9459-5:1997 (DST method). Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling *Receipt of test sample*	10.04.2004 *04/10/2004*	
Identifikation Prüflinge *Identification of test sample*	04SYS30 *04SYS30*	10SYS90 *10SYS90*
Prüfzeitraum 302 KF *Test period 302 KF*	30.04.2004 – 13.08.2004 *04/30/2004 – 08/13/2004*	
Prüfzeitraum 182 KF *Test period 182 KF*	20.07.2010 – 02.08.2010 *07/20/2010 – 08/02/2010*	

Prüfer
Test engineer
Dr. –Ing. H. Kerskes, Dipl.-Ing. F. Bertsch, Dipl.-Ing. S. Bonk

Stuttgart, den 18.11.2010

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte und Prüfergebnisse

Annex A: Presentation of measured data and test results

Messsequenzen gemäß ISO/DIS 9459, Teil 5
Measurement sequences according to ISO/DIS 9459, part 5

Detaillierte Darstellung der Prüfergebnisse gemäß ISO/DIS 9459, Teil 5
Detailed presentation of test results according to ISO/DIS 9459, Part 5

			Number									Meteorological conditions (average values)			
Seq.No.	Filename	Sequence type	days	A-days	A-valid	B-days	B-valid	S-days	S-valid	x-days	x-valid	$\vartheta_{C,amb}$ [°C]	$\vartheta_{S,amb}$ [°C]	$E_{C,glob}$ [W/m²]	V_C [m/s]
1	**0413SOL2**	Sol	8	4	3	4	3					19,2	19,2	242,9	0,06
2	**0413SOL3**	Sol	9	3	3	6	3					16,3	16,3	203,5	0,18
3	**0413STO1**	Sto	4			2	2	2	2			17,9	17,9	173,2	0,06
4	**0413STO4**	Sto	4			2	2	2	2			16,7	16,7	116,2	0,05

Die Anlagenkennwerte, Standardabweichung und Korrelationsmatrix
System parameters, standard deviations and cross correlation matrix

A_C* [m²]	u_C* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
2.249	7.402	3.039	1.259	0.0657	0.193
± 0.0254	± 0.3720	± 0.1770	± 0.0166	± 0.0098	± 0.0123
Cross correlation matrix					
1.0000000	0.0013822	0.1942724	-0.0823014	0.3545575	-0.2755245
0.0013822	1.0000000	-0.7059792	-0.3579662	-0.1089541	0.7837033
0.1942724	-0.7059792	1.0000000	0.2861586	-0.2750518	-0.4630423
-0.0823014	-0.3579662	0.2861586	1.0000000	0.1662097	-0.2057690
0.3545575	-0.1089541	-0.2750518	0.1662097	1.0000000	-0.2908183
-0.2755245	0.7837033	-0.4630423	-0.2057690	-0.2908183	1.0000000

Anhang B: Solar Keymark Scheme Rules für System Familien

Annex B: Solar Keymark Scheme rules for system families

Die Einteilung der einzelnen Anlagen bzw. Familienmitglieder der Systemfamilie erfolgt anhand der Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Im Folgenden werden die Unterschiede der jeweiligen Familienmitglieder beschrieben. Die Anlageneigenschaften entsprechen denen der vollständig geprüften und in diesem Bericht beschriebenen Anlage vom Typ 302 KF (Referenz-system), sofern nicht anders spezifiziert.
Die Ergebnisse der Ertragsberechnungen für die jeweiligen Anlagen bzw. Familienmitglieder sind im Folgenden gemeinsam mit der Beschreibung der entsprechenden Anlagen aufgeführt.

The systems being part of one system family are classified according to the Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. The specific differences of each family member are described. If not specified differently the system specifications of the system 302 KF (reference system) that was tested completely and is described in this report apply.
The results of the thermal performance characterizations determined of each system are reported together with the description of the system.

Übersicht aller Mitglieder der Systemfamilie

Overview of all members of the system family

Typ *type*	Nennvolumen Speicher *nominal store volume* V [l]	Anzahl der Kollektoren *number of collectors* [-]	Gesamtkollektor-fläche (Apertur) *total collector area (aperture)* A [m²]	Verhältnis von Gesamtkollektor-fläche zu Nenn-volumen Speicher ratio of total collector area to nominal store volume $(A/V)_{sys}$ [m²/m³]	Betrag der Differenz von *Absolute value of difference from* $(A/V)_{sys}$ - $(A/V)_{average}$ [m²/m³]
151 KF	150	1	1.86	12.4	1.3
181 KF[1)]	180	1	1.86	10.3	3.3
182 KF	180	2	3.72	20.7	7.0
221 KF	220	1	1.86	8.5	5.2
222 KF	220	2	3.72	17.0	3.3
301 KF	300	1	1.86	6.2	7.5
302 KF	300	2	3.72	12.4	1.3
303 KF	300	3	5.58	18.6	4.9
444 KF	440	4	7.44	16.9	3.3
Arithmetischer Mittelwert der Verhältnisse $(A/V)_{sys}$: $(A/V)_{average}$ [m²/m³] *Arithmetical mean of the ratios of $(A/V)_{sys}$: $(A/V)_{average}$ [m²/m³]*					13,7 *13.7*

1): Die Anlage vom Typ 181 KF wurde im Jahr 2009 am ITW der Universität Stuttgart vollständig nach EN 12976-2 geprüft. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht Nummer 09SYS72 vom 18.09.2009 dokumentiert.
The system of the type 181 KF has been completely tested according to EN12976 in 2009 at ITW, University of Stuttgart. The results are documented in the test report number 09SYS72 dated September 18th 2009.

Anhang B1: Typ 151 KF

Annex B1: Type 151 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	150 l *150 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1280 x 510 mm *ca. 1280 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	628 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *628 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	151 l (von Prüflabor bestimmt) *151 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 151 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 151 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 151 KF
Model parameters for Solahart 151 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
1.292	8.068	1.721	0.628	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 80l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 80 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	4441	2367	0	53.3
Würzburg (49.5° N)	4257	2512	0	59.0
Davos (46.8° N)	4820	3726	0	77.3
Athen (38.0° N)	3305	2961	0	89.6

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 110 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 110 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	6107	2925	0	47.9
Würzburg (49.5° N)	5854	3167	0	54.1
Davos (46.8° N)	6628	4606	0	69.5
Athen (38.0° N)	4545	3831	0	84.3

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3334	0	42.9
Würzburg (49.5° N)	7450	3658	0	49.1
Davos (46.8° N)	8435	5204	0	61.7
Athen (38.0° N)	5784	4546	0	78.6

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3708	0	33.4
Würzburg (49.5° N)	10643	4193	0	39.4
Davos (46.8° N)	12050	5712	0	47.4
Athen (38.0° N)	8263	5553	0	67.2

Anhang B2: Typ 181 KF

Annex B2: Type 181 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	180 l *180 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1494 x 510 mm *ca. 1494 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	737 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *737 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	178 l (von Prüflabor bestimmt) *178 l (determined by test laboratory)*

Die Anlage vom Typ 181 KF wurde im Jahr 2009 am ITW der Universität Stuttgart vollständig nach EN 12976-2 geprüft. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht Nummer 09SYS72 vom 18.09.2009 dokumentiert. Am 20.01.2010 wurde der Anlage von DIN Certco unter der Registernummer 011-7S935 A ein Solar-Keymark zertifiziert.

The system of the type 181 KF has been completely tested according to EN12976 in 2009 at ITW, University of Stuttgart. The results are documented in the test report number 09SYS72 dated September 18th 2009. In January 20th 2010 DIN Certco certified a Solar-Keymark under the register number 011-7S935 A.

Ertragsberechnung 181 KF

Thermal performance characterization 181 KF

Siehe Prüfbericht des ITW Nummer 09SYS72 vom 18.09.2009.
See test report of ITW, No 09SYS72 dated September 18th 2009.

Anhang B3: Typ 182 KF

Annex B3: Type 182 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	180 l *180 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1494 x 510 mm *ca. 1494 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	753 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *753 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	181 l (von Prüflabor bestimmt) *181 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 182 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 182 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 182 KF
Model parameters for Solahart 182 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
2.589	7.532	3.441	0.753	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 80l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 80 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	4441	2718	0	61.2
Würzburg (49.5° N)	4257	2823	0	66.3
Davos (46.8° N)	4820	4227	0	87.7
Athen (38.0° N)	3305	3143	0	95.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 110 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 110 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	6107	3524	0	57.7
Würzburg (49.5° N)	5854	3688	0	63.0
Davos (46.8° N)	6628	5560	0	83.9
Athen (38.0° N)	4545	4240	0	93.3

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	4244	0	54.6
Würzburg (49.5° N)	7450	4478	0	60.1
Davos (46.8° N)	8435	6740	0	79.9
Athen (38.0° N)	5784	5269	0	91.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	5363	0	48.3
Würzburg (49.5° N)	10643	5790	0	54.4
Davos (46.8° N)	12050	8507	0	70.6
Athen (38.0° N)	8263	7015	0	84.9

Anhang B4: Typ 221 KF

Annex B4: Type 221 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	220 l *220 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1760 x 510 mm *ca. 1760 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	920 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *920 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	222 l (von Prüflabor bestimmt) *222 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 221 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 221 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 221 KF
Model parameters for Solahart 221 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_c [-]
1.283	7.98	1.721	0.920	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	3381	0	43.5
Würzburg (49.5° N)	7450	3703	0	49.7
Davos (46.8° N)	8435	5230	0	62.0
Athen (38.0° N)	5784	4564	0	78.9

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3886	0	35.0
Würzburg (49.5° N)	10643	4374	0	41.1
Davos (46.8° N)	12050	5941	0	49.3
Athen (38.0° N)	8263	5701	0	69.0

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	4080	0	29.4
Würzburg (49.5° N)	13304	4630	0	34.8
Davos (46.8° N)	15063	6221	0	41.3
Athen (38.0° N)	10329	6352	0	61.5

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	4180	0	25.1
Würzburg (49.5° N)	15965	4757	0	29.8
Davos (46.8° N)	18075	6362	0	35.2
Athen (38.0° N)	12395	6705	0	54.1

Anhang B5: Typ 222 KF

Annex B5: Type 222 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	2 *2*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	3,72 m² *3.72 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	220 l *220 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 1760 x 510 mm *ca. 1760 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	920 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *920 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	222 l (von Prüflabor bestimmt) *222 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 222 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 222 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 222 KF
Model parameters for Solahart 222 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
2.599	7.382	3.441	0.920	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 140l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 140 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	7772	4314	0	55.5
Würzburg (49.5° N)	7450	4545	0	61.0
Davos (46.8° N)	8435	6832	0	81.0
Athen (38.0° N)	5784	5310	0	91.8

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	5529	0	49.8
Würzburg (49.5° N)	10643	5939	0	55.8
Davos (46.8° N)	12050	8748	0	72.6
Athen (38.0° N)	8263	7139	0	86.4

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	6218	0	44.8
Würzburg (49.5° N)	13304	6798	0	51.1
Davos (46.8° N)	15063	9806	0	65.1
Athen (38.0° N)	10329	8366	0	81.0

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	6645	0	39.9
Würzburg (49.5° N)	15965	7376	0	46.2
Davos (46.8° N)	18075	10375	0	57.4
Athen (38.0° N)	12395	9333	0	75.3

Anhang B6: Typ 301 KF

Annex B6: Type 301 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	1 *1*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	1,86 m² *1.86 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	300 l *300 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1255 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1255 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	302 l (von Prüflabor bestimmt) *302 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 301 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 301 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 301 KF
Model parameters for Solahart 301 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
1.293	7.873	1.721	1.255	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	3930	0	35.4
Würzburg (49.5° N)	10643	4427	0	41.6
Davos (46.8° N)	12050	5989	0	49.7
Athen (38.0° N)	8263	5735	0	69.4

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	4191	0	30.2
Würzburg (49.5° N)	13304	4749	0	35.7
Davos (46.8° N)	15063	6371	0	42.3
Athen (38.0° N)	10329	6476	0	62.7

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	4363	0	26.2
Würzburg (49.5° N)	15965	4949	0	31.0
Davos (46.8° N)	18075	6615	0	36.6
Athen (38.0° N)	12395	6953	0	56.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	4508	0	20.3
Würzburg (49.5° N)	21286	5151	0	24.2
Davos (46.8° N)	24100	6844	0	28.4
Athen (38.0° N)	16526	7288	0	44.1

Anhang B7: Typ 303 KF

Anex B7: Type 303 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	3 *3*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	5,58 m² *5.58 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	300 l *300 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 2310 x 510 mm *ca. 2310 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1255 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1255 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	302 l (von Prüflabor bestimmt) *302 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 303 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 303 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 303 KF
Model parameters for Solahart 303 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
3.833	7.159	5.162	1.255	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 200l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 200 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	11103	6207	0	55.9
Würzburg (49.5° N)	10643	6535	0	61.4
Davos (46.8° N)	12050	9833	0	81.6
Athen (38.0° N)	8263	7610	0	92.1

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	7300	0	52.6
Würzburg (49.5° N)	13304	7769	0	58.4
Davos (46.8° N)	15063	11598	0	77.0
Athen (38.0° N)	10329	9224	0	89.3

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	8211	0	49.3
Würzburg (49.5° N)	15965	8828	0	55.3
Davos (46.8° N)	18075	12996	0	71.9
Athen (38.0° N)	12395	10647	0	85.9

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	9371	0	42.2
Würzburg (49.5° N)	21286	10345	0	48.6
Davos (46.8° N)	24100	14725	0	61.1
Athen (38.0° N)	16526	12890	0	78.0

Anhang B8: Typ 444 KF

Annex B8: Type 444 KF

Anlagenbeschreibung

Description of the system

Kollektor
Collector

Anzahl Kollektoren *no. of collectors*	4 *4*
Gesamtkollektorfläche (Apertur) *total collector area (aperture)*	7,44 m² *7.44 m²*

Speicher:
Store:

Nennvolumen *nominal volume*	440 l *440 l*
Länge x Durchmesser (inkl. Dämmung): *length x diameter (with insulation):*	ca. 3285 x 510 mm *ca. 3285 x 510 mm*
Thermische Kapazität: *thermal capacity:*	1841 kJ/K (von Prüflabor bestimmt) *1841 kJ/K (determined by test laboratory)*
Effektives Volumen *effective volume*	444 l (von Prüflabor bestimmt) *444 l (determined by test laboratory)*

Skalierung & Ertragsberechnung 444 KF

Up-and-down scaling & thermal performance characterization 444 KF

Durchführung und Randbedingungen nach Solar Keymark Scheme rules Version 11.04 Anhang D. Skalierung basierend auf den Ergebnissen der Anlage 302 KF.
Performance and boundary conditions acc. to Solar Keymark Scheme rules version 11.04, appendix D. Up and down scaling based on the results of the system 302 KF.

Ergebnisse:
Test results:

Modellparameter für Solahart 444 KF
Model parameters for Solahart 444 KF

A_c* [m²]	u_c* [W/(m²K)]	U_S [W/K]	C_S [MJ/K]	D_L [-]	S_C [-]
5.277	6.933	6.882	1.841	0.121	0.124

Unter Verwendung des Rechenmodells nach ISO 9495-5 wird in Verbindung mit den durch eine Skalierung ermittelten Modellparametern das thermische Verhalten der Solaranlage simuliert und der Jahresenergieertrag der Anlage für Referenz-Wetterdaten und standardisierte Warmwasser-Entnahmeprofile berechnet. Hierbei wurden die im Abschnitt 9 beschriebenen Referenzbedingungen für die Ertragsberechnung verwendet.

By using the numerical model according to ISO 9459-5 and the model parameters determined by means of scaling, the thermal behavior of the thermal solar system is simulated and the annual energy gain of the system is calculated for reference weather data and standardized hot water draw-off profiles. For that purpose the reference conditions for performance characterization as specified in chapter 9 were used.

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 250l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 250 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	13879	8036	0	57.9
Würzburg (49.5° N)	13304	8408	0	63.2
Davos (46.8° N)	15063	12668	0	84.1
Athen (38.0° N)	10329	9647	0	93.4

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 300 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 300 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	16655	9227	0	55.4
Würzburg (49.5° N)	15965	9738	0	61.0
Davos (46.8° N)	18075	14623	0	80.9
Athen (38.0° N)	12395	11366	0	91.7

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 400 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 400 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	22206	11236	0	50.6
Würzburg (49.5° N)	21286	12048	0	56.6
Davos (46.8° N)	24100	17810	0	73.9
Athen (38.0° N)	16526	14427	0	87.3

Indikatoren für die Leistung von Solaranlagen ohne Zusatzheizung und von solaren Vorwärmanlagen auf jährlicher Grundlage für einen Volumenbedarf von 600 l/d *Performance indicators for solar only and solar preheat systems on annual base for a demand volume of 600 l/d*				
Standort (Breitengrad) *Location (latitude)*	**Q_d** [MJ/a]	**Q_L** [MJ/a]	**Q_{par}** [MJ/a]	**f_{sol}** [%]
Stockholm (59.6° N)	33309	13557	0	40.7
Würzburg (49.5° N)	31929	15070	0	47.2
Davos (46.8° N)	36150	21220	0	58.7
Athen (38.0° N)	24789	18889	0	76.2

Anhang C: Symbole und Abkürzung

Annex C: Symbols and abbreviations

A	[m²]	Gesamtkollektorfläche (Apertur) *Total collector area (aperture)*
A_c^*	[m²]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
$(A/V)_{sys}$	[m²/m³]	Verhältnis von Gesamtkollektorfläche zu Nennvolumen Speicher einer Anlage *ratio of total collector area to nominal store volume of one system*
$(A/V)_{average}$	[m²/m³]	Durchschnittliches Verhältnis von Gesamtkollektorfläche zu Nennvolumen Speicher *Average ratio of total collector area to nominal store volume*
C_s	[MJ/K]	Modellparameter für die Wärmekapazität des Speichers *thermal heat capacity of the store*
D_L	[-]	Hilfsgröße zur Charakterisierung der Mischvorgänge im Speicher während der Entnahme *mixing constant, describing mixing effects during draw-off*
$E_{C,glob}$	[W/m²]	mittlere Betrahlungsstärke in Kollektorebene *average global radiation in collector plane*
f_{sol}	[%]	Solarer Deckungsanteil *solar fraction*
Q_d	[MJ/a]	Wärmebedarf *heat demand*
Q_L	[MJ/a]	von der solaren Heizungsanlage gelieferte Wärme (Last) *heat delivered by the solar heating system (load)*
Q_{par}	[MJ/a]	Hilfsenergie (elektrisch) für Pumpe(n) des Kollektorkreislaufs und der Regelungsbaugruppe *parasitic energy (electricity) for the collector loop pump(s) and control unit*
S_c	[-]	Modellparameter zu Beschreibung der thermisch geschichteten Beladung im Speicher *collector loop stratification parameter*
u_c^*	[W/(m²K)]	Modellparameter für den effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten des gesamten Kollektorkreislaufs *effective collector loop heat loss coefficient*
U_s	[W/K]	Modellparameter für die Wärmeverlustrate des Speichers *heat loss rate of the store*
V	[m³]	Nennvolumen Speicher *Nominal store volume*
V_C	[m/s]	mittlere Windgeschwindigkeit in Kollektorebene *average wind speed in collector plane*
$\vartheta_{c,amb}$	[°C]	mittlere Kollektortemperatur *average collector temperature*
$\vartheta_{s,amb}$	[°C]	mittlere Speicherumgebungstemperatur *average store temperature*

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Universität Stuttgart

Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Beispiel

Prüfbericht
Regler für eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Prüfbericht-Nr.: 01CTR99

Stuttgart, den 18.01.2001

Auftraggeber: Sonnenschein GmbH
Sommerstraße 9
D-76543 Solarhausen

Hersteller: Sonnenschein GmbH

Typ: Solreg

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart

Tel. 0049(0)711/685-63536 • Fax 0049(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Geprüfte Funktionen des Reglers 4

3 Anlagenschema 5

4 Schaltbedingungen 5

4.1 Solarkreis 5

4.2 Rücklaufanhebung 6

5 Einstellwerte 6

6 Prüfungsdurchführung 6

7 Prüfergebnisse 7

7.1 Prüfung der Schalthysterese des Solarkreises 7

7.2 Prüfung der Volumenstromregelung des Solarkreises 10

7.3 Prüfung der Funktion zur Rücklaufanhebung (Sonderfunktion) 13

8. Bemerkung 16

Beispiel

1 Einleitung

Für die Solaranlage zur Trinkwassererwärmung der Firma Sonnenschein GmbH wurde das Regelverhalten des Solarkreises zur Beladung des Speichers über einen eingetauchten Wärmeübertrager (siehe Anlagenkonzept, Bild 2) mit den vom Auftraggeber mitgeteilten Regelparametern untersucht. Bei diesem Regler (siehe Bild 1) handelt es sich um einen „Delta-T-Regler“ für den Kollektorkreis, der die Kollektorkreispumpe in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ein- und ausschaltet und die von der Kollektorkreispumpe aufgenommene Leistung bzw. die Drehzahl regelt.

Der Regler bietet darüber hinaus zahlreiche Sonderfunktionen für 2-Speichersysteme, eine Kollektor- und Speicherkühlfunktion, wahlweise eine Thermostatfunktion oder die Funktion einer Rücklaufanhebung und eine Wärmemengenzählung.

Beispiel



Bild 1: Foto des geprüften Reglers

2 Geprüfte Funktionen des Reglers

- Delta-T-Regelung über Kollektortemperatur T3 und Speichertemperatur T1:
  Überschreitet die Kollektortemperatur T3 die Speichertemperatur T1 um den Wert ΔT_soll, so wird die Kollektorkreispumpe eingeschaltet. Unterschreitet die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor T3 und Speicher T1 den Wert ΔT_aus, so wird die Kollektorkreispumpe ausgeschaltet.
- Drehzahlregelung der Kollektorkreispumpe:
  Die Pumpe wird so geregelt, dass die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor T3 und Speicher T1 nach Möglichkeit ΔT_soll beträgt.
- Speichermaximaltemperaturbegrenzung:
  Erreicht die Speichertemperatur T1 die Speichermaximaltemperatur (Tsp_max), so wird die Kollektorkreispumpe ausgeschaltet.

Sonderfunktion:

- Rücklaufanhebung:
  Überschreitet die relevante Speichertemperatur T4 die Rücklauftemperatur der Raumheizung T5 um die Einschalttemperaturdifferenz ΔTrück_ein, so wird ein 3-Wege-Ventil aktiviert bis diese Temperaturdifferenz den Wert ΔTrück_aus unterschreitet.

Beispiel

3 Anlagenschema

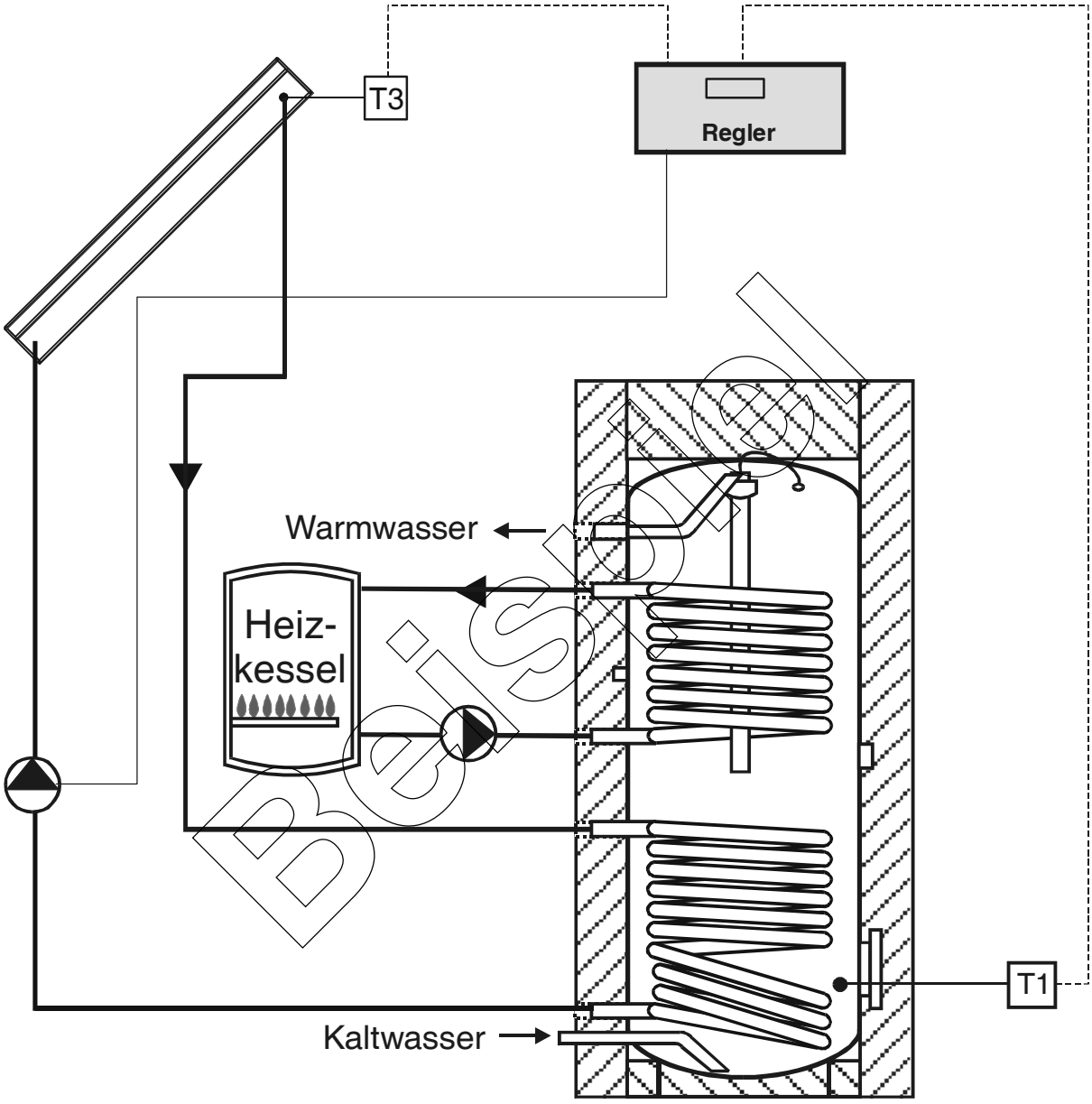


Bild 2: Anlagenschema mit Regelung für den Solarkreis

4 Schaltbedingungen

4.1 Solarkreis

Die Kollektorkreispumpe schaltet ein, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- T3 - T1 ≥ T_soll

und

- T1 < Tsp_max

Die Kollektorkreispumpe schaltet aus, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- T3 – T1 ≤ ΔT_aus

oder

- T1 ≥ Tsp_max

Die Pumpe wird so geregelt, dass die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher nach Möglichkeit ΔT_soll beträgt.

4.2 Rücklaufanhebung

Das 3-Wege-Ventil wird aktiviert, wenn

- T4 – T5 ≥ ΔTrück_ein

Das 3-Wege-Ventil wird deaktiviert, wenn

- T4 – T5 ≤ ΔTrück_aus

Beispiel

5 Einstellwerte

An der Regelung wurden entsprechend den Angaben des Auftraggebers folgende Einstellwerte gewählt:

- ΔT_soll (Einschalt-Solltemperaturdifferenz Solar): 10 K
- ΔT_aus (Ausschalttemperaturdifferenz Solar): 3 K
- Tsp_max (max. Speichertemperatur): 90 °C
- Minimale Drehzahl: 30 %
- ΔTrück_ein: 4 K
- ΔTrück_aus: 2 K

6 Prüfungsdurchführung

Statt der Thermometer wurden an die Regelung sogenannte elektronische Widerstände angeschlossen, die zur Simulation unterschiedlicher Temperaturen verändert werden können. Die Überprüfung der Volumenstromregelung erfolgte durch den Anschluss einer Pumpe vom Typ Grundfos UPS 25-60 in einem separaten Wasserkreislauf mit magnetisch induktivem Durchflussmesser. Bei maximaler Pumpenleistung (Stufe 2) beträgt der Volumenstrom in diesem Kreis ca. 400 l/h.

7 Prüfergebnisse

7.1 Prüfung der Schalthysterese des Solarkreises

Zur Prüfung der Ein- und Ausschalttemperaturdifferenz wurde die Speichertemperatur T1 von 20 °C bis 80 °C in 10 K-Schritten erhöht und die Kollektortemperatur in 0,5 K-Schritten auf- und absteigend variiert. Die Abbildungen 3 bis 9 zeigen die dabei aufgenommenen Schaltzustände der Kollektorkreispumpe. Es ist jeweils nur der Temperaturbereich für die steigende und fallende Kollektortemperatur T3 dargestellt, in dem sich der Schaltzustand geändert hat. „Ein“ heißt, dass die Pumpenleistung mindestens 30 % beträgt.

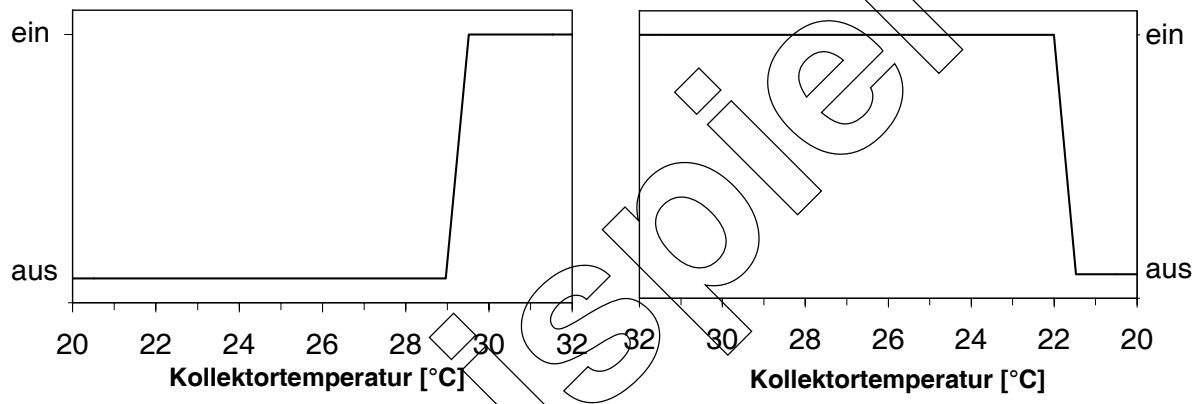


Bild 3: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 20 °C

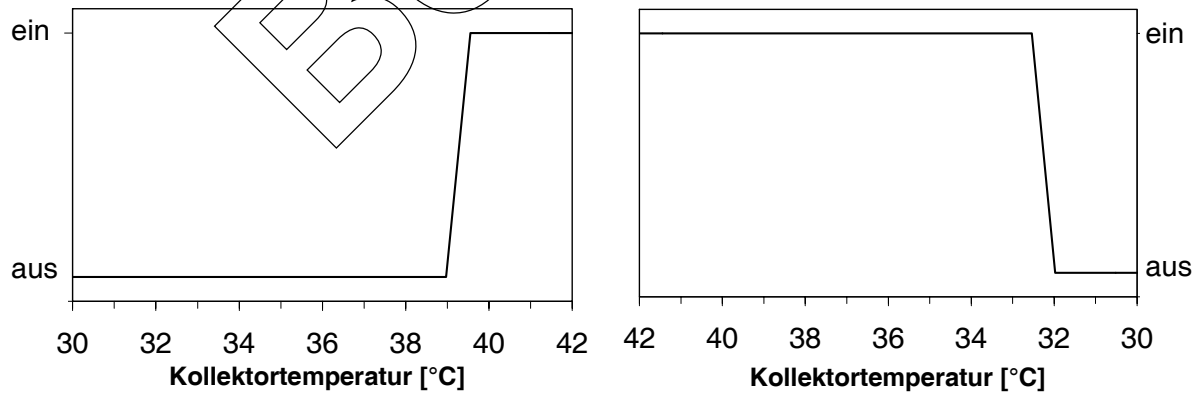


Bild 4: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 30 °C

Beispiel

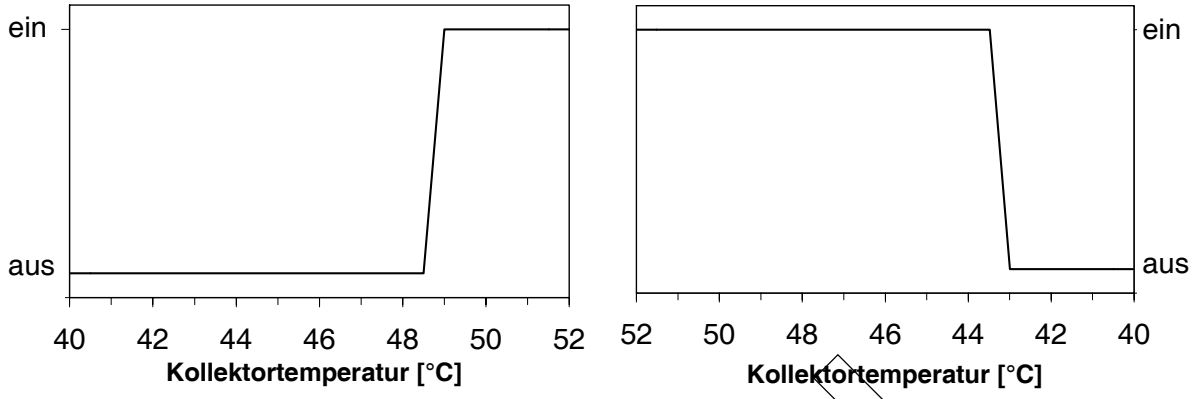


Bild 5: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 40 °C

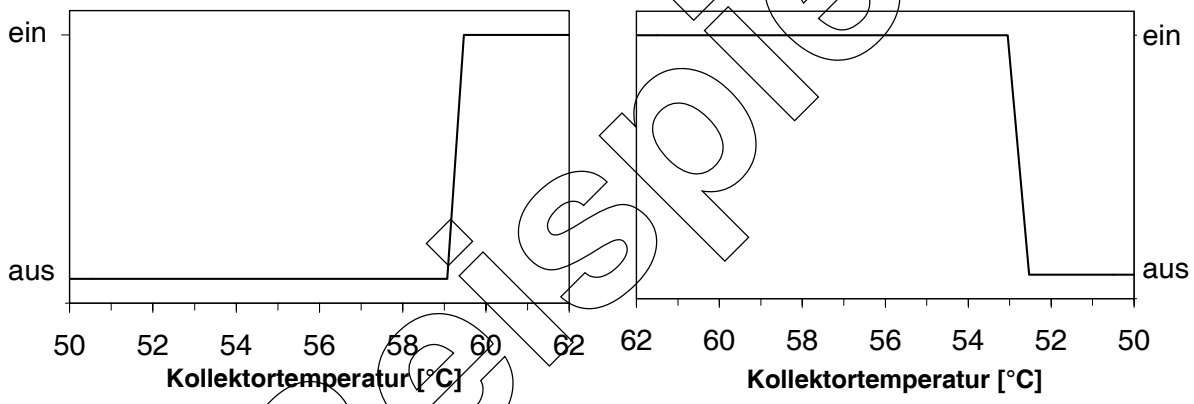


Bild 6: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 50 °C

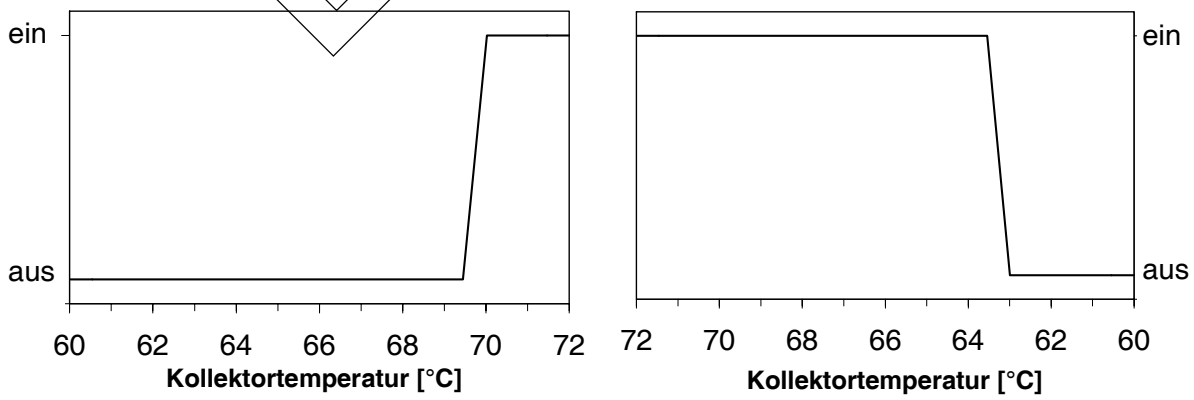


Bild 7: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 60 °C

Beispiel

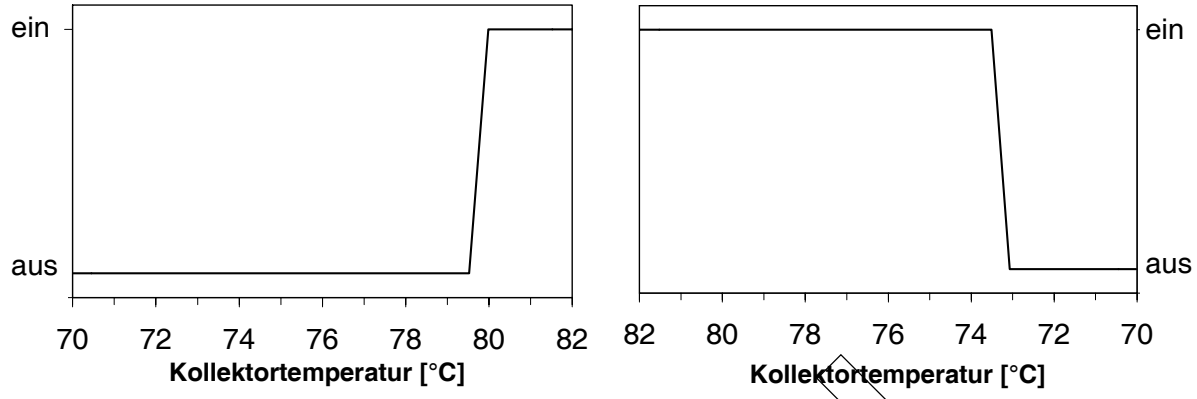


Bild 8: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 70 °C

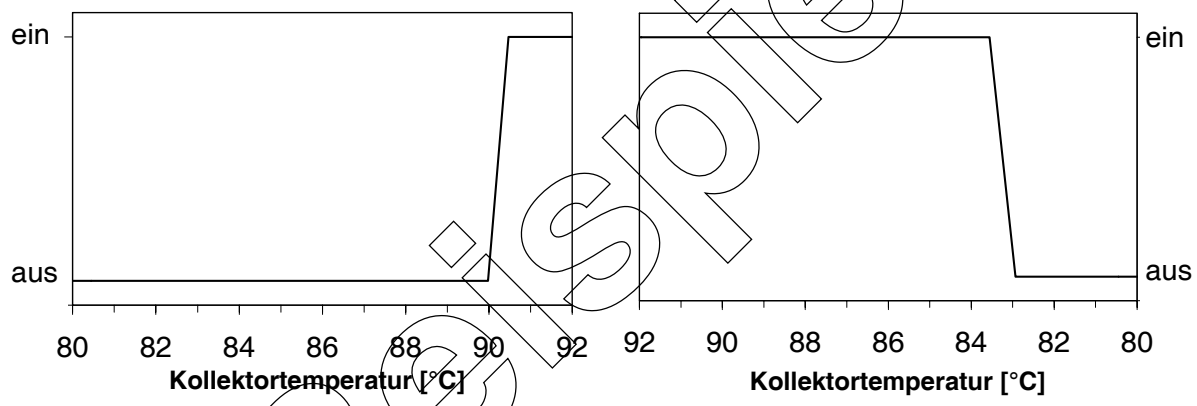


Bild 9: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei T1 = 80 °C

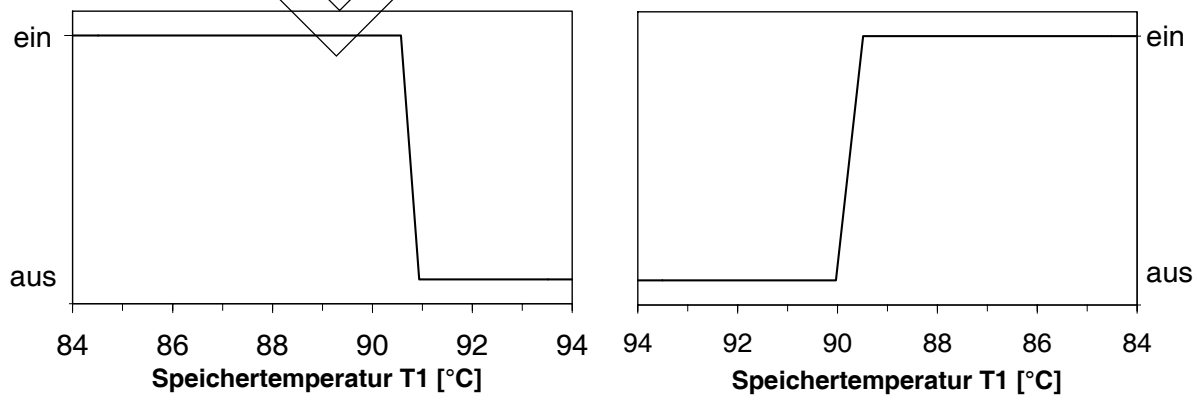


Bild 10: Schaltzustände Kollektorkreispumpe bei 80 °C < T1 < 100 °C

Beispiel

Die Bilder 3 bis 9 zeigen, dass die Werte für die Ein- und Ausschalttemperaturdifferenz für die Solarkreispumpe über den gesamten untersuchten Temperaturbereich im Rahmen der Messgenauigkeit eingehalten werden.

Bild 10 zeigt, dass bei Überschreiten der eingestellten maximalen Speichertemperatur (90 °C) die Kollektorkreispumpe ausgeschaltet wird. Unterhalb einer Speichertemperatur von 90 °C wird sie sofort wieder eingeschaltet. Diese Funktion besitzt also fast keine Schalthysterese.

7.2 Prüfung der Volumenstromregelung des Solarkreises

Die folgenden Bilder zeigen zur Überprüfung der Drehzahlregelung der Kollektorkreispumpe den Volumenstrom bei einer Speichertemperatur T1 von 20 °C bis 80 °C. Am Prüfkreislauf wurde ein max. Volumenstrom von ca. 400 l/h (bei 100 % Pumpenleistung, Stufe 2) eingestellt. Es ist wieder nur jeweils der Temperaturbereich für die steigende (linkes Diagramm) und fallende (rechtes Diagramm) Temperaturdifferenz zwischen Kollektor (T3) und Speicher (T1) dargestellt, in dem sich der Volumenstrom geändert hat.

Beispiel

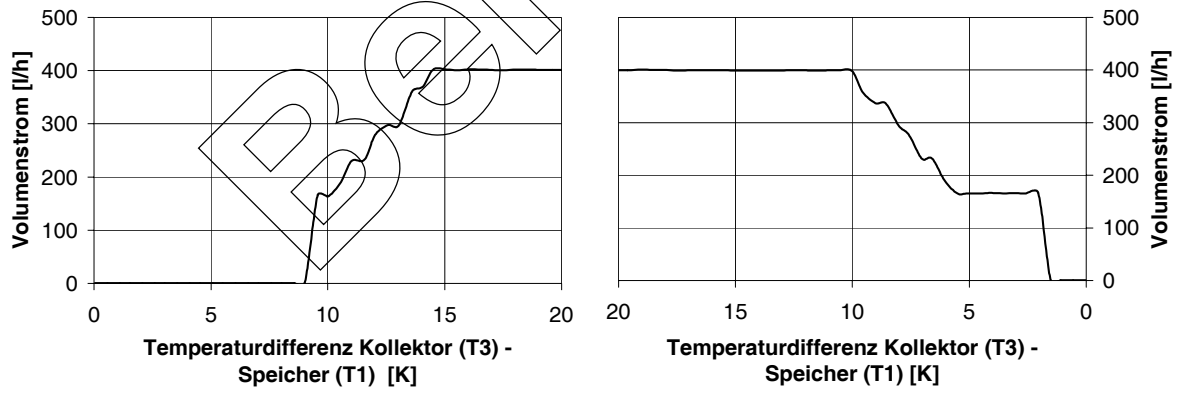


Bild 11: Volumenstrom bei T1 = 20 °C

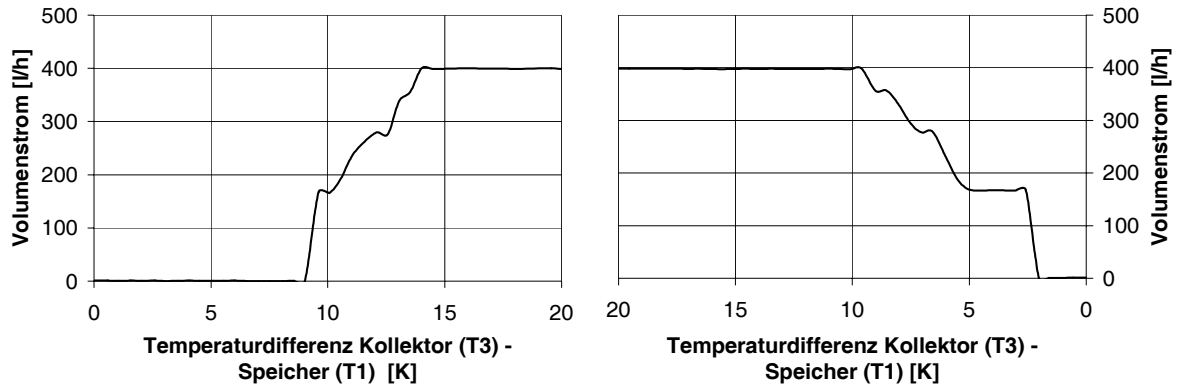


Bild 12: Volumenstrom bei T1 = 30 °C

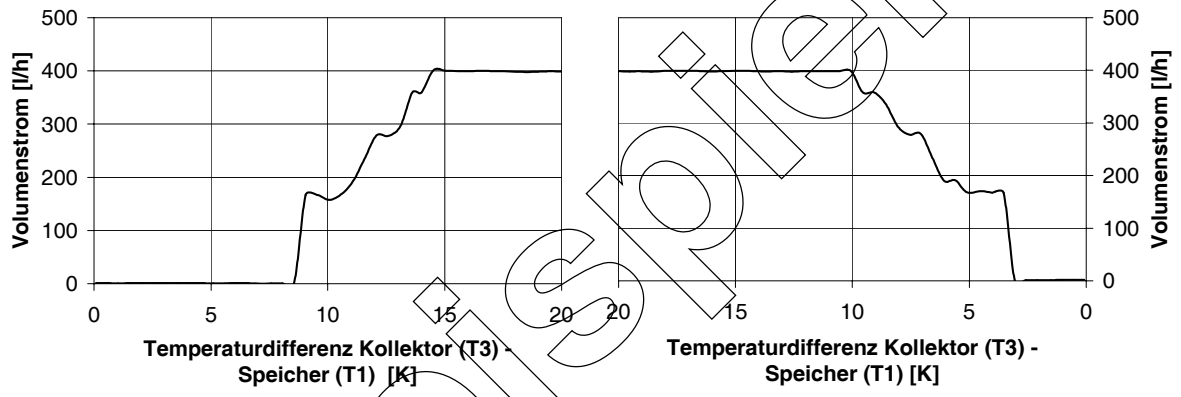


Bild 13: Volumenstrom bei T1 = 40 °C

Beispiel

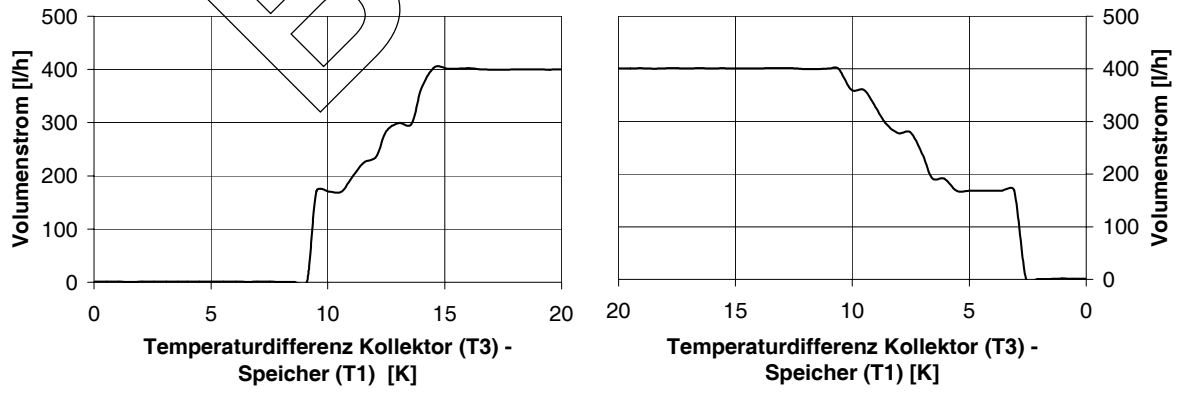


Bild 14: Volumenstrom bei T1 = 50 °C

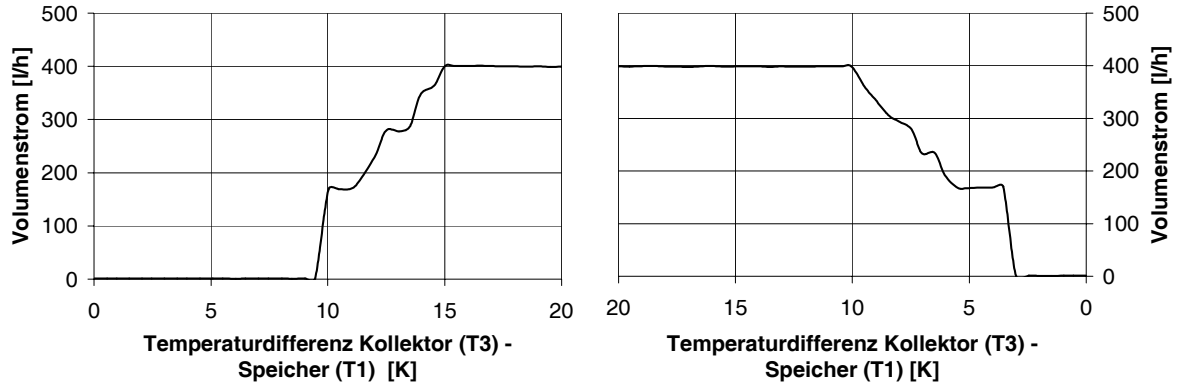
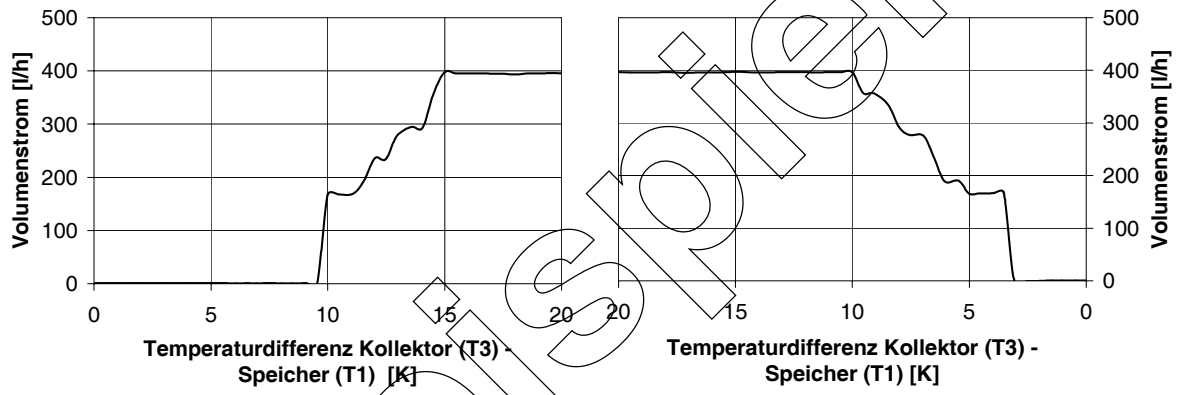


Bild 15: Volumenstrom bei T1 = 60 °C



Beispiel

Bild 16: Volumenstrom bei T1 = 70 °C

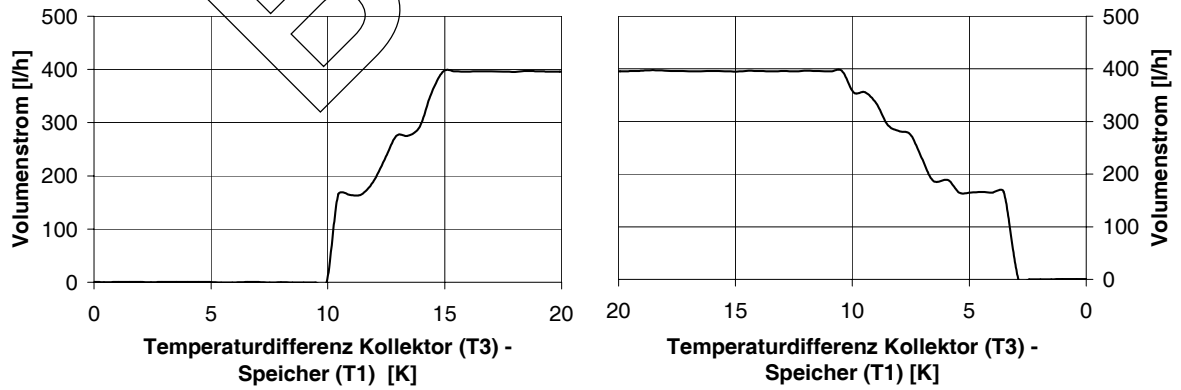


Bild 17: Volumenstrom bei T1 = 80 °C

Die Bilder 11 – 17 zeigen, dass die Volumenstromregelung der Solarkreispumpe in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor (T3) und Speicher (T1) erfolgt. Die Pumpe reduziert dabei den Volumenstrom auf minimal ca. 160 l/h (ca. 40 %).

Unmittelbar nach dem Einschalten läuft die Pumpe für ca. 10 s mit 100 % Leistung (in den Diagrammen nicht dargestellt). Danach wird die Pumpe auf minimale Leistung zurückgefahren. Steigt die Temperaturdifferenz an, wird die Drehzahl der Pumpe kontinuierlich erhöht, bis die maximale Leistung der Pumpe bei einer Temperaturdifferenz von 14 K bis 15 K erreicht ist. Sinkt die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor (T3) und Speicher (T1) unter 10 K, so wird die Leistung der Pumpe kontinuierlich reduziert, bis die minimale Pumpenleistung bei ca. 5 K bis 6 K Temperaturdifferenz erreicht ist. Mit diesem Regelalgorithmus wird also versucht, eine Temperaturdifferenz von ca. 10 K zwischen Kollektor (T3) und Speicher (T1) zu erhalten.

7.3 Prüfung der Funktion zur Rücklaufanhebung (Sonderfunktion)

Zur Prüfung der Ansteuerung eines Umschaltventils zur Rücklaufanhebung wurde die Raumheizungs-Rücklauftemperatur T5 von 25 °C bis 50 °C in 5 K-Schritten erhöht und die Speichertemperatur T4 variiert. Bei konstanter Rücklauftemperatur T5 wurde die Speichertemperatur T4 in 0,5 K-Schritten auf- und absteigend variiert. Die Abbildungen 18 bis 23 zeigen die dabei aufgenommenen Schaltzustände des Umschaltventils. Es ist jeweils nur der Temperaturbereich für die steigende und fallende Speichertemperatur T4 dargestellt, in dem sich der Schaltzustand geändert hat.

Beispiel

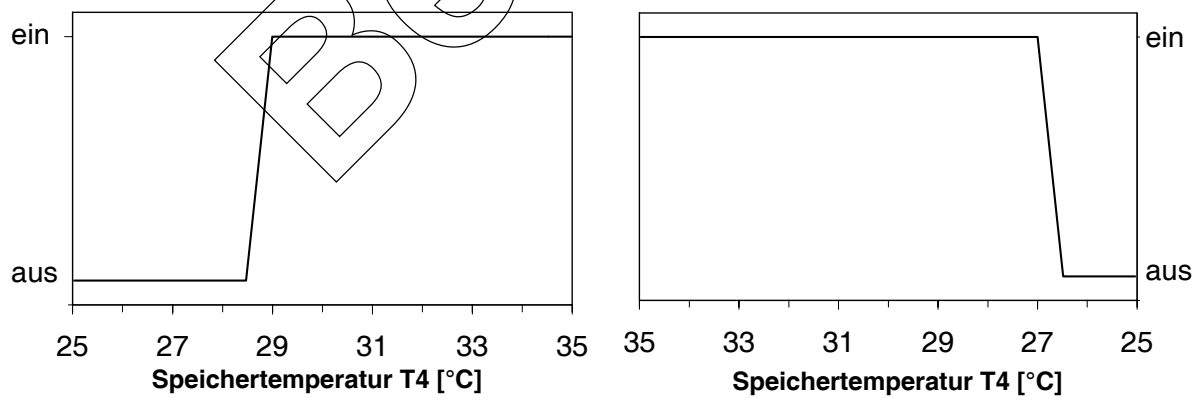


Bild 18: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 25 °C

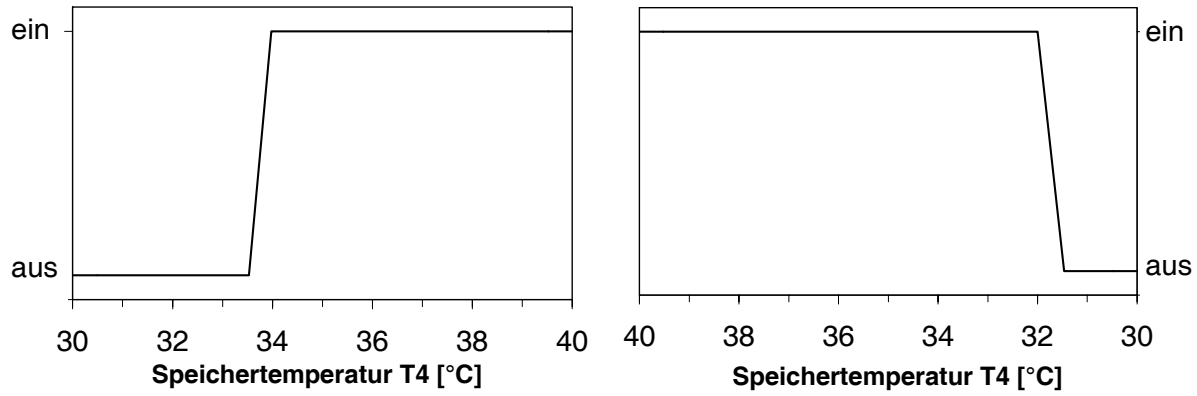


Bild 19: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 30 °C

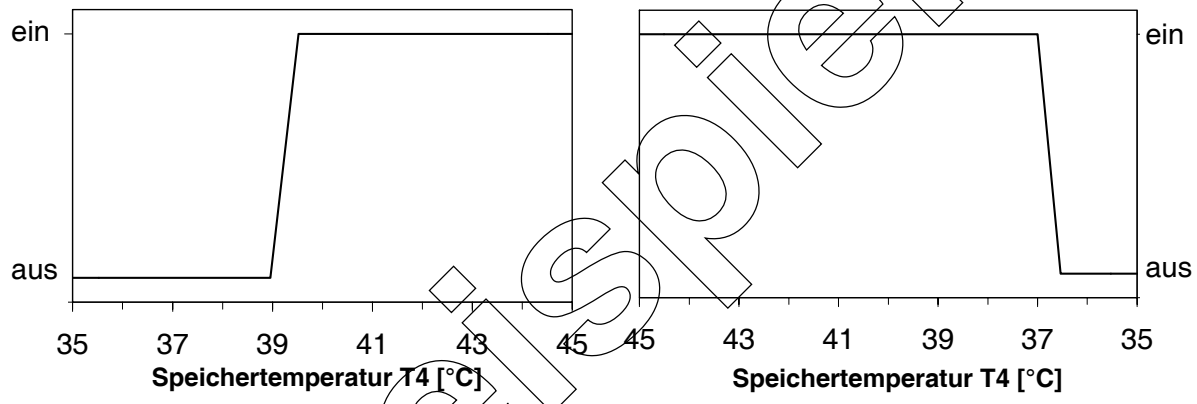


Bild 20: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 35 °C

Beispiel

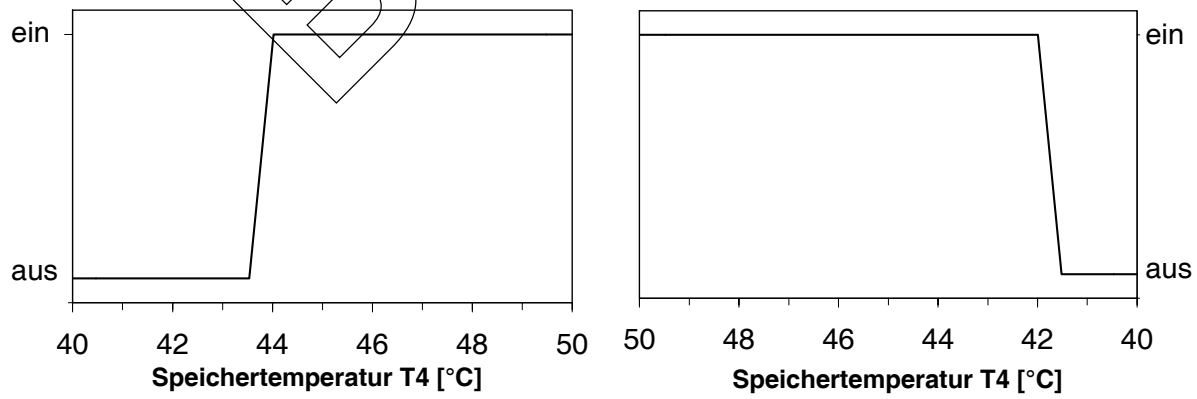


Bild 21: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 40 °C

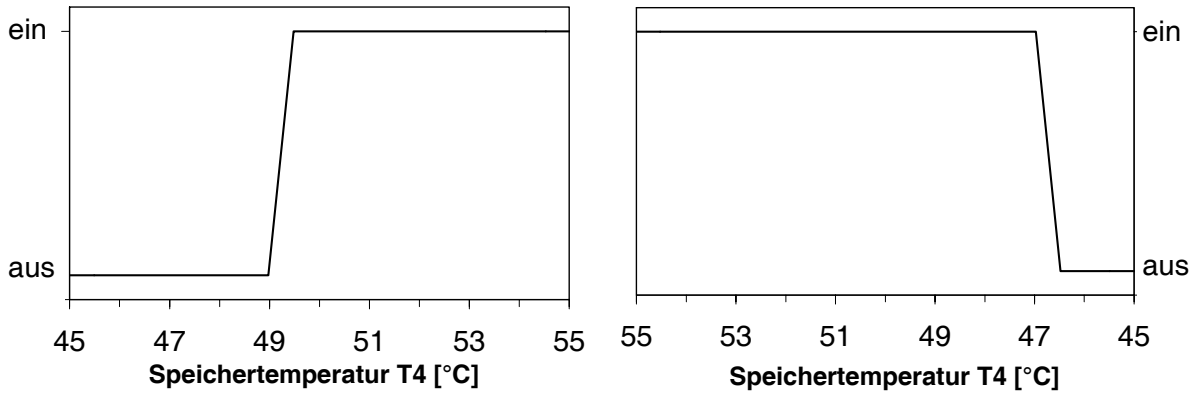


Bild 22: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 45 °C

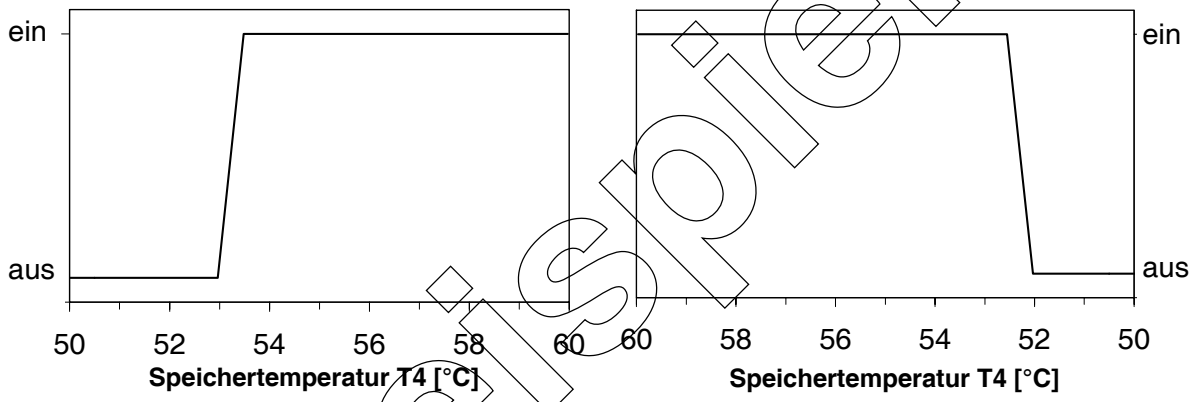


Bild 23: Schaltzustände des Umschaltventils bei Trück = 50 °C

Beispiel

Die Bilder 18 bis 23 zeigen, dass das Umschaltventil über den gesamten untersuchten Temperaturbereich wie beschrieben geschaltet wird und die Werte für die Ein- und Ausschalttemperaturdifferenz eingehalten werden.

8. Bemerkung

Die in den Diagrammen angegebenen Temperaturen sind mit einer Unsicherheit von max. ±0,5 K behaftet.

Prüfungszeitraum: 09.01.2001 bis 16.01.2001

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Bachmann / Dipl.-Ing. H. Drück

Stuttgart, den 18. Januar 2001

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

Beispiel

PERFORMANCE-VERGLEICH SOLAR UNTERSTÜTZTER NAHWÄRMEVERSORGUNGSSYSTEME MIT SAISONALER WÄRMESPEICHERUNG

D. Bauer[1)], R. Marx[1)], J. Nußbicker-Lux[1)], F. Ochs[1), 2)], W. Heidemann[1)], H. Müller-Steinhagen[1), 3)]

[1)] Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart
Tel.: 0049-711-685-69445, Fax: 0049-711-685-63503
E-mail: bauer@itw.uni-stuttgart.de

[2)] Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

[3)] DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart

1 Einleitung

Elf solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme mit saisonaler Wärmespeicherung wurden in den letzten dreizehn Jahren im Rahmen der Forschungsprogramme „Solarthermie 2000“ und „Solarthermie2000plus“ [1] gebaut. Dabei wurden vier unterschiedliche Konzepte für saisonale Wärmespeicher (Heißwasser-Wärmespeicher, Kies/Wasser-Wärmespeicher, Aquifer-Wärmespeicher und Erdsonden-Wärmespeicher) erarbeitet, verwirklicht und erfolgreich betrieben (siehe u. a. [2], [3], [4]). Jedes dieser Konzepte ist in mindestens einer Anlage realisiert und über mehrere Jahre detailliert messtechnisch hinsichtlich seiner Performance untersucht worden.

Basierend auf diesem langjährigen Monitoring werden in diesem Beitrag sieben solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme mit saisonaler Wärmespeicherung verglichen. Der Vergleich umfasst die auf die Kollektorfläche bezogene Leistungsfähigkeit der Anlagen hinsichtlich solarer Einstrahlung, Kollektorertrag und ins Netz eingespeister Solarwärme über bis zu zwölf Betriebsjahre. Um die unterschiedlichen Speichertypen im Anlagenumfeld zu vergleichen, wird des Weiteren das Verhältnis von ins Netz eingespeister Solarwärme zum Kollektorertrag (jeweils kollektorflächenbezogen) dargestellt. Obwohl kein genereller Vorteil eines bestimmten Speicherkonzepts festgestellt wurde, lassen sich klare, durch Technologie-Weiterentwicklung gewonnene Vorteile der Anlagen der neueren Generation gegenüber den älteren Anlagen aufzeigen. Weitere Informationen zu Betriebserfahrungen sowie Wärmebilanzen der Anlagen finden sich in [5].

2 Untersuchte solar unterstützte Nahwärmeversorgungssysteme

Bei den untersuchten Systemen handelt es sich um die Anlagen in Hamburg, Friedrichshafen, Neckarsulm, Rostock, Steinfurt, Hannover und Crailsheim (letztere zum Vergleich noch ohne saisonale Wärmespeicherung). In diesen Anlagen wurden die Speicherkonzepte „Erdsonden-Wärmespeicher“, „Aquifer-Wärmespeicher“, „Heißwasser-Wärmespeicher“ sowie „Kies/Wasser-Wärmespeicher“ umgesetzt. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Daten der sieben Anlagen aufgeführt.

Tabelle 1: Daten der zum Vergleich herangezogenen solar unterstützten Nahwärmeversorgungs-systeme in Hamburg, Friedrichshafen, Neckarsulm, Rostock, Steinfurt, Hannover und Crailsheim

	Kollektorfläche [m²]	Speichergröße [m³]	Speichertyp
Friedrichshafen	4 050	12 000	Heißwasser-Wärmespeicher
Neckarsulm	5 670	63 360	Erdsonden-Wärmespeicher
Rostock	980	20 000	Aquifer-Wärmespeicher
Crailsheim	5 714*	39 000	Erdsonden-Wärmespeicher
Hamburg	3 000	4 500	Heißwasser-Wärmespeicher
Hannover	1 350	2 750	Heißwasser-Wärmespeicher
Steinfurt	510	1 500	Kies/Wasser-Wärmespeicher

* Stand Januar 2010, Betrieb bis 2008 noch ohne saisonalen Wärmespeicher

3 Ergebnisse und Bewertung

Zur Bewertung solarthermischer Anlagen wird meist der solare Deckungsanteil herangezogen (der Sollwert für die hier untersuchten solar unterstützten Nahwärmeversorgungssysteme liegt um 50%). Dieser sagt allerdings noch nichts über die Effizienz der Anlagen aus. Aus diesem Grund werden die untersuchten Anlagen im Folgenden kollektorflächenbezogen charakterisiert.

Die Summe der jährlich auf einen Quadratmeter Kollektorebene fallenden Globalstrahlung („Solarstrahlung in Kollektorebene“) ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Abbildung 2 zeigt die von den Kollektoren daraus gewonnene Wärmemenge pro Quadratmeter Kollektorfläche („Wärmelieferung der Kollektoren“). Den Verlauf der in die Nahwärmenetze abgegebenen solar erzeugten jährlichen Wärmemenge („solare Nutzwärme“) zeigt Abbildung 3.

Obwohl die größten Globalstrahlungssummen in Friedrichshafen gemessen wurden, weisen die dort installierten Kollektoren nur mittelmäßige Wärmelieferungen auf. Die höchsten Werte der Wärmelieferung der Kollektoren und der in das Nahwärmenetz

abgegebenen solaren Nutzwärme wurden in Rostock erreicht. Es ist jedoch ein deutlicher Einbruch der solaren Nutzwärme in den Jahren 2006 und 2007 aufgrund eines Defekts der Wärmepumpe zu erkennen.

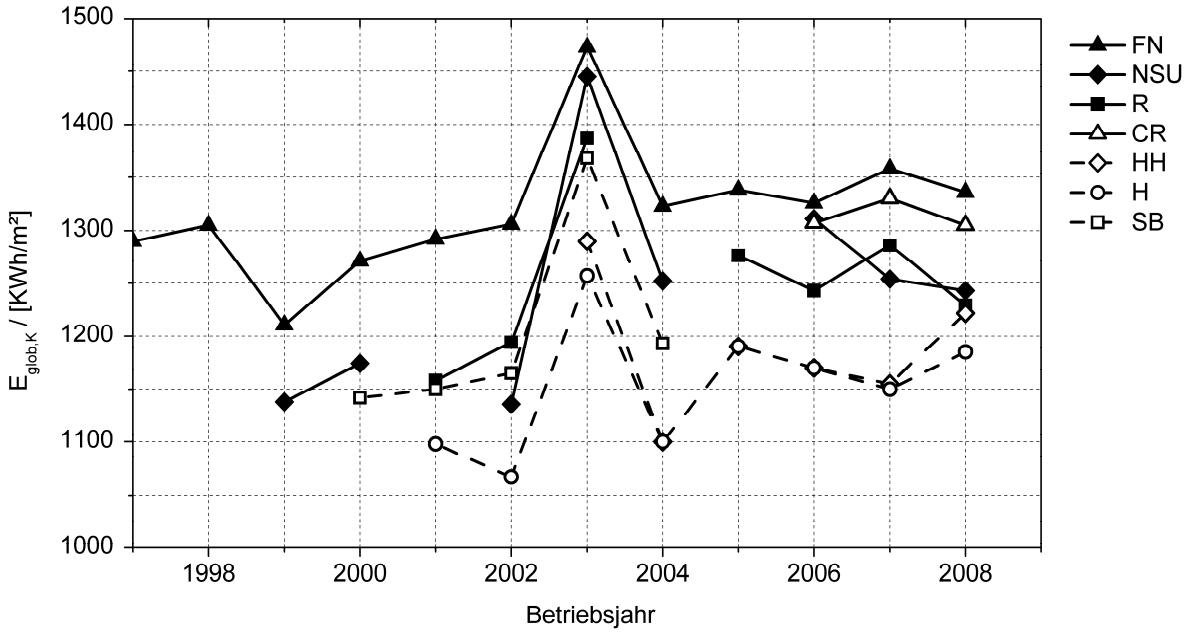


Abbildung 1: Solarstrahlung in Kollektorebene in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

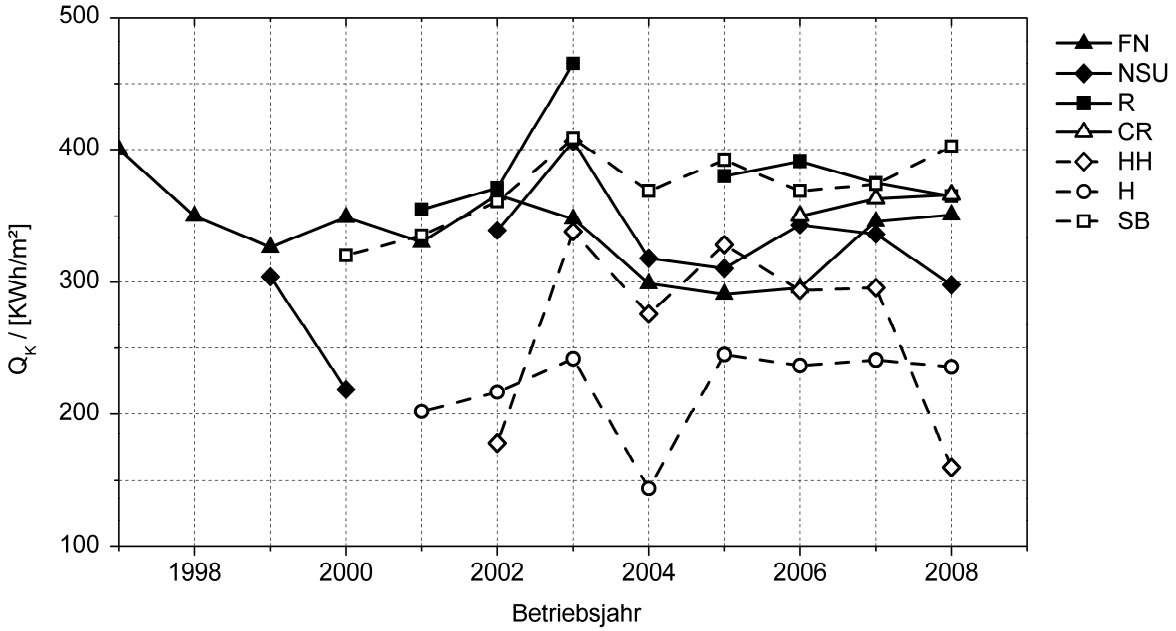


Abbildung 2: Wärmelieferung der Kollektoren in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

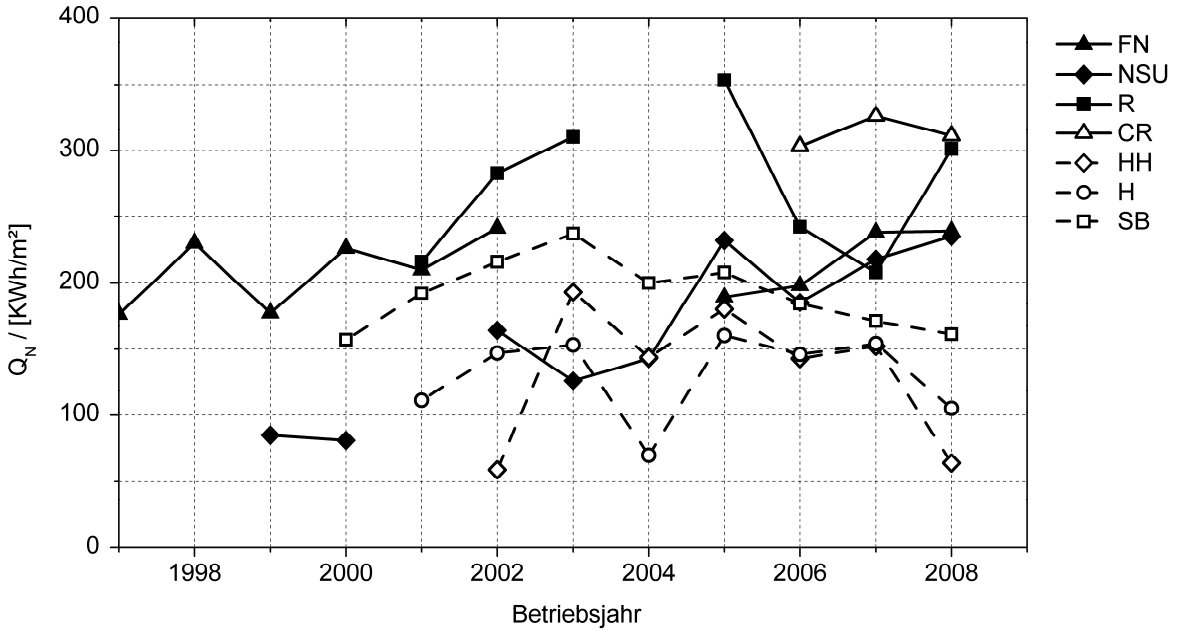


Abbildung 3: In das Nahwärmenetz abgegebene solare Nutzwärme in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR) (ohne saisonale Wärmespeicherung), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

Die Wärmelieferung der Kollektoren in Neckarsulm ist vergleichbar mit der der anderen Anlagen, jedoch erreicht die in das Nahwärmenetz abgegebene solare Nutzwärme erst nach sieben Betriebsjahren deren Niveau. Die Anlage in Hamburg erreicht aufgrund hoher Verluste des saisonalen Heißwasser-Wärmespeichers kaum zufriedenstellende solare Nutzwärmemengen. Die niedrige Wärmelieferung der Kollektoren in Hannover kann auf Undichtigkeiten im Kollektorfeld zurückgeführt werden und ist somit nicht für die Bewertung des saisonalen Wärmespeichers geeignet.

Abbildung 4 zeigt den Quotienten aus der in das Nahwärmenetz abgegebenen solaren Nutzwärme und der Wärmelieferung der Kollektoren. Die Werte variieren stark. Im Jahr 2007 liegen sie zwischen 0,45 und 0,7. Die Anlage in Crailsheim stellt eine Ausnahme dar, da sie im Jahr 2007 noch bei niedrigen solaren Deckungsanteilen ohne saisonalen Wärmespeicher betrieben wurde. Der Betrieb des dort gebauten Erdsonden-Wärmespeichers startete im Herbst 2008. Durchschnittlich wurden 62% der von den Kollektoren gelieferten Wärmemenge in die Nahwärmenetze eingespeist. Klare Vorteile eines bestimmten Konzepts können nicht erkannt werden.

Aufgrund der in das System integrierten Wärmepumpe kann der Aquifer-Wärmespeicher in Rostock auf ein tiefes Temperaturniveau entladen werden. Dadurch kann der jährliche Speichernutzungsgrad sehr hohe Werte annehmen. Der

Quotient aus der in das Nahwärmenetz abgegebenen solaren Nutzwärme und der Wärmelieferung der Kollektoren nähert sich im Jahr 2005 in Rostock dem Wert eins an. Bei Nutzung zusätzlicher Umgebungs- und geothermischer Energie könnten theoretisch Werte von über eins erreicht werden. Allerdings ist die dadurch erzielbare Primärenergieeinsparung durch den verstärkten Einsatz der Wärmepumpe weniger stark ausgeprägt. Die Entwicklung in den nächsten Jahren nach der Reparatur der Wärmepumpe bleibt deshalb von wissenschaftlichem Interesse. Basierend auf den bisherigen Monitoringergebnissen wird die Integration von Wärmepumpen in Anlagen mit Aquifer-Wärmespeicher und Erdsonden-Wärmespeicher dringend empfohlen.

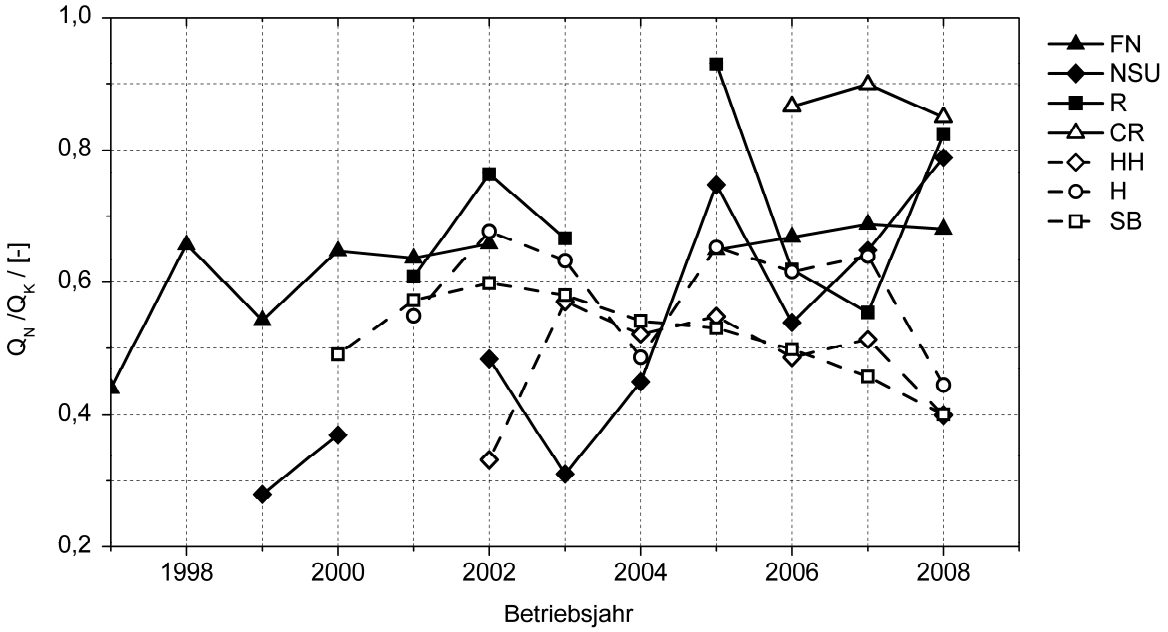


Abbildung 4: Quotient aus in das Nahwärmenetz abgegebener solarer Nutzwärme und Wärmelieferung der Kollektoren in Friedrichshafen (FN), Neckarsulm (NSU), Rostock (R), Crailsheim (CR) (ohne saisonale Wärmespeicherung), Hamburg (HH), Hannover (H) und Steinfurt (SB)

4 Fazit

Aufgrund der thermischen Trägheit von solar unterstützten Nahwärmeversorgungssystemen mit saisonaler Wärmespeicherung können Entwicklungen und Trends oft erst relativ spät erkannt werden. Die Auswirkung von Optimierungsmaßnahmen kann teilweise erst nach mehreren Heizperioden überprüft werden. Aus diesem Grund ist ein kontinuierliches, langjähriges Monitoring von höchster Wichtigkeit.

Die untersuchten Anlagen zeigen die unterschiedliche Trägheit der verschiedenen Speichertypen auf. Der Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm verursacht eine selbst nach einem Jahrzehnt Betrieb weiter signifikant ansteigende Performance der gesamten Anlage. Die Ende 2008 nachgerüstete Wärmepumpe wird vermutlich

diesen Trend fortsetzen. Dahingegen arbeiten Anlagen mit saisonalem Heißwasser-Wärmespeicher ab dem zweiten Betriebsjahr auf gleichbleibendem Niveau, welches sich nur durch technische Defekte ändert. Als gravierender technischer Defekt ist hier insbesondere die Verschlechterung der Wärmedämmung des Speichers durch eindringende Feuchtigkeit zu sehen [6]. Diese Problematik ist bei Erdsonden- und Aquifer-Wärmespeichern auf Grund der fehlenden Dämmung weniger stark ausgeprägt bzw. gar nicht vorhanden. Jedoch zeigt sich die Leistungsfähigkeit solcher Anlagen anfälliger gegen Defekte der zum effizienten Betrieb notwendigen Wärmepumpe.

5 Literatur

[1] www.solarthermie2000plus.de

[2] Bauer, D., Heidemann, W., Marx, R., Nußbicker-Lux, J., Ochs, F., Panthalookaran, V., Raab, S., 2009. Solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicher (Juni 2005 bis Juli 2008). Forschungsbericht zum BMU-Vorhaben 0329607J, Stuttgart.

[3] Bodmann M., Mangold D., Nußbicker, J., Raab, S., Schenke, A., Schmidt, T. 2005. Solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicher (Februar 2003 bis Mai 2005), Forschungsbericht zum BMWA / BMU-Vorhaben 0329607F, Stuttgart.

[4] Benner, M., Bodmann, M., Mangold, D., Nußbicker, J., Raab, S., Schmidt, T., Seiwald, H., 2003. Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher (November 1998 bis Januar 2003). Forschungsbericht zum BMWi-Vorhaben 0329606 S, ISBN 3-9805274-2-5, Stuttgart.

[5] Bauer, D. et al., German central solar heating plants with seasonal heat storage. Sol. Energy (2009), doi:10.1016/ j.solener.2009.05.013, article in press

[6] Ochs, F., Modelling Large-Scale Thermal Energy Stores. Dissertation Universität Stuttgart, ISBN 978-3-8322-8834-1, 2010.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Die Messdaten der Anlagen aus Hamburg, Hannover und Steinfurt wurden bereitgestellt von: IGS, Uni Braunschweig: http://www.igs.bau.tu-bs.de/. Die Autoren danken für diese Unterstützung.

Erstellt für die DSTTP Konferenz vom 26. und 27. Januar 2010

System- und Kollektortest im dynamischen Sonnensimulator
- Prüfen bei jedem Wetter -

F. Bertsch[1)], S. Fischer[1)], H. Drück[1)], H. Müller-Steinhagen[1), 2)]
[1)] Universität Stuttgart Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, www.itw.uni-stuttgart.de
[2)] DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik

In Kooperation mit SWT TECHNOLOGIE

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich GmbH

Einleitung

Die zunehmende Innovationsintensität der deutschen Solarthermiebranche führt zu einem steigenden Bedarf an Prüfungen von Kollektoren und kompletten Solaranlagen. Für die Realisierung möglichst kurzer Zyklen bei der Produktentwicklung ist es wichtig, dass diese Prüfungen zeitnah durchgeführt werden können. Aufgrund der insbesondere im Winterhalbjahr witterungsbedingt limitierten Prüfkapazitäten war dies bisher nicht möglich. Aus diesem Grund wird derzeit am ITW ein weltweit einzigartiger, **dynamischer** Sonnensimulator errichtet. Dadurch besteht nun erstmals die Möglichkeit für F&E-Arbeiten und standardisierte Prüfungen im Simulator

- die Strahlungsintensität dynamisch computergesteuert zu regeln,
- komplette Systeme zu testen.

Ziel der Arbeiten am ITW ist es, die in der europäischen Norm EN 12976-2 beschriebenen Testverfahren für Trinkwassererwärmungsanlagen nach ISO 9459-2 und ISO 9459-5 an die Bedingungen eines Innentestverfahrens an zu passen um in Zukunft diese Anlagen einem genormten Innentest unterziehen zu können.

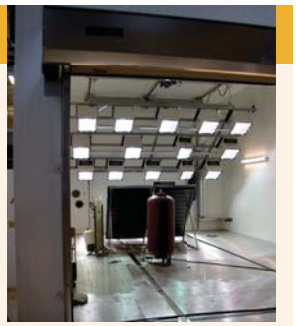


Abb. 1: Solaranlage zur Trinkwassererwärmung im Simulator

Technische Spezifikationen des dynamischen Simulators

Abmaße des dynamischen Simulators

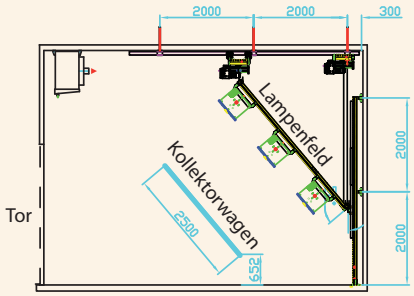


Abb. 2: Blick in die Klimakammer des Simulators während des Aufbaus.

Die Klimakammer hat:

- eine Länge von 9,2 m
- eine Breite von 5,7 m
- eine Höhe von 6,2 m

Abb. 3: vollständige Seitenansicht des Simulators



Der Kollektorwagen kann komplett aus der Klimakammer gefahren werden, so dass der Aufbau der Kollektoren / Solaranlage auch außerhalb des Simulators erfolgen kann

Lampenfeld und Kollektorwagen können individuell geneigt werden. Diese Einstellmöglichkeit ist gerade für Thermosiphonanlagen wichtig



Abb. 4: Blick auf das Lampenfeld

Die Prüfebene des Lampenfelds:

- hat eine Länge von 4 m
- hat eine Breite von 2,5 m
- ist computergesteuert dimmbar

Eigenschaften des Lampenfeldes

- Realitätsnahes Solarspektrum durch Metallhalogenid-Lampen
- Leistung der Lampen variierbar
- Möglichkeit der stufenlosen Abschattung

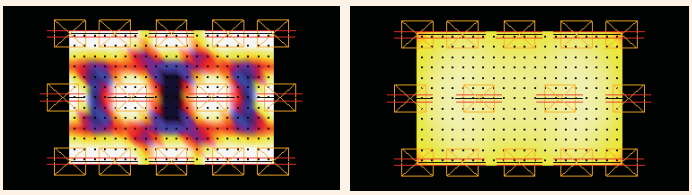


Abb. 5: Berechnete Strahlungsintensität des Lampenfeldes bei 100% Lampenleistung; links in 0,7 m , rechts in 2,0 m Abstand zur Lampe

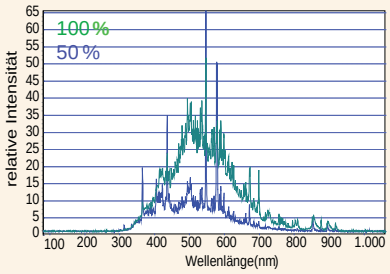


Abb. 6: Veränderung der Strahlungsintensität bei unterschiedlichen Lampenleistungen

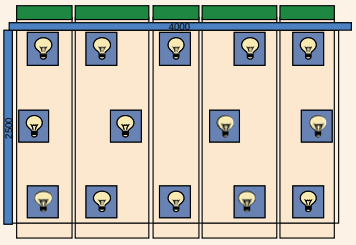


Abb. 7: Anordnung der Lampen und der Abschattung des Lampenfeldes

Die Abschattung ist in 5 Segmente unterteilt die zwischen Lampen- und Kollektorfeld gefahren werden. Durch Kippen der Lamellen ist eine stufenlose Abschattung möglich.

Durch Kombination von dimmen der Lampen und kippen der Lamellen der Abschattung ist es nun erstmals möglich die Strahlungsintensität dynamisch ohne signifikante Veränderung des Strahlungsspektrums zu regeln.

Ausblick

Derzeitige Arbeiten am ITW beschäftigen sich mit:

- der vollständigen Fertigstellung des dynamischen Simulators bis Frühjahr 2010
- der Anpassung des Testverfahrens von Solaranlagen zum Innentestverfahren
- Mitarbeit in Normungsgremien um die gewonnenen Erkenntinisse direkt in die Normungsarbeit auf europäischer Ebene einfließen zu lassen

Das Projekt „DynSim" wurde durch das BMU unter dem Aktenzeichen 02E2-41V5056 gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung

ISBN: 978-3-941785-29-8

Materialuntersuchungen für chemische Langzeitwärmespeicher

F. Bertsch[1)], H. Kerskes[1)], H. Drück[1)], H. Müller-Steinhagen[1), 2)]

[1)] Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Tel.: +49-(0)711-685-63279, Fax: +49-(0)711-685-63503
Email: bertsch@itw.uni-stuttgart.de

[2)] DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

1 Einleitung

Wärmespeicher basierend auf reversiblen thermochemischen Vorgängen, wie beispielsweise der exothermen Reaktion von Wasser mit einem Salzanhydrat zu einem Salzhydrat, bieten interessante Möglichkeiten zur Speicherung von Niedertemperaturwärme. Aufgrund der theoretisch erzielbaren hohen Speicherdichte in Verbindung mit geringen Wärmeverlusten weist diese Technologie ein hohes Potential für die Langzeitwärmespeicherung auf. Für solarthermische Anwendungen bedeutet dies eine Steigerung der jährlichen Energieeinsparung.

Dem Speichermaterial kommt bei der thermochemischen Energiespeicherung eine Schlüsselrolle zu. Dabei sind nicht nur die theoretischen und experimentellen Speicherdichten, die Lage des chemischen Gleichgewichts sowie die Kinetik der Reaktion von Interesse, sondern auch die physikalischen Eigenschaften wie Festigkeit, Form und Größe der Partikel. Je nach Prozessführung muss das Speichermaterial transportierbar sein, es darf nicht stauben oder agglomerieren und soll gleichzeitig eine hohe Speicherdichte in Verbindung mit einer schnellen Kinetik aufweisen. Die Forderungen einer hohen Speicherdichte werden zum Beispiel von Hydratisierungsreaktionen verschiedener Salze erfüllt. Am ITW durchgeführte Untersuchungen haben gezeigt, dass für Salze die zusätzlich zur hohen Speicherdichte oben genannten physikochemischen Eigenschaften nur schwer zu erfüllen sind.

In vorangegangenen Untersuchungen von Gas-Feststoffreaktionen konnten Prozessbedingungen identifiziert werden, bei denen ein hoher chemischer Umsatz erzielt wurde [1]. Jedoch laufen viele erfolgversprechende Reaktionen mit geringer Reaktionsgeschwindigkeit ab. Ein weiteres Problem stellt die geringe Partikelgröße (< 1mm) der reinen Salze dar. Eine gleichmäßige Durchströmung der Pulverschüttung ist schwierig und gleichzeitig mit einem hohen Druckverlust und somit mit einem hohen energetischen Aufwand verbunden. Eine Möglichkeit die Reaktionsgeschwindigkeit und damit die Wärmefreisetzung zu erhöhen und gleichzeitig den Druckverlust bei der Durchströmung zu senken, liegt in der Verwendung von Mischungen aus Salzen und speziellen Trägerstrukturen (Komposit). Dabei gibt die Trägerstruktur die Größe, Festigkeit und Form des Partikels vor und ermöglicht so eine gute Durchströmung bei geringem Druckverlust. Das Salz, welches vor allem auf die innere

ISBN: 978-3-941785-29-8

Oberfläche des Trägermaterials aufgebracht wird, dient hauptsächlich zur Energiespeicherung. Durch die Herstellung derartiger Kompositmaterialien können die spezifischen Materialeigenschaften der Salze wie Speicherdichte und Lage des chemischen Gleichgewichts mit den Eigenschaften der Trägerstruktur kombiniert werden und so die gewünschten Eigenschaften bezüglich der Fähigkeit zum Transport und die Neigung nicht zu agglomerieren erreicht werden. Bezüglich der Trägerstrukturen kann unterschieden werden zwischen aktiven (z.B. Zeolith) und passiven (z.B. Bentonit) Trägern. Im Gegensatz zu passiven Trägern zeichnen sich aktive Träger dadurch aus, dass sie ebenfalls direkt in den Prozess der thermochemischen Wärmespeicherung involviert sind.

Ziel der gegenwärtigen am ITW durchgeführten Arbeiten ist es, einen chemischen Langzeitwärmespeicher im Labormaßstab zu entwerfen und herzustellen. Je nach Einsatzbereich und Verfahrenskonzept eines chemischen Wärmespeichers ergeben sich spezifische Anforderungen an das Speichermaterial.

Im folgenden Beitrag wird zunächst ein mögliches Anlagenschema einer solaren Kombianlage mit chemischem Wärmespeicher gezeigt. Anschließend werden die Ergebnisse von Materialuntersuchungen für diese Anwendung vorgestellt und diskutiert.

2 Anlagenschema einer solaren Kombianlage mit chemischem Wärmespeicher

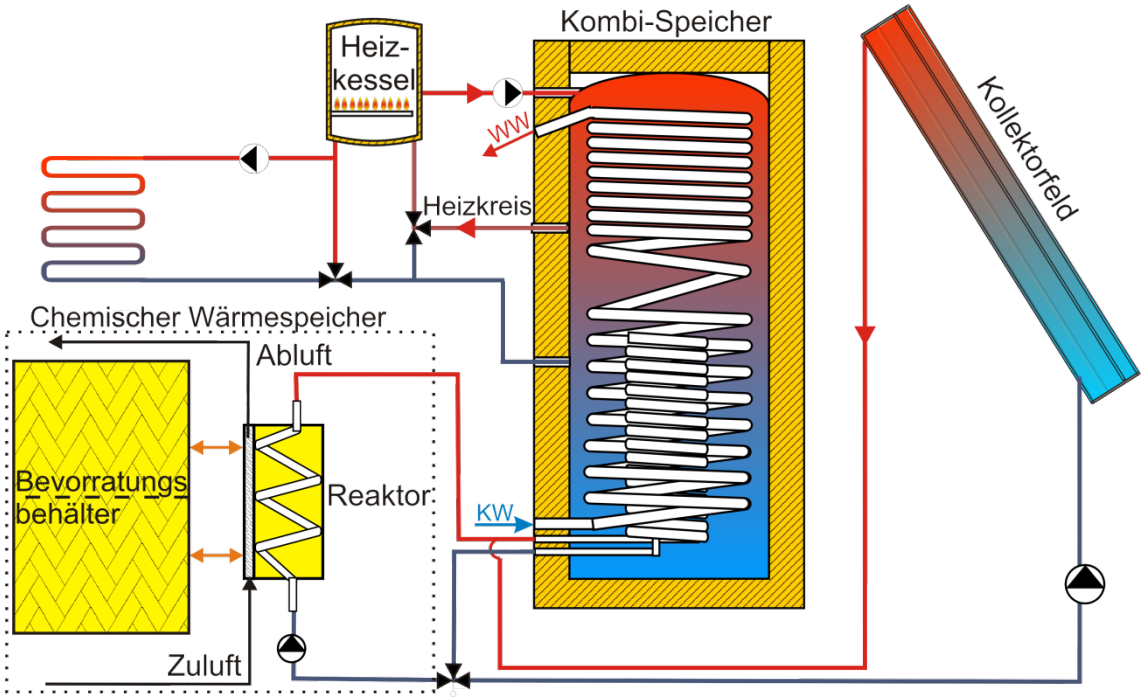


Abbildung 1: Anlagenschema einer solaren Kombianlage mit chemischem Wärmespeicher

In Abbildung 1 ist ein Anlagenschema einer Kombianlage mit Kombispeicher und chemischem Wärmespeicher dargestellt. Der chemische Wärmespeicher besteht aus einem Reaktor und einen Bevorratungsbehälter für hydratisiertes und dehydratisiertes Speichermaterial. Als Wärmequelle dient ein Kollektorfeld, das wahlweise den

ISBN: 978-3-941785-29-8

Kombispeicher aufheizt oder die für die Dehydratisierung des Speichermaterials im Reaktor benötigte Wärme liefert. Der Kombispeicher wird vor allem aus verfahrenstechnischen Gründen benötigt. Der chemische Reaktor kann so für eine konstante Wärmelast ausgelegt und Lastspitzen über den Kombispeicher abgepuffert werden.

Soll bei nicht ausreichender solarer Strahlung Wärme in den Kombispeicher eingebracht werden, wird dem Reaktor dehydratisiertes Speichermaterial aus dem Bevorratungsgehälter und Wasserdampf durch feuchte Luft aus der Umgebung oder durch eine interne Feuchtequelle zugeführt. Die im Reaktor entstehende Reaktionswärme wird in den Kombispeicher abgeführt und das entstandene hydratisierte Speichermaterial getrennt vom Dehydratisierten in einem Bevorratungsbehälter aufbewahrt. Die Regeneration des Speicher-materials (Rückreaktion) erfolgt vor allem in den Sommermonaten. Dazu werden je nach Speichermaterial Temperaturen von ca. 150-180°C benötigt, die von hocheffizienten Kollektoren mit relativ hohem Wirkungsgrad erreicht werden können. Ist die maximale Temperatur im Kombispeicher erreicht, kann die verfügbare Solarstrahlung genutzt werden um die Rückreaktion im Reaktor durch zu führen, und so den chemischen Wärmespeicher zu beladen. Das durch die Rückreaktion entstehende dehydratisierte Speichermaterial wird in den Bevorratungsbehälter geführt. Das abgespaltene Wasser wird je nach Prozessführung bevorratet oder abgeleitet.

3 Materialuntersuchungen

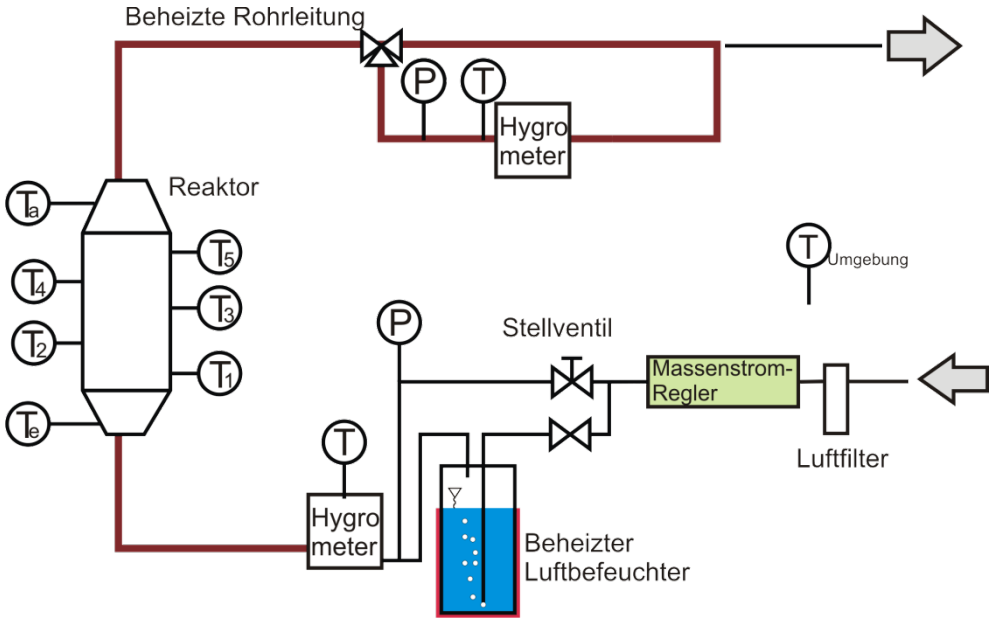


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Versuchsanlage für Materialuntersuchungen im durchströmten Festbett

Zunächst erfolgte eine Vorauswahl potentieller Speichermaterialien aufgrund ihrer stoffspezifischen, thermodynamischen und chemischen Eigenschaften. Anschließend wurde das tatsächliche Reaktionsverhalten in experimentellen Untersuchungen unter definierten Randbedingungen bewertet. Dazu wurde eine Versuchsanlage aufgebaut. Eine schematische Skizze der Anlage ist in Abbildung 2 dargestellt. Trockene Druckluft wird durch einen

ISBN: 978-3-941785-29-8

Luftfilter geführt wobei der vorgegebene Luftstrom von einem Massenstromregler eingestellt wird. Anschließend kann ein Teil- oder der Gesamtstrom durch einen beheizten Luftbefeuchter geleitet werden, wodurch die Luftfeuchtigkeit exakt eingestellt werden kann. Darauf folgt eine beheizte Rohrleitung hin zum Reaktor, in der der Luftstrom auf die gewünschte Reaktoreintrittstemperatur erwärmt wird. Der Reaktor, ein durchströmter Festbettreaktor, hat einen Durchmesser von 40 mm und eine Länge von 130 mm und wird von unten nach oben durchströmt. Er besitzt 5 axiale Temperaturmessstellen die äquidistant über die Reaktorlänge verteilt sind. Mithilfe der gemessenen Reaktoreintritts- und Austrittstemperatur und dem eingestellten Massenstrom der trockenen Luft kann die freigewordene Reaktionswärme berechnet werden. Vor und nach dem Reaktor wird die Luftfeuchtigkeit und damit die Wasseraufnahme des Speichermaterials durch zwei Hygrometer gemessen.

In dem durchgeführten Forschungsvorhaben wurde eine Reihe von möglichen Speichermaterialien untersucht. Besonders günstige thermodynamische und chemische Eigenschaften besitzen die Stoffe Calciumchlorid und Magnesiumsulfat. In diesem Beitrag wird daher näher auf diese Salze und die Möglichkeit sie auf Trägermaterialien aufzubringen eingegangen. Beispielhaft wurde Calciumchlorid auf einem passiven Träger (Bentonit) und Magnesiumsulfat auf einem aktiven Träger (Zeolith 4A) untersucht.

3.1 Untersuchungen an Calciumchlorid

Calciumchlorid ($CaCl_2$) weißt aufgrund seiner hohen theoretischen physikalischen Speicherdichte von 380 kWh/m³ ein hohes Potential als Speichermaterial auf. Es reagiert exotherm unter Aufnahme von bis zu 6 Wassermolekülen. Die Dehydratisierung bis zum Anhydrat kann bei Temperaturen ab 140°C realisiert werden, so dass hocheffiziente Solarkollektoren eingesetzt werden können.

In Abbildung 3 sind die Temperaturdifferenzen zwischen Reaktoreintritt und Reaktoraustritt während drei Hydratisierungsversuchen über der Zeit aufgetragen. Der Volumenstrom der trockenen Luft betrug 1 m³/h, die Eintrittstemperatur 25°C. Variiert wurde der Partialdruck des Wasser der eintretenden feuchten Luft (im folgenden Eintrittspartialdruck genannt) zwischen 8 und 22 mbar. Es zeigt sich, dass eine Erhöhung des Eintrittspartialdrucks zu einer größeren Temperaturerhöhung im Reaktor führt. Jedoch sinkt die Temperaturerhöhung mit zunehmender Reaktionszeit. Dies liegt an einer zunehmenden Diffusionshemmung des Wassers durch die entstehende Hydrathülle des Calciumchlorids was sich vor allem bei Versuch 2 und 3 durch einen früheren Abfall der Temperatur bemerkbar macht. Bei allen drei Versuchen konnte eine Temperaturerhöhung von 10 bis 20 K über einen Zeitraum von mindestens 1,5 Stunden gemessen werden. Die gemessenen Speicherdichten sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Da Calciumchlorid-Hexahydrat sehr hygroskopisch ist, nimmt dieses weiter Wasser auf während es im eigenen Kristallwasser in Lösung geht. Der flüssige Zustand, auch partiell, muss vermieden werden, da er Verkleben bzw. Verschmelzen der einzelnen Salzkörner auslöst, was zu einem zunehmend schlechteren Durchströmungs- und Reaktionsverhalten

ISBN: 978-3-941785-29-8

führt. Daher wird die Reaktion vor Erreichen des Hexahydrats abgebrochen, indem der Versuchszeitraum auf 3,5 Stunden begrenzt wird. Dies führt zu einer unvollständigen Hydratisierung. Daher liegt die erreichte maximale Speicherdichte nur bei 60 % des theoretisch möglichen Wertes von 380 kWh/m³. Der mittlere Hydratisierungsgrad von Versuch 3 liegt bei 3,8 mol H_2O pro mol Calciumchlorid, der von Versuch 1 und Versuch 2 liegt bei 2,6 bzw. 2,8.

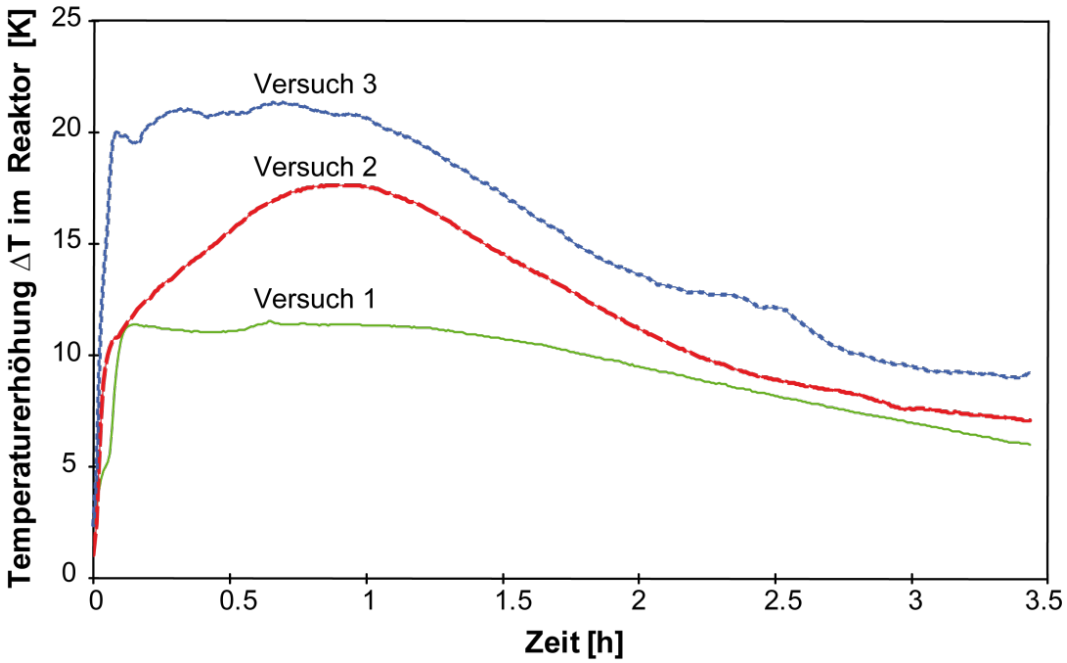


Abbildung 3: Temperaturdifferenz zwischen Reaktoraustritt und Reaktoreintritt der Hydratisierungsversuche mit Calciumchlorid. Der Volumenstrom durch den Reaktor betrug 1 m³/h

Eine weitere Schwierigkeit besteht bei der Dehydratisierungsreaktion. Calciumchlorid-Tetrahydrat und –Hexahydrat schmelzen bei Temperaturen unter 40°C, noch bevor die Dehydratisierung einsetzt. Die Hydrate werden also sowohl durch eine Temperaturerhöhung als auch bei Zufuhr von Wasserdampf über das Hexahydrat hinaus flüssig. Die aufgezeigten Schwierigkeiten machen deutlich, das Calciumchlorid trotz seiner guten thermodynamischen und chemischen Eigenschaften zumindest in Reinform nicht als Speichermaterial verwendbar ist.

Tabelle 1: Hydratisierung von reinem Calciumchlorid bei verschiedenen Eintrittspartialdrücken. Q_v ist die volumenbezogene gemessene Speicherdichte, p_{H_2O} der Eintrittspartialdruck. Um Verkleben und Verschmelzen der in eigenem Kristallwasser in Lösung gehenden Salzkörner zu vermeiden, wurde die Versuchszeit auf 3,5 Stunden begrenzt.

Versuch	$T_{Eintritt}$ [°C]	rel. Feuchte [%]	p_{H_2O} [mbar]	Hydratisierungsgrad [mol/mol]	Q_v [kWh/m³]
1	25	25	8	2,6	150
2	25	47	15	2,8	171
3	25	70	22	3,8	243

ISBN: 978-3-941785-29-8

3.2 Untersuchungen am Kompositmaterial aus mit Calciumchlorid imprägniertem Bentonit

Um das Potential von Calciumchlorid trotz der oben aufgeführten Problematik ausschöpfen zu können und insbesondere den unerwünschten Übergang in den flüssigen Zustand während der Hydratisierung, wie auch bei der Dehydratisierung zu unterbinden, wird Calciumchlorid auf das als Granulat vorliegende Trägermaterial Bentonit aufgebracht. Bentonit ist eine Mischung aus verschiedenen Tonmineralien und zeichnet sich durch eine hohe innere Oberfläche von 400-600 m²/g aus. Aufgrund einer geringen Anlagerung von Wasser besitzt es eine gemessene Speicherdichte von 0,5 kWh/m³ und kann daher als passives Trägermaterial betrachtet werden. Das hier eingesetzte Bentonit-Granulat wird mit einer wässrigen $CaCl_2$-Lösung imprägniert. Das Trägermaterial Bentonit verhindert, dass einzelne Calciumchlorid-Körner bei der Hydratisierungs- oder Dehydratisierungsreaktion verschmelzen. So bleibt das Reaktions- und Durchströmungsverhalten auch nach mehreren Zyklen unverändert. Durch mehrmaliges Imprägnieren erhöht sich dabei der $CaCl_2$-Gehalt des Komposits auf bis zu 41,7 %.

Die Untersuchungen am Komposit aus Bentonit und unterschiedlichen Massenanteilen Calciumchlorid wurden in der oben beschriebenen Anlage mit einer Eintrittstemperatur von 25°C bei einem Eintrittspartialdruck von 20 mbar durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Hydratisierung von mit unterschiedlichen Mengen $CaCl_2$ imprägniertem Bentonit. Q_v ist die volumenbezogene gemessene Speicherdichte, p_{H_2O} der Eintrittspartialdruck.

Massenanteil	$T_{Eintritt}$ [°C]	rel. Feuchte [%]	p_{H_2O} [mbar]	Q_v [kWh/m³]
10,5% $CaCl_2$	25	63	20	57
23,5% $CaCl_2$	25	63	20	130
41,7% $CaCl_2$	25	63	20	185

Bereits mit dem geringen Massenanteil von 10,5% $CaCl_2$ auf Bentonit werden Speicherdichten von 57 kWh/m³ erreicht. Wird der $CaCl_2$-Anteil verdoppelt, wird eine Speicherdichte vom 130 kWh/m³ und damit eine mit reinem Zeolithmaterial vergleichbare Speicherdichte erreicht. Wird der Anteil des $CaCl_2$ auf 41,7% erhöht, so steigt die Speicherdichte auf 185 kWh/m³. Der Vergleich mit den ermittelten Speicherdichten der Reinstoff-Versuche aus Tabelle 1 lässt darauf schließen, dass beim Komposit das $CaCl_2$ während der Versuchsdauer nicht vollständig bis zum Hexahydrat reagiert. Dieser Nachteil ist jedoch zu tolerieren, da das Komposit aus Bentonit-Granulat und Calciumchlorid die geforderten mechanischen Eigenschaften wie Riesel- und Transportfähigkeit besitzt und eine höhere Speicherdichte als kommerzielle Zeolithe aufweist.

ISBN: 978-3-941785-29-8

3.3 Untersuchungen am Kompositmaterial aus mit Magnesiumsulfat imprägniertem Zeolith

Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) wird in der Literatur häufig aufgrund seiner thermodynamischen und chemischen Eigenschaften wie beispielsweise seiner hohen physikalischen Speicherdichte von 366 kWh/m³ als eins der geeignetsten Speichermaterialien beschrieben. Experimentelle Untersuchungen an dem reinen Salz zeigen jedoch auch für dieses Material ein unzureichendes Reaktionsverhalten bei der Hydratisierung. Ein limitierender Faktor für die Reaktion scheint die Diffusionshemmung für Wasser durch die Hydrathülle in das Salzkristall zu sein [2]. Diese kann durch die Verwendung von hochporösen Trägerstrukturen verringert werden, da dem Salz dadurch eine große Oberfläche zur Verfügung gestellt wird, auf dem es sich feindispers verteilt. Als Trägermaterial für Magnesiumsulfat dient ein Granulat aus Zeolith 4A. Der Zeolith ist ein aktives Trägermaterial mit einer gemessenen physikalischen Speicherdichte von 130 kWh/m³. Er besitzen zudem eine große innere Oberfläche von ca. 700 m²/g [3].

Das Zeolith-Granulat wird mit einer wässrigen $MgSO_4$-Lösung imprägniert. Je nach Konzentration der Lösung und Anzahl der Imprägnierungen kann der $MgSO_4$-Gehalt auf dem Granulat eingestellt werden. In Abbildung 4 ist der charakteristische Temperaturverlauf der Hydratisierungsreaktion am Eintritt und am Austritt über der Zeit aufgetragen. Die gestrichelte Linie ist stellt den Temperaturverlauf des reinen Zeolith 4A, die durchgezogene Linie die eines Komposits aus 7,5% $MgSO_4$ auf Zeolith 4A dar. Die Eintrittstemperatur des Luftstroms in den Reaktor betrug 25°C, der Eintrittspartialdruck 20 mbar.

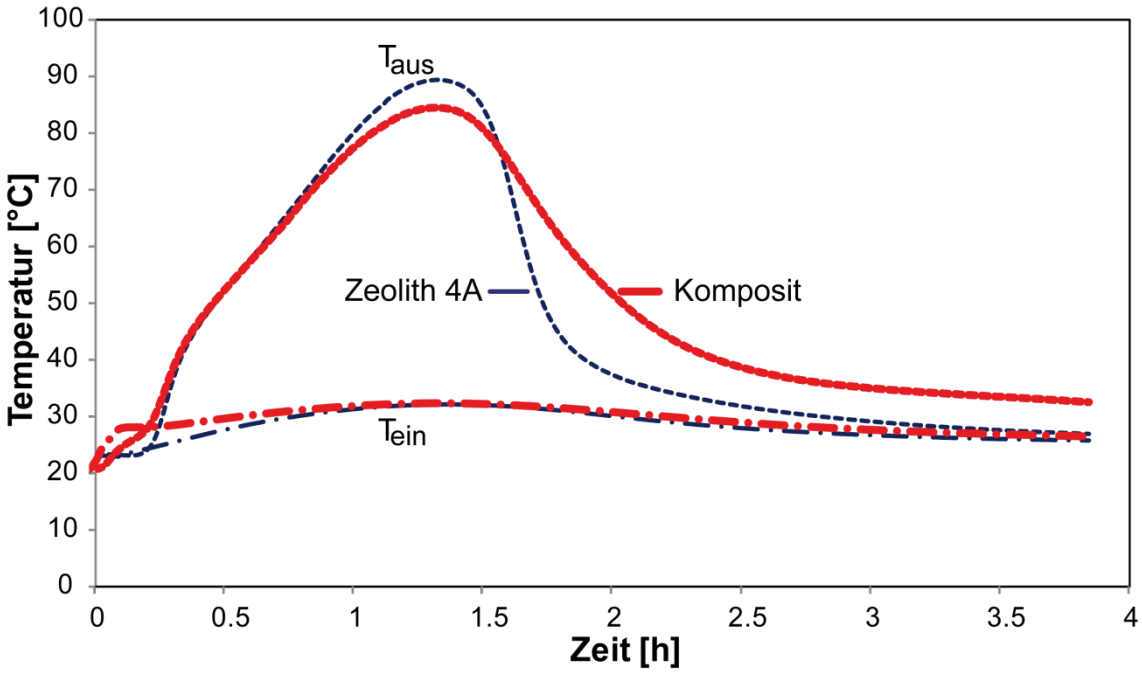


Abbildung 4: Temperaturverlauf am Eintritt und am Austritt bei einem Hydratisierungsversuch an Zeolith 4A und einem Komposit aus Zeolith 4A mit 7,5 % $MgSO_4$. Der Eintrittspartialdruck betrug 20 mbar, der Volumenstrom 1 m³/h

ISBN: 978-3-941785-29-8

Die Temperaturkurven des Komposits verlaufen etwas flacher, dafür für längere Zeit auf höherem Niveau. Die Energieausbeute des Komposits ist um 30% höher als die des reinen Zeolith bei gleichem Materialvolumen. (vergleiche Tabelle 3). Zusätzlich ist das $MgSO_4$ zu einer höheren Hydratstufe reagiert als in vorherigen Reinstoff-Experimenten [2]. Dies zeigt, dass das Hydratisierungsverhalten von $MgSO_4$ auf Trägerstrukturen besser ist, als beim reinen Salz. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse aus Versuchen mit dem Zeolith 4A und seinem Komposit abgebildet. Mit dem Komposit wird eine Verbesserung von 40 % erreicht. Es erfüllt die geforderten Eigenschaften wie Riesel- und Transportfähigkeit sowie schnelle Kinetik bei gleichzeitig hoher Speicherdichte. Damit sind alle geforderten physikochemischen Bedingungen erfüllt. Die maximal gemessene Speicherdichte beträgt 185 kWh/m³ und liegt somit deutlich über denen bisher realisierter chemischer Wärmespeicher.

Tabelle 3: Hydratisierung von mit unterschiedlichen Mengen $MgSO_4$ imprägnierten Zeolith 4A. Q_v ist die volumenbezogene gemessene Speicherdichte, p_{H_2O} der Eintrittspartialdruck

Material	$T_{Eintritt}$ [°C]	p_{H_2O} [mbar]	Q_v [kWh/m³]	$Q_V / Q_{V\text{-Zeolith 4A}}$
Zeolith 4A	25	20	130	1,0
4A + 7,5% $MgSO_4$	25	20	167	1,3
4A + 10,0% Mg SO_4	25	20	185	1,4

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Hydratisierungsreaktionen von reinem Calciumchlorid, eines Komposits aus Bentonit und Calciumchlorid, sowie eines Komposits aus Zeolith 4A und Magnesiumsulfat wurden untersucht. Die im durchströmten Festbettreaktor gemessenen Speicherdichten der Reinstoffe, des Zeolith 4A sowie der Komposit-Materialien sind in Abbildung 5 dargestellt. Zum Vergleich ist zusätzlich die Speicherdichte von Wasser (bei einer Temperaturdifferenz von $\Delta T = 50$ K) angegeben.

Der Reinstoff Calciumchlorid weist zwar die höchste Speicherdichte auf, eignet sich jedoch nicht als Speichermaterial, da er unter Umgebungsbedingungen dazu neigt bei der Hydratisierung und Dehydratisierung in den flüssigen Zustand über zu gehen. Dies führt zu einer Veränderung der Partikelgröße, so dass dieser Prozess unterbunden werden muss. Das Komposit aus Bentonit mit Calciumchlorid zeigt dagegen erfolgversprechende Ergebnisse. Auch das Komposit aus Magnesiumsulfat mit Zeolith 4A zeigt vielversprechende Ergebnisse, da alle geforderten physikochemischen Bedingungen erfüllt werden. Die gemessenen Speicherdichten beider Komposite betragen 185 kWh/m³ und liegen somit deutlich über denen von Wasser bzw. reinem Zeolith 4A. Es wurde gezeigt, dass sowohl aktive als auch passive Trägermaterialien geeignet sind das Reaktionsverhalten der jeweils untersuchten Salze zu verbessern. Diese exemplarischen Untersuchungen machen deutlich, dass eine systematische Stoffuntersuchung zur Identifikation eines optimalen Speichermaterials notwendig ist.

ISBN: 978-3-941785-29-8

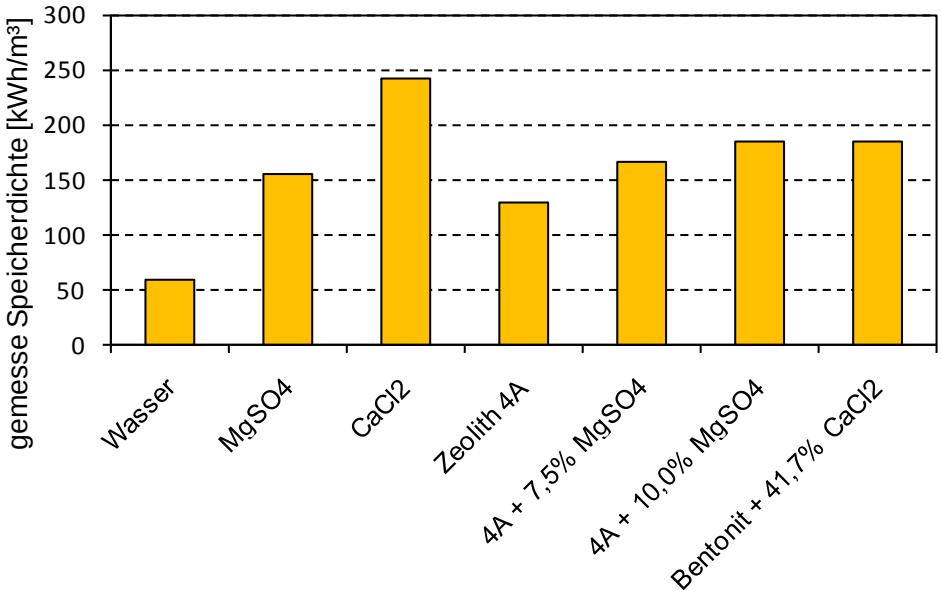


Abbildung 5: Überblick über die gemessenen Speicherdichten einiger ausgewählter Materialien zur thermochemischen Wärmespeicherung. Die Speicherdichte von Wasser bezieht sich auf eine Temperaturdifferenz von $\Delta T = 50$ K.

Ziel der gegenwärtig am ITW durchgeführten Arbeiten ist es, einen chemischen Langzeitwärmespeicher im Labormaßstab zu entwerfen und herzustellen. Die hierbei entwickelte Technologie soll als Basis für die Realisierung einer solaren Kombianlage mit chemischem Wärmespeicher dienen. Je nach Einsatzbereich und Verfahrenskonzept eines chemischen Wärmespeichers ergeben sich spezifische Anforderungen an das Speichermaterial. Wie oben diskutiert, sind Kompositmaterialien besser geeignet als reine Salze. Da die Partikelgröße und das mechanische Verhalten der untersuchten Komposite ähnlich sind, können diese beim Einsatz in chemischen Speichern untereinander ausgetauscht werden, ohne dass sich dadurch die Rahmenbedingungen der Verfahrensentwicklung grundlegend ändern.

Literatur

[1] Bertsch F., Mette B., Asenbeck S., Kerskes H., Müller-Steinhagen H. - Chemische Wärmespeicher für Niedertemperaturanwendungen – Technologie und Konzepte - 19. Symposium Thermische Solarenergie, ISBN 978-3-934681-94-1, 282-287, 2009

[2] Bertsch F., Mette B., Asenbeck S., Kerskes H., Müller-Steinhagen, H. - Low temperature chemical heat storage - an investigation of hydration reactions - In Effstock 2009 - 11th International Conference on Thermal Energy Storage. - ISBN 978-91-976271-3-9, 2009

[3] Eisenbach D., Gallei E. – Spezifische Oberfläche und Sekundärporenstruktur von synthetischen Zeolithen mit und ohne Bindemittel – Chemie Ingenieur Technik – CIT 45, Nr. 21, S. 1261-1264, Wiley-VCH Weinheim, 1973

ISBN: 978-3-941785-29-8

Danksagung

Das Projekt „CWS“ wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 0327468B gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung.

Development of a Short-Term Performance Check Procedure for Solar Thermal Collectors

Dominik Bestenlehner[1], Stephan Fischer[1,2], Harald Drück[1,2] and Hans Müller-Steinhagen[1,2]

[1)] Solar- und Wärmetechnik Stuttgart

[2)] Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University Stuttgart

Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany

Phone: +49 (0)711 685 60155

Fax: +40 (0)711 685 50155

Corresponding Author: bestenlehner@swt-technologie.de

Abstract

The share of automatic productions lines in the manufacturing process of solar thermal collectors is increasing rapidly. Due to this fact an online procedure to assess the quality of the products becomes more and more important.

In order to assess the thermal performance and the quality of solar thermal collectors, testing of these products is required. The assessment of a solar thermal collector requires reliable and universally valid test procedures as the ones documented in the corresponding European Standard EN 12975.

The disadvantages of such reliable and well established test procedures are the large amount of cost-intensive infrastructure and manpower, which is needed for performing these time-consuming tests in a standardized way. For these economic reasons the standardized test procedures are not suited for a continuous production control.

To overcome this problem the Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW) developed in cooperation with Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT) a short-term test procedure. This procedure named QuickSol is based on the comparison of difference pressure time curves of a reference collector tested according to the corresponding standard (e.g. EN 12975-2 thermal performance [1]) to the collector to be tested.

The difference pressure time curves are gained by using a low cost solar simulator, which can be part of the production line or located adjacent to it. This comparison enables the detection of a reduced thermal performance very easily. So, typical production failures such as non-conforming selective coating, bad thermal insulation, or reduced transmission of the transparent cover can be detected quickly.

1. Thermodynamic Background

The density of almost all materials depends on the temperature of the material itself. This applies mainly for the gas phase, but also for liquids and solids. Out of this temperature dependency a pressure

increase is resulting under the condition of a heat supply into a closed volume (isochoric change of state).

We have chosen two materials for filling the collectors: water and air. The advantages of both of those materials are the high availability and the easy handling.

Due to theoretical consideration air was chosen as the working fluid for filling up the collectors. The main reason was the lower specific heat capacity of air. Using water would result in a considerable longer period for heating up the collectors. Additionally water is almost incompressible. This characteristic will cause an enormous pressure increase only with a less heat supply and so the collector to be tested could be damaged. Calculations have shown that using air as working fluid the final pressure during stagnation conditions of a typical flat plate collector under an irradiance of 500 W/m² is in the range of 180 mbar above the initial pressure. With regard to the use of compromised gas is this range easy and safely manageable. A further advantage of the material air is the simple filling and drain of the collectors. Additionally there is no risk for corrosion.

2. Development of the test facility

For realising an integration of the short-term test procedure into an automatic production line, the test facility needs to be small and easy to handle. The base area is only marginal larger than a conventional flat plate collector. Since the test procedure is a comparative procedure the solar simulator's spectrum does not need to meet the sunlight's spectrum. Therefore conventional 250 W bulbs can be used.

The only important requirement for the solar simulator is a homogenous radiation on the entire test area with an intensity of 300 W/m² to 400 W/m². Due to this a so called cold sky that avoids a penetration of the collector with heat radiation from the bulbs is not necessary.

A first demonstrator of the test facility with low-cost solar simulator consists of 15 bulbs and is shown in figure 1.



Figure 1: 1st generation of the demonstrator test facility

3. Preparatory examination

For validation the test procedure two collector type series have been used. Both types, one flat plate and one vacuum tube collector with CPC reflector, consist of five collectors identical in construction. Out of each type series one collector remained unchanged, the other four collectors have been modified variably. The modifications realized can be found in table 1.

Table 1: Modifications of both collector type series

Type	Flat plate collector series	Vacuum tube collector with CPC reflector series
Reference	- (non modified)	- (non modified)
1	Decreasing of the absorption (partly masking of the absorber with aluminium foil)	Increasing of the heat losses (destroying of the vacuum of one tube)
2	Increasing of the heat losses (removing of the thermal insulation)	Decreasing of the heat flux between absorber and heat transfer fluid (removing of the heat transfer sheet)
3	Increasing of the emissivity (painting of the absorber with black colour)	Decreasing of the transmissivity of the transparent cover (partly masking of the tubes)
4	Decreasing of the transmissivity of the transparent cover (partly masking of the cover)	Decreasing of the reflecting area (partly masking of the reflector)

4. Validation measuring set

Both collector type series have been tested according to EN 12975 using the solar simulator of the Institute of Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW) at the University of Stuttgart. Thus for all reference and modified collectors the corresponding efficiency curves exist. The efficiency curves for the reference and two exemplary modified collectors can be found in figure 2 and 3.

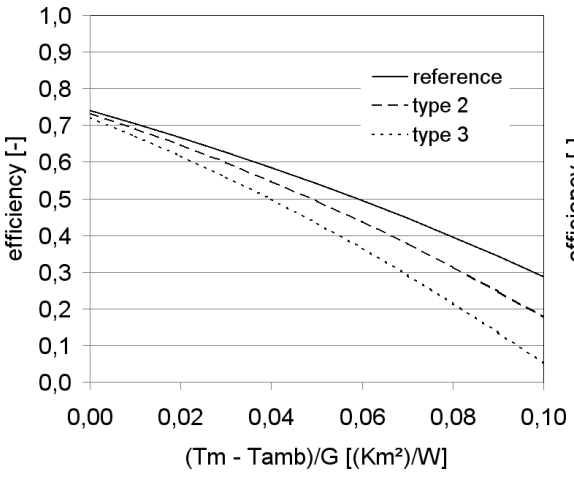


Figure 2: Efficiency curves of the reference and two modified flat plate collectors

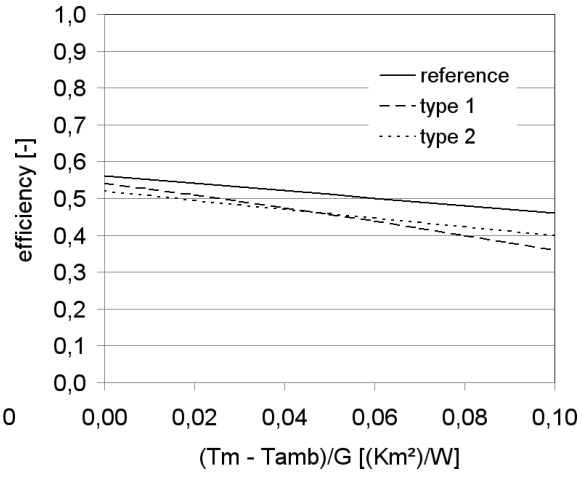


Figure 3: Efficiency curve of the reference and two modified vacuum tube collectors

For the flat plate collector type series the types 2 and 3, for the evacuated tube collector with CPC-reflector the types 1 and 2 have been selected. The efficiency curves of the modified reflect the realized modifications and therefore are below the curves of the corresponding reference collector.

This data will enable to validate the short-term test procedure.

5. Developing the short-term test procedure

At first the non-modified collectors have been irradiated in the test facility demonstrator and the difference pressure between the collector and the ambient has been recorded over the time. Afterwards the difference pressure time curves of the modified collectors have been recorded and compared to the curves of the reference collectors. For the curves please be referred to figures 4 and 5.

Further it's obvious that the curves of the modified collectors during the quasi-stationary condition are below the non-modified collectors.

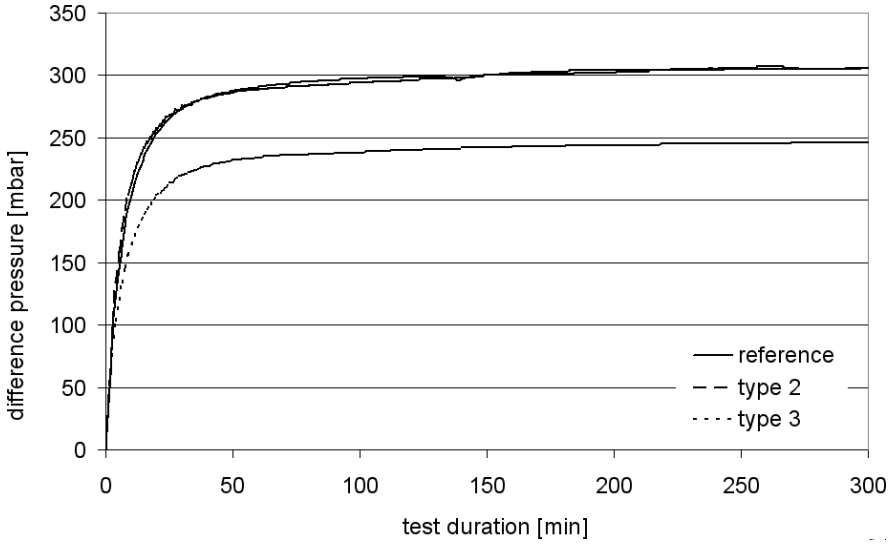


Figure 4: Difference pressure time curves of three out of five flat plate collectors

The curve of the flat plate collector, whose modification was the increased emissivity (type 3), shows the highest deviation of the reference collector's efficiency curve (figure 2) as well as of the reference collector's difference pressure time curve (figure 4).

Concerning the increased heat losses (type 2), the measured difference pressure time curve is by far higher than expected and therefore considerable closer to the reference curve. This is due to the geometry of the demonstrator test facility: the collectors have been tested laying horizontally in the facility. Thus the influence of the missing insulation on the backside of the collector is minimized.

Referring to the vacuum tube collectors, the difference pressure time curve of the collector, whose modification was the increase of the thermal losses (type 1), shows also a comprehensible characteristics. For ascending values of Ω the thermal losses are also increasing (figure3). The same

characteristics is identifiable in figure 5 where the deviation between modified and reference collector is also ascending over the test duration.

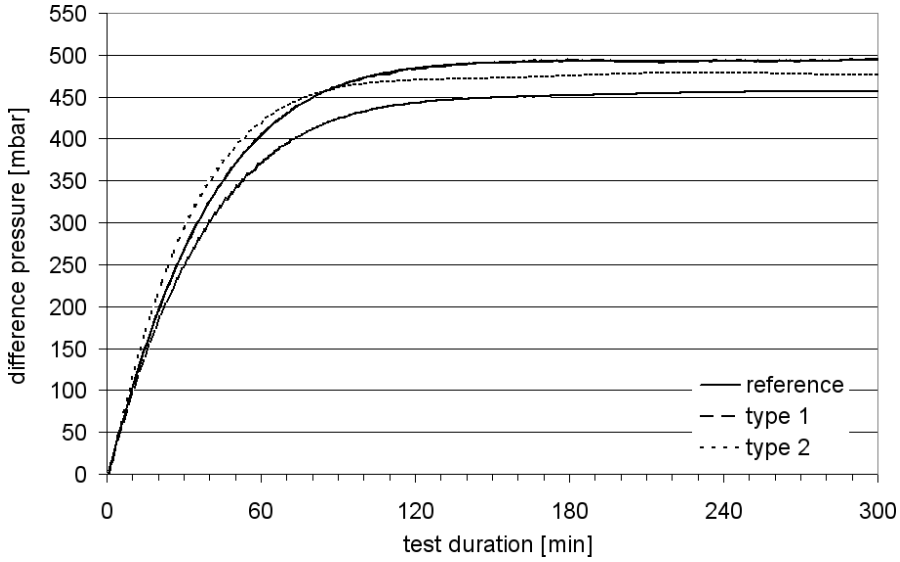


Figure 5: Difference pressure time curves of three out of five evacuated tube collectors

These results of the first measuring and validation phase of short-term test procedure, which can be found in detail in [2], made it necessary to reconstruct the low cost simulator. The new demonstrator is shown in figure 6.

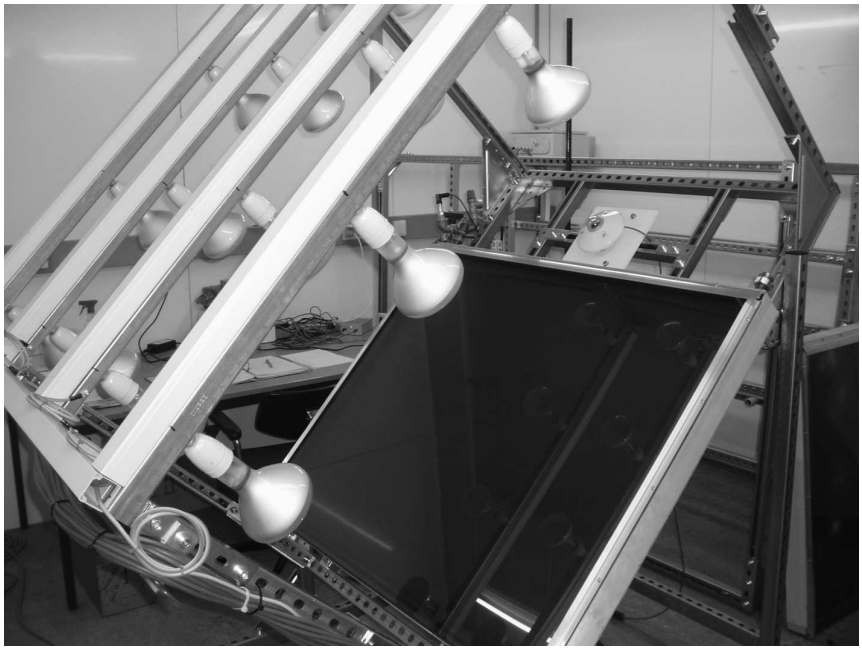


Figure 6:2nd generation of the demonstrator test facility

Main reason for reconstructing the test facility was the missing tilted angle of the test surface. The tilt angle of 45 ° enables the physical processes related to thermal losses (mainly thermal losses by convection). Therefore the modified flat plate collector with the removed insulation on the backside did achieve a result, which is representative for this failure.

Additionally re-arranging the individual bulbs increased the homogeneity of the lamp field.

Further a device for an admission with a primary pressure was developed. With the primary pressure the developing of the values during measuring is considerable clearer and the results are more reliable. This is due to the thermodynamic processes related to the gas phase. Assumed the air inside the collector is an ideal gas the law for isochoric processes of ideal gases will apply:

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \tag{1}$$

From this it follows that the final pressure p_2 is linearly dependent on the initial pressure p_1. Increasing the initial pressure will cause a remarkable higher final pressure and so the reliability of the results will also increase.

As last change an absolute pressure sensor was used instead of a difference pressure sensor. The reason for this change was the new measuring range due to the primary pressure. The sensor used so far did not cover entirely the new pressure range.

6. Validation of the short-term test procedure

For validation the short-term test procedure and the conclusions found out of the previous investigations a third collector type series, consisting of five flat plate collectors, was chosen. Again four of these five collectors have been modified. In table 2 the realized modifications are listed.

Table 2: Modifications of the third collector type series

Type	Flat plate collector series
Reference	- (non modified)
1	Decreasing of the absorption (partly painting of the absorber with white colour)
2	Increasing of the heat losses (removing of the thermal insulation)
3	Increasing of the emissivity (painting of the absorber with black colour)
4	Decreasing of the transmissivity of the transparent cover (replacing of the transparent cover by conventional sheet glass)

Due to the new measuring device for the pressure, no difference pressure time curves can be generated. Therefore the comparison of the five collectors tested was made with a temperature over the time diagram, figure 7.

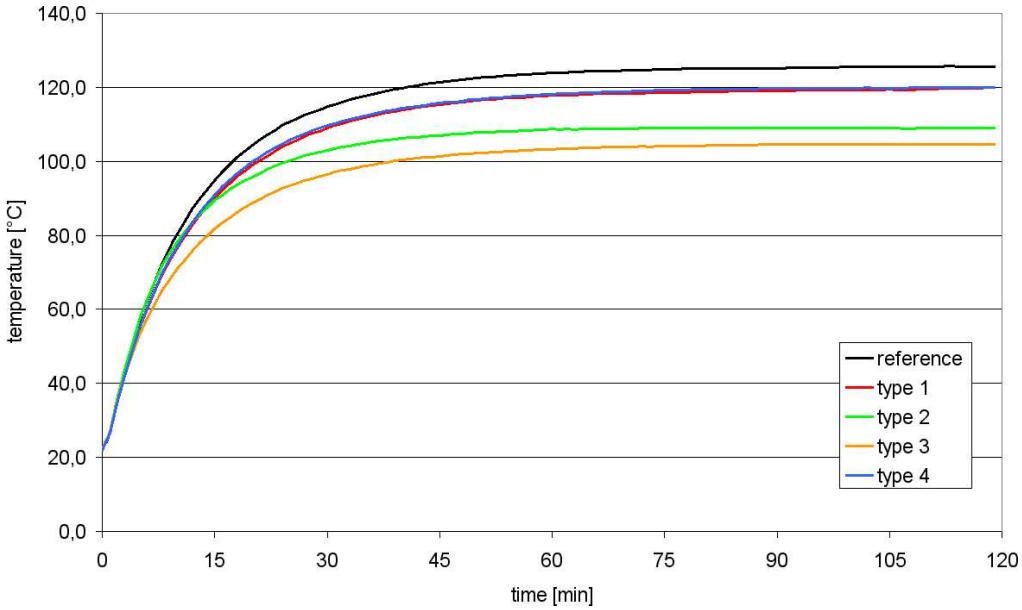


Figure 7: 2nd generation of the demonstrator of the test facility

The temperature time curve of the reference collector ends up at the highest temperature, that means all modifications lead to a decrease of the lower stagnation temperature of the collectors. The curves of collector type 1 (lower absorption) and type 4 (lower transmissivity) follow, and therefore also stagnate, at almost the same characteristics. Hence it is not possible to determine which failures or combinations of several failures are the reasons for a lower curve.

The increase of the emissivity (type 3) does have the highest influence of this temperature time curve. In that case this failure causes a lower stagnation temperature of about 20 K.

The increase of the heat losses (type 2) has also considerable influence of the temperature time curve, a lower stagnation temperature of about 15 K results.

7. Conclusions

The developed short-term test procedure as well as the optimised demonstrator test facility is suitable for determining comparable measurements of the thermal performance of solar collectors during the production process.

Using the short-term test procedure, the following shall be considered:

- The primary pressure shall be at least at 2.5 bar.
- The irradiation shall be kept constant.
- The ambient temperature shall be kept constant.
- The collector to be tested shall not contain any water.
- The collector's tilt angle shall be 45 ° ±10 °.

For gaining reliable results of the thermal performance a test duration of 30 to 60 minutes is necessary.

Due to the longer test duration of 30 to 60 minutes the short-term test procedure is not suitable for a continuous testing of all produced collectors; it's rather suitable for random tests.

The pressure time characteristics are basically dependent on the conversion factor η_0 and the thermal losses (defined by a_1 and a_2). The specific collector values of the performance test acc. to EN 12975 cannot be determined from the pressure time curves with the exception of the effective collector heat capacity.

For determining reliable results comparable to collectors tested acc. to EN 12975-2, the lamps of the solar simulator used for the short-term test procedure must be adjusted to the spectral characteristics of the absorption-transmission product of the collector to be tested. I.e. if the spectral absorption of the absorber and the spectral transmission of the transparent cover are constant over the range of the solar spectrum ($0.3 < \lambda < 2.8$ μm), low-end lamps can be used. But is there a significant dependency on the spectral wavelength of both above mentioned values, lamps representing sufficiently the solar spectrum shall be exerted.

References

[1] EN 12975:2006, Thermal solar systems and components – Solar Collectors, June 2006.

[2] OTTI - 20. Symposium Thermische Solarenergie 05.05. - 07.05.2010

This research and development project is co-financed by the Landesstiftung Foundation Baden-Wuerttemberg.

Schnellprüfverfahren für die Leistungscharakterisierung von Sonnenkollektoren

D. Bestenlehner[1)], S. Fischer[1),2)], H. Drück[1),2)], H. Müller-Steinhagen[1),2)]

[1)] Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT)

Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart

Tel.: 0711/685-60155, Fax: 0711/685-50155

E-Mail: bestenlehner@swt-technologie.de Internet: www.swt-technologie.de

[2)] Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart

E-Mail: fischer@itw.uni-stuttgart.de, drueck@itw.uni-stuttgart.de

1. Kurzfassung

Die automatisierte Fertigung gewinnt auch in der Solarthermiebranche immer mehr an Bedeutung. Zur Bestimmung der thermischen Leistungsfähigkeit von Sonnenkollektoren werden verlässliche und allgemein anerkannte Prüfverfahren, wie sie z.B. in der europäischen Norm EN 12975 beschrieben sind, verwendet. Die Anwendung dieser standardisierten Prüfverfahren ist jedoch teuer und arbeitszeitintensiv. Aus ökonomischen Gründen sind solche Verfahren für eine Integration in einen maschinellen Fertigungsprozess daher ungeeignet.

Vor diesem Hintergrund entwickelte Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT) zusammen mit dem Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart ein verkürztes Prüfverfahren. Dieses Schnellprüfverfahren - auch QuickSol genannt - erlaubt das Prüfen von Sonnenkollektoren mit einem Bruchteil des Zeit- und Kostenaufwands, der für eine Standardprüfung benötigt wird.

Das neu entwickelte Prüfverfahren basiert auf dem thermodynamischen Prinzip der Ausdehnung von Luft bei der Zufuhr von Wärme. Steht der Luft ein konstantes Volumen zur Verfügung, dann steigt bei Wärmezufuhr der Druck innerhalb des Hohlkörpers. Für eine qualitative Beurteilung der Leistungsfähigkeit des geprüften Kollektors erfolgt ein Vergleich der aufgezeichneten Differenzdruck-Zeit-Kurven. Hierzu wird im ersten Schritt ein nach EN 12975 geprüfter Referenzkollektor hydraulisch verschlossen und einer Strahlungsquelle ausgesetzt. Dabei wird der Verlauf der Druckdifferenz zwischen dem Umgebungsdruck und dem Luftdruck im Kollektor in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet. Im nächsten Schritt wird der zu prüfende Kollektor, ebenfalls in verschlossenem Zustand, identisch bestrahlt und dabei ebenfalls der zeitliche Verlauf des Differenzdrucks aufgezeichnet. Durch einen anschließenden rechnergestützten Vergleich der Differenzdruck-Zeit-Kurve des geprüften Kollektors mit der des Referenzkollektors kann festgestellt werden, ob der untersuchte Kollektor den Anfor-

derungen hinsichtlich der thermischen Leistungsfähigkeit entspricht. Ergänzend wird angestrebt, anhand der abweichenden Kurvenverläufe festzustellen, welche typischen Produktionsfehler bei dem zu prüfenden Kollektor ggf. vorliegen.

2. Thermodynamischer Hintergrund

Die meisten Materialien besitzen eine temperaturabhängige Dichte. Dies gilt hauptsächlich für die Gasphase, betrifft aber auch Flüssigkeiten und Feststoffe. Aus dieser Temperaturabhängigkeit resultiert bei abgeschlossenem Volumen, d.h. bei einer isochoren Zustandsänderung, unter Zufuhr von Wärme ein Druckanstieg.

Es wurden zwei Stoffe zur Füllung der Kollektoren ausgewählt: Wasser und Luft. Die Vorteile dieser beiden Stoffe liegen in der hohen Verfügbarkeit und der einfachen Handhabung.

Auf Grund von theoretischen Überlegungen wurde Luft als Arbeitsmedium in den Kollektoren gewählt, da die spezifische Wärmekapazität von Wasser um ein Vielfaches über der von Luft liegt und sich somit eine deutlich längere Aufwärmphase bei der Prüfung ergeben würde. Zusätzlich ist Wasser nahezu inkompressibel. Diese Eigenschaft führt schon bei einer geringern Wärmezufuhr zu einem enormen Druckanstieg, so dass hier die Gefahr der Beschädigung des zu prüfenden Kollektors gegeben wäre. Für Luft als Medium haben Berechnungen ergeben, dass der sich im Stagnationsfall einstellende Enddruck in einem typischen Flachkollektor während einer Bestrahlung mit 500 W/m² bei etwa 180 mbar über dem Druck, der zu Beginn der Prüfung herrschte, liegen wird. Im Hinblick auf die Benutzung von komprimiertem Gas ist dieser Bereich einfach und sicher zu handhaben. Ein weiterer Vorteil des Mediums Luft liegt in der einfachen Befüllung und Entleerung der Kollektoren. Zusätzlich besteht nicht die Gefahr von Korrosion durch evtl. noch im Kollektor verbleibendes Wasser.

3. Entwicklung des Prüfstands

Um eine Einbindung des Schnellprüfverfahrens in eine automatisierte Produktionslinie einfach realisieren zu können, muss der Prüfstand möglichst klein und einfach zu handhaben sein. Die Grundfläche des Prüfstandes ist nur geringfügig größer als die Abmessungen eines gewöhnlichen Flachkollektors. Da es sich um ein vergleichendes Verfahren handelt muss das Spektrum der zur Bestrahlung dienenden Lampen nicht das Spektrum der Sonne repräsentieren, so dass konventionelle 250 W Glühbirnen eingesetzt werden können.

Die einzige wichtige Anforderung an den Sonnensimulator besteht in einer homogenen Lichtverteilung des Lampenfelds über die gesamte Prüffläche mit einer Intensität von etwa 300 bis 400 W/m². Deshalb ist auch ein so genannter kalter Himmel, der die Wärmestrahlung des Lampenfelds vom Kollektor abhält, nicht notwendig.

Ein erster Demonstrator des Prüfstands mit „low-cost Sonnen-Simulator“ wurde mit 15 Glühbirnen aufgebaut und ist in Abbildung 1 zu sehen.

4. Voruntersuchungen

Um das Schnellprüfverfahren zu validieren, wurden bisher zwei Kollektorbaureihen, ein Flachkollektor und ein Vakuumröhrenkollektor mit CPC-Spiegel, mit je fünf baugleichen Kollektoren verwendet. Ein Kollektor jeder Baureihe blieb unverändert, die anderen vier wurden jeweils unterschiedlich modifiziert. Aus Tabelle 1 können die Modifikationen der Flach- und der Vakuumröhrenkollektoren entnommen werden.



Abbildung 1: Erster Demonstror des Prüfstands

Tabelle 1: Modifikationen der Kollektoren der beiden Baureihen

Variante	Flachkollektorbaureihe	Vakuumröhrenkollektorbaureihe mit CPC-Spiegel
Referenz	- (unmodifiziert)	- (unmodifiziert)
1	Verringerung des Absorptionsvermögens (teilweises Abkleben des Absorbers mit Aluminiumfolie)	Erhöhung der Wärmeverluste (Zerstörung des Vakuums einer Röhre)
2	Erhöhung der Wärmeverluste (Entfernen der Wärmedämmung)	Verringerung des Wärmeübergangs zw. Absorber und Wärmeträger (Entfernung der Wärmeleitbleche)
3	Erhöhung der Emissivität (Bestreichen des Absorbers mit schwarzer Farbe)	Verringerung des Transmissionsvermögens der transparenten Abdeckung (partielles Abkleben der Glasröhren)
4	Verringerung des Transmissionsvermögens der transparenten Abdeckung (partielles Abkleben der Abdeckung)	Verringerung der Reflektorfläche (partielles Abkleben des Reflektors)

In einem ersten Schritt wurden sämtliche zehn Kollektoren einer Leistungsprüfung nach EN 12975 im Sonnensimulator am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität unterzogen. Somit sind sowohl für die Referenzkollektoren als auch für die modifizierten Kollektoren normkonforme Wirkungsgradkennlinien vorhanden. Beispielhaft sind hierzu in Abbildung 2 die Wirkungsgradkennlinien des Referenzkollektors und der Varianten 2 und 3 der Flachkollektorbaureihe und in Abbildung 3 die des Referenzkollektors und der Varianten 1 und 2 der Vakuumröhrenkollektorbaureihe dargestellt. Es ist zu erkennen, dass

die Kennlinien aller modifizierten Kollektoren die vorgenommenen Veränderungen widerspiegeln und unterhalb der der nicht modifizierten Referenzkollektoren liegen.

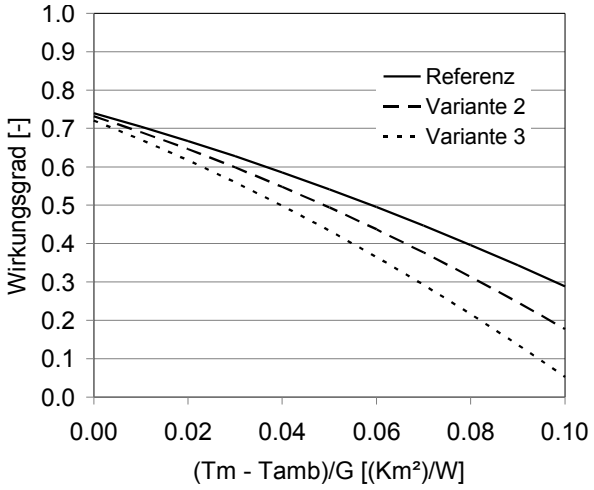


Abbildung 2: Wirkungsgradkennlinien von drei der fünf Flachkollektoren

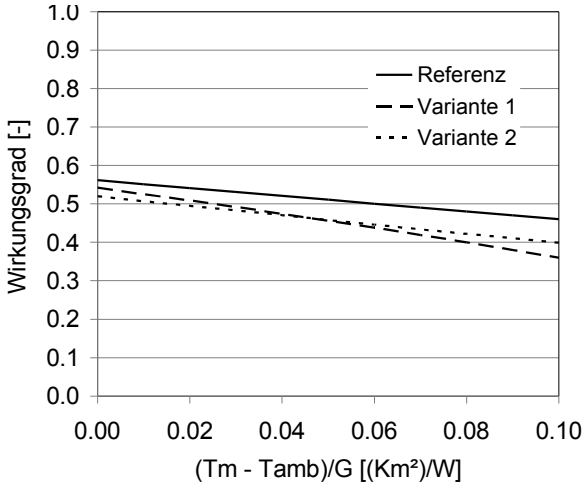


Abbildung 3: Wirkungsgradkennlinien von drei der fünf Vakuumröhrenkollektoren

5. Das Schnellprüfverfahren

In einem ersten Schritt wurden die nicht modifizierten Referenzkollektoren im Prüfstandsdemonstrator bestrahlt und der zeitliche Verlauf des Differenzdrucks im Kollektor zur Umgebung aufgenommen. Aus diesen Messdaten wurden die Differenzdruck-Zeit-Kurven als Referenz erstellt. Im nächsten Schritt wurden die Differenzdruck-Zeit-Kurven der modifizierten Kollektoren aufgenommen und denen der Referenzkollektoren gegenüber gestellt. In den Abbildungen 4 und 5 sind die Differenzdruck-Zeit-Kurven der unmodifizierten und der modifizierten Kollektoren dargestellt. Wiederum ist ersichtlich, dass die Kurven der modifizierten Kollektoren im quasistationären Zustand unterhalb jener der nicht modifizierten liegen.

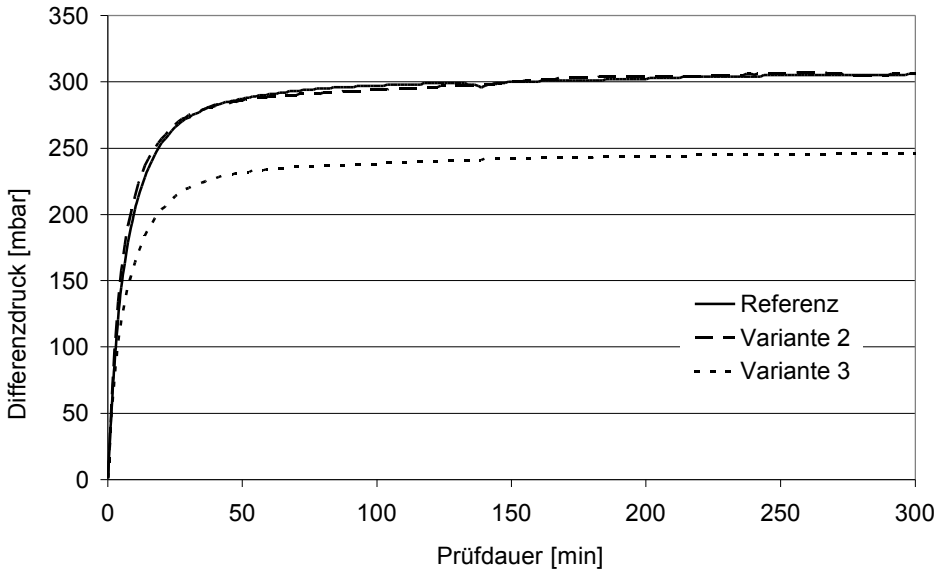


Abbildung 4: Differenzdruck-Zeit-Kurven von drei der fünf Flachkollektoren

Betrachtet man die Kurven der Flachkollektoren genauer, fällt auf, dass die Erhöhung der Emissivität (Variante 3) den größten Einfluss sowohl auf die Wirkungsgradkennlinie (Abbildung 2) als auch auf die Differenzdruck-Zeit-Kurve hat (Abbildung 4). Die Leistungsfähigkeit des Flachkollektors mit dieser Modifikation fällt gegenüber den anderen deutlich ab.
Entgegen vorhergehender Berechnungen verläuft allerdings die Differenzdruck-Zeit-Kurve des Flachkollektors mit den erhöhten thermische Verlusten durch die Entfernung der Wärmedämmung (Variante 2) deutlich höher und somit näher an der Referenzkurve. Es liegt nahe, dass dies am Versuchsaufbau des Prüfstands liegt. Da der Kollektor horizontal liegend vermessen wurde (vgl. Abbildung 1), hat die rückseitig entfernte Wärmedämmung nur einen sehr begrenzten Einfluss auf die zusätzlich auftretenden Wärmeverluste.
Bei den Vakuumröhrenkollektoren fällt sofort der Verlauf der Differenzdruck-Zeit Kurve des Kollektors mit dem zerstörten Vakuum einer Röhre (Variante 1) auf. Die Wirkungsgradkennlinie dieses Kollektors verläuft zwar für kleine Temperaturdifferenzen (zwischen Kollektor und Umgebung) relativ nah an der Wirkungsgradkennlinie der Referenz, für große Temperaturdifferenzen haben die thermischen Verluste aber einen immer größeren Einfluss, sodass die Kennlinie der Variante 1 deutlich abfällt. Die Differenzdruck-Zeit-Kurve der Variante 1 liegt daher über dem gesamten betrachteten Bereich unter den Kurven der anderen Varianten.

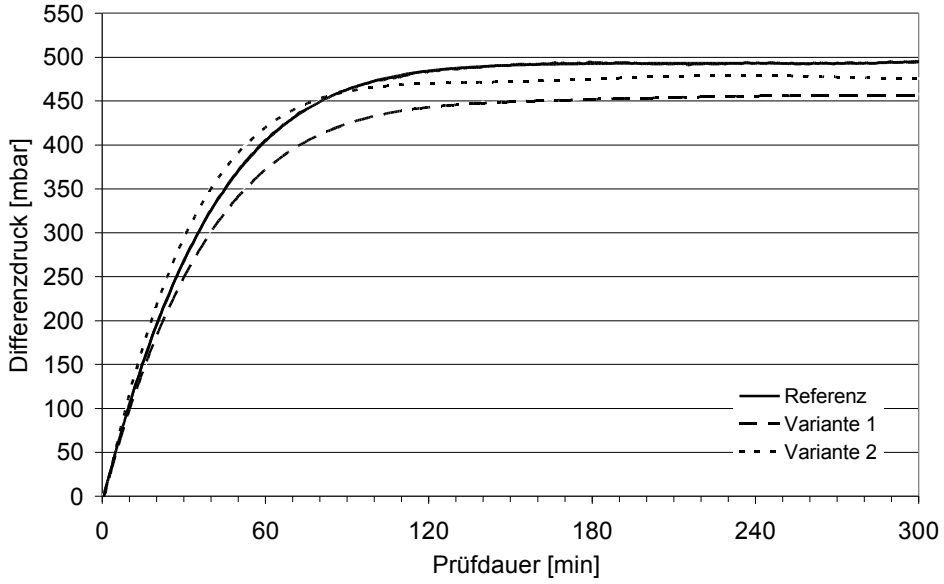


Abbildung 5: Differenzdruck-Zeit-Kurven von drei der fünf Vakuumröhrenkollektoren

Die Wirkungsgradkennlinie des Vakuumröhrenkollektors mit dem verringerten Wärmeübergang zwischen Absorber und Wärmeträger (Variante 2) liegt deutlich unter der des nicht modifizierten Kollektors, verläuft aber weitgehend parallel dazu. Die Differenzdruck-Zeit-Kurve der Variante 2 verläuft zu Beginn der Messung steiler als alle anderen Kurven, inklusive der des nicht modifizierten Kollektors. Dies ist mit dem Entfernen der Wärmeleitbleche zu erklären, dadurch wurde die zu erwärmende Masse und somit auch die Wärmekapazität des Kollektors verrin-

gert. Im weiteren Verlauf konvergiert die Kurve von Variante 2 jedoch hin zu einem deutlich geringeren Differenzdruck, was auf eine geringere Stagnationstemperatur schließen lässt.
Durch die bisher durchgeführten Messungen sind eindeutige Zusammenhänge zwischen den Wirkungsgradkennlinien und den Differenzdruck-Zeit-Kurven erkennbar. Für eine weitere Validierung ist vorgesehen, Messungen an einer dritten Baureihe mit wiederum fünf Flachkollektoren mit unterschiedlichen Modifikationen durchzuführen.

6. Nächste Schritte und Fazit

Die bisher durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass der Prüfstandsdemonstrator weiterentwickelt werden muss um noch zuverlässigere und reproduzierbarer Ergebnisse zu erhalten. Folgende wesentliche Veränderungen wurden daher durchgeführt:

1. Der Anstellwinkel wurde von 0° auf 45° erhöht (siehe Abbildung 6).
2. Der Vordruck im Kollektor wurde von Umgebungsdruck auf 2 bar erhöht, um eine größere Druckerhöhung während der Bestrahlungsphase zu erhalten.
3. Um die Konstanz der Bestrahlungsstärke während der Prüfungen zu erhöhen, wurde eine Konstantspannungsquelle integriert.

Des Weiteren soll zukünftig eine integrierte Auswerteelektronik den Vergleich des vermessenen Kollektors mit dem Referenzkollektor anhand der Differenzdruck-Zeit-Kurven automatisch vornehmen. Unterschreitet die Differenzdruck-Zeit-Kurve des Prüflings einen vorher festgelegten Grenzwert, kann eine mögliche Fehlproduktion frühzeitig erkannt und entsprechend darauf reagiert werden.

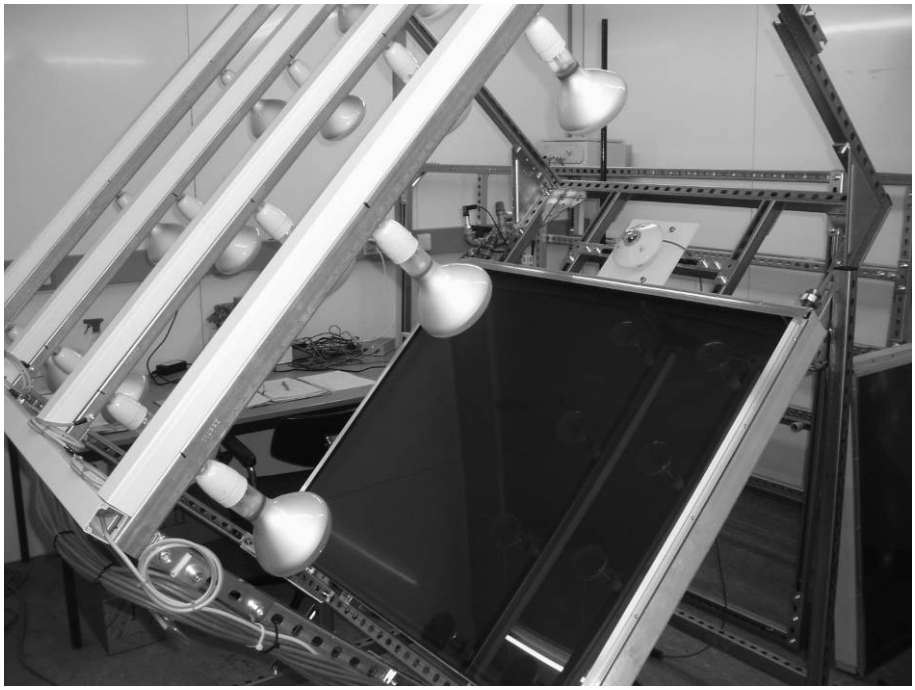


Abbildung 6: Weiterentwickelte Variante des Prüfstandsdemonstrators

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, das teilweise aus Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH finanziert wird. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung ihrer Arbeiten.

Utilisation of Solar Energy in Europe
- Status and Perspectives -

Harald Drück, Hans Müller-Steinhagen

University of Stuttgart
Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW)
Prof. Dr. Dr.-Ing. Hans Müller-Steinhagen
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany
Tel.: +49711 / 685-63536, Fax: +49711 / 685-63503
Email: drueck@itw.uni-stuttgart.de
Internet: www.itw.uni-stuttgart.de

1. Introduction

The potential of solar energy as a renewable energy source for heating and cooling as well as for power generation is tremendous, as the world's energy demand could be covered theoretically more than 10.000 times by this renewable source. In contrast to this the current contribution of solar energy to the world´s primary energy consumption is very low with less than 1%. The technical and economical impact of solar energy utilisation technologies is still underestimated, although the market share of solar technologies is increasing quickly all over the world.

Energy from the sun can be used in three main ways. When talking about solar energy utilisation, it is important to distinguish between these three fields of solar energy technology:

1) **Passive**: The solar radiation is used by relative simple components without any active moving parts such as e.g. windows to heat and illuminate the room behind the window. Aspects for the passive use of solar energy should be taken into account in the design process of buildings so that less additional heating and illumination is required.
2) **Thermal**: Use of the sun's energy to generate heat to provide domestic hot water, heat for space heating, industrial applications as well as for the production of cold by means of thermal driven cooling processes. In this category also solar thermal power plants must be seen, which generate electricity via concentrated solar thermal radiation.
3) **Electric**: The use of the sun's radiation to produce electricity by means of photovoltaic modules.

The shares of final energy consumption in Europe are roughly 48 % for heating, 32 % for transport and only 20 % for electricity /1/. Considering the huge amount of energy required to generate heat the usage of solar thermal technologies is quite obvious. Typical applications today are solar domestic hot water preparation and space heating.

An overview will be given about the different technologies for using solar energy. In this context special focus will be placed on the European situation. Furthermore, European solar market developments for solar thermal and photovoltaic systems will be shown, as well as potentials and visions for the future. Finally some economical details and political strategies for the accelerated implementation of renewable energies in the markets will be discussed.

2. System Technology

Systems for using solar energy can be classified as follows:

1) Solar thermal low and medium temperature systems for generating heat for domestic hot water preparation, space heating, industrial processes and cooling applications
2) Solar thermal power plants (Concentrating Solar Power, CSP), including sea water desalination
3) Photovoltaic electricity production (PV)
4) Passive use of solar energy

2.1 Solar thermal low and medium temperature systems

The market for **solar thermal systems** is increasing significantly in Europe. In 2008 a total capacity of 19.1 GW_{th} or 27 Mio m^2 collector area was in operation in Europe and the newly installed capacity in this year alone was 3.3 GW_{th} or 4.8 mil. m^2 collector area respectively. About 85 % of the installed collectors are glazed flat plate collectors and the remaining 15 % vacuum tube collectors.

The most common application is the preparation of domestic hot water, but there exists also a strong trend towards solar space heating with so called solar combi-systems, which provide solar domestic hot water and space heating. The typical solar fractions of combi-systems today are in the rage of 20 – 30 % based on the total heat demand required for domestic hot water and space heating. In Germany, representing the leading European solar thermal market, approximately two thirds of all newly installed collectors are part of solar combi-systems. Besides solar combi-systems, large scale systems for domestic hot water preparation in multi-family houses, hotels, hospitals etc. are also used.

Another application of solar thermal systems is solar assisted district heating, where many houses inside a residential area are connected via a heating network /2/. These solar assisted district heating systems are equipped with very large solar collector fields of several thousand square meters collector area and are often combined with a seasonal heat store. The combination of solar assisted district heating systems with long-term heat storage allows to achieve solar fractions in the range of 50 % in a relative cost effective way. Different types of seasonal heat stores are known and have already been realised, e. g. hot water, gravel-water, borehole and aquifer thermal energy stores /3/.

Furthermore the usage of solar thermal systems for heating of public and private swimming pools is quite common in Europe and the US.

Another very promising application is the usage of solar low and medium temperature heat for industrial processes such as e.g. in the food or washing industry.

For the future also a trend towards solar thermal cooling systems is expected. These are for instance thermally driven absorption- or adsorption chillers which have a great potential. The major advantages of solar thermal cooling are the primary energy savings of up to 70 % compared to conventional compression cooling chillers and the good correlation of the cooling demand with the availability of solar energy.

2.2 Solar thermal power plants

Solar thermal power plants, also known as Concentrated Solar Power (CSP), need direct solar radiation in order to concentrate it onto a receiver. They are operated at a level of

several hundred degrees Celsius, in order to be able to drive a conventional steam or gas turbine for electrical power generation. Requiring direct solar radiation, the location of solar thermal power plants does only make sense in the so called sun belt of the world (ca. +/- 40° geographic latitude), where high direct solar irradiation is available. Solar thermal power plants have a large potential since they represent a very efficient and suitable technology to convert solar radiation into electricity. Since a provision for heat storage is part of many CSP concepts it is possible to achieve between 4000 and 6000 full load hours per year which is e.g. not the case for photovoltaic systems.

Since the electricity demand in Europe is already very high and is expected to grow further, the required solar irradiation is found only in the southern European countries such as Spain or Greece, some scenarios for a huge network including Europe, North Africa and the Middle East have been developed. The so called DESERTEC Project will combine the electricity generation by renewable energies like wind, hydropower, geothermal power and CSP in Europe and the MENA countries (MENA: Middle East and North Africa) via a high voltage DC electricity network. The goal is to cover around 15 % of Europe's electricity demand and a large percentage of the local demand by CSP plants installed in the MENA countries.

The advantage for the MENA region would be the participation in economical benefits, additional to the coverage of their own electricity demands. Furthermore sea water desalination can be performed in combination with solar thermal power plants.

The four most relevant CSP technologies are:

2.2.1 Parabolic Trough Plants:

They use line-concentrating parabolic trough collectors which reflect the solar radiation onto an absorber tube. Synthetic oil circulates through the tubes heated up to approximately 400 °C. Several of the plants built in the last years and of the ones still under construction have been designed to produce not only the nominal power during sunny hours but also to store energy, allowing the plant to produce an additional 5 to 7 hours of nominal power after sunset, which dramatically improves the integration of the CSP plant into the grid. Molten salts are normally used as storage medium in a hot-and-cold two-tank concept.

2.2.2 Linear Fresnel Systems:

Linear Fresnel Systems differ with regard to the concentrating collector technology from parabolic though plants. The main characteristics of linear Fresnel collectors are the fixed absorber position above a field of horizontally mounted flat mirror stripes, collectively or individually tracking the sun.

2.2.3 Central Receiver Plants:

Also called power towers or tower plants, use mirrors (heliostats) larger than 100 m^2 each, which are almost flat and track the sun on two axes. The concentrated radiation beam hits a receiver on top of a tower. The working fluid temperature depends on the type of fluid which is used to collect the energy and is within the range of 500 to 900 °C.

2.2.4 Dish Stirling Systems:

A solar concentrator in a dish structure supports an array of curved glass mirrors. The dish tracks the sun throughout the day and concentrates the radiation onto the heat absorption unit of a Stirling engine. The solar thermal energy is then converted by the Stirling engine to mechanical energy driving a generator for electricity production. High efficient (solar) Stirling engines use an internal working fluid (Hydrogen or Helium).

In Europe around 1,800 MW of CSP plants are either operating or under construction. Currently, more than 30 parabolic trough plants of 50 MW each and one central receiver of 17 MW with 15 h storage are under construction in Spain. By the end of 2010 there will be 850 MW connected to the grid and the medium-term potential in the European countries is estimated to 30 GW by 2020.

2.3 Photovoltaic systems

Photovoltaic systems (PV) convert the solar radiation directly into electricity without any moving parts. Besides small scale PV elements used e.g. for pocket calculators or watches typical applications are roof or ground mounted and facade integrated PV systems.

By the end of 2009 a capacity of almost 16 GW_{el} was in operation in Europe, representing about 70% of the world cumulative PV power installed.

The main PV technology in Europe is still the use of crystalline silicon as semiconductor. Nevertheless, amorphous silicon and thin film technologies such as CIGS (Copper Indium/Gallium Diselenide) are well known from laboratory research and are now also being commercialised on a relatively low level. Further technologies are emerging in the scientific literature, concerning e. g. organic or polymer solar cells.

2.4 Passive use of solar energy

Passive solar thermal systems do not contain any moving parts and are used to provide heat and illumination. A typical example of a passive solar system or building component respectively is a window where the room behind the window is heated by solar radiation due to the greenhouse effect and is in addition illuminated by the solar radiation transmitted through the window. Aspects for the passive use of solar energy should be taken into account in the design process of buildings so that less additional heating and artificial illumination is required.

3. Technology outlook

The member states of the European Union agreed in 2008 on the so-called 2020 goals requiring the following:

- Reduction of the greenhouse gas emissions until 2020 by 20 % (based on 1990 level). Furthermore a reduction of 50 % until 2050 will be targeted provided that other regions of the world will follow.
- Increase of energy efficiency by 20 % until 2020 (based on 1990 level)
- 20 % share of renewable energy sources until 2020 related to the overall energy consumption

These 2020 goals provide and excellent basis for the further development of renewable energy technologies.

In the following an outlook on the development of the energy demand and supply for both, the thermal sector related to heating and cooling as well as the electrical sector is given. Based on a scenario recently published by EREC /4/ it will be shown that it is possible to cover Europe’s complete energy demand in 2050 by renewable energy sources.

3.1 Heating and cooling

The importance of the heating and cooling sector has now been clearly recognised in Europe, as it currently meets roughly half of the entire final energy demand (48 %) and will continue to be a major player in the energy supply. The overall energy demand will decline with the implementation of energy efficiency measures. Therefore, the deployment of renewable heating and cooling technologies must go hand in hand with major energy efficiency improvements in buildings to ensure a widespread take-up of renewable energy systems.

In Figure 1 the contribution of the different technologies to the coverage of Europe's heating and cooling demand is shown. As can be seen, solar thermal will be an important pillar while geothermal and biomass will be the other two.

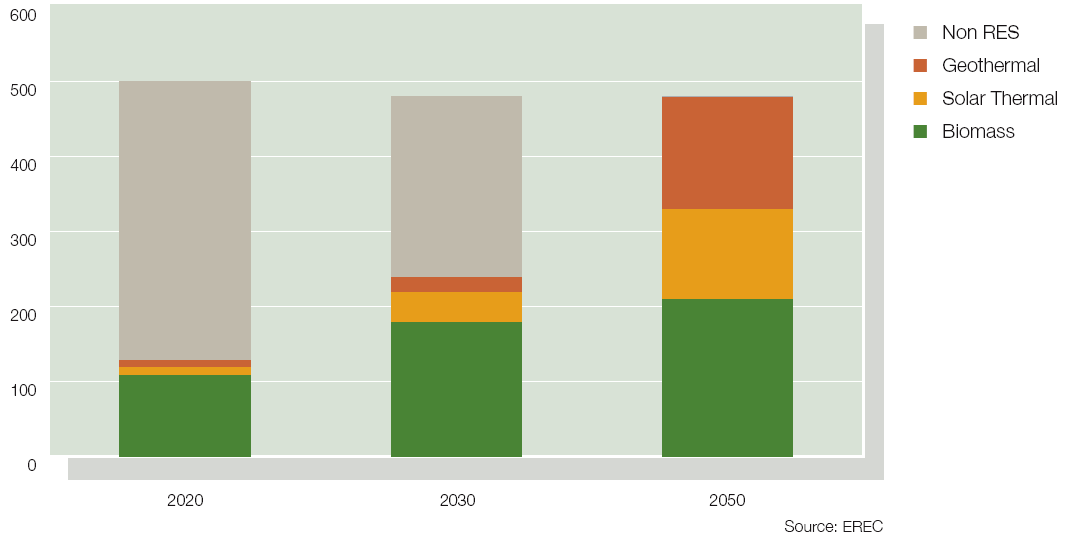


Figure 1: Contribution of different renewable heating and cooling technologies to Europe's heat supply (in Mtoe)

3.2 Electricity

With regard to the future electricity production the most relevant technologies will be wind and PV (see Fig. 2).

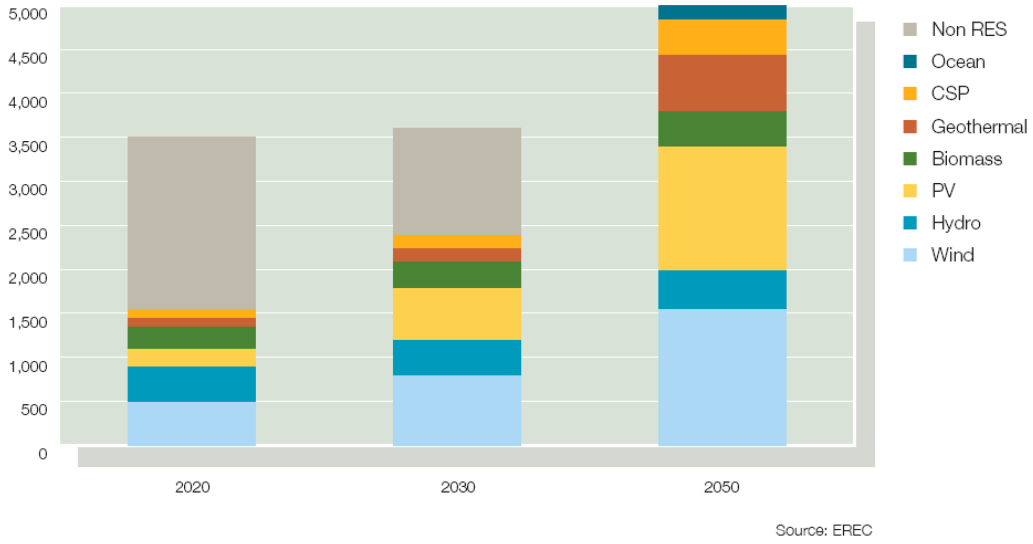


Figure 2: Contribution of renewable technologies to Europe's electricity supply (in TWh)

4. Economical impact

Based on the experience made in the past it is quite obvious that the costs for conventional energies will increase in the future. Since the intensity of this increase will strongly depend on availability and demand, a strong increase can be expected with regards to future economic growth and the scarcity of some fossil energy resources such as e.g. oil.
On the other hand the prices for energy produced from renewable energy sources will continuously decrease with the increasing production of renewable energy technologies due to economy of scale. Furthermore cost reduction due to efficiency improvements will occur.

Depending on the specific scenarios the break even point for the usage of renewable energies will be achieved between 2030 and 2040. Hence, it is obvious that in 2050 the usage of renewable energies will lead to significant economical benefits.

In order to supply 100% of Europe's energy in 2050 from renewable energy sources, total cumulative renewable energy investments of approx. €2,800 billion will be necessary (see Fig 3). This figures sounds impressive, however these cumulative investment costs would already be off-set by the avoided CO_2 costs alone.

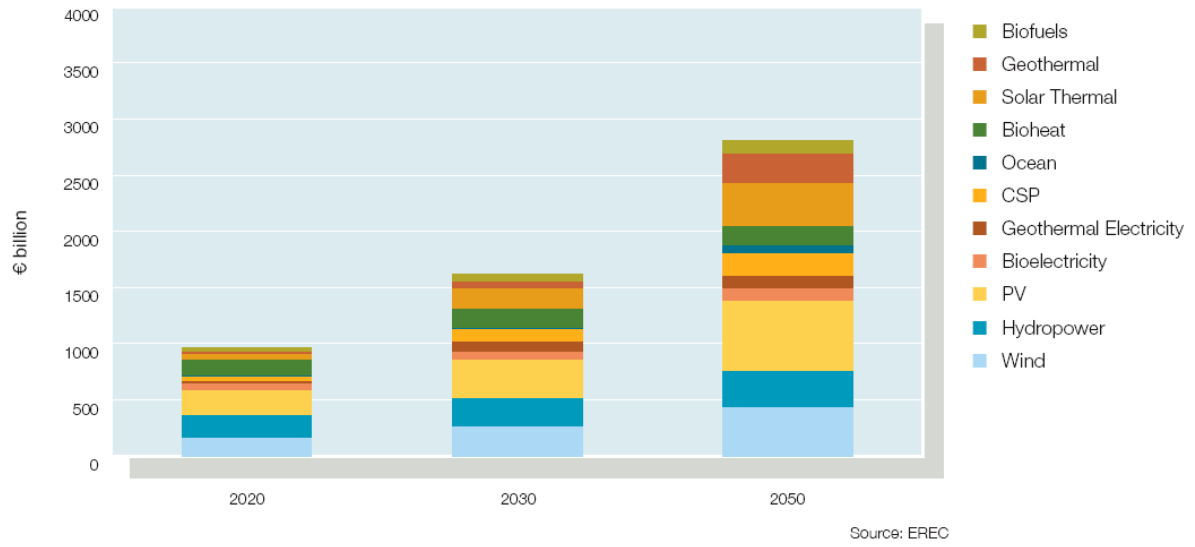


Figure 3: Total cumulative investments in renewable energy technologies

By the end of 2009 the renewable energy sector in Europe had an annual turnover of € 70 billion and already provided over 550,000 high quality jobs. It is expected that by 2050 6.1 million people will work in the renewable energy sector.

5. Summary

The main technologies for the utilisation of solar energy have been presented and discussed. Scenarios for the contribution of renewable energy sources to cover Europe's energy demand have been presented for both, thermal and electrical energy. The possibility to cover Europe's energy demand in 2050 totally by means of renewable energies was shown.

The main benefits of an intensified use of renewable energies in the future are:

- Reduction of greenhouse gas emissions and thus reduced anthropogenic global warming
- Increased security of energy supply
- Long term perspective since renewable energy sources will be available for a nearly unlimited time
- Economic benefits since expenses for purchasing fossil fuels can be avoided and a huge number of local jobs will be created
- Contribution to the pacification of the world since renewable energy sources are much more equally distributed than fossil energy resources

Literature:

/1/ EUROSTAT, elaborated by EREC (European Renewable Energy Council)
Renewable Heating – Action plan for Europe, 2007

/2/ D. Bauer, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen, Central solar heating plants with seasonal heat storage, CISBAT, Renewables in a changing climate, innovation in the built environment, Lausanne, 04.-05.09.2007

/3/ H. Müller-Steinhagen, H. Drück, At the Forefront of Solar Thermal Technology: New Developments and Markets in Germany Conference "Renewable Energy Sources & Energy Efficiency", Sept. 28-30, 2007, Cyprus 2007

/4/ EREC, European Renewable Energy Council
RE-Thinking 2050, A 100 % Renewable Energy Vision for the European Union, April 2010
http://www.erec.org/fileadmin/erec_docs/Documents/Publications/ReThinking2050_full%20version_final.pdf

Solarthermie 2030
Potentiale, Visionen, Forschungsstrategie

Harald Drück, Hans Müller-Steinhagen

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart
Solar- und Wärmetechnik Stuttgart (SWT)
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Email: drueck@itw.uni-stuttgart.de; Internet: www.itw.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

In diesem Beitrag wird die historische Entwicklung der europäischen und deutschen Solarthermie-Technologieplattform beschrieben. Das Potential der Solarthermie zur Deckung unseres Wärme- und Kältebedarfs wird aufgezeigt. Darauf basierende Technologievisionen werden präsentiert und die für ihre Realisierung notwendigen Forschungsstrategien beschrieben. Abschließend wird diskutiert, welche strategischen Überlegungen und Konsequenzen daraus für die Solarthermiebranche abgeleitet werden können.

1. Einleitung

Um auf dem Gebiet der Solarthermie sowohl die Branche als auch die Technologie weiterzuentwickeln und damit langfristig einen signifikanten Beitrag zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs durch Solarenergie zu erreichen, wurden in den vergangenen Jahren umfangreiche Aktivitäten durchgeführt.

Begonnen wurde **auf europäischer Ebene** mit der Initiierung der Europäischen Solarthermie - Technolgoieplattform ESTTP (European Solar Thermal Technology Platform) deren Gründungsversammlung am 21. Juni 2005 im Rahmen der 2. European Solar Thermal Energy Conference estec2005 in Freibug statt fand. Am 30. Mai 2006 wurde die ESTTP dann in Brüssel offiziell von Herrn Andris Piebalgs, dem damaligen EU-Kommissar für Energie, implementiert.
Im Rahmen der ESTTP erarbeiteten im Zeitraum von 2005 bis 2008 etwa 100 Experten aus Industrie, Forschung und Politik gemeinsam eine Vision für die Solarthermie-Technologie /1/ sowie eine strategische Forschungsagenda /2/.
Im Jahr 2008 wurde dann auf Wunsch der EU beschlossen, die ESTTP zu einer Europäischen Technologieplattform für Wärme und Kälte aus allen erneuerbaren Energien aufzuweiten. Die daraus resultierende „European Technology Platform on Renewable Heating & Cooling“ (RHC-ETP) wurde unmittelbar nach ihrer Gründung

offiziell von der EU anerkannt und hat im Jahr 2009 ihre Arbeit aufgenommen (Interne: www.rhc-platform.org). Das Ziel der RHC-ETP ist ebenfalls die Erarbeitung einer Technologie-Vision sowie einer strategischen Forschungsagenda, jedoch für den Gesamtbereich der Technologien Solarthermie, Biomasse und Geothermie. Zusätzlich werden Querschnittstechnologien wie Wärmespeicher, Wärmenetze und Hybridtechnologien wie z.B. die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpen, betrachtet. Die erste Vollversammlung der RHC-ETP fand Ende Februar 2010 in Bilbao statt und war mit etwa 200 Teilnehmern sehr gut besucht.

Auf **nationaler Ebene** wurden in den vergangenen Jahren in mehreren Ländern Europas (u.a. Österreich, Slovenien, Dänemark, Schweden Frankreich, Deutschland) ebenfalls Solarthermie-Technologieplattformen gegründet.

Die Gründung der Deutschen Solarthermie-Technologieplattform (DSTTP; Internet www.dsttp.org) erfolgte Ende August 2007 in Berlin. Zwischenzeitlich wurde von der DSTTP ein „Strategiepapier“ erarbeitet, das die Technologievision und die dazugehörige strategische Forschungsagenda beschreibt. Dieses Dokument befindet sich gegenwärtig in der Endabstimmung und wird in den nächsten Monaten publiziert werden. Eine Kurzfassung mit zentralen Handlungsempfehlungen für die Niedertemperatur-Solarthermie-Forschungsförderung im Zeitraum 2010 bis 2013 wurde bereits Ende 2009 veröffentlicht /3/.

Die zentralen Forschungsschwerpunkte sind:

- Kollektor 2015
- Solar-Aktiv-Haus
- Wärmespeicherung
- Solare Kühlung und Prozesswärme

Im Hinblick auf die Forschungsförderung ist die wichtigste Empfehlung das Budget des Bundes für die Niedertemperatur-Solarthermie Forschung von heute < 10 Mio Euro entsprechend ihrer zentralen Bedeutung für eine zukünftige nachhaltige Energieversorgung auf 40 Mio Euro im Jahr 2013 zu erhöhen. Bei einem kontinuierlichen Mittelzuwachs entspricht dies von 2010 bis 2013 einem Gesamtbudget von 105 Mio Euro.

Zusätzlich zu den technologischen und politischen Arbeiten wurden von der DSTTP zwei sehr erfolgreiche Solarthermie-Technologiekonferenzen im Februar 2009 und Januar 2010 durchgeführt. Über die Organisation und Arbeiten der DSTTP wurde bereits beim 19. Symposium „Thermische Solarenergie“ ausführlich berichtet /4/.

2. Potentiale

Die Solarthermie hat das Potential bis zum Jahr 2050 etwa 47 % des in Europa insgesamt benötigten Niedertemperaturwärme- und Kältebedarfs zu decken. Für Deutschland könnte dieser Wert entsprechend der von Werner Weiss im Auftrag von ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation, www.estif.org) erarbeiteten Potentialstudie bei 34 % liegen.

3. Visionen

Die zentrale Vision der DSTTP und ESTTP ist es, bis 2030 einen Anteil von 50% des Wärmebedarfs durch Solarwärme zu decken. Dass dieses Ziel grundsätzlich erreichbar ist, zeigt die im vorangegangen Kapitel zitierte Potentialstudie.
Im Hinblick auf die spezifischen Anwendungsgebiete bedeutet dies:

- Beim Neubau von Wohngebäuden soll zukünftig das sogenannte „Solar-Aktiv-Haus“ eine Selbstverständlichkeit sein. Solar-Aktiv-Häuser decken den Wärme- und ggf. Kältebedarf vollständig durch Solarenergie.
- Für die Renovierung des Gebäudebestands ist es das Ziel, die solare Sanierung als die kostengünstigste Modernisierungsvariante zu etablieren und hierbei einen solaren Deckungsanteil an der Gesamtwärmeversorgung des Gebäudes von deutlich über 50 % zu erzielen.
- Im Bereich der Industrie soll solare Wärme überall dort eingesetzt werden, wo Temperaturen unter 250 °C benötigt werden.
- Die Kühlung durch solarthermisch angetriebene Kältemaschinen soll eine etablierte Standardtechnologie werden.

4. Status

Der Solarthermiebranche ist es bisher nicht gelungen sich so positionieren, dass auf einem von erneuerbaren Energien dominierten Markt ein langfristiger Erfolg erwartet werden kann. Ausschlaggebend hierfür sind im Wesentlichen die bisher nur unzureichend realisierten Kostensenkungen, das bisher nicht erfolgte Erschließen neuer Anwendungsbereiche sowie ein mangelndes Selbstverständnis.

4.1 Kostendegression

In Abb. 1 ist die relative Entwicklung der Kosten je kW installierter Leistung thermischer und fotovoltaischer Solaranlagen aufgetragen.
Es ist ersichtlich, dass die relative Kostendegression bei beiden Technologien über einen langen Zeitraum ähnlich verlaufen ist. In den letzten Jahren ist sie jedoch bei der Fotovoltaik deutlich ausgeprägter als bei der Solarthermie.

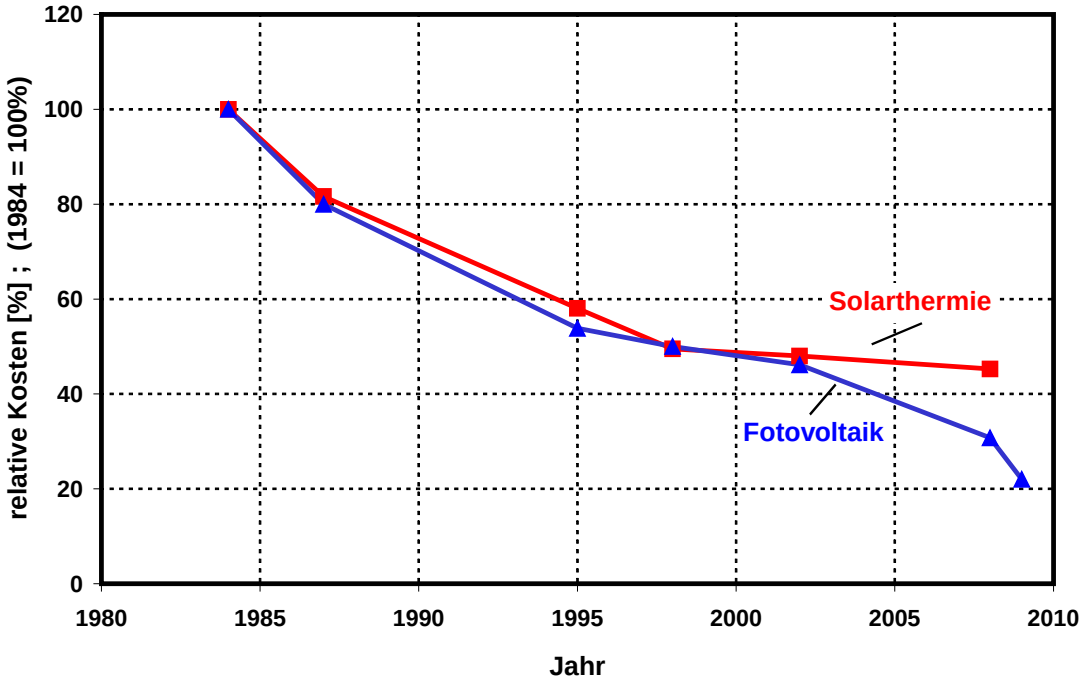


Abb. 1: Relative Entwicklung der Kosten (je kW installierter Leistung thermischer und fotovoltaischer Solaranlagen;1984 = 100%)

Bisher waren die relativ hohen Kosten für thermische Solaranlagen kein grundsätzliches Problem, da dem ökologisch orientierten Kunden keine anderen praktikablen Alternativen zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien geboten wurden. Zudem wurde von der Branche häufig der Standpunkt vertreten, es sein nur eine Frage der Zeit bis die Preise für fossile Energieträger soweit gestiegen sind, dass thermische Solaranalgen wirtschaftlich werden. Obwohl dieser Zeitpunkt zwischenzeitlich erreicht ist, wird der Kostendruck weiter steigen. Ursächlich dafür sind die zwischenzeitlich erzielten technologischen Fortschritte und Kostensenkungen im Bereich anderer erneuerbarer Energien wie z.B. Biomasse und Fotovoltaik. Die Stromgestehungskosten von Fotovoltaikanlagen sind zwischenzeitlich so weit gesunken, dass bei einer Einspeisevergütung von 33 $ct_{€}/kWh_{el}$ bereits die Grenze der Wirtschaftlichkeit erreicht ist. Es ist daher in naher Zukunft zu erwarten, dass die Wärmeerzeugung aus Fotovoltaikstrom in Verbindung mit einer Wärmepumpe kostengünstiger erfolgen kann als mit Solarkollektoren.

4.2 Neue Anwendungsbereiche

Hier dominierenden, mit einem globalen Marktanteil > 90%, Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung. Es handelt sich um relativ einfache Anlagen mit denen, bezogen auf den Gesamtwärmebedarf für Trinkwassererwärmung und

Raumheizung, nur relativ geringe solare Deckungsanteile im Bereich von 10 bis 15 % erreicht werden.
Die in Deutschland und Österreich einen stärkeren Anteil aufweisenden solaren Kombianlagen sind mit durchschnittlichen Kollektorfläche von 10 bis 15 m^2 und Speichervolumina von 700 bis 1500 Litern ebenfalls noch relativ klein und erreichen solare Deckungsanteile am Gesamtwärmebedarf von etwa 30 %.
Weitere vielversprechende Anwendungsgebiete wie Mehrfamilienhäuser, industrielle Prozesswärme, „Solar-Aktive Gebäude“ und die „solare Modernisierung“ mit hohen solaren Deckungsanteilen bis zu 100 % sind bisher noch weitgehend unerschlossen.

4.3 Mangelndes Selbstverständnis

Die Heizungs- bzw. Wärmebrache im Allgemeinen und die Solarthermiebranche im Besonderen hat es bisher versäumt sich ausgeprägt in der Öffentlichkeit und im Markt zu positionieren. Von einer Vielzahl von Negativbeispielen sind im Folgenden einige genannt:

- In der öffentlichen und politischen Diskussion wird das Thema Energie meist mit Strom gleichgesetzt. Elektrische Energie hat in der öffentlichen Wahrnehmung eine viel größere Relevanz als thermische Energie obwohl der weitaus überwiegende Anteil der Energienutzung auf Wärme und Kälte entfällt.
- Der Begriff „Erneuerbares Energiegesetz“ als Basis für die Einspeisevergütung von Strom aus erneuerbaren Energien ist formal falsch gewählt und hätte korrekt, analog zum „Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz“ als „Erneuerbare-Energien-Stromgesetz“ bezeichnet werden müssen.
- Die Solarthermiebranche diskutiert darüber, ob der für Wärmepumpen angegebene COP (Coefficient of Performance; Leistungszahl) unter realen Bedingungen erreicht wird, statt offensiv zu kommunizieren, dass thermischen Solaranlagen einen COP aufweisen der mindestens um den Faktor 10 höher liegt als jener von Wärmepumpen.

5. Quo vadis?

Unter Berücksichtigung der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Aspekte können zwei Zukunftsszenarien abgeleitet werden:

- Der Einsatz thermischer Solartechnik wird sich primär auf die Trinkwassererwärmung in Regionen mit hohem Strahlungsangebot und geringen Komfortansprüchen wie z.B. heute China, konzentrieren. Unter diesen Bedingungen ist die Solarthermie die kostengünstigste Option. Eine relativ kleine Branche wird dann existieren um diesen Nischenmarkt zu bedienen.

- Der Solarthermiebranche gelingt es, einen breit angelegten Innovations- und Technologieschub zu realisieren und zu einem neuen Selbstverständnis zu gelangen. Wird dieser, im Folgenden als Innovationspfad bezeichnete Weg eingeschlagen, so ist es sowohl möglich die im Kapitel 2 beschriebenen Potentiale zur realisieren als auch die Zukunft der Brache langfristig auf hohem Niveau zu sichern.

5.1 Innovationspfad

Dass die Solarthermiebranche grundsätzlich in der Lage ist, konzertiert die wissenschaftliche und technische Basis für neue Technologien zu erarbeiten und diese erfolgreich am Markt zu positionieren hat sie Ende der 90er Jahre gezeigt. Im Rahmen des sogenannten „Kombianlagenprojekts“ wurde damals der Weg für solarthermische Kombianlagen bereitet, d.h. für die Technologie, auf die heute etwa zwei Drittel des Marktanteils in Deutschland entfällt.

Heute sind die Randbedingungen für die Entwicklung neuer Technologien und die Erschließung neuer Märkte deutlich besser, da aufgrund der Arbeiten der ESTTP und DSTTP die entsprechenden Technologievisionen verfügbar und die benötigten Förderprogramme vorhanden bzw. im Entstehen sind. Zusätzlich ist die Branche insgesamt deutlich größer und innovativer.

5.2 Branchenprojekt „Solar-Aktive Gebäude“

Es wird empfohlen als ersten zentralen Schritt[1] das Thema „Solar-Aktive Gebäude“ im Rahmen eines großen „Branchenprojekts“ gemeinsam zu bearbeiten und die wissenschaftliche und technische Basis für die Realisierung der im Kapitel 3. beschriebenen „Solar-Aktiv-Häuser“ und der „solar aktiven Modernisierung“ zu bereiten. Insbesondere das Thema „Solar-Aktiv-Haus“, also Gebäude deren Wärme- und Kältebedarf zu 100 % durch Solarenergie gedeckt wird, bietet neben großen technischen und wirtschaftlichen Potentialen auch die Möglichkeit der Branche zu einem neuen Selbstverständnis zu verhelfen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Revision der EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden interessant, da diese vorsieht, dass ab 2019 alle öffentlichen und ab 2021 sämtliche neuen Gebäude als „Fast-Nullenergiegebäude“ realisiert werden müssen – und dafür kann die Solarthermiebranche dann eine Lösung anbieten.

Das Thema „Solar-Aktive Gebäude“ ist auch deshalb als zentrales Zukunftsthema sehr gut geeignet, da weitgehend vollständig durch Solarthermie versorgte

[1] Zusätzlich sollten selbstverständlich weitere Themen der Forschungsagenda individuell oder im Rahmen kleinerer Konsortien bearbeitet werden.

Wohngebäude für den Nutzer bzw. die Nutzerin aus folgenden Gründen attraktiv sind:

- Ökologie: Vollständig nachhaltige Wärmeversorgung, da keine fossilen Energieträger benötigt werden.
- Preissicherheit: Durch die Nutzung von Solarwärme sind die Kosten unabhängig von der Entwicklung der Energiepreise, so dass hier auf der Basis der Anfangsinvestition in die Solaranlage eine langfristige Preissicherheit gegeben ist.
- Versorgungssicherheit: Die Verfügbarkeit fossiler Energieträger wird irrelevant.
- Unabhängigkeit: Da die Wärmeversorgung ein „Inselsystem" darstellt, ist eine Abhängigkeit von Preis- und Versorgungsstrukturen nicht gegeben.

Da die oben genannten Faktoren einen wesentlichen Mehrwert bieten, ist der Aspekt der Wirtschaftlichkeit von sekundärer Bedeutung. In diesem Marktbereich wird daher zumindest mittelfristig auch kein ausgeprägter Kostendruck herrschen.

Wenn ein Branchenprojekt zum Thema „Solar-Aktive Gebäude" zeitnahe initiiert wird, ist es möglich bis zum in Kraft treten der modifizierten Gebäudeeffizienz-Richtlinie entsprechende technologische Lösungen anzubieten. Diese Lösungen können dazu beitragen den Ressourcenverbrauch deutlich zu reduzieren und die Zukunft der Solarthermiebranche langfristig zu sichern.

Literatur

/1/ Solar Thermal Vision 2030 – Vision of the usage and status of solar thermal energy technology in Europe and the corresponding research topics to make the vision reality; Published by the European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP), May 2006;
In Internet verfügbar unter: http://www.rhc-platform.org/cms/index.php?id=16

/2/ Solar Heating and Cooling for a Sustainable Energy Future in Europe – Vision, Potential, Deployment Roadmap, Strategic Research Agenda, Published by the European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP), 2009
Internet: http://esttp.org/cms/upload/SRA/ESTTP_SRA_RevisedVersion.pdf
European Solar Thermal Technology Platform (ESTTP); Internet: www.esttp.org

/3/ Handlungsempfehlungen für die Niedertemperatur-Solarthermie Forschungsförderung 2010 bis 2013, DSTTP; Dezember 2009
Internet:http://www.solarthermietechnologie.de/fileadmin/img/Service/PDF/oeffentlichkeitsarbeit/DSTTP-Schwerpunkte_2009-2013.pdf

/4/ H. Drück, Gerhard Stryi-Hipp, H. Müller-Steinhagen; Deutsche Solarthermie-Technologie Plattform (DSTTP) – Ergebnisse und zukünftige Aktivitäten, Tagungsband zum 19. Symposium Thermische Solarenergie, Seiten 50 - 56, Otti, Regensburg, 2009 ISBN 978-3-934681-94-1

Danksagung

Die Aktivitäten der DSTTP werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) über den Projektträger Jülich (PTJ) im Rahmen des Projekts „TechnoSol" (Förderkennzeichen 0329281A) gefördert. Die Aktivitäten der ESTTP werden von der Europäischen Union teilweise gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Solare Klimatisierung – Realisierte Anlagen

Björn Ehrismann, Harald Drück

Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart

Tel.: 0711/685-63896, Fax: 0711/685-63242, email: ehrismann@itw.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Steigende interne Lasten und Komfortansprüche führten in den vergangenen Jahren zu einem drastischen Anstieg des Primärenergieverbrauchs konventioneller Anlagen für die Gebäudeklimatisierung. Eine Möglichkeit diesem Trend entgegenzuwirken ist die Verwendung thermischer Verfahren zur Kälteerzeugung. Durch die annähernde Deckungsgleichheit von Solarenergieangebot und Klimatisierungsbedarf bietet sich die Nutzung thermischer Solarenergie zur Gebäudeklimatisierung an.

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die bereits am Markt verfügbaren Produkte (geschlossene Systeme) im kleinen Leistungsbereich bis 20 $kW_{Kälte}$.

1 Einleitung

Für die solarthermische Klimatisierung stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung. Diese lassen sich nach der Art der Prozessführung in offene und geschlossene Verfahren unterteilen. Eine weitere Aufteilung wird nach dem Aggregatzustand des Sorptionsmittels vorgenommen. Bei den geschlossenen Systemen findet man Absorptionsmaschinen mit flüssigen Sorptionsmitteln und Adsorptionsmaschinen mit festen Sorptionsmitteln. Sie werden zur Erzeugung von Kaltwasser verwendet. Offene Systeme hingegen führen durch Luftentfeuchtung und Verdunstungskühlung mittels fester oder flüssiger Sorptionsmittel eine direkte Luftkonditionierung durch. Aufgrund der großen Volumenströme und entsprechend großer Leistungen sind offene Systeme hauptsächlich für größere Gebäude mit zentraler Klimaanlage interessant. Im Weiteren werden daher nur geschlossene Systeme betrachtet.

Im mittleren und großen Leistungsbereich (über 20 $kW_{Kälte}$) sind bereits seit vielen Jahren technisch ausgereifte Systeme zur thermischen Kälteerzeugung am Markt verfügbar. Für Wohngebäude und kleine Geschäfts- und Bürogebäude ist der Leistungsbereich bis 20 $kW_{Kälte}$ interessant. Hier finden sich bisher nur einige wenige Anbieter von solarthermischen Kältemaschinen und Komplettsystemen zur solarthermischen Klimatisierung.

2 Marktverfügbare Kältemaschinen

Die momentan am Markt erhältlichen Kältemaschinen lassen sich in Absorptions- und Adsorptionsmaschinen einteilen.

2.1 Absorptionsmaschinen

Die schwedische Firma *Climatewell* bietet Absorptionskältemaschinen mit Kühlleistungen von 20 $kW_{Kälte}$ an. Eine Maschine mit 10 $kW_{Kälte}$ wurde 2009 aus dem Vertriebsprogramm genommen. Die Besonderheit dieser Anlagen liegt in der Auskristallisierung der Lithiumchlorid-Lösung. Alle anderen Hersteller von Absorptionskältemaschinen vermeiden die Kristallbildung. *Climatewell* hingegen nutzt die Kristallisation zur internen Energiespeicherung.

EAW Westenfeld bietet Maschinen mit bis zu 200 $kW_{Kälte}$ an. Auf dem Markt für Maschinen kleinerer Leistung ist die Firma mit der *WEGRACAL SE 15* mit 15 $kW_{Kälte}$ vertreten. Hier ist das Arbeitsstoffpaar Wasser/Lithiumbromid. Vertrieben wird die Anlage unter anderem im *LB Cooling System* von *Schüco*.

Eine weitere Absorptionskältemaschine auf Basis von Wasser/Lithiumbromid wurde unter dem Namen *suninvers* von der Firma *Sonnenklima* vertrieben. Das Amtsgericht Berlin-Charlottenburg führt die *SK Sonnenklima GmbH* zurzeit in der Insolvenzliste. Vertrieben wurde diese Maschine mit einer Leistung von 10 $kW_{Kälte}$ von der *Phönix SonnenWärme AG*. Derzeit bietet diese Firma keine Kälteanlage an.

Eine mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser arbeitende Absorptionskältemaschine mit 12 $kW_{Kälte}$ wird von der Firma *Pink* aus Österreich hergestellt und im *chillii Cooling Kit PSC12* von *Solarnext* vertrieben.

Die spanische Firma *Rotartica* bietet eine der kleinsten Maschinen mit einer Leistung von 4,5 $kW_{Kälte}$ an. Sie ist in zwei Ausführungen für die Innenaufstellung oder die Außenaufstellung erhältlich. Die Besonderheit dieser Maschine ist ein rotierender Absorber, der die Verwendung einer trockenen Rückkühlung ermöglicht. (Seit Mai 2010 ist der Internetauftritt von *Rotartica* nicht mehr erreichbar.)

Seit vielen Jahren erhältlich sind die Maschinen der japanischen Firma *Yazaki*. Im kleinen Leistungsbereich ist *Yazaki* mit der *WFC-SC5*, einer Absorptionskältemaschine mit dem Arbeitsstoffpaar Wasser/Lithiumbromid, vertreten. Diese Maschine besitzt eine Kälteleistung von 17,5 $kW_{Kälte}$ und wird im *chillii Cooling Kit WFC18* von *Solarnext* vertrieben.

2.2 Adsorptionsmaschinen

Den Markt für Adsorptionskältemaschinen kleiner Leistung teilen sich die beiden Hersteller *SorTech* und *InvenSor*.

SorTech bietet die Maschinen *ACS 08* und *ACS 15* mit 8 und 15 $kW_{Kälte}$ an. Das Arbeitsstoffpaar ist Silikagel/Wasser. Diese Maschinen sollen laut Hersteller bereits ab 55℃ Antriebstemperatur Kälte bereitstellen können und somit auch in Gebieten mit moderater Solarstrahlung für den Einsatz mit Flachkollektoren geeignet sein. *SorTech* Maschinen können direkt beim Hersteller, über *Powersol* oder als Komplettsysteme von *Gasokol*, *Solarnext* oder *Solution* bezogen werden.

Relativ neu auf dem Markt sind die Maschinen von *InvenSor* aus Berlin. Hierbei handelt es sich um die *LTC 09* für niedrige Antriebstemperaturen und die *HTC 10* für höhere Antriebstemperaturen mit 9 bzw. 10 $kW_{Kälte}$. Die Arbeitsstoffe dieser Maschinen sind Zeoltih/Wasser. Erhältlich sind sie im Direktvertrieb. Die *HTC 10* wird auch von *Solarnext* im Komplettsystem *chillii Cooling Kit ISC10* angeboten.

Nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verfügbaren Sorptionskältemaschinen bis 20 $kW_{Kälte}$.

Tabelle 1: Übersicht über marktverfügbare Technologien zur solaren Klimatisierung /1,2,3,4,5/ (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Firma	**Bezeichnung**	**Art**	**Kälte-leistung**	
Climatewell www.climatewell.com	(Climatewell 10) Climatewell 20	Absorption H_2O / LiCl	(10 kW) 20 kW	
EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfeld www.eaw-energieanlagenbau.de	WEGRACAL SE 15	Absorption H_2O / LiBr	15 kW	
InvenSor GmbH www.invensor.com	InvenSor LTC 09 InvenSor HTC 10	Adsorption H_2O / Zeolith	9 kW 10 kW	
Phönix Sonnen Wärme AG SK Sonnenklima GmbH www.sonnenklima.de (Zukunft ungewiss)	suninverse	Absorption H_2O / LiBr	10 kW	
Pink GmbH www.pink.co.at	PSC12	Absorption NH_3 / H_2O	12 kW	
Rotartica (Zukunft ungewiss)	Solar 045 Solar 045v	Absorption H_2O / LiBr	4,5 kW	
SorTech AG www.sortech.de	Sortech ACS 08 Sortech ACS 15	Adsorption H_2O / Silikagel	8 kW 15 kW	
Yazaki www.yazaki-europe.com	WFC-SC5	Absorption H_2O / LiBr	17,5 kW	

3. Anlagenkomponenten

Neben der thermisch betriebenen Kältemaschine besteht eine solare Kühlanlage prinzipiell aus thermischen Sonnenkollektoren zur Bereitstellung der Antriebsenergie, einer Rückkühlung zur Abfuhr der Abwärme und einer Vorrichtung zur Verteilung der Nutzkälte. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung einer solchen Anlage. Zur Steigerung des Systemnutzungsgrades werden Speicher eingesetzt.

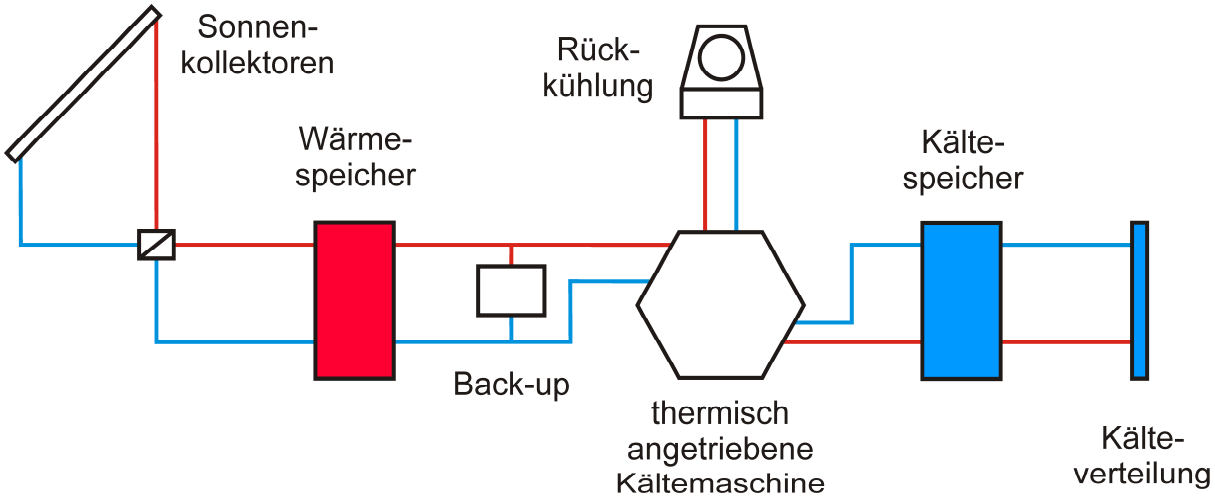


Abbildung 1: Beispielhafte vereinfachte hydraulische Verschaltung

3.1 Sonnenkollektoren

Für einstufige Absorptionskältemaschinen werden Antriebstemperaturen von 80 – 110 ℃ benötigt. In diesem Temperaturbereich kann die Solarstrahlung durch Verwendung von konzentrierenden Kollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren effektiv genutzt werden. Adsorptionsmaschinen hingegen arbeiten schon bei niedrigeren Temperaturen von 60 – 95 ℃ effizient. Hier können sowohl Vakuumröhren als auch günstigere Flachkollektoren zum Einsatz kommen.

Die Größe des Kollektorfeldes hängt von der zu erzielenden Kälteleistung ab. Richtwerte für die spezifische Größe des Kollektorfeldes liegen bei 3 - 3,5 $m^2/kW_{Kälte}$ Kälteleistung /1/, wobei mit Flachkollektoren eine größere Fläche benötigt wird, als mit Vakuumröhrenkollektoren /6/. Diese Werte sollen nur einen groben Eindruck vermitteln und können eine detaillierte Anlagenauslegung nicht ersetzen.

3.2 Speicher

In den meisten Fällen decken sich solarer Energieeintrag und benötigte Kühlleistung sehr gut. Ein Betrieb ohne Speicher ist daher grundsätzlich möglich. Die dadurch eingesparten Anlagenkosten stehen jedoch Komforteinbußen in Form von zeitweilig unzureichender Kühlung gegenüber. Um ein zeitweilig unzureichendes Solarenergieangebot zu kompensieren, ist es nötig die thermische Energie zu speichern und in der zu überbrückenden Zeit bereitzustellen. Dies kann wärmeseitig mit einem Wärmespeicher oder kälteseitig mit einem Kältespeicher erfolgen. Bei Anlagen, die neben der Klimatisierung auch zur Heizung und/oder Brauchwassererwärmung verwendet werden, ist in jedem Fall ein Wärmespeicher installiert, meist mit Nachheizung durch einen Heizkessel. Zusätzlich dazu kann ein Kältespeicher eingesetzt

werden. Anlagen, die ausschließlich zur Klimatisierung verwendet werden, können auch eine rein kälteseitige Speicherung nutzen. Kältemaschinen mit innerer Speicherkapazität, wie die Maschinen von *Climatewell* ermöglichen es auch ohne Speicher Zeiten mit zu geringer Antriebsenergie überbrücken.

Wärmespeicher und Kältespeicher sind in der Regel als Wasserspeicher ausgeführt. Größere Speicherdichten können durch Phasenwechselspeicher, z.B. Eisspeicher erzielt werden /7/. Hierbei wird der Phasenübergang des Speichermediums zur Energiespeicherung genutzt. Für die Nutzung von Eisspeichern ist eine Kältemaschine mit Ausgangstemperaturen unter 0 °C nötig. Bei den am Markt erhältlichen Maschinen beschränkt sich dies auf die Kältemaschinen mit dem Arbeitsstoffpaar Ammoniak/Wasser.

3.3 Rückkühlung

Ein grobes Auslegungskriterium für den bei der Rückkühlung abzuführenden Wärmestrom ist die Summe der Antriebsleistung und der Kälteleistung der Kältemaschine. Desweiteren wird die Art der Rückkühlung durch die erforderliche Kühlwassertemperatur der Kältemaschine beeinflusst. Abbildung 2 verdeutlicht am Beispiel einer *Wegracal SE 15* wie steigende Kühlwassertemperaturen zu einer verringerten Kälteleistung der Maschine führen.

Rückkühlaggregate gibt es als trockene Rückkühler, Nasskühltürme und Hybridkühler, die sowohl nasse als auch trockene Rückkühlung ermöglichen. Durch trockene Rückkühlung kann eine Temperatur erreicht werden, die einige Kelvin oberhalb der Umgebungstemperatur liegt.

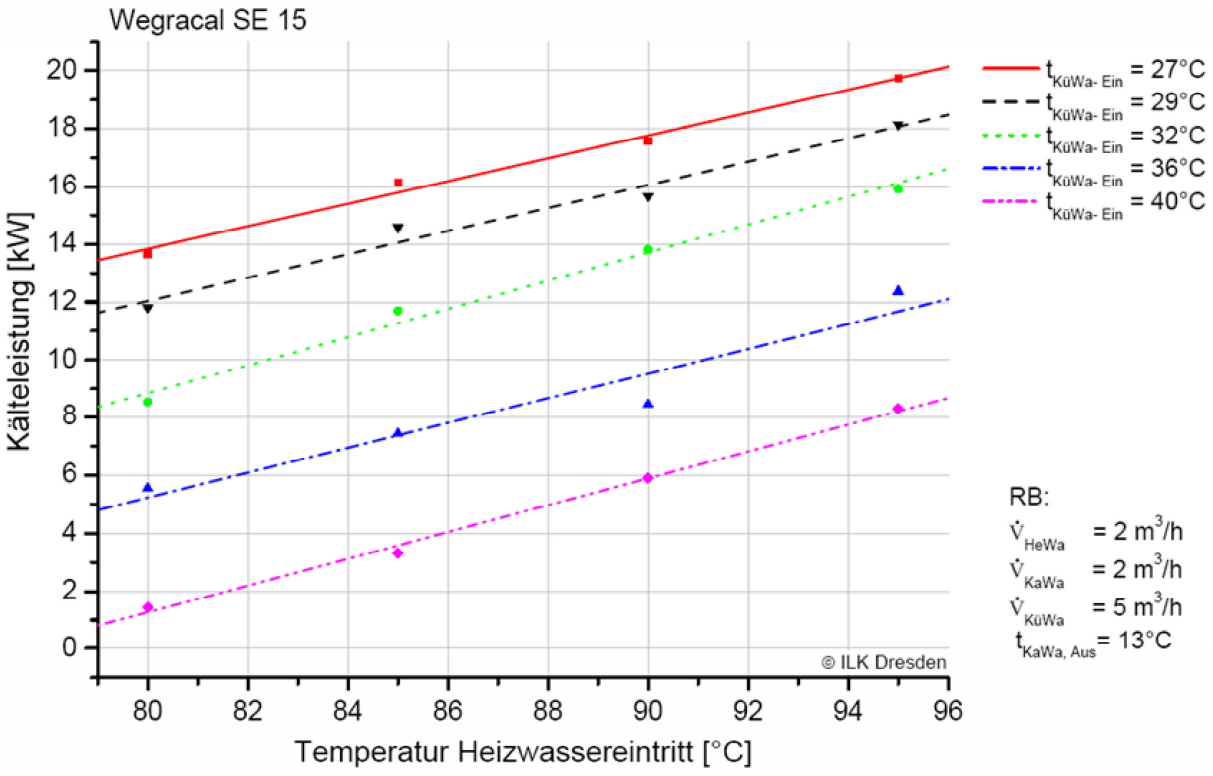


Abbildung 2: Einfluss der Antriebstemperatur auf die Kälteleistung bei unterschiedlichen Kühlwassertemperaturen /8/

Nasskühltürme ermöglichen niedrigere Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur, da in diesen Systemen der Verdunstungseffekt genutzt wird. Nasse Rückkühlung ist die am häufigsten eingesetzte Art der Rückkühlung /9/. Nachteile von Nasskühltürmen sind der zusätzliche Wasserverbrauch und die nötige regelmäßige Wartung.

Der Rückkühler ist maßgeblich am elektrischen Energieverbrauch solarthermischer Kühlanlagen beteiligt. Daher spielt die Verwendung eines gut ausgelegten Rückkühlers eine entscheidende Rolle beim elektrischen Energieverbrauch der Gesamtanlage. Anbieter von Komplettsystemen führen meist Anlagenpakete, die in der Minimalkonfiguration aus Kältemaschine, darauf abgestimmtem Rückkühler und Regler bestehen.

Energetisch vorteilhafter ist die Nutzung der Abwärme der Kältemaschine für andere Zwecke. Klassisches Beispiel für einen Wärmebedarf auf niedrigem Temperaturniveau bildet ein Schwimmbecken. Die Abwärme der Kältemaschine kann hier zur Erwärmung des Wassers eingesetzt werden /9/.

3.4 Kälteverteilung

Die markverfügbaren Kältemaschinen haben die größte Effizienz in Verbindung mit Kälteverteilungssystem, die hohe Kaltwassertemperaturen im Bereich von ca. 18 ℃ ermöglichen. Dazu zählen Kühldecken, Fußbodenheizungen/-kühlungen oder die Baukernaktivierung. Herkömmliche Klimatechnik wie Deckenkühler können ebenfalls verwendet werden. Zum Erreichen der dafür nötigen niedrigeren Kaltwassertemperatur von ca. 12 ℃ muss die Rückkühltemperatur entsp rechend gesenkt werden.

3.5 Markverfügbare Komplettsysteme

Von einigen wenigen Firmen werden bereits sogenannte Komplettsysteme für solare bzw. thermische Kühlung angeboten. Die zu einem Komplettsystem zugehörigen Komponenten unterscheiden sich je nach Anbieter. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Anbieter von Komplettpaketen.

Tabelle 2: Übersicht der Anbieter für Komplettsysteme zur solarthermischen Kühlung /10/ (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Firma	Produktname
GASOKOL go ahead sunshine	coolySun (7.5 und 15 kW)
Kingspan	Kingspan Climate Solar Cooling System (10 kW)
PHÖNIX SonnenWärme AG	Suninverse (10 kW) (derzeit keine Angebot)

SCHÜCO	LB Cooling System (15 kW)
SOLARNEXT	chillii® Cooling Kit (7, 7.5, 10, 12, 15, 17.6 kW)
SOLution Solartechnik GmbH	Alaska-Set, Pinguin-Set (7.5 und 15 KW)

4. Realisierte Anlagen

In einer Studie im Rahmen des Solar Heating & Cooling Programme der International Energy Agency (IEA) wurde eine weltweite Liste solarthermischer Heizungs- und Klimatisierungsanlagen erstellt /11/. Dabei wurden 288 Anlagen identifiziert - 156 davon im Leistungsbereich bis 20 $kW_{Kälte}$. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die geographische Verteilung der erfassten Anlagen.

60% dieser Anlagen haben ihren Standort in Spanien. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Maschinen von *Rotartica* und *Climatewell*. Weitere 15% der erfassten Anlagen befinden sich in Deutschland.

Abbildung 4 zeigt die Anteile der Adsorptions- und Absorptionsanlagen in verschiedenen Ländern. Der weitaus größte Teil der installierten Anlagen nutzt Absorptionsprozesse zur Kälteerzeugung. Lediglich ein Zehntel der Anlagen erzeugen Kälte nach dem Adsorptionsprinzip. Vor allem in Ländern mit hoher Solarstrahlung und damit hohen Antriebstemperaturen, wie Spanien und Portugal, weist die Absorption noch deutlich höhere Marktanteile auf als der Durchschnitt. In Ländern mit strahlungsbedingt niedrigeren Antriebstemperaturen wie Deutschland, Österreich und Frankreich dagegen nimmt der Marktanteil der Adsorptionstechnik zu.

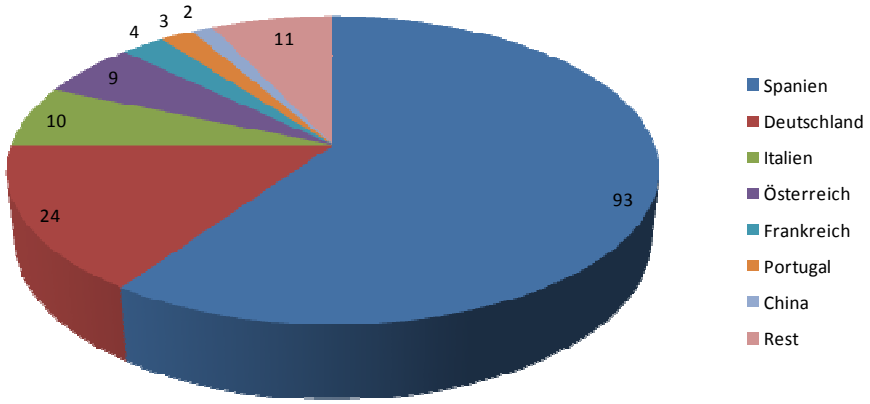


Abbildung 3: Anlagen im kleinen Leistungsbereich nach Standorten aufgeschlüsselt /11/

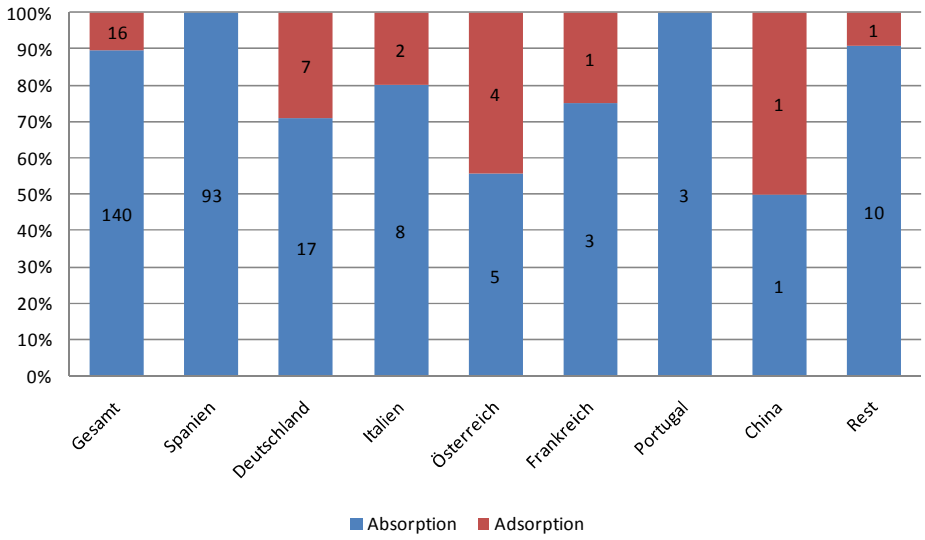


Abbildung 4: Verhältnis zwischen Adsorptions- und Absorptionsanlagen nach Standorten aufgeschlüsselt /11/

Ebenso wie die Hersteller der Adsorptionsmaschinen *SorTech* und *InvenSor* verfolgen auch *Climatewell* und *Rotartica* das Konzept eines modularen Anlagenaufbaus. D.h. die Leistungsanpassung wird nicht (nur) durch Skalierung der Kältemaschine, sondern durch den kombinierten Einsatz mehrerer baugleicher Kältemaschinen erzielt. So gibt es beispielsweise Anlagen mit Kältemaschinen von *Rotartica*, die 4.5, 9, 13.5 und 18 $kW_{Kälte}$ Kälteleistung erzielen, also jeweils ein ganzzahliges Vielfaches der Leistung einer *Rotartica* Maschine.

Die Studie der IEA führt keine Maschinen von *Climatewell* auf. *Climatewell* hat nach eigenen Angaben bis April 2008 bereits 158 Maschinen verkauft, 102 davon in Spanien /12/. Somit gehört *Climatewell* mit zu den größten Anbietern thermisch angetriebener Kältemaschinen im kleinen Leistungsbereich. Anhand der Leistungsdaten,

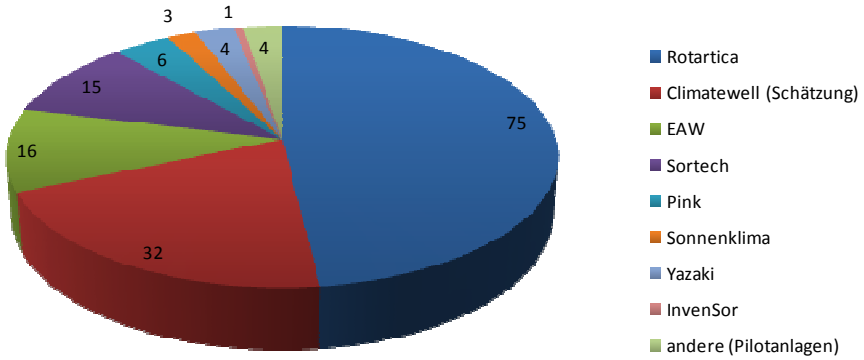


Abbildung 5: Realisierte Anlagen mit am Markt verfügbaren Kältemaschinen und Pilotanlagen aufgeschlüsselt nach Hersteller der Kältemaschine /11/

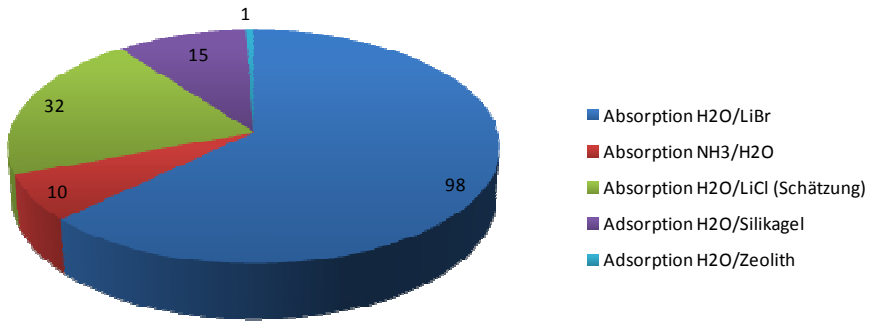


Abbildung 6: Verwendete Arbeitsstoffpaare /11/

dem Sorptionsverfahren und der Herstellerangaben über Verkaufszahlen konnten einige Anlagen mit Kältemaschinen unbekannter Herkunft *Climatewell* zugeordnet werden. Somit können die Marktanteile von *Climatewell* abgeschätzt werden. Abbildung 5 zeigt die Marktanteile der Kältemaschinenhersteller wie sie sich nach den Daten der IEA Studie ergeben. Fast die Hälfte der erfassten Anlagen wird mit Kältemaschinen von *Rotartica* betrieben. Für *Climatewell* wurde ein Marktanteil von ca. 20% abgeschätzt.

In rund 2/3 der Kältemaschinen kommt das Arbeitsstoffpaar Wasser/Lithiumbromid zum Einsatz. Die Hälfte der oben aufgeführten kommerziellen Anbieter verwenden diese Stoffe zur Kälteerzeugung im kleinen Leistungsbereich. Der Einsatz der übrigen Stoffpaare hängt stark mit den Marktanteilen der Kältemaschinenhersteller

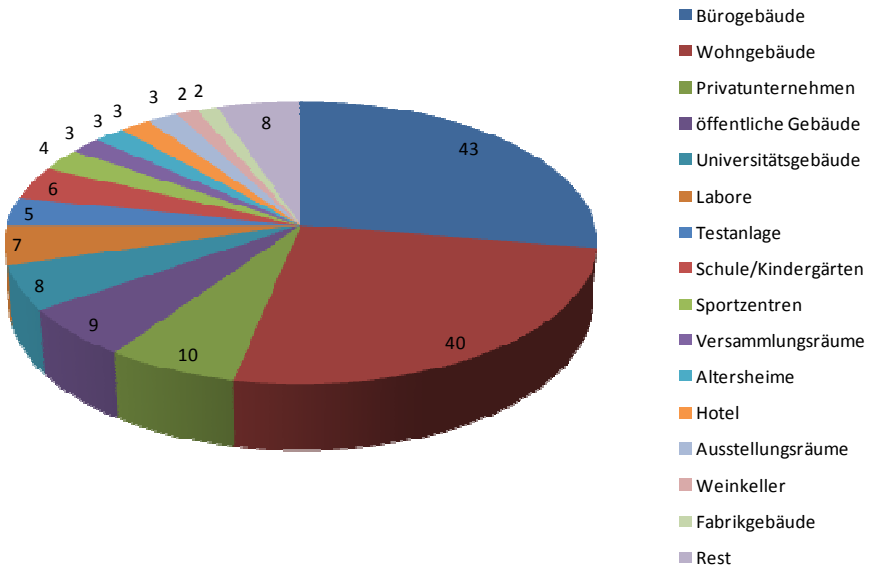


Abbildung 7: Einsatzorte /11/

zusammen. So wird Wasser/Lithiumchlorid derzeit nur von Climatewell, Ammoniak/Wasser von *Pink*, Wasser/Silikagel von *SorTech* und Wasser/Zeolith von *InvenSor* eingesetzt. Abbildung 6 zeigt die Verteilung der verwendeten Arbeitsstoffpaare der erfassten Anlagen.

Etwa 1/4 der Anlagen kommt bei der Klimatisierung von Bürogebäuden zum Einsatz. Fast genauso viele werden in Wohngebäuden eingesetzt. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Einsatzorte der erfassten Anlagen.

5. Entwicklungsprojekte

Die Firma *SolarFrost* arbeitet an einer sehr kompakten Kältemaschine im kleinen Leistungsbereich von ca. 2 $kW_{Kälte}$. Diese Absorptionsmaschine arbeitet mit Ammoniak/Wasser und ist aus unterschiedlichen strukturierten Schichten ähnlich der Stapelbauweise von Brennstoffzellen aufgebaut. Nach Herstellerangaben ist durch dieses Konzept die Leistungsdichte deutlich größer als bei anderen erhältlichen Maschinen /13/.

Die portugiesische Firma *AO Sol* arbeitet an einer Ammoniak/Wasser Absorptionskältemaschine im kleinen Leistungsbereich bei 6 $kW_{Kälte}$ für den südeuropäischen Markt /14/.

Am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Uni Stuttgart (ITW) wurde eine Absorptionskältemaschine mit einer Kälteleistung von 10 $kW_{Kälte}$ entwickelt. Auch diese Maschine arbeitet mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser. Besonderheit der Anlage ist die Kältespeicherung mittels Eisspeicher /15/.

Das zafh.net der HfT Stuttgart entwickelte eine Diffusions-Absorptionskältemaschine im Leistungsbereich von 3 $kW_{Kälte}$. Die Anlage arbeitet mit Ammoniak/Wasser und verwendet zum Transport des Lösungsmittels keine mechanische Pumpe, sondern eine Blasenpumpe /16/.

Das Fraunhofer Institut UMSICHT entwickelte zusammen mit dem DLR eine Dampfstrahlkältemaschine mit einer Kälteleistung von 5 $kW_{Kälte}$. Diese wurde in einer Pilotanlage mit Parabolrinnenkollektoren betrieben /17, 18/.

6 Wirtschaftlichkeit solarer Klimatisierungsanlagen und Kältegestehungskosten

Aussagen über die Wirtschaftlichkeit solarer Klimatisierung sind vom konkreten Einzelfall abhängig. Derzeit ist jedoch noch davon auszugehen, dass die Jahreskosten, bestehend aus Kapitalkosten, Betriebs- und Instandhaltungskosten, im Vergleich zu konventionellen Klimatisierungssystemen höher sind /2/. Zwar sind die Betriebskosten bei den solarthermischen Klimatisierungssystemen im Vergleich zu den konventionellen Systemen geringer, jedoch sind bis heute die Investitionskosten vor allem für geschlossene solare Klimatisierungsanlagen deutlich höher. Dabei ist anzumerken, dass die Kosten der Solaranlagen einen großen Anteil an den Investitionskosten haben.

Als erster Anhaltspunkt für die spezifischen Gesamtkosten solarer Klimatisierungsanlagen kann bei der Verwendung von Ab-/Adsorptionskälteanlagen ein Wert zwischen 3.500 und 4.500 €/$kW_{Kälte}$ (ohne Kosten für Installation und Kälteverteilung) angenommen werden /19/. Damit sind die Investitionskosten im Vergleich zu konventionellen Anlagen etwa um den Faktor 1,4 höher /20/.

Geschlossene Systeme benötigen zum Erreichen der Wirtschaftlichkeit weitere Kostensenkungen. Wird die solarbetriebene Kälteanlage in eine bereits bestehende Solaranlage zur Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung integriert, so lassen sich die Investitionskosten deutlich reduzieren.
Ein weiteres erhebliches Einsparpotenzial besteht in der Ausweitung der gegenwärtigen Kleinserienfertigung von Komponenten für solare Klimatisierung zu einer kostengünstigeren Massenfertigung /2/.

In Zukunft wird die solare Klimatisierung, nicht zuletzt durch stetig steigende Energiekosten, wirtschaftlich sicherlich mit konventionellen Systemen konkurrieren können. Gesamtwirtschaftlich betrachtet können die solarthermischen Klimatisierungsverfahren durch ihre Primärenergieeinsparpotentiale und der damit verbundenen Reduktion an CO_2-Emissionen bereits heute einen wichtigen Beitrag zur umweltschonenden Klimatisierung leisten /2/.

7 Ausblick

Die solarunterstützte Kühlung / Klimatisierung wird in Zukunft mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Vor allem bei Komplettsystemen und Anlagen kleiner Leistung wird sich in naher Zukunft das Marktangebot deutlich vergrößern. Des Weiteren wird weltweit sowohl an neuen Verfahren bzw. an deren Weiterentwicklung als auch an für die Praxis sehr wichtigen Auslegungs-Tools intensiv entwickelt.

Damit die solare Kühlung / Klimatisierung mit elektrisch angetriebenen Systemen wirtschaftlich konkurrieren kann ist eine Kostensenkung erforderlich. Dazu können vor allem eine technische Verbesserung der Komponenten der solarbetriebenen Kälteanlagen und eine damit verbundene Effizienzsteigerung beitragen. Wünschenswert ist auch eine Kostensenkung der Solaranlagen, insbesondere bei Großanlagen wie sie in der Regel für die solare Kühlung / Klimatisierung eingesetzt werden.

Für eine erfolgreiche Markteinführung ist auf eine förderpolitische Unterstützung (z.B. Markteinführungsprogramm) zu hoffen.

Vor allem in dicht besiedelten Gebieten Südeuropas und Teilen der USA kam es in den Sommermonaten der vergangenen Jahre vermehrt zum Zusammenbruch der Stromnetze. Ursache dafür ist die Überlastung der Stromversorgung durch eine steigende Anzahl elektrischer Kompressionskälteanlagen. Neben dem positiven Effekt der Reduktion von Treibhausgasemissionen ist von der zunehmenden Verbreitung solarunterstützte Kühlung / Klimatisierung auch eine Entlastung der Stromnetze und damit größere Versorgungssicherheit zu erwarten.

Literaturverzeichnis

/1/ Jakob, U.; Eicker, U.: Solare Kühlung in Gebäuden.
Published in Proceedings of the 9th Energietag Rheinland-Pfalz, Bingen.
FH Bingen – Transferstelle Bingen: 2006 September 21

/2/ Berliner Energieagentur GmbH: Solare Klimatisierung. Arbeitsplatzkomfort und Klimaschutz.
1. Auflage, Dezember 2004

/3/ Morgenstern, A.: Solare Kühlung. Solarthermisch unterstützte Klimatisierung. Kühlen. Natürlich. Wirtschaftlich. Exkursion zum Fachseminar. 21.06.2007, Freiburg im Rahmen der Intersolar 2007

/4/ Henning, H.-M.: Solares Kühlen und Klimatisieren.
Gleisdorf Solar 2006

/5/ Sabatelli, V.; Fiorenza, G.; Marano, D.: WP5.D1: Technical status report on solar desalination and solar cooling. November 2005

/6/ Preisler, A.: ROCOCO – Final Report, Arsenal Research 26.06.2008

/7/ Koller, T.; Zetzsche, M.; Müller-Steinhagen, H.: Simulation und Betrieb eines Eisspeichers, Tagungsband DKV-Tagung 2008; AA II.1.1

/8/ Safarik, M.: Solare Kühlung und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, Kälte Luft Klimatechnik, Ausgabe 10/2008

/9/ Solair Guidelines: requirements on the design and configuration of small and medium-sized SAC appliances, 30.09.2009

/10/ Jakob, U.: Recent Developments of Small-Scale Thermal/Solar Cooling Kits,
Joint Workshop IEA HPP Annex 34 and IEA SHC Task 38, Fraunhofer ISE, Freiburg, 29.04.2009

/11/ Sparber, W.; Napolitano, A.: List of existing solar heating and cooling, IEA SHC Task 38, Institute for Renewable Energy, EURAC Research of Bolzano, Italy, 09.12.2009

/12/ Olofsson, P.: Feldtests und Betriebserfahrungen mit ClimateWell Kältemaschinen in Spanien, 5. Symposium „Solares Kühlen in der Praxis“, zafh.net Hochschule für Technik Stuttgart, 15.04.2008

/13/ Kunze, G.: SolarFrost: The Icebook, SolarFrost Forschung & Entwicklung GmbH, Purkersdorf, Österreich, Juni 2008

/14/ Jakob, U.: Neue Entwicklungen im Bereich der solaren Kühlung, Proceedings of the 2nd Energy Forum – Solararchitektur & Solares Bauen, 03.-04.12.2007, Brixen

/15/ Zetzsche, M., Koller, T., Müller-Steinhagen, H.: Solare Kühlung mit einer 10kW Ammoniak/Wasser-Absorptionskältemaschine, DKV Jahrestagung Hannover, 2007, 34. Jahrgang Band II.1

/16/ Jakob, U.; Eicker,U.; Schneider, D.; Teußer, A.: “Experimental investigation of bubble pump and system performance for a solar driven 2.5 kW diffusion absorption cooling machine”, Proceedings of the Heat SET 2007, Chambery, France, 18-20 April 2007, Seite 789-796, ISBN 2-9502555-3-1.

/17/ Henning, H.-M.: Klimatisieren mit Sonne und Wärme.
BINE Informationsdienst, Themeninfo I/04

/18/ Wiemken, E.: Solare Kühlung und Klimatisierung – Stand der Technik und Perspektiven, Thermische Solarenergie zur Klimatisierung von Gebäuden, Hannover, 27.01.2009

/19/ Jakob, U.: Recent Developments of Small-Scale Solar or Waste Heat Driven Cooling Kits for Air-Conditioning and Refrigeration, Proceedings of Heat Powered Cycles Conference 2009 (HPC09), TU Berlin, Berlin, 07.-09.09.09

/20/ Safarik, M.: Solare Klimatisierung
Baufachmesse Haus 2007, Dresden

Dipl.-Ing. Björn Ehrismann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS) des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart. Dr.-Ing. Harald Drück ist der Leiter des TZS. Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. Müller-Steinhagen ist der Leiter des ITW.

Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren unter Verwendung eines 2-Knotenmodells - reif für die Implementierung in EN 12975

S. Fischer, H. Müller-Steinhagen

Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Tel.: 0711/685-63536, Fax: 0711/685-63503
email: fischer@itw.uni-stuttgart.de

1 Einleitung

Ein 2-Knotenmodel berücksichtigt, im Gegensatz zu einem 1-Knotenmodell, die Temperaturdifferenz zwischen Absorber- und Fluidtemperatur durch zwei Wärmekapazitäten c_{abs} und c_{fl} sowie ein Wärmeübergangsvermögen (kA) zwischen diesen beiden Kapazitäten.
Ein solches 2-Knotenmodell wurde bereits in /1/ und /2/ detailliert beschrieben. Wird das 2-Knotenmodell zur Auswertung der bei der Kollektorprüfung aufgezeichneten Messdaten herangezogen, ermöglicht es die Verwendung von negativer Kollektorleistung, d.h. es können auch Messdaten verwendet werden bei denen die Austrittstemperatur unterhalb der Eintrittstemperatur liegt.
Die Schwächen des 2-Knotenmodels waren bislang die hohe Korrelation zwischen den einzelnen Kollektorkennwerten und somit die fehlende Reproduzierbarkeit der bestimm-ten Kollektorkennwerte sowie die fehlende Kompatibilität zu den heute allgemein verwendeten Kollektorkennwerten des 1-Knotenmodells.
Der Beitrag beschreibt ein Verfahren, das mit Hilfe von standardisierten Eingangsdaten die Überführung der Kollektorkennwerte des 2-Knotenmodells in die des 1-Knoten-modells ermöglicht und somit die bisherigen Schwächen beseitigt, sowie gleichzeitig die Dauer einer Kollektorprüfung um 30 bis 50 % reduziert. Durch die standardisierte Vorgehensweise sowie die hohe Reproduzierbarkeit ist das Verfahren bestens geeignet in die Europäische Norm EN 12975 /3/ aufgenommen zu werden.

2 Das 2-Knotenmodell

Das 2-Knoten-Modell ist in Abbildung 1 dargestellt. Hier wird die Wärmekapazität des Kollektors unterteilt in die Wärmekapazität des Absorbers c_{abs} und des Fluids c_{fl}. Der Absorberknoten wird in Abhängigkeit vom entsprechenden Wert des Transmissions-Absorptions-Produkts ($\tau\alpha$) durch die einfallende Solarstrahlung G erwärmt. Die Wärmeverluste des Absorbers $\dot{q}_{verl}$ beziehen sich auf die Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebung.

Der Wärmeübergang vom Absorber $\dot{q}_{abs,fl}$ zum Fluid wird durch das Wärmeübertragungsvermögen (kA) und die Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Fluid bestimmt. Als Bezugsfläche A wird vereinfachend, unabhängig von der tatsächlich wärmeübertragenden Fläche, die Aperturfläche verwendet.

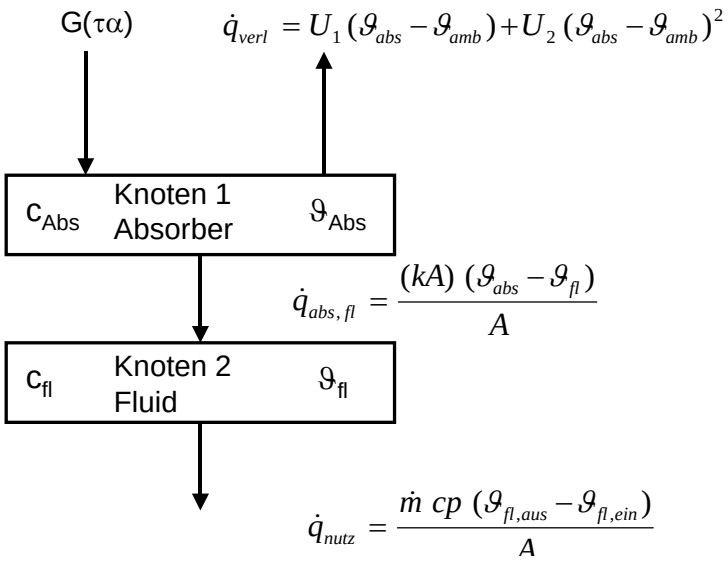


Abbildung 1: 2-Knoten-Modell

Das 2-Knoten-Modell wird durch die beiden gekoppelten Differentialgleichungen (1) und (2) beschrieben.

$$c_{fl}\frac{d\vartheta_{fl,m}}{dt} = \frac{(kA)(\vartheta_{abs} - \vartheta_{fl,m})}{A} - \frac{\dot{m}\,c_p(\vartheta_{fl,out} - \vartheta_{fl,in})}{A} \quad (1)$$

$$\frac{(kA)(\vartheta_{abs} - \vartheta_{fl,m})}{A} = G(\tau\alpha) - U_1(\vartheta_{abs} - \vartheta_{amb}) - U_2(\vartheta_{abs} - \vartheta_{amb})^2 - c_{abs}\frac{d\vartheta_{abs}}{dt} \quad (2)$$

3 Anwendung des 2-Knotenmodells

Das 2-Knotenmodell wurde zur Auswertung von Messdaten eines Flachkollektors verwendet. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Parameteridentifikation dargestellt. Es sind die drei Kennwertsätze aufgeführt welche die Messewerte am genauesten abbilden. Die Güte der Parameteridentifikation (obj.) wird durch die mittlere Abweichung zwischen gemessener und berechneter Kollektorleistung beschrieben. Es ist vor allem eine deutliche Korrelation zwischen dem Transmissions-Absorption-Produkt (τα) und dem Wärmeübertragungsvermögen (kA) zu erkennen. D.h. je höher der (τα) Wert desto geringer der (kA) Wert und umgekehrt. Desweiteren ist das Modell nicht in der Lage die Verteilung der Wärmekapazität zwischen Absorber und Fluid eindeutig zu bestimmen.

#	(τα) [-]	U_1 [W/(m²K)]	U_2 [W/(m²K²)]	c_{abs} [J/(m²K)]	c_{fl} [J/(m²K)]	(kA) [W/K]	obj. [W]
1	0.774	4.061	0.017	857	6686	146	12.6
2	0.806	4.212	0.017	1144	2636	95	12.6
3	0.770	4.023	0.017	2421	800	159	12.7

Tabelle 1: Kollektorkennwerte ermittelt unter Verwendung des 2-Knotenmodells

4 Überführung der Kennwerte

Um die im Abschnitt 3 beschriebenen Schwächen zu beseitigen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem zuverlässig die Kennwerte des in der EN 12975 genormten 1-Knotenmodells aus denen des 2-Knotenmodells bestimmt werden können. Das Verfahren ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt und besteht im Wesentlichen aus vier Schritten:

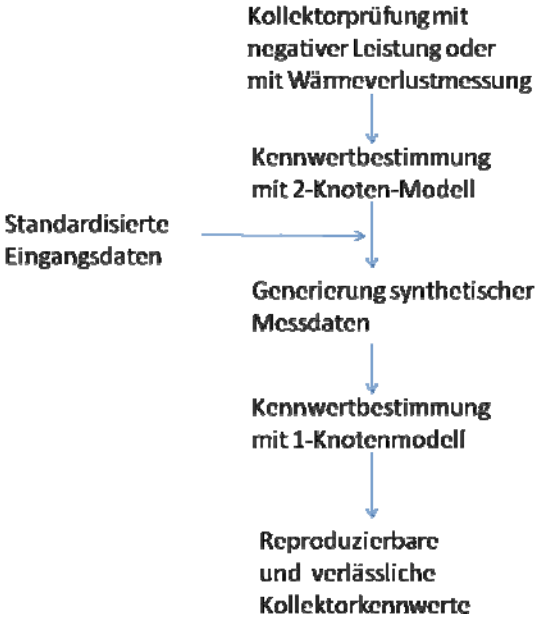


Abbildung 2: Vorgehensweise

1. **Kollektorprüfung:** Durchführung von Messungen bei mindestens vier Eintrittstemperaturen gleichmäßig zwischen Umgebungstemperatur und mittlerer Fluidtemperatur von ca. 100°C. Die Messung mit einer mittleren Fluidtemperatur nahe der Umgebungstemperatur muss zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturvermögens bei weitestgehend klarem Himmel durchgeführt werden. Für die Sequenzen bei höheren Eintrittstemperaturen können sowohl Messdaten unter Bestrahlung mit positiver und negativer Kollektorleistung herangezogen werden als auch nächtliche Wärmeverlustmessungen.

2. **Kennwertbestimmung:** Die Kennwertbestimmung erfolgt unter Verwendung des 2-Knoten-Modells wie in Abschnitt 3 beschrieben durch Parameteridentifikation.

3. **Datengenerierung:** Mit Hilfe der Kennwerte des 2-Knoten-Modells und standardisierter Eingangsdaten werden synthetische Messdaten generiert. Die Eingangsdaten (vgl. Abbildung 3 und 4) enthalten alle notwendigen Umgebungsgrößen zur Berechnung der Kollektorleistung. Im Einzelnen sind dies diffuse und direkte Bestrahlungsstärke, Umgebungstemperatur, Einfallswinkel, Massenstrom und Kollektoreintrittstemperatur. Bei den standardisierten Eingangsdaten handelt es sich um reale Messdaten, die auch das für eine Messung typischen Rauschen aufweisen.

4. **Kennwertbestimmung:** Aus den generierten Messdaten werden zum Abschluss die Kollektorkennwerte des 1-Knoten-Modells wie in EN 12975 beschrieben bestimmt.

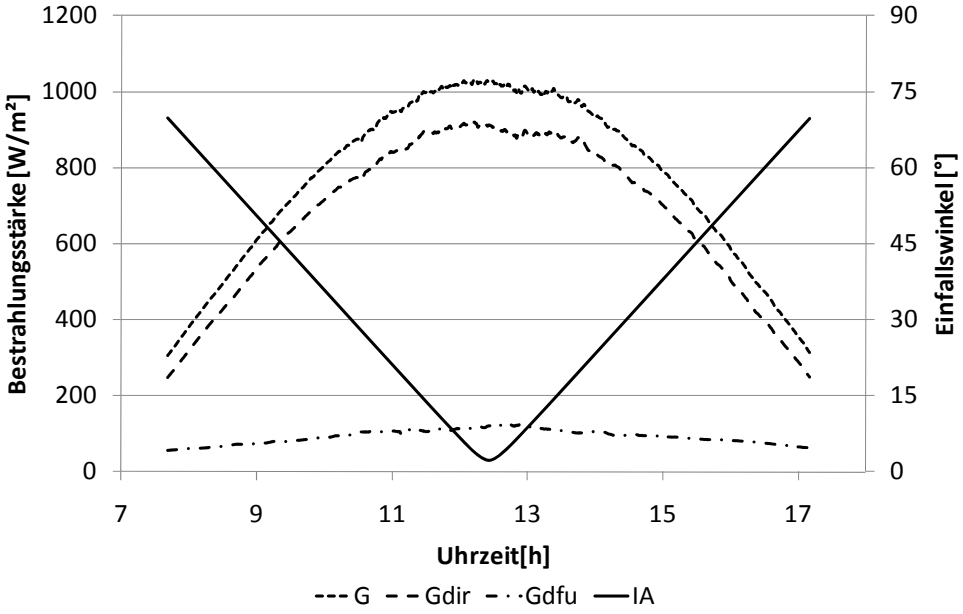


Abbildung 3: Standardisierte Eingangsdaten, Bestrahlungsstärken und Einfallswinkel

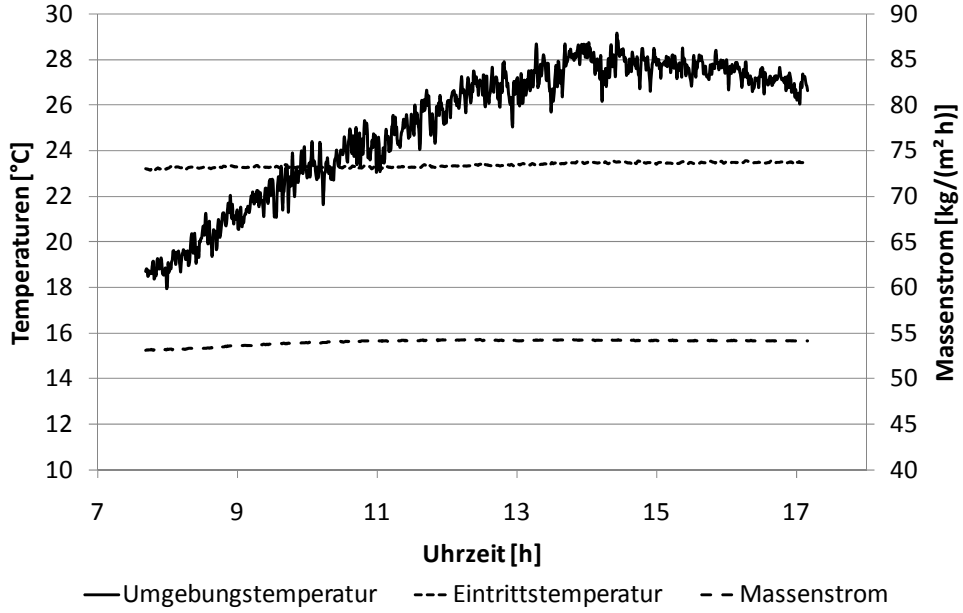


Abbildung 4: Standardisierte Eingangsdaten, Temperaturen und Massenstrom

5 Anwendung des Verfahrens

Das vorgestellte Verfahren wurde auf die in Tabelle 1 aufgeführten Kollektorkennwerte angewendet. In Tabelle 2 sind die unter Verwendung der standardisierten Eingangsdaten ermittelten Kollektorkennwerte (#1, #2 und #3) zusammengefasst. Kennwertsatz #4 zeigt zum Vergleich die Kennwerte desselben Kollektors, die durch eine Messung und Auswertung gemäß EN 12975 unter ausschließlicher Verwendung des 1-Knotenmodells ermittelt wurden.

In Abbildung 5 sind die Leistungskennlinien für alle 4 Kennwertsätze aufgetragen.
Die Unterschiede in den 4 Kennwertsätzen bewegen sich in einer Größenordnung wie sie auch bei einer wiederholten Prüfung eines Kollektors auftreten. Der maximale Unterschied im resultierende Kollektorjahresertrag nach ITW Randbedingungen weicht mit 4 kWh/(m² a) weniger als 1% ab. Zusammenfassend wird festgestellt, dass die nach dem Verfahren unter Verwendung des 2-Knotenmodells mit synthetischen Messwerten erzielten Ergebnisse mit denen nach EN 12975 in Bezug auf Reproduzierbarkeit und Genauigkeit sehr gut übereinstimmen.

#	η_0 [-]	a_1 [W/(m²K)]	a_2 [W(m²K²)]	c_{eff} [J/(m²K)]	Ertrag [kWh/(m² a)]
1	0.725	3.979	0.017	9105	447
2	0.725	4.024	0.017	6752	450
3	0.725	3.968	0.017	7055	451
4	0.723	4.053	0.014	10350	447

Tabelle 2: Kollektorkennwerte ermittelt unter Verwendung des neuen Verfahrens (# 1,2 und 3) sowie die unter Verwendung des genormten 1-Knotenmodells (#4).

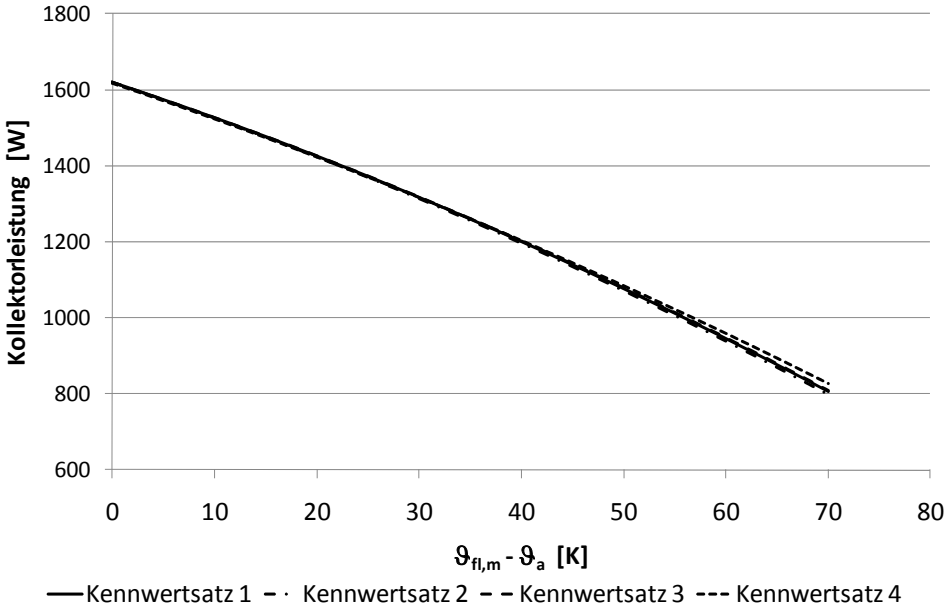


Abbildung 5: Leistungskennlinien der unterschiedlichen Kennwertsätze

Neben der oben vorgestellten Anwendung des Verfahrens auf einen Flachkollektor wurde die Kennwertbestimmung unter Verwendung synthetischer Messdaten auch auf einen Vakuumröhrenkollektor angewandt (vgl. Tabelle 2). Auch hier ist eine gute Übereinstimmung zwischen dem in der EN 12975 genormten Verfahren und dem neu eingeführten Verfahren vorhanden.

#	η_0 [-]	a_1 [W/(m²K)]	a_2 [W(m²K²)]	c_{eff} [J/(m²K)]	Ertrag [kWh/(m² a)]
1	0.700	1.328	0.022	63080	608
2	0.701	1.417	0.016	63079	618

Tabelle 3: Kollektorkennwerte ermittelt unter Verwendung des neuen Verfahrens (# 1) sowie die unter Verwendung des genormten 1-Knotenmodells (#2).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ein neues Prüf- und Auswerteverfahren auf der Basis eines 2-Knotenmodells zur Beschreibung der thermischen Leistungsfähigkeit von Sonnenkollektoren wurde eingeführt. Mit Hilfe der Kennwerte des 2-Knotenmodells und standardisierten Messdaten wird die Kollektoraustrittstemperatur des genormten 1-Knotenmodells berechnet. Im Anschluss wird die in der EN 12975 beschriebene Parameteridentifikation auf die mit den standardisierten Messwerten berechnete Kollektoraustrittstemperatur angewandt und die Kennwerte des 1-Knotenmodells bestimmt. Die Qualität der so gewonnenen Kollektorkennwerte entspricht in Bezug auf Reproduzierbarkeit und Genauigkeit denen, die durch das in EN 12975 genormte Verfahren ermittelt werden.

Da auch Messdaten mit negativer Kollektorleistung wie z. B. nächtliche Wärmeverlustmessungen zur Auswertung herangezogen werden können ergibt sich durch das neue Verfahren eine Zeitersparnis von 30 bis 50% für die Leistungsprüfung.

Die Kennwertbestimmung unter Verwendung synthetischer Messdaten wurde an einem Flach- und Vakuumröhrenkollektor angewendet. Sollte die Anwendung des Verfahrens auch bei weiteren Kollektoren zu ähnlichen Ergebnissen führen sollte die Aufnahme des Verfahrens als Alternative zu den bereits genormten Prüfverfahren in die EN 12975 angestrebt werden

Literatur:

/1/ S. Fischer, H. Müller-Steinhagen: Einführung eines 2-Knotenmodells zur besseren Beschreibung der thermischen Leistungsfähigkeit von Sonnenkollektoren, Otti, Tagungsband zum 16. Symposium Thermische Solarenergie, Seiten 342 - 347, Otti, Regensburg, 2006, ISBN 3-934681-45-X

/2/ S. Fischer, H. Müller-Steinhagen: Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren – Kürzere Prüfzeiten durch die Verwendung eines 2-Kontenmodells, Tagungsband zum 17. Symposium Thermische Solarenergie, Seiten 256 - 258, Otti, Regensburg, 2007, ISBN 978-3-934681-55-2

/3/ DIN EN 12975-2 (2006), Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren - Teil 2: Prüfverfahren

EXTENSION OF THE CTSS TEST METHOD TOWARDS SOLAR COOLING SYSTEMS

Patrick Frey, Harald Drück and Hans Müller-Steinhagen

Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University Stuttgart,

Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany,

frey@itw.uni-stuttgart.de

Abstract

Due to the worldwide increasing demand for cooling and the fact that cooling requirements of buildings and high solar radiation largely coincide, the next evolution step of solar thermal technology are solar cooling systems and in particular so-called SolarCombiPlus systems. These systems provide domestic hot water, space heating and space cooling. Cooling is performed by means of a thermally driven sorption chiller integrated into the system. To support the market entry and to enhance the market penetration of solar cooling systems, it is necessary to have standardised procedures for the overall assessment of such systems. This requires both, performance test methods as well as procedures for the determination of the overall environmental impact. In order to develop the required testing and assessment procedures for solar thermal cooling systems and thermally driven heat pumps (i.e. heat transformers), the project "SolTrans" was started at ITW in 2008. Due to the broad spectrum of locations for the operation of solar cooling and SolarCombiPlus systems and the widely different system designs of solar cooling and SolarCombiPlus systems, a component based test approach, such as the CTSS-method (component testing - system simulation) was found to be the most promising approach.

1. Introduction

To-date, solar thermal collectors are mostly used in systems for domestic hot water preparation and space heating. Due to the worldwide increasing demand for cooling and the fact that cooling requirements of buildings and high solar radiation largely coincide, the next evolution step of solar thermal technology are solar cooling systems and in particular so-called SolarCombiPlus systems. These systems are solar combisystems which provide domestic hot water, space heating and space cooling. Cooling is performed by means of a thermally driven sorption chiller integrated into the system. The performance testing of solar domestic hot water and solar combisystems is based on the CTSS-method (Component Testing and System Simulation) already standardised in CEN/TS 12977 series. Up to now there exists no standardised performance test method for solar cooling or SolarCombiPlus systems. The reason therefore is that standards are always developed with a certain time delay compared to the development of products and systems. This delay may be a barrier for the new products to enter the market, as no testing and certification is possible - or existing standards do not express the benefits of the new products. To remove market barriers and to enhance the market penetration of solar cooling systems and SolarCombiPlus systems, the availability of standardised procedures for the overall assessment of such systems is necessary. This requires both, performance test methods as well as procedures for determination of the overall environmental impact (i.e. LCA: Life Cycle Assessment).

2. The project "SolTrans"

In order to develop the required testing and assessment procedures for solar thermal cooling systems and heat pumps (i.e. heat transformers), the project "SolTrans" was started at ITW in 2008. The main target of this project, which is partly funded by the German Ministry of Economy and Technology (BMWi), is to develop and define testing methods for small-sized thermally driven sorption chillers and heat pumps.

For this reason a new test facility is being developed and installed at ITW, University of Stuttgart. This test facility is designed for performance testing of small thermally driven sorption chillers with a cooling power up to approximately 20 kW. The new test facility will consist of three separate modules, i.e. three circuits for hot water, cooling water and cold water. Hence it will be possible to emulate solar heating, recooling and the space-cooling load. To be able to simulate applications using cold water temperatures below 4°C the cold water module will be prepared to run with brine as well. To provide the possibility of testing the behaviour of thermally driven sorption chillers or heat pumps under dynamics conditions the inlet temperatures and flow rates of all modules can be adjusted computerised independently from each other over a wide range. Hence the specific test can be performed automatically.

The performance testing for custom built solar thermal systems is based on the CTSS-method already standardised in CEN/TS 12977 series for solar domestic hot water and solar combisystems. Since up to now no similar standard is existing for solar cooling systems one main aspect of the activity is to extend the CTSS-method towards to solar cooling and SolarCombiPlus systems. As one of the key aspects, this activity requires the development or modification of numerical models for thermally driven heat transformers in such a way that they can be used to describe the thermal behaviour of the entire solar cooling or SolarCombiPlus system as required for annual performance prediction.

Furthermore the validation of the developed numerical models for thermally driven heat transformers and of the extended CTSS-method is essential. Therefore three solar thermal cooling systems will be monitored in-situ. For all the three plants a comprehensive and unified monitoring procedure, which has been developed within the frame of the international project – IEA SHC Task 38 "Solar Air-Conditioning and Refrigeration" – under the auspices of the International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Program (SHC) will be used [1,2]. On the basis of detailed in-situ measurements it will be possible to validate the developed numerical models for thermally driven heat transformers and the extended CTSS-method by comparing the measured data with the results of simulations carried out by using measurement data as input values.

Standardised procedures for the overall assessment of SolarCombiPlus systems require both, performance test methods as well as procedures for determination of the overall environmental impact (i.e. LCA: Life Cycle Assessment). For this it is also intended to elaborate a method for the determination of the overall environmental impact of thermally driven heat transformers within the "SolTrans"-project. The main elements of the "SolTrans"-project are listed below:

- Extension of the CTSS-method towards solar cooling and SolarCombiPlus systems
    - Development and definition of standardised test procedures
    - Development or modification of numerical models for small-sized thermally driven heat transformers
- Construction of a test facility for small-sized thermally driven sorption chillers and heat pumps
- Validation of the extended CTSS-method by in-situ measurements

- Life Cycle Assessment: Development of methods for determination of the overall environmental impact of thermally driven heat transformers

3. Testing according to the CTSS-method

One established procedure to determine the performance of solar thermal systems is the CTSS-method (Component Testing – System simulation) already standardised in CEN/TS 12977 series for solar domestic hot water and solar combisystems. In general, the solar thermal system does not need to be installed as a whole for testing because this test method is based on component testing and system simulation. Due to this, the application range of the CTSS-method is very flexible because of its component-oriented approach. Hence, it is possible to apply the CTSS-method on nearly every system configuration. Another important advantage of the CTSS-method is that the thermal performance of the tested systems can be easily determined for any arbitrary boundary conditions such as weather and heating/cooling load since this is done by numerical system simulations only.

3.1 Component testing

To apply the CTSS-method first of all the main components of the solar thermal system (the collector, the store(s) and the controller) are being tested separately (see table 1). The aim of the component tests is the determination of all relevant component parameters for the detailed description of the thermal behaviour of the individual components. Therefore, numerical models to describe the dynamic behaviour of the specific components are required. Parameters of this models are determined by means of parameter identification using measuring data from several test sequences of the component testing.

Performance test methods for solar collectors

The aim of performance testing for solar collectors according to EN 12975-2 is the determination of characteristic parameters describing their thermal behaviour. Knowledge of these parameters is essential for prediction of the annual energy output of the collector as well as of the whole system with the collector as a component. All data as listed below should be determined:

- standard collector efficiency parameters such as conversion factor and heat loss coefficients
- collector heat capacity
- incidence angle modifier for beam and diffuse irradiance (biaxial, if relevant)
- wind speed dependence of the collector heat loss coefficients (for unglazed collectors only)
- influence of flow rate, if relevant
- influence of collector tilt angle, if relevant

Performance test methods for stores

The store(s) should be tested in accordance with EN 12977-3 (solar water heater stores) or CEN/TS 12977-4 (solar combistores), respectively. Thereby all data for simulation of the thermal behaviour of the store(s) as listed below should be determined:

- effective volume of the store
- heat capacity
- heat loss rate
- heat transfer rate of the immersed heat exchangers

- parameters characterising the thermal stratification inside the store
- characteristic vertical positions of the connections for direct charging and discharging as well as of the temperature sensors used for controlling the system

Performance test methods for control equipment

With the introduction of CEN/TS 12977-5, performance test methods for control equipment an important step towards testing of multi-function controllers was made. For the first time a test and evaluation procedure for a comprehensive examination of controllers and control equipment for thermal solar systems is available. The new test procedures afford a reliable determination of control parameters that will serve as an excellent basis for testing advanced solar domestic hot water systems and solar combisystems and solar cooling systems based on the CTSS-method. The method described in CEN/TS 12977-5 was already successfully applied to determine controller parameters for system simulations and performance predictions using TRNSYS (Transient system simulation programme). With the new method and test facility which was developed at ITW, a powerful tool for testing different kinds of controllers, not only for solar applications, is provided. In principle the method can be extended to nearly every kind of controller, sensor and various controller outputs. Test sequences can be adapted to any specific control algorithms, particular options or details to be investigated. All algorithms can be examined with a high degree of accuracy and reproducibility. [3]

Table 1: Titles of European solar thermal standards at present (relevant for the CTSS-method)

Number	**Title "Thermal solar systems and components - …"**
EN 12975-1:2006	Collectors – Part 1 – General requirements
EN 12975-2:2006	Collectors – Part 1 – Test methods
CEN/TS 12977-1:2010	Custom Built Systems- Part 1 – General requirements for solar water heaters and combisystems
CEN/TS 12977-2:2010	Custom Built Systems- Part 2 – Test methods for solar water heaters and combisystems
EN 12977-3:2010	Custom Built Systems- Part 3 – Performance test methods for solar water heater stores
CEN/TS 12977-4:2010	Custom Built Systems- Part 4 – Performance test methods for solar combistores
CEN/TS 12977-5:2010	Custom Built Systems- Part 5 – Performance test methods for control equipment

3.1 System simulation

The main aim of the component tests is a detailed determination of all relevant component parameters. Based on these component parameters the annual performance of the whole system can be calculated for defined boundary and reference conditions (meteorological, load profiles) by means of a numerical simulation of the whole system. Therefore together with the hydraulic scheme of the system and the control strategies the parameters have to be implemented in a detailed dynamic and component based system simulation program like TRNSYS.
In summery Figure 1 shows the scheme of the CTSS-method according to CEN/TS 12977.

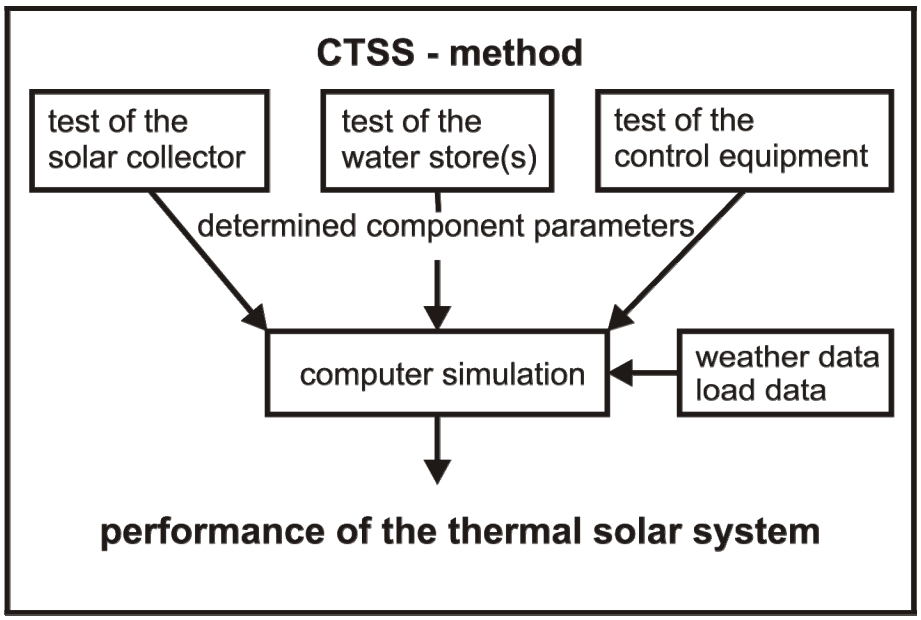


Fig. 1: Scheme of the CTSS-method according to CEN/TS 12977

4. Extension of the CTSS-method towards solar cooling systems and SolarCombiPlus systems

Figure 2 shows how the scheme of an extended CTSS-method applicable to solar cooling systems and SolarCombiPlus systems may look like in general. The difference to the scheme of the present version of the CTSS-method according to CEN/TS 12977 (see Fig. 1) is that there will be one maybe even two more component tests for the cold medium production sub-system in the extended method. It will be indispensable to add one component test for thermally driven sorption chillers and if necessary another one for the recooling system (cooling tower, borehole or other heat sinks).

For the extension of the CTSS-method towards solar cooling systems the following steps are necessary:

- Decision which performance parameters will be required for the assessment of thermally driven sorption chillers (and for the recooling system)
- Development or modification of numerical models for thermally driven sorption chillers (and for recooling system)
- Validation of the numerical models
- Development, implementation and validation of performance test methods for the new components
- Validation of the extended CTSS-method
- Integration of the extended CTSS-method in a revised version of CEN/TS 12977 series

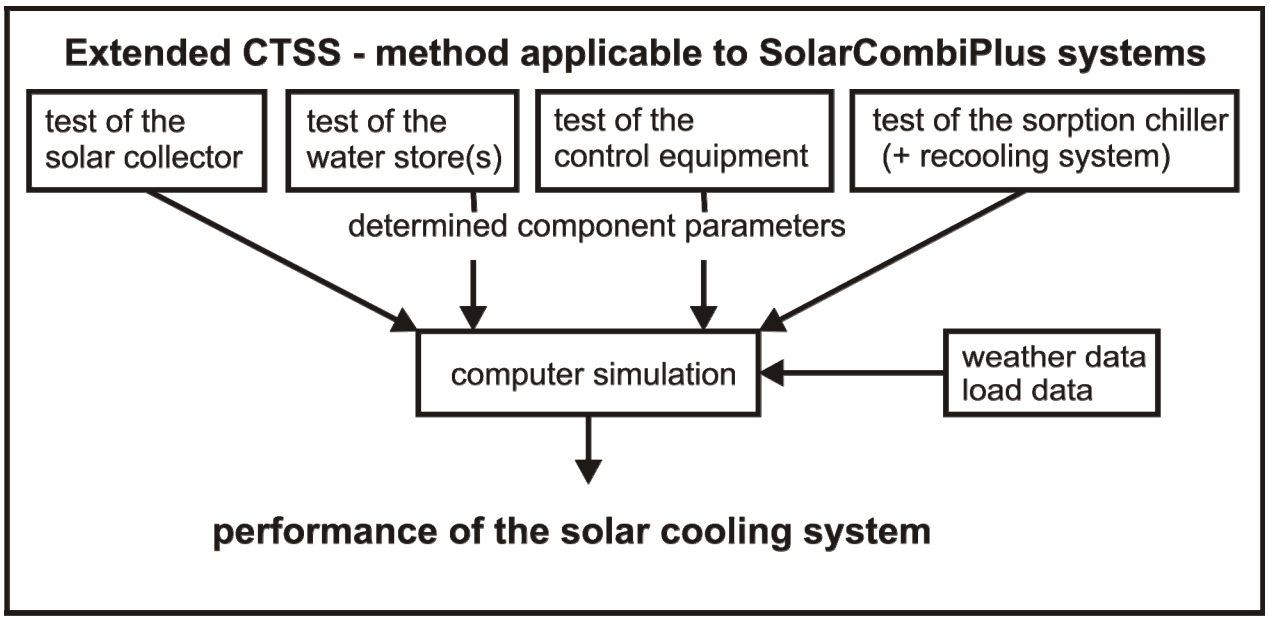


Fig. 2: Scheme of the extended CTSS-method applicable to solar cooling systems (proposal)

5. Conclusions and Outlook

To support the market entry and to enhance the market penetration of solar cooling systems and in particular so-called SolarCombiPlus systems standardised procedures for the overall assessment of such systems are indispensable. This requires both, performance test methods as well as procedures for determination of the overall environmental impact. Due to the fact that one established procedure to determine the performance of solar thermal systems is the CTSS-method already standardised in CEN/TS 12977 series, an extension of this method applicable for solar cooling systems and SolarCombiPlus systems was found to be the most promising way. For this reason the project "SolTrans" (Solar thermal heat transformers – performance testing and overall assessment), which is partly financed by the German Ministry of Economy and Technology (BMWi), was initiated at ITW in 2008. By the end of the project, an extended and validated CTSS-method applicable for solar cooling systems and SolarCombiPlus systems will be available. This method will serve as a basis for the extension of European standards related to performance testing of solar cooling systems. Appropriate standards are a prerequisite for a deep market penetration and for support programmes. In this way the spread of solar cooling and SolarCombiPlus systems can go hand in hand with the build up of important solar thermal markets e.g. in Spain, France and Italy [4,5].

Acknowledgements
The SolTrans project receives funding from the German Ministry of Economy and Technology (BMWi) under the grant number 0327454A and managed by PtJ (Projektleiter Jülich / Project Management Jülich). The sole responsibility for the content of this document lies with the authors.

References

[1] W. Sparber et al.: Unified Monitoring Procedure and Performance Assessment for Solar Assisted Heating and Cooling Systems, Proceedings of EuroSun 2008, Lisabon, Portugal

[2] http://www.iea-shc.org/task38/index.html

[3] M. Peter, H. Drück: Testing of controllers for thermal solar systems, Solar Energy 82 (2008), 676-685

[4] European Solar Thermal Industry Federation - ESTIF: Solar thermal markets in Europe, Trends and statistics, 2005, Bruxelles

[5] A. Troi et al.: Solar Combi+: Identification of most promising markets and promotion of standardised system configurations for small scale solar heating & cooling applications, Proceedings of EuroSun 2008, Lisabon, Portugal

Thermochemische Speicher für die ganzjährige Nutzung von Solarthermie

H. Kerskes, H. Drück, H. Müller-Steinhagen

Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart
Tel.: +49-(0)711-685-63534, Fax: +49-(0)711-685-63503
Email: kerskes@itw.uni-stuttgart.de

1. Einleitung

In Deutschland ist mehr als jede zweite neu installierte thermische Solaranlage eine solare Kombianlage. Typische Anlagengrößen hierfür sind 15 – 20 m² Kollektorfläche und ein Warmwasserspeichervolumen von ca. 1000 Litern. Diese Anlagen erreichen eine jährliche Energieeinsparung bezogen auf den Gesamtwärmebedarf eines Einfamilienhauses von ca. 20 – 30%, abhängig vom Dämmstandard und damit des Heizwärmebedarfs des Gebäudes. Aufgrund der jährlichen Strahlungsverteilung und des diametralen Heizwärmebedarfs werden die höchsten solaren Gewinne in den Übergangsmonaten im Frühjahr und Herbst erreicht, da hier Strahlungsangebot und Wärmebedarf in gewissem Umfang zur Deckung kommen. Etwa 2/3 der jährlichen Einstrahlung in Deutschland entfallen auf die Monate Mai bis September. In diesem Zeitraum mit verhältnismäßig geringem Wärmebedarf, der nahezu ausschließlich für die Trinkwassererwärmung benötigt wird, sind solare Kombianlagen überdimensioniert und gehen oft in Stagnation. Das heißt, trotz zum Teil sehr hoher solarer Einstrahlung kann keine Nutzenergie gewonnen werden. Die Stagnationszeiten betragen häufig 200 Stunden pro Jahr und mehr.

Derzeit sind in der Bundesrepublik ca. 1,4 Millionen thermische Solaranlagen installiert mit einer Gesamtkollektorfläche von ca. 13 Millionen Quadratmetern. Daraus resultiert eine insgesamt installierte thermische Leistung von ca. 9 GW /1/. Etwa 20% aller installierten Anlagen sind solare Kombianlagen. Ihr Anteil an der gesamten thermischen Leistung beträgt etwa 38% und somit ca. 3,4 GW. Das heißt, in der strahlungsreichen Zeit liegt in Deutschland eine installierte und bereits bezahlte thermische Leistung von 3,4 GW brach aufgrund mangelnder thermischer Speicherkapazität. Mit weiter steigendem Anteil der solaren Kombianlagen an der

installierten Leistung wird auch die im Sommer nicht genutzte thermische Leistung weiter ansteigen.

Eine enorme Effizienzsteigerung ist erzielbar durch Speichertechnologien die geeignet sind, den bisher nicht genutzten solaren Strahlungsüberschuss in den Sommermonaten als Nutzwärme in der Heizungsperiode zur Verfügung zu stellen. Im Bereich der Gebäudetechnik werden derzeit fast ausschließlich Warmwasserspeicher eingesetzt. Diese Speichertechnologie ist weit entwickelt und die thermischen Eigenschaften sind hervorragend geeignet für Kurzzeitspeicher. Die Speicherung fühlbarer Wärme ist jedoch zwangsläufig mit Wärmeverlusten verbunden. Durch Dämmmaßnahmen können die Wärmeverluste zwar vermindert aber nicht vermieden werden. Besonders für die Langzeitwärmespeicherung ist dies ein Nachteil.

Erforderlich ist eine möglichst verlustfreie Wärmespeicherung mit gleichzeitig hoher Speicherkapazität. Die thermo-chemische Wärmespeicherung stellt beides in Aussicht und bietet dem entsprechend sehr große Potenziale für eine saisonale Wärmespeicherung im Ein- und Mehrfamilienhaus.

2 Konzepte

Nachfolgend werden drei unterschiedliche Konzepte zur Umsetzung der thermo-chemischen Wärmespeicherung für die ganzjährige Nutzung von Solarthermie vorgestellt.

2.1 Geschlossener Sorptionsspeicher auf Silikagel-Basis

Bereits 1995 hat die Firma UFE Solar GmbH in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, begonnen den Prototypen eines Sorptionsspeichers zu entwickeln, der zur saisonalen Wärmespeicherung in solaren Raumheizungssystemen eingesetzt werden kann /2/.

Dieses Konzept wurde von der AEE INTEC in Gleisdorf, Österreich im Rahmen des europäischen Projekts „HYDES“ weiter entwickelt. Bei Adsorptionsversuchen an einer Demoanlage wurde eine Energiespeicherdichte von 122 bzw. 115 kWh pro m³ Silikagel ermittelt. Der ermittelte Wert liegt damit nahe am theoretisch möglichen

Wert von 150 kWh/m³. Im Folgeprojekt „MODE-STORE“ (Modular High Energy Density Sorption Storage) wurde ein Prototyp der zweiten Genera-tion, in einem Wohnhaus in Österreich eingebaut /2/.



Die Regeneration des Speichers im Sommer gelang mit der installierten Kollektorfläche von 32 m² gut, das Material konnte bis auf eine geringe Restfeuchte getrocknet werden. Die erzielten Ergebnisse während der Heizperiode entsprachen jedoch nicht den Erwartungen. Es zeigte sich, dass mit zunehmender Entladung (ansteigendem Feuchtegehalt im Speicher) die erzielbare Temperatur im Sorptionsspeicher absank und schließlich zu klein wurde um die Raumheizung effizient zu versorgen. Dieses Systemverhalten führte dazu, dass nur etwa die Hälfte der vorhandenen Speicherkapazität technisch genutzt werden konnte.

Insgesamt kann aus dem Projekt eine positive Bilanz gezogen werden. Die Systemtechnik konnte weiterentwickelt werden und Schwachstellen wurden identifiziert. Aufgrund dieser Erfahrungen kann nun ein konkretes Anforderungsprofil an die für diese Systemtechnik zu verwendenden Sorptionsmaterialen erstellt werden, was für die Weiterentwicklung der gesamten Technolgie außerordentlich hilfreich ist.

2.2 Offener Sorptionsspeicher auf Zeolith-Basis (MonoSorp)

Am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart wurde ein neues Verfahren basierend auf einer sorptiven Langzeit-wärmespeicherung unter dem Namen MonoSorp entwickelt.

Die Ausgangssituation bildet ein Gebäude mit einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, in das zusätzlich eine solare Kombianlage zur weiteren Reduzierung des fossilen Brennstoffbedarfs installiert ist. Zur Erreichung sehr hoher solarer Deckungsanteile wird die Solaranlage um einen Sorptionsspeicher erweitert.

Als Speichermaterial dienen Wabenkörper, die Zeolithpulver 4A extrudiert wurden. Während der Heizperiode wird die verbrauchte, feuchte Abluft durch den Sorptionsspeicher geleitet, in dem die Raumluftfeuchte adsorbiert wird. Die dabei freiwerdende Wärme führt zu einer Temperaturerhöhung des Luftstroms. Die warme, trockene Luft wird dem Wärmeübertrager der Wärmerückgewinnungsanlage zugeführt. Die Zuluft wird dadurch auf Temperaturen deutlich oberhalb der Raumtemperatur aufgewärmt und trägt zur Raumheizung bei.

Nach der Heizperiode ist der Sorptionsspeicher mit Feuchtigkeit gesättigt und muss regeneriert werden. Dies erfolgt über den Wärmeeintrag der Solaranlage im Sommer. Statt in Stagnation zu gehen, wird nun der Kollektorkreis zur Regeneration des Sorptionsspeichers verwendet. Über einen zusätzlichen Luft/Wasser-Wärmeübertrager wird Umgebungsluft aufgeheizt und dem Sorptionsspeicher zugeführt. In Abbildung 2 ist die Integration des Sorptionsspeichers in das Heizungs- bzw. Belüftungssystem des Gebäudes dargestellt. Eine ausführlichere Systembeschreibung findet sich unter /3/.

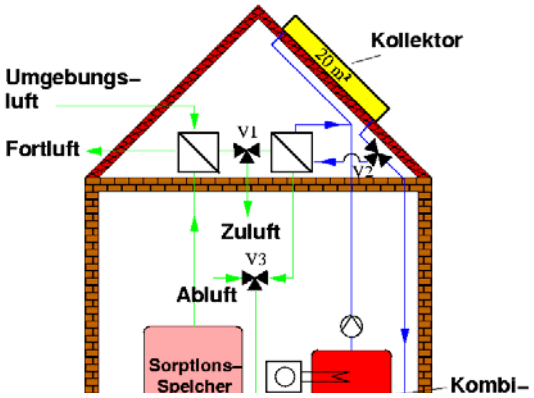


Abb. 2:Integration des Sorptionsspeichers in das Lüftungs- und Heizungskonzept.

Um die Leistungsfähigkeit des vorgestellten Verfahrens darzustellen, wurde eine verkleinerte Laboranlage (Sorptionsspeichervolumen 100 l) am ITW aufgebaut und unter realitätsnahen Bedingungen messtechnisch untersucht. Die Adsorption stellte erwartungsgemäß keine Schwierigkeiten dar. Bei einer Eintrittstemperatur von ca. 20°C wurden in Abhängigkeit von der Raumluftfeuchte Austrittstemperaturen von 40°C (relative Feuchte 40%) bis 55°C (relative Feuchte 60%) gemessen. Die experimentell bestimmte Speicherdichte lag bei 130 kWh/m³.

Auch die solarthermische Regeneration gelang mit den verwendeten CPC-Vakuumröhrenkollektoren gut. Dabei zeigte sich, dass bereits bei moderaten Temperaturen von 100 - 120°C etwa 2/3 des angelagerten Wassers desorbiert werden kann. Die sehr hohen Temperaturen von 180°C sind nur kurzzeitig für eine nahezu vollständige Trocknung der Zeolithe notwendig.

Es wurden detaillierte Simulationsrechnungen basierend auf den Labormessungen durchgeführt. Abbildung 3 zeigt, dass unter Verwendung eines ca. 8 m³ großen Sorptionsspeichers in Verbindung mit 15 m² Vakuumröhrenkollektor eine Gesamtenergieeinsparung von ca. 70% erreichbar ist, bei einem Gesamtwärmebedarf des Gebäudes von 7200 kWh pro Jahr.

Der ebenfalls in Abbildung 3 gezeigte Vergleich mit einer „konventionellen“ Solaranlage, die anstelle des Sorptionsspeichers einen Warmwasserspeicher verwendet, macht deutlich, dass hierbei deutlich größere Kollektorflächen und Speichervolumina zur Erzielung der gleichen Energieeinsparung erforderlich sind.

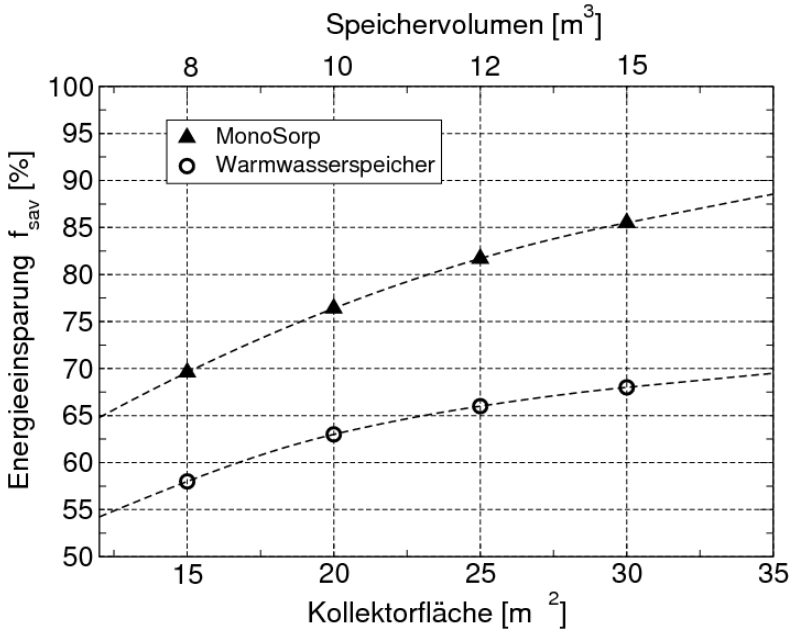


Abb. 3:Vergleich der Energieeinsparung MonoSorp-Konzept und Kombianlage mit Warmwasserspeicher.

2.3 Thermo-chemischer Speicher mit externem Reaktor

Innerhalb eines Gemeinschaftsprojekts des ITW und des Instituts für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird das Potenzial der chemischen Wärmespeicherung für technische Anwendungen untersucht. Am ITW werden für Niedertemperaturwärmespeicher geeignete Reaktionssysteme identifiziert und die verfahrenstechnischen Grundlagen für eine technologische Umsetzung geschaffen und erprobt.

Das Prinzip der hier untersuchten chemischen Wärmespeicherung beruht auf der exothermen Reaktion von Wasser mit Salzanhydrat. Beispielhaft ist hier die Reaktion von Magnesiumsulfat-Monohydrat zu Magnesiumsulfat-Hexahydrat dargestellt.

$$MgSO_4 \cdot H_2O + 5H_2O \leftrightarrow MgSO_4 \cdot 6H_2O + \Delta_{HR} \qquad (1)$$

Bei der reversiblen Hydratisierung lagern sich Wassermoleküle an ein Salzmolekül an und werden von diesem in kristalliner Form in einer Hydrathülle gebunden. Dabei wird die Reaktionsenthalpie Δ_{HR} freigesetzt, so dass die Reaktion als Wärmequelle genutzt werden kann. Durch Zufuhr der gleichen Energiemenge zum Reaktionsprodukt in Form von Wärme auf höherem Temperaturniveau wird die Rückreaktion angeregt. Bei Erwärmung des Hydratmoleküls spaltet sich das gebundene Kristallwasser ab und das Salzhydrat zerfällt in seine Edukte: Salzanhydrat und Wasser. Werden diese beiden Edukte räumlich getrennt voneinander gelagert, ist die Wärmespeicherung verlustfrei über einen beliebig langen Zeitraum möglich.

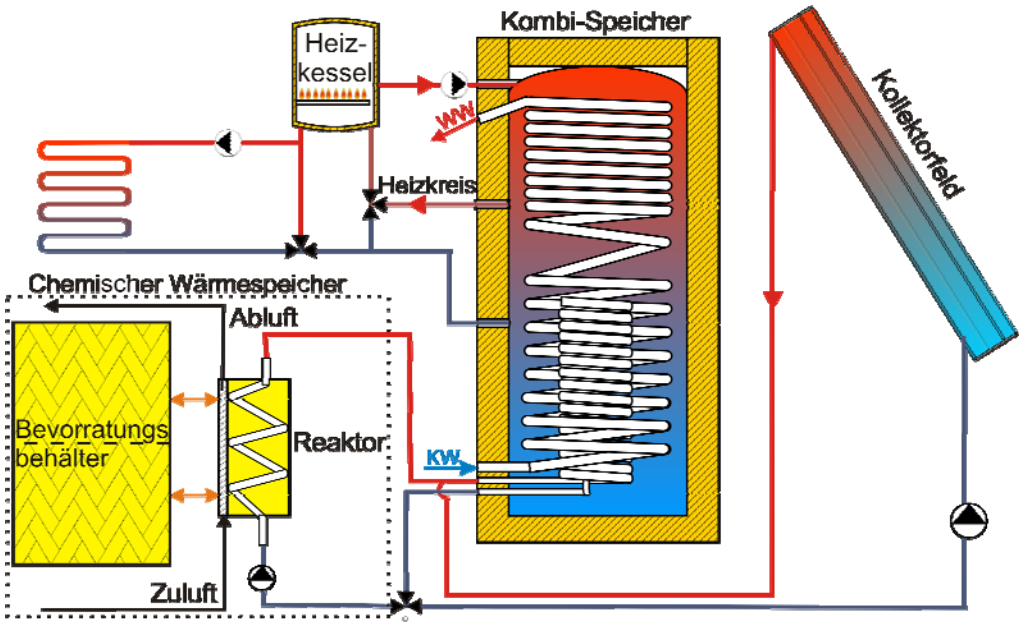


Abb.4: Anlagenschema einer solaren Kombianlage mit chemischem Wärmespeicher

In Abbildung 4 ist ein mögliches Anlagenschema einer solaren Kombianlage mit Kombispeicher und chemischem Wärmespeicher abgebildet. Der chemische Wärmespeicher besteht in diesem Fall aus einem externen Reaktor und einem separaten Bevorratungsbehälter für hydratisiertes und dehydratisiertes Speichermaterial. Als Wärmequelle dient ein Kollektorfeld, das wahlweise den Kombispeicher aufheizt oder die für die Dehydratisierung des Speichermaterials im Reaktor benötigte Wärme liefert. Der Kombispeicher wird vor allem aus verfahrenstechnischen Gründen benötigt. Der chemische Reaktor kann so für eine

konstante Wärmelast ausgelegt und Lastspitzen über den Kombispeicher abgepuffert werden.

Bei nicht ausreichender solarer Strahlung wird dem Reaktor dehydratisiertes Speichermaterial aus dem Bevorratungsbehälter und Wasserdampf durch feuchte Luft aus der Umgebung oder durch eine interne Feuchtequelle zugeführt. Die im Reaktor entstehende Reaktionswärme wird in den Kombispeicher abgeführt und das entstandene hydratisierte Speichermaterial getrennt vom dehydratisierten in einem zweiten Bevorratungsbehälter aufbewahrt. Die Regeneration des Speichermaterials (Rückreaktion) erfolgt vor allem in den Sommermonaten.

3 Speichermaterial

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass sich reine Salze nicht als thermo-chemisches Speichermaterial eignen, da sie zu Verklumpung neigen und andere negative Eigenschaften aufweisen. Sehr gute Eigenschaften zeigen dagegen so genannte Kompositmaterialien. Hier werden Salze auf der inneren Oberfläche von hoch porösen Trägersubstanzen aufgebracht. Es wurde gezeigt, dass sowohl aktive (Zeolithkugeln) als auch passive Trägermaterialien (z.B. Bentonit) geeignet sind, das Reaktionsverhalten der jeweils untersuchten Salze zu verbessern. Durch eine Imprägnierung von Zeolith 4A-Kugeln mit ca. 10 Gewichtsprozent $MgSO_4$ bzw. Bentonit mit ca. 45 Gewichtsprozent Kalziumchlorid wurden bereits Speicherdichten von ca. 185 kWh gemessen. Die Entwicklung von geeigneten Kompositmaterialien steht noch am Anfang. Hier sind noch große Verbesserungen bezüglich Speicherdichte und Kosten zu erwarten, die durch systematische Untersuchungen erschlossen werden können.

4 Kosten der thermo-chemischen Wärmespeicherung

Die Kosten für die thermo-chemische Wärmespeicherung sollen an Hand der unter 2.2 durchgeführten Systembetrachtungen diskutiert werden. Die bei den Simulationsstudien zugrunde gelegte Kombianlage erreicht ohne den thermochemischen Speicher bei einer Kollektorfläche von 15 m² eine jährliche Energieeinsparung von 36%. Zur Erreichung einer Energieeinsparung von 70% muss der Langzeitwärmespeicher ca. 2500 kWh zusätzlich pro Jahr liefern. Wird unter

Berücksichtigung der Annuitätenmethode (Laufzeit 20 Jahre, Zinssatz 4%) ein Wärmepreis von 0,15 Euro/kWh Wärme angesetzt, steht ein Investitionsvolumen von ca. 5.100 Euro für die Langzeitwärmespeicherung zur Verfügung. Wie Abbildung 3 zeigt, werden etwa 8 m³ Zeolithspeicher benötigt. Dies entspricht einer Zeolithmasse von ca. 5.200 kg. Durch die bereits erzielte Erhöhung der Speicherkapazität durch die vorgestellten Kompositmaterialien kann die benötigte Speichermasse auf ca. 3.650 kg reduziert werden. Wenn die Speichermaterialien zu einem Preis von unter einem Euro pro kg hergestellt werden können, sind auch unter Berücksichtigung von zusätzlichen Kosten für Wärmeübertrager usw. Wärmepreise von 0,15 Euro/kWh erzielbar. Im Fall von Kompositmaterialien wie Bentonit/Kalziumchloride sind diese Preise bereits heute realisierbar. Ein gutes Kostenreduzierungspotenzial durch die Erhöhung der Speicherdichte ist auch für das Komposit Zeolith/Salz erkennbar.

5. Zusammenfassung

Die bisher vorgestellten Verfahren stellen viel versprechende Ansätze dar, die die Vorteile der thermo-chemischen Wärmeerzeugung aufzeigen. Die dargestellten Forschungsaktivitäten im Bereich innovativer neuer Speichertechnologien zeigen die Vielfältigkeit aber auch die Komplexität dieser neuen Verfahren.

Im Vergleich zu Solaranlagen mit Warmwasserspeichern wird deutlich, dass eine verlustarme thermo-chemische Langzeitwärmespeicherung nicht nur den Vorteil eines reduzierten Speichervolumens bietet, sondern auch gleichzeitig den Vorteil einer reduzierten Kollektorfläche.

Nicht nur die thermischen Eigenschaften sind sehr interessant, auch unter ökonomischen Aspekten zeigt diese Technologie ein hohes Kostensenkungspotenzial für Solaranlagen mit hohen solaren Deckungsanteilen auf.

Bei einer konsequenten Weiterentwicklung der Verfahrenskonzepte und der Speichermaterialien sind Wärmepreise erzielbar, die in absehbarer Zeit mit der fossilen Wärmebereitstellung konkurrieren können. Um dieses Ziel zu erreichen sind verstärkte Anstrengungen im Bereich der bereits begonnenen nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten notwendig.

Literaturverweise

/1/ Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar),Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie), Juni 2010, URL: http://www.solarwirtschaft.de/ fileadmin/content_files/faktenblatt_st_jun10.pdf (Stand:Juli 2010)

/2/ W. Wagner, D. Jähnig, C. Isaksson, R. Hauser: Modulare Energiespeicher nach dem Sorptionsprinzip mit hoher Energiedichte (MODESTORE). Endbericht für das „Haus der Zukunft“-Projekt, AEE-Intec, Gleisdorf, Juli 2006

/3/ H. Kerskes, K. Sommer, H. Müller-Steinhagen: MonoSorp – Ein integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudebeheizung mit Sorptionswärmespeicher. 18. Symposium Thermische Solarenergie, ISBN 978-3-934681-69-9, 55-59, 2008

/4/ F. Bertsch, H. Kerskes, H. Drück, H. Müller-Steinhagen: Materialuntersuchungen für chemische Langzeitwärmespeicher. 20. Symposium Thermische Solarenergie, ISBN: 978-3-941785-29-8, 258-263, 2010

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATIONS ON THERMO-CHEMICAL HEAT STOARGE

Henner Kerskes, Barbara Mette, Sebastian Asenbeck, Harald Drück and Hans Müller-Steinhagen

Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University Stuttgart
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany
Phone: +49 (0)711 685 63595
Fax: +40 (0)711 685 63242
E-Mail: kerskes@itw.uni-stuttgart.de

Synopsis

The Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University Stuttgart, is investigating chemical heat storage technologies for low-temperature applications. The focus of the work within the project "thermo-chemical heat storage" (CWS) is on the choice of the storage concept, on experimental investigation of suitable reaction systems as well as on modelling and simulation of the reaction behaviour and heat and mass transfer processes in order to develop an efficient reactor design and system concept. At ITW hydration / dehydration reactions of inorganic salts are investigated as storage material for thermo-chemical energy storages. The characteristic reaction behaviour of different materials has been experimentally analysed. In addition an energy assessment of a solar combisystem with a chemical energy store was performed for different system concepts taking the specific reaction behaviour of the thermo-chemical storage materials into account. In this paper, the results of the investigation of several thermo-chemical storage materials and of the energy assessment of a combisystem with a thermo-chemical heat store are presented and discussed.

1 Introduction

The increasing demand for thermal energy, the uncertainty in energy supply, soaring oil prices and the global claim for a significant reduction of greenhouse gas emissions are the main driving forces for an intensive research on a more effective usage of renewable energy sources for heating (and cooling) applications. Solar thermal systems for hot water preparation and space heating are already used since decades. Today with typical solar installations in Germany the fraction gained from solar energy for hot water preparation and space heating is about 20 % to 30 % of the total thermal energy demand. However, there is an increasing desire for higher solar fractions and a trend towards the "Solarhouse50+" with solar fractions of far more than 50 % and the "Solar Active House" which is totally heated by solar thermal energy. For these buildings hot water stores with a volume in the range of 5 to 50 m^3 are at present state of the art [2]. To significantly reduce the storage volume and to increase the overall system efficiency new thermal energy storage concepts are crucial. Today, many institutes and researchers are engaged in improving existing and in developing new thermal energy storage technologies and concepts. One area of research is the investigation and development of new materials and concepts for thermal energy storage. Here, storage technologies based on thermo-chemical mechanism might provide a breakthrough for seasonal thermal energy storage due to their potential for high storage densities and minor heat losses. A great variety of hydration / dehydration reaction of inorganic salts have been investigated as storage material for thermo-chemical energy storage (e.g. [1], [3]). The specific material

characteristics (storage density, reaction behaviour) determine the boundary condition of the reaction such as reaction temperature and inlet air humidity. By means of an energy assessment the influence of these material parameters on the fractional energy savings and system sizes (store volume, collector area) have been analysed for different system concepts.

2 Experimental investigation of hydration reactions for chemical heat storage

The reaction behaviour of different inorganic salts with and without carrier matrix has been experimentally investigated at ITW in a laboratory test rig. A sketch of the test facility used to carry out the dehydration / hydration experiments is shown in figure 1. A detailed description of the test facility is given in [5].

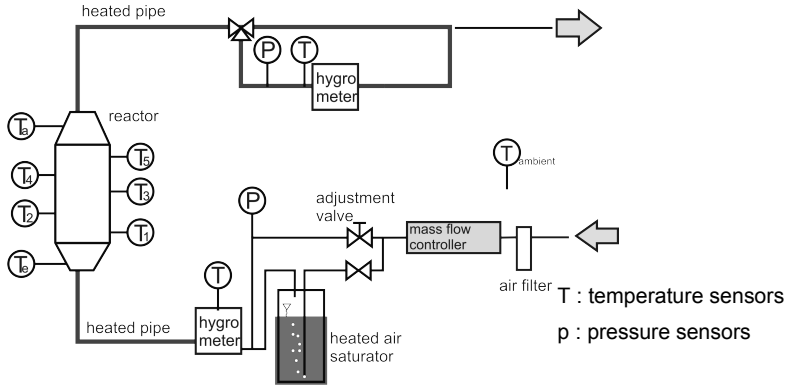


Figure 1: Sketch of the test rig for the hydration / dehydration experiments

In the following the reaction characteristics for pure salts as well as for salts on a carrier matrix will be described in more detail by the example of pure magnesium sulphate, zeolite impregnated with magnesium sulphate and bentonite impregnated with calcium chloride.

2.1.1 Hydration reaction of magnesium sulphate

In the experiments performed in the test rig a fixed bed of magnesium sulphate monohydrate ($MgSO_4 \cdot H_2O$) powder was flown through by humid air with a flow rate of 1.5 m³/h. In figure 2 the inlet temperature T_{in} and reactor temperatures at heights of 5 cm (T1), 10 cm (T2) and at the outlet (T_{aut}) are plotted vs. time.

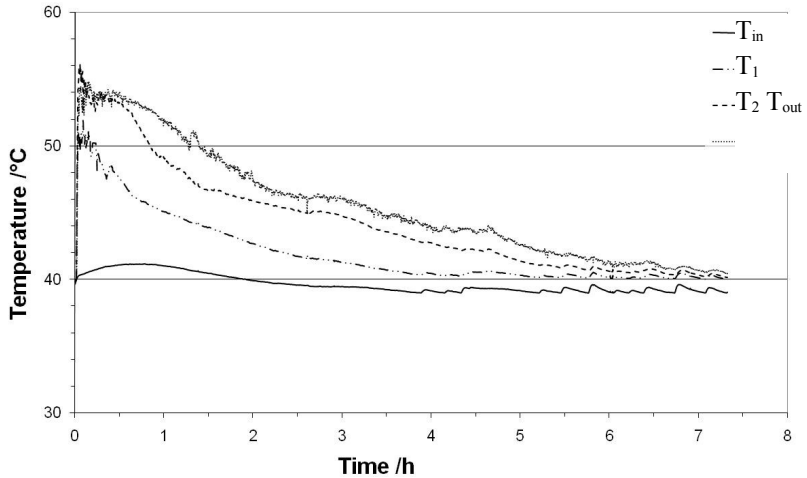


Figure 2: Temperature profiles of the reaction of MgSO4· H2O with humid air versus time. The inlet temperature was 40 °C, the humidity was kept at $x_{h2O,in}$ = 38 $g_{H2O}/kg_{air,dry}$ (relative humidity of 80 %).

The temperature profile shows that the temperature increases almost uniformly over the whole reactor length to a peak of about 55 °C. With increasing water uptake the temperature lift decreases simultaneously. A slow but constant reaction rate has been observed even after 7 hours. However, the technical useful temperature lift is limited to the part of the experiment where the temperature lift is greater than 5 K.

In all experiments performed, the increase of weight was between 3 and 4 mol water per mol magnesium sulphate monohydrate which means that within the limited time of the experiment the fully hydrated state (6 mol H_2O per mol $MgSO_4 \cdot H_2O$) was not reached. Considering the reaction from mono to hexahydrate the maximum achieved energy gain of the experiments was about 50 % of the theoretical value. However, at low inlet humidities and inlet temperature of the air stream ($x_{H2O,in} < 20\ g_{H2O}/kg_{air,dry}$, $T_{in} < 30$ °C) the reaction takes place that slowly that the achieved temperature lift is too low for technical use e.g. for heating applications.

2.1.2 Hydration reaction of zeolite impregnated with magnesium sulphate

Magnesium sulphate impregnated on zeolite spheres significantly improves the reaction kinetic of the hydration reaction. Zeolite is a highly porous mineral and has a high ability of adsorbing water with a high adsorption enthalpy even at very low water vapour pressure. In a labscale prototype store with zeolite 4A monoliths as storage material an energy storage density of 130 kWh/m³ has been realised at ITW [5].

For the experimental investigation the zeolite spheres have been impregnated with a magnesium sulphate solution. A fixed bed using impregnated zeolite 4A particles (diameter of about 2 mm, 5 mass-% of magnesium sulphate) was flown through by an air stream with a humidity of $x_{H2O,in} = 13\ g_{H2O}/kg_{air,dry}$ and an inlet temperature of 25 °C. The volume flow rate was set to 1.0 m³/h. In figure 3 the temperature distribution, measured at the five axial positions in the fixed bed, is shown.

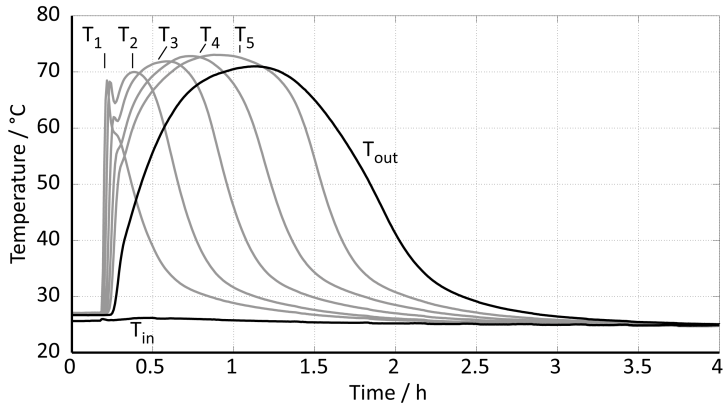


Figure 3: Temperature profiles of the reaction of $MgSO_4 \cdot H_2O$ impregnated on zeolite (5 mass % magnesium sulfate) with humid air versus time. The inlet temperature T_{in} was 25 °C, the humidity was kept constant at $x_{H2O,in} = 13\ g_{H2O}/kg_{air,dry}$, (relative humidity of 65 %) the air flow was set to 1.0 m³/h.

Characteristic in these experiments are the sharp adsorption fronts moving through the reactor with a constant velocity. The inlet air humidity is completely adsorbed over a long time of the experiments followed by a step breakthrough.

The total water adsorbed of the impregnated zeolite is higher than of the pure zeolite. Furthermore, in these experiments the salt is reacting to a higher hydrate level even at low inlet humidities in a significant shorter time frame than in the experiments with pure salts.

In figure 4 the temperature in the fixed bed at the first temperature sensor (h = 1.0 cm) and at the outlet temperature is depicted for pure zeolite 4A (T_Z) and for the impregnated zeolite ($T_{Z\text{-}MgSO4}$). The inlet conditions were the same in both experiments: an air stream of 1.0 m³/h with a humidity of 20 mbar and an inlet temperature of 25 °C. It can be seen that in the beginning of the experiments the slope of the curves are similar and also the temperature increase to around T = 70 °C is achieved in both experiments. However, due to the higher adsorption activity of the impregnated zeolite the reaction takes place over a longer period and the outlet temperature remains on a high temperature level over a longer time frame. This results in an increase of the energy storage density. In the experiments performed an increase of the energy storage density of 20 % (5 mass-% $MgSO_4$) up to 40 % (10 mass-% $MgSO_4$) compared to the pure zeolite was measured. It is expected that a further increase in the energy storage density with exceeding 200 kWh/m³ can be obtained by optimizing the impregnation of the zeolite.

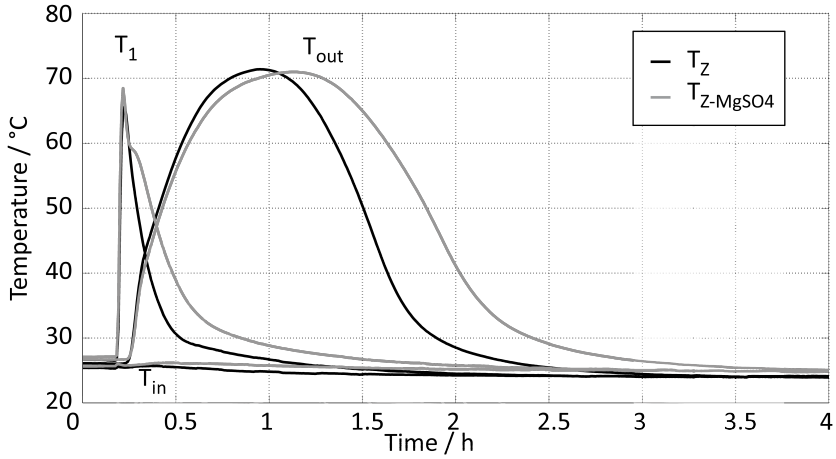


Figure 4: Temperature profiles of the reaction of pure zeolite (T_Z) and of zeolite impregnated with 5 mass % $MgSO_4$ ($T_{Z\text{-}MgSO4}$) with humid air versus time. The inlet temperature T_{in} was 25 °C, the humidity was kept constant at $x_{H2O,in}$ = 13 $g_{H2O}/kg_{air,dry}$ (relative humidity of 65 %), the air flow was set to 1.0 m³/h.

2.1.3 Hydration reaction of calcium chloride impregnated on bentonite

Calcium chloride is a very hygroscopic material which can take up 6 mol of water per mol calcium chloride in an exothermic reaction. With a physical energy density of 380 kWh/m³ it is a very promising material for thermo-chemical energy storage. To prevent liquefaction (hydration reaction) or melting (dehydration reaction) of the calcium chloride the material is impregnated on bentonite, a highly porous mineral.

The experiments have been performed in the test rig described in figure 1. A fixed bed of impregnated bentonite (41.7 mass-% of calcium chloride) was flown through by an air stream with a humidity of $x_{H2O,in}$ = 13 $g_{H2O}/kg_{air,dry}$, and an inlet temperature of 25 °C. The flow rate was set to 0.5 m³/h. In figure 5 the temperature distribution during the exothermic hydration reaction in the fixed bed is depicted. A reaction front is formed but not that distinctive as for the impregnated zeolite. Characteristic in these experiments is a high reaction kinetic at the beginning of the experiments associated with a high temperature increase and then a long period of an almost constant but slow reaction kinetic where the temperature increase is on a relatively low level ($\Delta T \approx 10$ K). The outlet humidity of the air stream during the reaction is relatively high ($x_{H20,out} \approx 2\ldots7$ $g_{H2O}/kg_{air,dry}$). In the experiments a maximum energy density of 185 kWh/m³ was achieved.

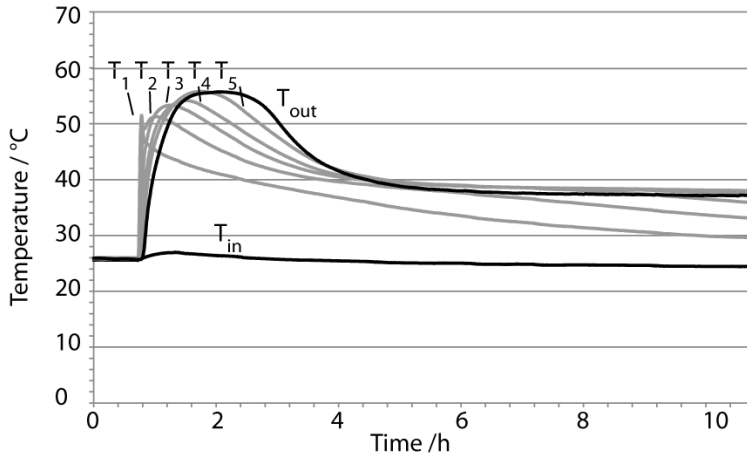


Figure 5: Temperature profiles of the reaction of calcium chloride (41.7 mass-%) impregnated on bentonite. The inlet temperature T_{in} was 25 °C, the humidity was kept constant at $x_{H2O,in}$ = 13 $g_{H2O}/kg_{air,dry}$, the air flow was set to 0.5 m³/h.

3 Energy performance of thermo-chemical heat stores in solar combisystems

Different concepts of integrating a chemical energy store into a solar combisystem have been investigated. In the following one of these concepts is described in more detail.

The main parts of the chemical energy store are a material reservoir and a reactor separated from the reservoir in which the hydration or dehydration reaction takes place. The decoupling of the reactor and material reservoir has several advantages such as a reduction of thermal masses during the hydration / dehydration process and lower pressure losses when air is flowing through the reactor. The reaction is performed in an open cycle which means that humid room exhaust air (ambient air) is flowing through the reactor and released into the ambient after leaving the reactor. The heat of the exothermic hydration reaction is transferred to a buffer store (combistore). The energy needed for the endothermic dehydration reaction is provided by high performance solar thermal collectors. In figure 6 the energy fluxes in the system are depicted for the heating mode (hydration of the material) and the regeneration mode (dehydration of the material).

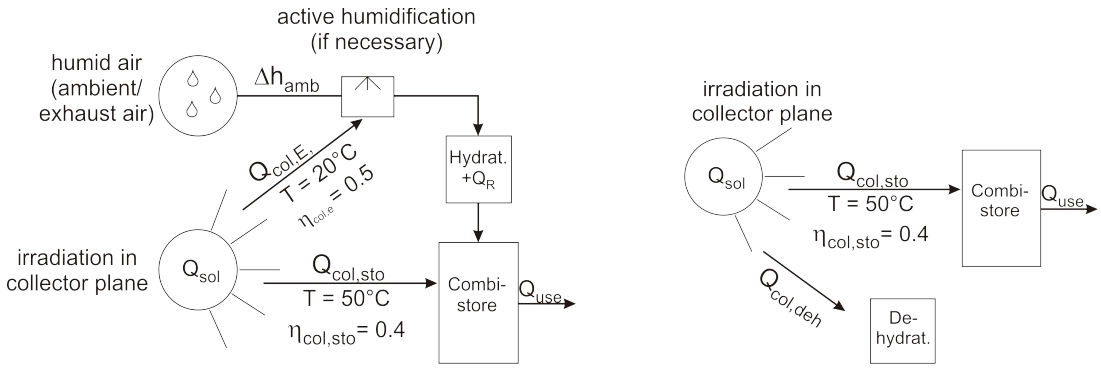


Figure 6: Heat and enthalpy-fluxes during the heating mode (left) and regeneration mode (right)

Heating mode:

If the solar irradiation is too low so that the energy from the solar collector field ($Q_{col,sto}$) cannot completely cover the heat demand the chemical heat store is used as backup. The heat of the exothermic hydration reaction is released by flowing humid room exhaust air through the reactor. If

necessary the air is actively humidified using energy from the solar collector field on a low temperature level (T ≈ 20 °C, $Q_{col,E}$).

Regeneration mode:

The regeneration of the storage material takes place during times of high solar irradiation. When the energy provided by the collector field exceeds the heat demand for hot water preparation and space heating the available solar energy is used for the endothermic dehydration reaction of the storage material.

3.1 Energy analysis

For the energy assessment of the system concept an energy balance of the heat sources (solar irradiation, ambient humidity) and heat demands (space heating, hot water preparation) is performed on a daily basis as a first step. The daily value of the heat supply is obtained on the basis of a weather data file for a specific location, the daily value of the space heating demand is obtained from a thermal simulation of a building. The domestic hot water demand was set to 200 l/ d at a hot water temperature of 45 °C. The dynamic behaviour and hence a possible time shift between demand and supply within one day is not considered. This is synonymous to the behaviour of a system with an ideal one day buffer store. Depending on the daily heat demand and heat supply the system is operating in the heating mode ($Q_{demand} > Q_{col,sto}$) or in the regeneration mode ($Q_{demand} < Q_{col,sto}$). The energy provided by collectors field for direct heating ($Q_{col,sto}$) and for providing heat for water evaporation ($Q_{col,E}$) is estimated using an effective collector efficiency η_{col} at the respective operating temperature for the collector field (cf equation 1):

$$Q_{col} = \eta_{col} \cdot Q_{sol,South45} \quad (1)$$

The heat released in the hydration reaction is calculated with equation (2) using the specific material parameters described in table 1.

$$Q_{hyd} = m_{air} \cdot \Delta x_{air} \cdot \Delta h_r \quad (2)$$

$$= m_{air} \cdot x_{air} \cdot \mu \cdot \Delta h_r$$

with

$$\Delta x_{air} = x_{air,in} - x_{air,out} \quad (3)$$

$$\mu = \Delta x_{air} / x_{air,in} \quad (4)$$

In the equation $\dot{m}_{air}$ [kg/h] is the mass flow rate of the air, Δx_{air} [$g_{H2O}/kg_{air,dry}$] the difference of the inlet ($x_{air,in}$) and outlet humidity ($x_{air,out}$) of the air flow and Δh_r [kJ/kg_{H2O}] the mean reaction enthalpy per unit mass absorbed water.

Based on the results from the experimental investigations of the storage material further limitations concerning the reaction behaviour of the materials are necessary. The following assumptions and specifications are made (cf. table 1):

- For the hydration reaction a minimum water content of the inlet air flow of $x_{H2O,min}$ is necessary. Optional an active humidification of the air flow can be performed if the humidity of the inlet air is below that value. The collector field is then acting as energy source for the humidification. If the collector field cannot provide sufficient energy for the humidification the heat demand cannot be completely covered.
- The storage material is adsorbing only a part of the water content of the inlet air flow. The mean ratio of the absorbed water to the inlet humidity of the air flow is specified with μ (cf. equation 3 and 4).

- The maximum adsorption/hydration capacity of the storage material depends on regeneration temperature (T_{dehyd}). With decreasing regeneration temperature less water is desorbed / dehydrated during the regeneration process and the water remaining on the material (remaining water charge) increases. The maximum amount of water vapour adsorbed per unit mass dehydrated storage material is specified with $\Delta x_{H20,max}$.
- A constant heat of reaction is assumed. The reaction enthalpy per unit mass adsorbed water is specified with Δh_r. The heat released is completely available for heating purpose.
- The mass flow rate $\dot{m}_{air}$ through the reactor is controlled in such a way that the heat demand can be completely covered or a maximum mass flow of rate $\dot{m}_{air,max}$ = 150 kg/h (if not specified otherwise) is reached
- The humidity of the room exhaust air (reactor inlet air) is set to $x_{air,in} = x_{amb} + 3$ g/kg$_{air,dry}$ with the daily mean water content x_{amb} of the ambient air for the considered location
- The collector efficiency and the heat losses in the pipes depend on the operating temperature. Based on the efficiency curve of a vacuum tube collector, the following effective efficiencies are assumed for the collector loop:

  for active humidification at T ≈ 20 °C: $\eta_{col,E} = 0.5$

  for direct heating/hot water preparation at T ≈ 50 °C: $\eta_{col,sto} = 0.4$

  for material regeneration: T ≈ 150 °C $\Rightarrow \eta_{col} = 0.3$; T ≈ 180 °C $\Rightarrow \eta_{col} = 0.2$

The energy assessment enables to combine the available heat sources (irradiation and air humidity) in an optimal way to cover the daily heat demand as both values daily demand and supply is known beforehand from the boundary conditions. With the energy assessment a statement can be made about the storage material volume needed and the fractional energy savings obtained with the system for defined boundary conditions (collector area, climatic data, heating and hot water demand).

3.2 Results

An energy assessment of the system concept described above has been performed with the following boundary conditions:

- total heat demand: 7519 kWh/a (hot water demand: 200 l/d at 45 °C; space heating demand: 35 kWh/m²/a)
- location: Würzburg, Germany
  total irradiation in collector plane: 1230 kWh/m²/a
- solar thermal system: vacuum tube collectors orientated south, 45 °C tilted

For the verification of the energy assessment a long term prediction of a solar combisystem (store volume 900 l, CPC vacuum tube collectors) for the same boundary condition was performed with the dynamic simulation software TRNSYS. The fractional energy savings calculated with TRNSYS are compared to the fractional energy saving obtained by the energy assessment for a system without a sorption store ($V_{TCM} = 0$). This system represents a conventional solar combisystems with an ideal one day buffer store. The results of the fractional energy savings obtained with the two methods are in good agreement (cf. figure 7).

Within the energy assessment, the reaction behaviour is characterized by the parameters described in table 1. The values are derived from the experimental investigation of the thermo-chemical storage materials described in section 2 (cf. assumptions made in section 3.1).

In table 1 q_v is the energy density of the storage material calculated with:

$$q_v = \Delta x_{H20,max} \cdot \rho_{eff} \cdot \Delta h_r \quad (5)$$

In equation 5 ρ_{eff} is an effective storage material density which takes a gas void fraction of $\epsilon = 0.4$ into account.

Table 1: Parameter describing the reaction behaviour of different storage materials

Material	T_{dehyd} [°C]	$\Delta x_{H20,max}$ [g_{H20}/kg_{anhyd}]	ρ_{eff} [kg/m³]	Δh_r [kJ/kg_{H2O}]	μ [-]	$x_{H2O,min}$ [$g_{H2O}/kg_{air,dry}$]	q_V [kWh/m³]
Zeolite 4A	180	180	700	3600	0.99	4.0	125
Zeolite 4A	150	140	700	3600	0.99	4.0	98
Zeolite 4A + 10 mass-% $MgSO_4$	180	230	797	3500	0.99	4.0	178
Bentonite + 40 mass-% $CaCl_2$ *Case 1*	150	200	695	3500	0.65	6.0	135
Bentonite + 40 mass-% $CaCl_2$ *Case 2*	150	260	695	3250	0.5	8.0	163

Figure 7 shows the fractional energy savings calculated by the daily energy balancing under the assumptions and boundary conditions defined above for different adsorption storage volumes (V_{TCM}) and collector areas (A_{col}). The calculations are performed for the storage material zeolite 4A with a desorption temperature of T_{dehyd} = 180°C. In addition the fractional energy savings are depicted for two typical combisystems with a hot water store of V_{H20} = 0,9 m³ and V_{H20} = 15 m³ determined by a detailed system simulations with the dynamic simulation software TRNSYS.

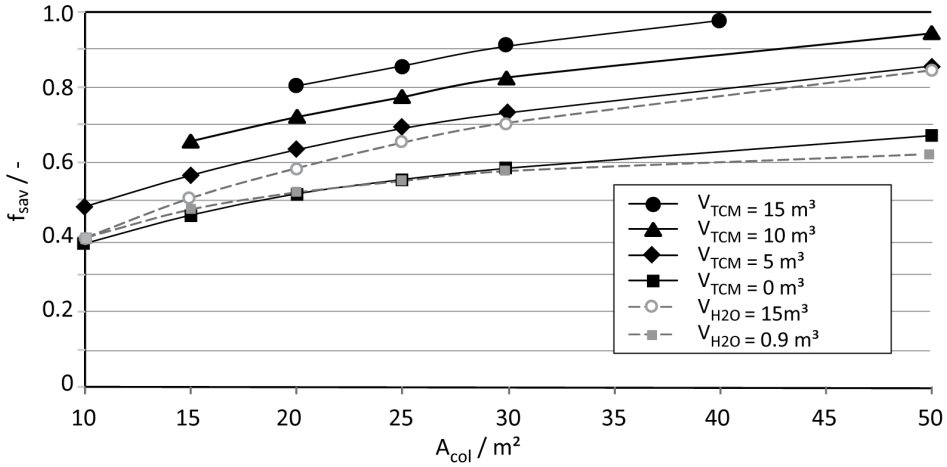


Figure 7: Solid line: Fractional energy savings calculated by daily energy balancing for different adsorption storage volumes (Zeolite 4A) in dependency of the collector area

dashed line: Fractional energy savings of a solar combisystems with a hot water store of the volume V_{H2O} based on a long term prediction performed with the dynamic simulation software TRNSYS

The results of the energy assessment show that by integrating a sorption store into the solar combisystem the fractional energy savings can be significantly increased compared to a conventional solar combisystem with a hot water store of the same volume. With collector areas A_{col} > 40 m² and sorption store volumes V_{TCM} = 10 … 15 m³ the heat demand can already be covered by more than 90 % by solar thermal energy.

In a next step the energy analysis has been performed for the same boundary conditions but different storage materials. The reaction behaviour and the desorption or dehydration temperature of the different materials are listed in table 1. Figure 8 shows the effect on the store volume needed for reaching a fractional energy saving of 80 %. The collector area was set constant to A_{col} = 20 m².

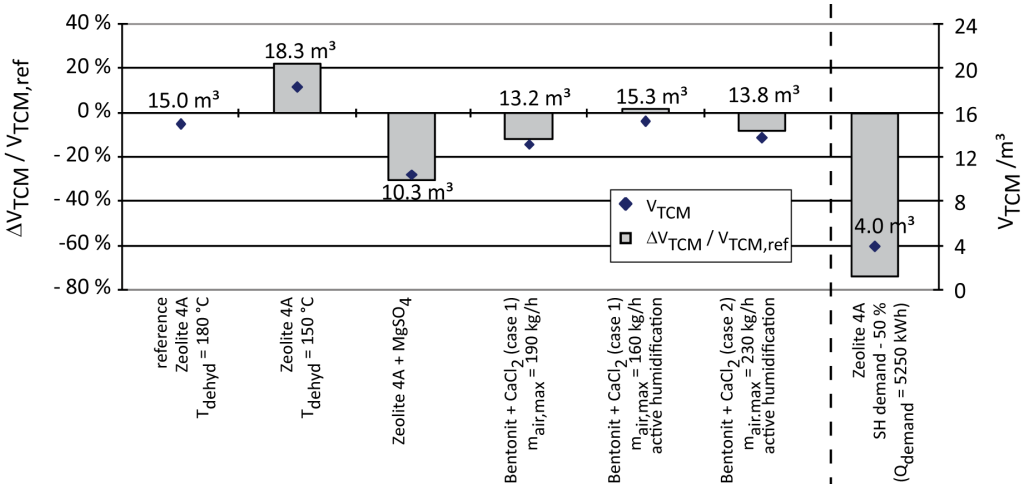


Figure 8: Material volume needed for reaching a fractional energy saving of 80 %; values are obtained from the energy assessment.

For the reference calculations with zeolite 4A using room exhaust air about 15 m³ of storage material is needed to reach a fractional energy saving of 80 %. While technical feasible, the effort for regenerating the material at a desorption temperature of T_{dehyd} = 180 °C is high. When the desorption temperature level is reduced to T_{dehyd} = 150 °C the remaining water charge on the zeolite increases. This results in a decrease of the maximum water uptake $\Delta x_{H20,max}$ during the exothermic reaction and hence the amount of storage material rises by about 20%.

The contrary effect can be observed in the case of the composite material: with the impregnated zeolite (about 10 mass-% of magnesium sulphate) the water charge could be significantly increased and a fractional energy saving of 80% is predicted for about 10 m³ store volume of the composite material zeolite 4A+$MgSO_4$.

For the salthydrate $CaCl_2$ on the passive carrier bentonite higher air humidities are reqired for the exothermic reaction and the content of water vapor in the outlet air stream is significantly higher than for zeolites. Two cases have been evaluated: for the material labelled with "Bentonit+$CaCl_2$, Case 2" the hydration process is continued to a higher hydration level than in the case of "Bentonit+$CaCl_2$, Case 1" (cf. table 1). The higher hydration level can only be achieved with higher inlet air humidities which results in a higher mean outlet air humidity. A fractional energy saving of 80% can only be achieved for the "Bentonit+$CaCl_2$-Case 2" when the system design allows high air massflows of $\dot{m}_{air,max}$ = 230 kg/h combined with active humidification. Even though parts of the energy provided by the collector field has to be used for humidification, the material is promising a lower store volume compared to zeolite 4A at lower regeneration temperature.

If the total heat demand is reduced to Q_{demand} = 5250 kWh/a (space heating demand of 18 kWh/m²/a) a significant reduction in the store volume can be obtained. In this case a sorption store with a volume of only 4 m³ of zeolite 4A is needed to obtain a solar fraction of f_{sav} = 80 %. This is a reduction in store volume of more than 70 %.

4 Summary and outlook

From the experimental investigation of the different storage materials characteristic parameters describing the reaction behaviour have been obtained. These parameters are needed for an energy assessment of different system concepts.

The energy assessment presented in chapter 3 allows a detailed energy analysis of solar thermal heating systems with chemical energy stores. Statements can be made about the material volume needed and the fractional energy savings obtained with the system for defined boundary conditions (collector area, weather data, space heating and hot water demand). The energy assessment also shows the importance of taking the reaction behaviour of the thermo-chemical storage material into account.

With the thermo-chemical storage material investigated high solar fractions can be obtained already with moderate sizes of collector area and store volume even for heat demands of typical energy renovated house. By increasing the store volume and collector area sizes a 100 % solar coverage of the heat demand can be realized. On the other hand, to achieve the thermal performance of solar combisystems with high solar fractions the energy assessment predicts a significant reduction in the store volume (up to 1/3) or collector areas(up to 1/2) when using a sorption store (cf. figure 7, example 15 m³ water store volume, 50 m² collector area). A further reduction of the system size can be achieved by using the enhanced storage materials as shown in figure 8.

Current research at ITW is concentrating on the improvement of the reaction behaviour and increasing the energy storage density of the thermo-chemical storage materials by using different materials, impregnation technologies and various carrier matrices.

In parallel a dynamic simulation tool is in development which allows a detailed analysis of the system performance under dynamic boundary condition and will allow a more detailed system analysis than possible with the energy assessment presented in this paper. The dynamic interaction between the different components of the system (e.g. reactor, collector, buffer store) as well as thermal capacities of the system can be taken into account.

References

[1] F. Bertsch, H. Kerskes, H. Drück, H. Müller-Steinhagen: Materialuntersuchungen für chemische Langzeitwärmespeicher, OTTI - 20. Symposium Thermische Solarenergie, Mai, 2010

[2] Hardon, J.C. (Editor), Thermal energy storage for solar and low energy building,www.iea-shc.org task 32, June 2005, ISBN 84-8409-877-X.

[3] F. Bertsch, B. Mette, S. Asenbeck, H. Kerskes, H. Müller-Steinhagen: Low Temperature Chemical Heat Storage – An Investigation of Hydration Reactions, Effstock conference, Stockholm 2009

[4] Eisenbach D., Gallei E. – Spezifische Oberfläche und Sekundärporenstruktur von synthetischen Zeolithen mit und ohne Bindemittel – CIT 45, Nr. 21, S. 1261-1264, Wiley-VCH Weinheim, 1973

[5] Kerskes H., Sommer K., Müller-Steinhagen H. – MonoSorp, Ein integrales Konzept zur solarthermischen Gebäudeheizung mit Sorptionswärmespeicher – BWPlus Abschlussbericht, 2007

Acknowledgements

The research for this paper is funded by the BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, German Federal Ministry of Economics and Technology) under the grant number 0327468B and managed by PtJ (Projektträger Jülich, Project Management Jülich). The authors gratefully thank for this support and carry the full responsibility of the content of this publication.

Leistungsprüfung einer Solaranlage mit einer in den Kollektorkreislauf integrierten Wärmepumpe

B. Mette*, S. Asenbeck*, H. Drück*, H. Müller-Steinhagen*,**
* Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Tel.: 0711 / 685-63536, Fax: 0711 / 685-63503
** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik
email: mette@itw.uni-stuttgart.de

1. Einleitung

Kombinationen aus thermischen Solaranlagen und Wärmepumpen werden bereits in einer Vielzahl von Ländern zur Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung eingesetzt. Relativ wenig verbreitet sind jedoch bisher, insbesondere in Deutschland, Solaranlagen bei denen die Wärmepumpe direkt in den Kollektorkreislauf integriert ist. Charakteristisch für diese Systeme ist, dass zusätzlich zur Umgebungswärme Solarstrahlung für die Verdampfung des Kältemittels genutzt wird. Dafür wird im Kollektorkreis ein speziell entwickelter Absorber eingesetzt, welcher direkt vom Kältemittel durchströmt wird und der die Aufgabe des Verdampfers übernimmt.
Zur Bestimmung der thermischen Leistungsfähigkeit derartiger Anlagen wurde am ITW ein Kurzzeit-Prüfverfahren entwickelt. Es beruht auf einem dynamischen Kurzzeit-Systemtest der Gesamtanlage und einer Jahressimulation mit der Simulationssoftware TRNSYS zur Berechnung des Jahresenergieertrags in Abhängigkeit vom Standort und Lastprofil. In diesem Beitrag wird das Prüfverfahren vorgestellt und die bei der Validierung ermittelten Ergebnisse präsentiert.

2. Systembeschreibung

Eine schematische Darstellung einer Solaranlage mit einer in den Kollektorkreislauf integrierten Wärmepumpe ist in Abbildung 1 gezeigt. Die Hauptkomponenten des Systems sind ein unabgedeckter Kollektor bzw. Absorber mit einer Gesamtaperturfläche von 1.6 m², ein 300 l- Warmwasserspeicher mit integriertem Wärmeübertrager sowie ein elektrisch betriebener Verdichter und ein thermostatisches Expansionsventil. Zusätzlich ist ein elektrischer Heizstab in den unteren Bereich des Speichers integriert, der als Notheizung dient. In der geprüften Anlage wird als Kältemittel R134a eingesetzt. Dieses durchströmt direkt den Solarkreis und verdampft im Absorber unter Aufnahme von Energie aus Solarstrahlung und Umgebung. Der Verdichter der Wärmepumpe saugt das gasförmige Kältemittel an und erhöht Druck und Temperatur. Im Solarkreis-Wärmeübertrager bzw. Kondensator der Wärmepumpe, der im unteren Bereich des Warmwasserspeichers integriert ist, kondensiert das Kältemittel und gibt die Verdampfungsenthalpie an das Wasser ab. Bevor das Kältemittel erneut in den Absorber strömt reduziert ein thermostatisches Expansionsventil den Kältemitteldruck. Die bisher am ITW untersuchten Anlagen dienen ausschließlich zur

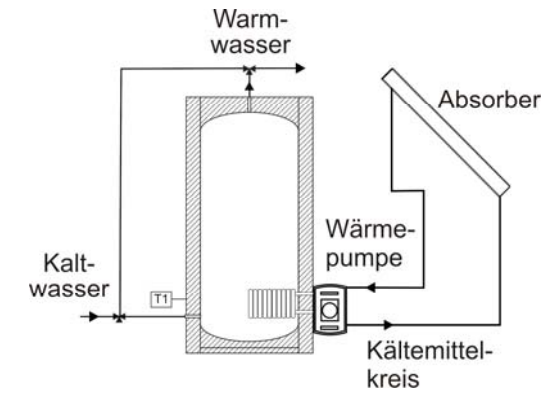


Abb. 1: Schematische Darstellung der Solaranlage mit einer in den Kollektorkreislauf integrierten Wärmepumpe

Trinkwassererwärmung; generell können derartige Systeme aber auch kombiniert zur Erwärmung des Trinkwassers und für die Raumheizung eingesetzt werden.

3. Prüfverfahren

Die Prüfung erfolgt in Anlehnung an ISO/DIS 9459-5:1997 /1/ mit einer eigens für die Solaranlage mit in den Kollektorkreislauf integrierter Wärmepumpe angepassten Variante des DST-Verfahrens (Dynamisches Systemtest-Verfahren). Zur numerischen Simulation des thermischen Verhaltens der Anlage wird anstelle der ISS Simulationssoftware, die integraler Bestandteil des DST-Verfahrens ist, das Simulationsprogramm TRNSYS mit speziell entwickelten Rechenmodellen eingesetzt. Diese Rechenmodelle wurden sowohl zur Bestimmung der systemspezifischen Kennwerte als auch zur Ertragsberechnung verwendet.
Zur Leistungsprüfung der Anlage wird das gesamte System auf einem Außenteststand installiert und anhand von definierten Prüfsequenzen unter dynamischen Bedingungen betrieben. Die Prüfsequenzen orientieren sich an dem DST-Verfahren und gliedern sich in eine Sol-Sequenz und eine Speicher-Sequenz. Bei der Sol-Sequenz wird dem Speicher mehrmals täglich Warmwasser nach einem definierten Zapfprofil entnommen. Ziel dieser Prüfung ist es, das thermische Verhalten der Anlage bei niedrigen Temperaturen im Warmwasserspeicher („Sol A“) bzw. bei relativ hohen Temperaturen im Warmwasserspeicher („Sol B“) zu untersuchen. Jede Sol-Sequenz erfordert einen Prüfzeitraum von drei Tagen mit einer Globalstrahlungssumme in Absorberebene von mindestens 8 MJ pro Tag. Während der gesamten Prüfsequenz ist der elektrische Heizstab ausgeschaltet.
Bei der Speichersequenz wird der Warmwasserspeicher mit Hilfe des elektrischen Heizstabs auf die Solltemperatur erwärmt. Es erfolgt keine Wärmezufuhr über die Wärmepumpe. Nach einem 12 stündigen Aufheizvorgang erfolgt eine Abkühlperiode des Speichers von mindestens 36 Stunden, währenddessen dem Speicher weder aktiv Wärme zu- noch abgeführt wird. Ziel der Speichersequenz ist es das effektive Speichervolumen und die Wärmeverlustrate des Speichers zu bestimmen.
Während der Prüfsequenzen werden alle relevanten Energieströme und Temperaturen kontinuierlich aufgezeichnet. Dies sind im speziellen:

- Global- und Diffusstrahlung und Windgeschwindigkeit in Absorberebene
- Umgebungstemperatur des Absorbers und Speichers
- Speichereintrittstemperatur, Speicheraustrittstemperatur
- Ein- und Austrittstemperatur sowie Volumenstrom des Wassers während der Warmwasserentnahme
- Elektrische Leistungsaufnahme des Verdichters und des Heizstabs

4. Numerische Modellbildung

Zur Vorausberechnung des Jahresenergieertrags der Anlage wurde das System mit der Simulationssoftware TRNSYS abgebildet. Das Modell beinhaltet alle thermodynamisch und physikalisch relevanten Interaktionen der Wärmepumpe, so dass sowohl der Zustand des Kältemittels (gasförmig, flüssig), als auch die thermodynamischen Eigenschaften (Druck, Temperatur, Enthalpie) berücksichtigt werden. Das Verhalten jeder Komponente des Systems (Verdichter, Absorber, Wärmeübertrager, thermostatisches Expansionsventil und Speicher) wird mit Hilfe von sogenannten „Types“ in dem Simulationsmodell detailliert abgebildet. Folgende grundlegende Annahmen wurden hierbei getroffen:

- Kondensation, Abtauvorgänge und Konvektion auf der Absorberoberfläche werden nicht explizit berücksichtigt
- Druckverluste in den Rohrleitungen werden nicht berücksichtigt
- Thermische Kapazitäten werden mit Ausnahme vom Speicher nicht berücksichtigt

- Der Massenstrom des Kältemittels im Kollektorkreis wird so geregelt, dass weder überhitztes gasförmiges noch flüssiges Kältemittel in den Verdichter eintritt
- Der Kältemitteldruck nach dem Verdichter wird so geregelt, dass das Kältemittel den Wärmeübertrager gesättigt im flüssigen Zustand und mit einer definierten Temperaturdifferenz zur Speichertemperatur verlässt.

Insgesamt werden für das Modell der Gesamtanlage dreizehn Modellparameter benötigt, die aus den Prüfsequenzen ermittelt werden müssen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht.

Tabelle 1: Übersicht über die Modellparameter zur Leistungsprüfung der Solaranlage mit in den Kollektorkreislauf integrierter Wärmepumpe

η_0	Konversionsfaktor des Absorbers	[-]
a_1	Wärmedurchgangskoeffizient des Absorbers	[W/(m²K)]
a_2	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient des Absorbers	[W/(m²K²)]
b_0	Koeffizient zur Bestimmung des Niederdrucks im Solarkreis	[mbar]
b_1	Temperaturabhängigkeit des Niederdrucks im Solarkreis	[mbar/°C]
b_2	Quadratische Temperaturabhängigkeit des Niederdrucks im Solarkreis	[mbar/°C²]
b_m	Koeffizient zur Bestimmung des Massenstroms im Solarkreis	[mbar/(kg h^{-1})]
UA_{comp}	Wärmeverlustrate des Verdichters	[W/K]
$P_{irr,0}$	Konstanter Dissipationsanteil der Verdichterleistung	[W]
$g_{si,irr}$	Linearer Dissipationsanteils der Verdichterleistung	[-]
$\Delta T_{HX,0}$	Übertemperatur am Wärmeübertrageraustritt	[K]
V_{sto}	Effektives Speichervolumen	[m³]
$UA_{s,a}$	Wärmeverlustrate des Speichers	[W/K]

5. Verifizierung des numerischen Modells

Um Informationen bezüglich der Güte des numerischen Modells zu erhalten, wurde das Modell anhand folgender Tests verifiziert:

1. Kreuzvergleich zwischen den beiden Prüfsequenzen „Sol A“ und „Sol B“
2. Überprüfung des Modells anhand weiterer Prüfsequenzen der Anlage, die zusätzlich zum Systemtest durchgeführt wurden.
3. Jahressimulation mit den Systemparametern, die allein aus der „Sol A“ bzw. „Sol B“ Sequenz bzw. aus der „Sol A“ und „Sol B“ Sequenz ermittelt wurden und Vergleich der Ergebnisse.

Bei allen drei Tests wurden die Modellparameter vom Speicher (Wärmeverlustrate, effektives Speichervolumen) mit Hilfe der Speichersequenz ermittelt. Die übrigen Systemparameter wurden mit der Prüfsequenz „Sol A“, „Sol B“ bzw. „Sol A“ und „Sol B“ ermittelt.

5.1 Überprüfung des Modells anhand eines Kreuzvergleichs

Ziel des Kreuzvergleichs ist es die Sensitivität des Modells auf die Systemparameter zu analysieren. Zunächst wird die Parameteridentifizierung allein mit der Prüfsequenz „Sol A“ durchgeführt und anschließend die Prüfsequenz „Sol B“ nachsimuliert. Des weiteren erfolgt die Parameteridentifizierung mit der Prüfsequenz „Sol B“ und die Prüfsequenz „Sol A“ wird nachsimuliert. Für die Nachsimulation werden Messdaten der Prüfsequenz „Sol B“ bzw. „Sol A“ (Umgebungstemperatur des Speicher und Absorbers, Global-, Diffusstrahlung, Volumenstrom und Zeitpunkt einer Warmwasserentnahme und Kaltwassereintrittstemperatur in den Speicher) in das Simulationsprogramm eingelesen. Für jeden Zeitschritt werden mit dem Simulationsprogrammes die weiteren Systemgrößen wie z.B. Temperaturen im Warmwasserspeicher, Warmwasseraustrittstemperatur während einer Entnahme, elektrische Energieaufnahme des Verdichters, berechnet. Die aus der Simulation resultierenden Werte bestimmter

Größen werden mit den Messdaten aus der entsprechenden Prüfsequenz verglichen. Zum Vergleich werden dabei die Austrittstemperatur aus dem Warmwasserspeicher während einer Entnahme sowie die elektrische Energieaufnahme des Verdichters herangezogen. Abbildung 2 zeigt exemplarisch Ergebnisse des Kreuzvergleichs für die Prüfsequenz „Sol B“. Dargestellt sind die Austrittstemperatur aus dem Warmwasserspeicher (oben) und die elektrische Energieaufnahme des Verdichters (unten) ermittelt aus

1. Messung
2. Parameteridentifikation mit Prüfsequenz „Sol A“ (Parameter A) und
3. Parameteridentifikation mit der Prüfsequenz „Sol B“ (Parameter B).

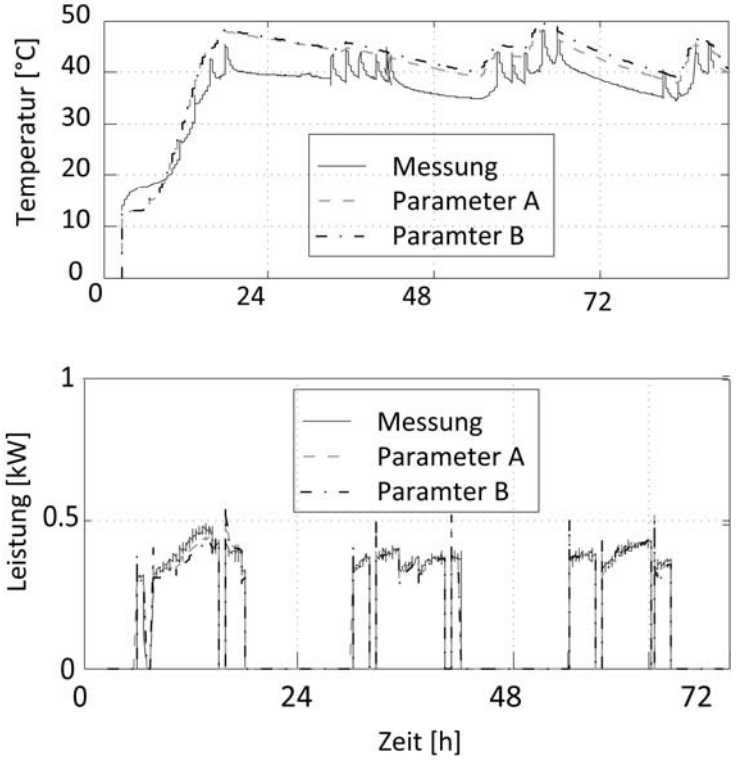


Abbildung 2: Ergebnisse des Kreuzvergleichs für die Prüfsequenz „Sol B“ (Ausschnitt). Dargestellt sind die mit dem Modell berechneten Werte mit dem Parametersatz identifiziert aus Prüfsequenz „Sol A“ bzw. „Sol B“ und die gemessenen Daten.
oben: Warmwasser-Austrittstemperatur aus dem Speicher
unten: Elektrische Energieaufnahme des Verdichters

In der Tabelle 2 sind die Ergebnisse des Kreuzvergleichs dargestellt. Darin ist Q_{Load} die aus dem Speicher entnommene Energiemenge, W_{el} die elektrische Energieaufnahme des Verdichters, $\varepsilon_{QLoad,}$ die relative Abweichung zwischen gemessener und berechneter Energiemenge, die aus dem Speicher entnommen wurde (vergl. Gleichung 1) und ε_{Wel} die relative Abweichung zwischen gemessener und berechneter Energieaufnahme des Verdichters (Vergleiche Gleichung 2).

$$\varepsilon_{Qload} = \frac{Q_{Load,calc} - Q_{Load,meas}}{Q_{Load,meas}} \qquad [1]$$

$$\varepsilon_{Wel} = \frac{W_{el,calc} - W_{el,meas}}{W_{el,meas}} \qquad [2]$$

Tabelle 2: Ergebnisse der Validierung des Modells mit dem Kreuzvergleich

	Q_{Load} [kWh]	ε_{QLoad} [%]	W_{el} [kWh]	ε_{Wel} [%]
Prüfsequenz A(Dauer 168 h)				
Messung	67.75	-	25.51	-
Parameter aus „Sol A“	67.74	$1.5\ 10^{-4}$	24.70	-3.2
Parameter aus „Sol B“	70.47	4.0	24.19	-5.2
Parameter aus „Sol A“ und „Sol B“	67.81	0.1	24.87	-2.5
Prüfsequenz B (Dauer 168 h)				
Messung	69.44	-	28.81	-
Parameter aus „Sol A“	66.70	-3.9	28.04	-2.7
Parameter aus „Sol B“	69.65	0.3	27.72	-3.8
Parameter aus „Sol A“ und „Sol B“	67.28	-3.1	28.11	-2.4

Die Ergebnisse des Kreuzvergleichs zeigen, dass zwischen Simulation und Messung eine maximale Abweichung von etwa 5 % auftritt. Diese Abweichung liegt damit etwa im gleichen Bereich, wie sie auch bei der Anwendung des „ursprünglichen“ DST-Verfahrens auftritt.

5.2 Überprüfung des Modells anhand zusätzlichen Prüfsequenzen

Bei diesem Test wird das Modell anhand weiterer Prüfsequenzen, die zusätzlich zu den Prüfsequenzen „Sol“ und „Store“ durchgeführt worden sind, überprüft. Wie beim Kreuzvergleich werden die Systemparameter aus der Prüfsequenz „Sol A“, „Sol B“ bzw. aus „Sol A“ und „Sol B“ ermittelt. Anschließend werden mit diesen Parametersätzen die zusätzlichen Prüfsequenzen nachsimuliert und die Ergebnisse aus der Simulation mit den Messergebnissen verglichen. In der Tabelle 3 sind die wesentlichen Ergebnisse aufgelistet. Mit allen drei Parametersätzen kann das Systemverhalten gut wiedergegeben werden mit einer maximalen Abweichung von unter 7 %.

Tabelle 3: Ergebnisse aus der Validierung des Modells mit weiteren Prüfsequenzen

	Q_{Load} [kWh]	ε_{QLoad} [%]	W_{el} [kWh]	ε_{Wel} [%]
Prüfsequenz 1 (Dauer 75 h)				
Messung	17.67	-	7.77	-
Parameter aus „Sol A“	18.07	2.3	7.83	0.8
Parameter aus „Sol B“	18.05	2.2	7.57	-2.6
Parameter aus „Sol A“ und „Sol B“	17.90	1.3	7.72	-0.6
			Prüfsequenz 2 (Dauer 96 h)	
Messung	24.63	-	8.82	-
Parameter aus „Sol A“	24.62	-0.04	8.50	-3.6
Parameter aus „Sol B“	24.64	0.04	8.22	-6.8
Parameter aus „Sol A“ und „Sol B“	24.30	-1.3	8.40	-4.8

5.3 Überprüfung des Modells anhand von Jahressimulationen

Ziel der Leistungsprüfung ist es das thermische Verhalten der Anlage im Verlauf eines Jahres voraus berechnen zu können und damit Informationen zum Jahresenergieertrag zu erhalten. Um die Sensitivität der Systemparameter auf die Ergebnisse von Jahressimulationen zu ermitteln, wurden mit den Parametersätzen aus der Prüfsequenz „Sol A“, „Sol B“ bzw. aus „Sol A“ und „Sol B“ Jahressimulationen für definierte Randbedingungen (Standort Würzburg, Davos, Stockholm, Athen, Lissabon) und Zapf-

profile (140 l/d, 170 l/d, 200 l/d, 250 l/d) durchgeführt. Die mit den verschiedenen Parametersätzen berechnete elektrische Energieaufnahme des Verdichters, die im Verlauf eines Jahres benötigt wird, um den Wärmebedarf zu decken, wird als Vergleichskriterium herangezogen. In der Tabelle 4 sind exemplarisch die Ergebnisse für den Standort Würzburg dargestellt. Der Wert ε_{Wel*} beschreibt die relative Abweichung zwischen den Ergebnissen ermittelt mit den Parametern aus „Sol A“ bzw. aus „Sol B“ und den Ergebnissen berechnet mit den Parametern aus „Sol A“ und „Sol B“ (Vergl. Gleichung 3).

$$\varepsilon_{Wel*} = \frac{W_{el,A\ bzw.B} - W_{el,A\ bzw.B}}{W_{el,AB}} \qquad [3]$$

Tabelle 4: Ergebnisse der Validierung des Modells mit Jahressimulationen

Warmwasserbedarf	Parameter aus „Sol A“		Parameter aus „Sol B“		Parameter aus „Sol A“ und „Sol B“	
	W_{el} [kWh]	ε_{Wel*} [-]	W_{el} [kWh]	ε_{Wel*} [-]	W_{el} [kWh]	ε_{Wel*} [-]
140 l/d	1 424	- 1.02	1 321	6.29	1 410	-
170 l/d	1 607	- 0.91	1 490	6.41	1 593	-
200 l/d	1 783	- 0.87	1 654	6.45	1 767	-
250 l/d	2 052	- 0.96	1 902	6.40	2 032	-

Die relative Abweichung zwischen den Parametersätzen für weitere Standorte (Davos, Stockholm, Athen, Lissabon) und Zapfprofile liegen in einem vergleichbaren Bereich wie in Tab. 4 für Würzburg angegeben. Die Simulationen zeigen, dass die bei Jahressimulationen ermittelten Werte weitgehend unabhängig von der Wahl des Parametersatzes vergleichbare Ergebnisse liefern mit Abweichungen von unter 7 %.

6 Zusammenfassung

Am ITW wurde ein Prüfverfahren zur thermischen Leistungsprüfung von Solaranlagen mit in den Kollektorkreislauf integrierter Wärmepumpe entwickelt. Integraler Bestandteil des Verfahrens ist ein ebenfalls am ITW entwickeltes Simulationsmodell zur Beschreibung des thermischen Verhaltens derartiger Anlagen das es ermöglicht den Jahresenergieertrag für definierte Randbedingungen vorauszuberechnen. Damit ist es nun erstmals möglich Solaranlagen mit in den Kollektorkreislauf integrierter Wärmepumpe mit anderen Systemen zur Trinkwassererwärmung hinsichtlich ihrer Primärenergieeinsparung zu vergleichen und zu bewerten.
Insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Verbreitung von Solaranlagen kombiniert mit Wärmepumpen in Deutschland und Europa ist es wichtig, weit akzeptierte Testverfahren und Standards zu etablieren, mit denen es möglich ist die thermischen Leistungsfähigkeit dieser Systeme zu ermitteln. Unbedingt erforderlich sind auch einheitliche Kennzahlen für die Bewertung und den Vergleich dieser Anlagen hinsichtlich der thermischen Leistungsfähigkeit und der erzielten Primärenergieeinsparung. Ziel der Arbeiten am ITW ist es, die Entwicklungen auf diesem Gebiet voranzubringen und die Ergebnisse direkt in die IEA SHC Task 44 (solar and heat pump systems) einzubringen.

7. References

/1/ ISO 9459-5:2007: „Solar heating - Domestic water heating systems - Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation

Evaluation of Solar Combisystems – Overview and Methodology

Jens Ullmann, Harald Drück, Barbara Mette, Hans Müller-Steinhagen

Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany, ullmann@itw.uni-stuttgart.de

Abstract

Increasing market development of solar combisystems can help to reduce primary energy demand of buildings and hence emission of green house gases. To support this market development it is important to strengthen the consumer confidence in solar combisystems. An important aspect for achieving this goal is to ensure the performance and quality of the systems under real operating conditions. In the three year project "CombiSol – Standardisation & Promotion of Solar Combisystems" which is supported by Intelligent Energy Europe, 45 solar combisystems installed in 4 European countries (Germany, France, Austria and Sweden) are evaluated in terms of qualitative inspection and in-situ monitoring. The objective is to gather information on the installation quality and the thermal performance of solar combisystems under real operating conditions and to compare them to results from laboratory testing. This paper presents an overview of the different evaluation aspects as well as first evaluation results.

1. Introduction

Solar combisystems (in the following SCS), are thermal solar systems for both domestic hot water preparation and space heating. An increasing market share of these systems will help to achieve the objectives of the energy action plan of the European Union with regard to the reduction of primary energy demand and the emission of green house gases. In order to accomplish this market enhancement of solar combisystems, the European project "CombiSol – Standardisation & Promotion of Solar Combisystems", supported by the European Commission via the program Intelligent Energy Europe (IEE) was set up. Over a period of three years from December 2007 to December 2010, experts from research, test institutes and industry will work on the following aspects:

- Improvement of consumer confidence in SCS by providing information on the energy efficiency of the systems based on laboratory testing and in-situ measurement
- Elaboration of laboratory test procedures for an objective assessment of SCS
- Promotion of improved quality for newly installed systems.

One major work package in the project is hence the holistic evaluation of solar combisystems. This evaluation comprises a qualitative and quantitative evaluation. Within the qualitative evaluation, the installation quality of the SCS is determined by an on-site inspection of an installed SCS. Within the quantitative evaluation, the thermal performance is determined by in-situ measurement of installed SCS over a time period of one year. The quantitative evaluation comprises the laboratory determination of the thermal performance of not installed SCS as well. The correlation between the qualitative evaluation results and in-situ monitoring results will reveal potential failures during installation and provide important information on the influence of the installation quality on the

thermal performance of SCS. This will help to establish recommendations for manufactures and installers, to improve the design of SCS and to reduce risks of bad installations.

This paper will give an overview of the evaluation procedures, explain the methodology in detail and introduce first results of the evaluation.

2. Evaluation of solar combisystems

The large variety of SCS offered on the market, the differences in the integration of the SCS in the heating system and the deviation in installation quality make it difficult to predict the energy savings that will be achieved by a SCS under real operating conditions. The degree of prefabrication of the components has improved, but the installation quality is still an important factor influencing the thermal performance of SCS. In this context the term **installation quality** includes all aspects of installation such as the interconnection of different system components, insulation and controller settings. As SCS are often integrated into existing heating systems the quality of installation cannot be determined by laboratory testing but has to be investigated on the basis of data collected from systems installed in real buildings. For the evaluation of the installation quality, guidelines have been elaborated within the CombiSol project [1]. Furthermore guidelines for the collection of thermal performance indicators such as the fractional energy savings [2] were prepared.

The complete evaluation procedure therefore comprises a qualitative and quantitative evaluation (see Fig. 1). The qualitative evaluation gives information on the specific installation characteristics (e.g. the quality of the thermal insulation) and hence enables the correlation between laboratory and operating conditions. The quantitative evaluation provides information on the thermal performance of the combisystems by means of measurement data taken under real operating conditions (In-situ measurements) as well as under laboratory conditions.

This holistic approach of qualitative and quantitative evaluation allows the correlation between the thermal performance of combisystems under laboratory and under real operating conditions by comparing the differences in the thermal performance indicators.

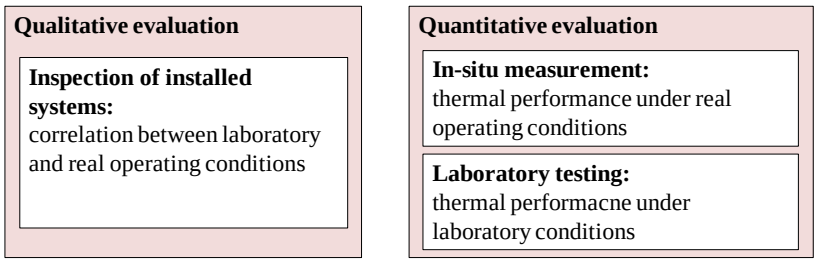


Fig. 1. Qualitative and quantitative evaluation procedures

2.1. Qualitative Evaluation

Despite the fact that the level of prefabrication has developed strongly installers still have to interconnect a lot of different components when installing a SCS at the construction site. The qualitative evaluation of SCS can help to identify key hurdles that may cause lower thermal

performance of the system than possible. The results can be used for improving the prefabrication of components for SCS as well as the installation manual and help to avoid mistakes during installation of SCS. The quality of installation is determined during on-site inspections of SCS where the combisystems are examined using standardized checklists.

The qualitative evaluation comprises the collection of data specific for the locations like the number of persons living in the house, or the heated floor area and the specific data of the combisystems. The specific data of the combisystems include the main components as the solar collector, solar circuit including solar heat exchanger, heat store, auxiliary boiler, domestic hot water preparation and space heating as well as the piping, the thermal insulation and controller settings.

2.2. In-Situ Monitoring

In the project CombiSol 45 installed combisystems are assessed by in-situ measurements over a time span of one year. The aim is to get information on the thermal performance of the complete heating systems under real dynamic operating conditions. One important aspect to be kept in mind concerning the analysis of the measurement data is the fact, that SCS are only one part of the whole heat distribution system in a building. It is therefore important to take the complete heat distribution system of a building into account for the assessment of the data. Hence corresponding guidelines were elaborated for in-situ measurements and data assessment of SCS within the framework of the CombiSol project. Fig. 2 depicts the principle hydraulic scheme of a combisystem with the elaborated measurement points included.

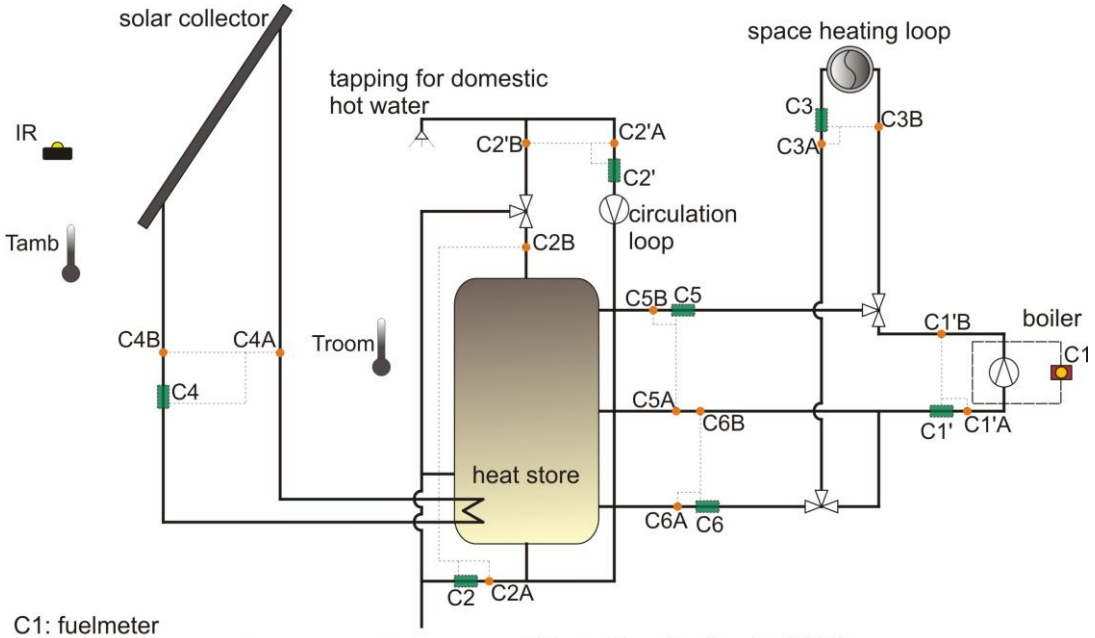


Fig. 2. Principle scheme of combisystems hydraulics including measurement points and corresponding locations

The measurement of all heat fluxes depicted in Fig. 2 enable the determination of the systems performance (e.g. the fractional energy savings) and the performance of the different components. Due to the fact that measurement data are collected every minute, potentials for improvement can be derived not only from the overall energy balances but also from the investigation of the system behaviour in detail.

2.3. Laboratory Testing

As the reliable prediction of the thermal performance of solar combisystems is one of the major aspects concerning the market development, the further development of test methods for SCS is one of the major workpackages of the CombiSol project. In order to determine the influence of the installation quality, combisystem concepts are evaluated both by in-situ measurement and laboratory testing. The qualitative evaluation will give indications for differences in thermal performances. Two different test methods are applied during the CombiSol project in order to predict the thermal performance of different solar combisystem concepts. The parameters of performance assessment are e.g. the fractional energy savings (f_{sav}).

With the component based CTSS (Component Testing - System Simulation, according to ENV 12977-2) method, previously developed by ITW (Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering) the thermal performance of SCS is predicted on the basis of physical short term tests, performed for the main system components [3]. Based on the parameters determined for the different components from those tests, the annual thermal performance of the complete system is predicted for defined reference conditions (e.g. meteorological data, load profiles) by using a component-based simulation program such as TRNSYS [4].

By the black box approach based on the CCT (concise cycle test) method, which was originally developed by SPF (Solartechnik, Prüfung Forschung), and further developed by INES (Institute National de l´Énergie Solaire) the complete SCS is physically tested (except collector) under laboratory conditions [5]. In order to predict the annual thermal performance of a combisystem without a test sequence lasting one complete year, 12 characteristic test days were defined. The annual thermal performance is extrapolated from the 12 day test results.

3. Evaluation Results

Since the aim of the evaluation is to provide information on the correlation between the thermal performance under real operating conditions and laboratory conditions, in the course of the CombiSol project the same system concepts were evaluated using the qualitative evaluation, in-situ monitoring and laboratory testing. Since the CombiSol project is still ongoing no in-situ measurement data is available for one complete year. Hence in the following the comparison will be based on preliminary results for two system configurations.

Both systems are installed in single family houses within 100 km around Stuttgart, Germany. The first combisystems (SCS1) supplies heat for 3 inhabitants and a heated living area of 100 m^2 with a total collector aperture area of 9 m^2 and a heat store volume of 750 l. The second combisystem (SCS2) supplies heat for 4 inhabitants and a heated living area of 190 m^2 with a total collector aperture area of 13.96 m^2 and a heat store volume of 1000 l.

3.1. Qualitative Evaluation Results

Since the qualitative evaluation should, if existent, indicate reasons for lower thermal performance than possible, the thermal insulation of the complete system is one of the most important aspects during this evaluation part. The components are mostly prefabricated, hence the focus is on the piping and the interconnections between the components. One example from the qualitative evaluation is discussed below.

Fig. 1 shows a well insulated (left) and a not insulated connection at the heat store (right). The not insulated heat store connection is at the top of the heat store where the backup volume for domestic hot water preparation is located. Due to natural convection within the connecting pipe and also due to the high thermal conductivity of copper used as piping material the pipes are in the same temperature range as the set temperature of the backup volume for domestic hot water preparation. This implicates constant high heat losses throughout the whole year, causing a direct increase in energy demand and hence a decrease in thermal performance of the complete system.

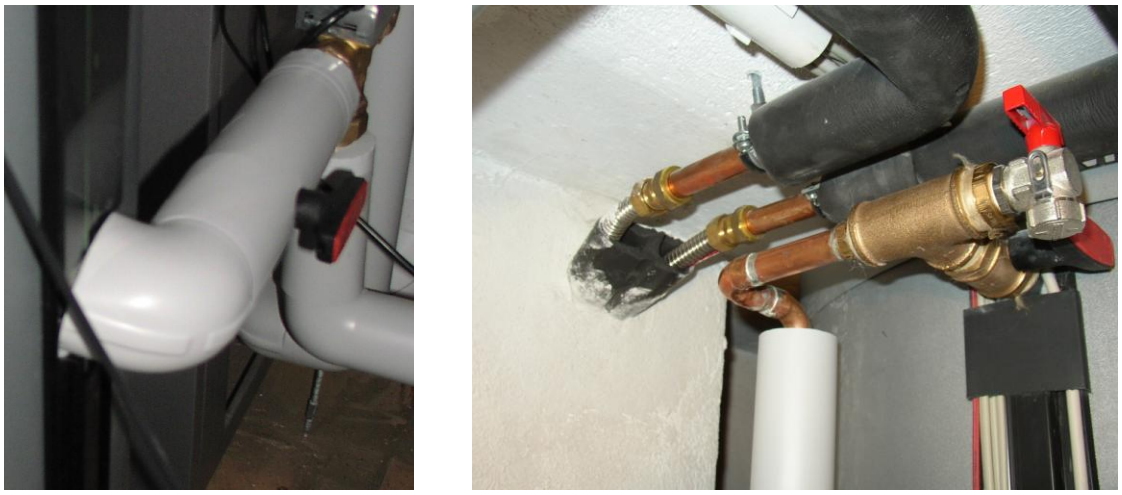


Fig. 3. Insulation of the heat store connections, well done (left side) and missing (right side)

3.2. In-situ Monitoring Results

Since the CombiSol project is still ongoing and so far there are no in-situ monitoring results available for one complete year in Germany, some exemplary monitoring results are presented below. Table 1 shows the results of two evaluated combisystems for the one month of April 2010; the measurement points and quantities are indicated in Fig. 1.

Table 1. results of in-situ monitoring for two combisystems (SCS1 and SCS2) for April 2010

Measurement point	SCS1	SCS2
Mean inside air temperature (at heat store) [°C] (T_{room})	20.8	28.6
Mean outside air temperature [°C] (T_{amb})	11.7	11.5
Total space heating demand [kWh] (C3)	883	1871
Domestic hot water demand [kWh] (C2)	154	30

Domestic hot water circulation loop losses [kWh] (C2')	140	107
Total auxiliary energy at the boiler outlet [kWh] (C1')[1]	706	1372
Irradiation [kWh/m^2] (IR)	- (not measured)	141
Total collector gain (transferred into store) [kWh] (C4)	560	487[2]

First results show satisfactory performance (fractional energy savings of 41.2 % for SCS1 and 32.4 % for SCS2) of the combisystems as well as some indications for possible improvement. Those indications are drawn from e.g. energy balances or further examination of the measurement results using higher time resolutions. In the following some aspects for improvement are described exemplary.

The high inside air temperatures for SCS2 (see table 1) indicates potential for the reduction of the overall heat losses. This indication was recognised during the qualitative evaluation as well (see Fig. 4 right side). Next to those constant heat losses, further examination of the inside air temperature showed an increasing temperature during times of high space heating demands. Fig. 4 depicts parts of the space heating distribution system (left side) and the room temperature with the corresponding space heating demand (right side). The quick increase in the room temperature during high space heating demands implicates high thermal losses of the space heating distribution system in the room where the store is located. Hence the missing insulation of the piping can be identified as a potential for improvement in the thermal performance of this system. The pulsing of the measured heat demand for space heating (fig. 4 right side) is due to the same flow temperature of the floor and radiator heating circuit. This is due to the both circuits being connected to the boiler without a hydraulic separator including such a device also offers potential for improvement.

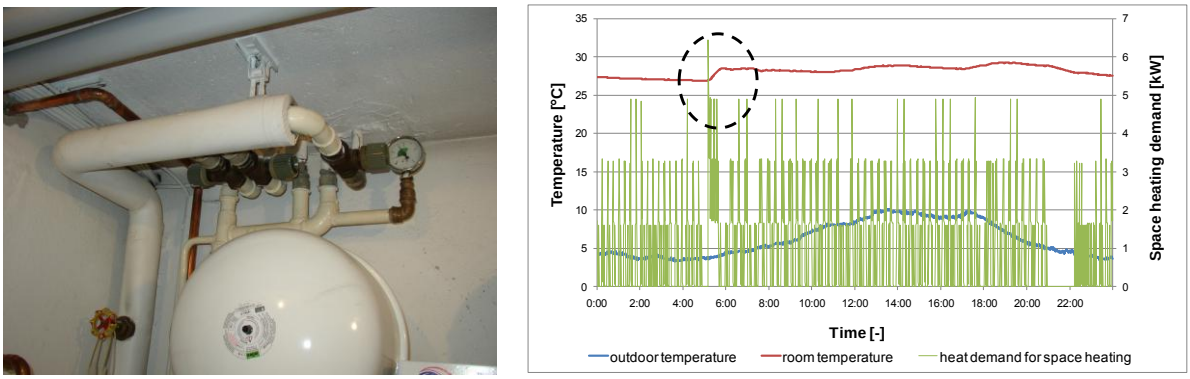


Fig. 4. Space heating distribution system (left side) and space heating demand with corresponding room temperature (right side)

3.3. Laboratory Testing Results

For the comparison of the two different test methods, the same combisystem concepts as represented by SCS1 and SCS2 was used. Their thermal performance was determined by applying the CTSS and the CCT test method using the same boundary conditions for both methods. Those boundary

[1] Value calculated from C3, C5 and C6
[2] Measured data not reliable due to problems with flowmeter (values are too low)

conditions include e.g. the total collector area, the total heat store volume as well as the same set temperature for the backup volume for domestic hot water preparation. The component parameters (for the CTSS method) were determined according to EN 12975 (collector), ENV 12977-3 (heat store) and CEN/TS 12977-5 (controller). The system simulation for the CTSS method was performed according to ENV 12977-2 [4].

Since the system tests according to both test methods are still ongoing there are no final results available at the moment. However, first exemplary results determined with the CTSS method are shown below for SCS2. In order to assess the quality of the system simulations being an integral part of the CTSS method, the results of the system simulations (according to the CTSS method) are compared to the corresponding measurement data. For this comparison, the system setup of SCS2 was implemented in the transient simulation program TRNSYS. The system simulations were performed using the boundary conditions of the in-situ monitored system as a basis. These include not only the main component parameters resulting from the individual tests of the components but also the real load and weather conditions (e.g. the measured space heating load or the irradiance).

The results from the measurements and from the system simulation of SCS2 for April 2010 are depicted in table 2. The total auxiliary energy demand determined by the system simulation shows with a deviation of –1,75 % a very good agreement with the measured data. The deviation concerning the collector gain is based on the unreliable measurement data due to problems with the flow meter in the collector circuit (see also table 1).

Table 2. Measurement data and simulation results of SCS2 for April 2010

Measurement point	Measurement	Simulation	Deviation [%]
Total auxiliary energy at the boiler outlet [kWh] (C1')	1372	1348	-1,75
Total collector gain (into storage tank) [kWh] (C4)	487[3]	726	(49,18)

Apart from the deviations based on problems with the measurement equipment in the collector loop, the simulation of the system shows good agreement with the system at installation site. Hence the simulation model in combination with the specific component parameters used for the CTSS method is very applicable for the prediction of the thermal performance of combisystems.

Annual system simulations according to the CTSS method for this combisystem applying reference boundary for weather (Würzburg) and load profiles as specified in CEN/TS 12977-1 result in fractional energy savings of 25.7 % .

4. Conclusion

During the course of the CombiSol project several solar combisystems are evaluated applying the holistic evaluation procedure described above. First evaluation data indicate a satisfactory performance of the evaluated combisystems. But also some potential for improvements could be detected based on first in-situ measurement results. Starting points in this context are the solar thermal systems itself such as e.g. the thermal insulation of the heat store, but also the heat distribution system of the building e.g.

[3] Measured data not reliable due to problems with flowmeter (values are too low), see table 1

with regard to the temperature level. First results from the laboratory test method CTSS show good accordance with the behaviour of the systems under real operating conditions. This implicates a good capability of the test method to predict the thermal performance of solar combisystems for specific boundary conditions in a realistic way. The holistic evaluation methodology presented hence enables the correlation between thermal performances of combisystems under laboratory and real operating conditions. This correlation will help to determine the impact of the installation quality on the thermal performance of SCS.

References

[1] Dagmar Jähnig, Alexander Thür, Johann Breidler, Gabriele Kuhness: "D5.1: Standard procedure describing how to evaluate solar Combisystems", CombiSol project deliverable, www.combisol.eu

[2] Thomas Letz, Chris Bales, Johann Breidler, Barbara Mette: "D4.1: Specifications for monitoring, collection and evaluation of results", CombiSol project deliverable, www.combisol.eu

[3] H. Drück, S.Bachmann; "Performance Testing of Solar Combisystems – Comparison of the CTSS with the ACDC Procedure", IEA SH&C Task 26 Experts meeting, April 2002, Oslo

[4] H. Drück, H. Müller-Steinhagen; "Comparison Test of Thermal Solar Systems for Domestic Hot Water Preparation and Space Heating", Proceedings EuroSun 2004, Page 214-220, June 20 to 23, ISBN 3-9809656-0-0

[5] M. Albaric, J. Nowag and P.Papillon; "Thermal performance evaluation of solar Combisystems using a global approach", Eurosun 2008, 1st international Congress on Heating, Cooling and Buildings, October 7-10, Lisbon, Portugal

Further information to the Project "CombisSol" is available in the Internet via: www.combisol.eu

Acknowledgement

The work described in this paper is partly funded by European Commission within the Program "Intelligent Energy Europe" under grant number EIE/07/295. The authors gratefully thank for this support and carry the full responsibility of the content of this publication.

Untersuchung verschiedener Verschaltungsvarianten bei modularen Speichersystemen

J. Ullmann, S. Bachmann, H. Drück, H. Müller-Steinhagen
Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Tel.: 0711/685-63536, Fax:0711/685-63503
Email: ullmann@itw.uni-stuttgart.de

U. Leibfried, B. Sitzmann
Consolar Solare Energiesysteme GmbH, Gewerbestr. 7, D-79539 Lörrach
Tel.: 07621/42 22 8-30, Fax: 07621/42 22 8-31
Email: info@consolar.de

Einleitung

Bei der Installation von Solaranlagen sind insbesondere im Gebäudebestand die Aufstell- und Einbringmöglichkeiten für große Warmwasserspeicher häufig durch den bereits vorhandenen Baukörper beschränkt. Neben dem Aufbau von großen Stahl- oder Kunststoffspeichern vor Ort, der nur von Spezialfirmen mit relativ großem Zeit- und Kostenaufwand bewerkstelligt werden kann, bleibt nur die Möglichkeit des Einsatzes von mehreren kleinen Speichern. Durch die Realisierung eines großen Speichers auf der Basis von mehreren kleineren Speichermodulen kann die Einbringung gegenüber herkömmlicher Technik wesentlich verbessert werden. Durch die Realisierung größerer Stückzahlen können die spezifischen Kosten der einzelnen Speichermodule gesenkt werden.
Bei der Verwendung von mehreren einzelnen Speichern bzw. Speichermodulen stellt sich allerdings die Frage der hydraulischen Verschaltung der einzelnen Speicher. Prinzipiell können sie parallel, seriell oder (bei größerer Anzahl) durch eine Kombination aus beiden Varianten hydraulisch verschaltet werden. Um den Einfluss der verschiedenen Verschaltungsarten auf die Wärmeverluste und die anteilige Energieeinsparung zu ermitteln, wurden verschiedene Verschaltungsvarianten auf der Basis von Simulationsrechnungen mit den Programmen EES (Engineering Equation Solver) und TRNSYS (Transient System Simulation Program) untersucht.

Verschaltung von Speichern

Für die Realisierung großer Speichervolumina gibt es einige zentrale Aspekte, aus denen sich ein konkretes Konzept ableiten lässt. Dies sind: Anzahl der Speicher (großer Einzelspeicher oder mehrere kleinere Speicher), Form der Speicher (zylindrisch oder z.B. kubisch), Wärmedämmung (Dämmung jedes Speichers oder die Wärmedämmung des Gesamtspeichers), hydraulische Verschaltung (Parallel- oder Reihenschaltung bzw. eine Kombination davon) und die geometrische Anordnung der Speichermodule zueinander. Die geometrische Anordnung ist vor

allem für die Wärmeverluste von großer Bedeutung, gibt aber teilweise auch die hydraulische Verschaltung vor. Die Verschaltungen unterscheiden sich vor allem in der Anordnung der drei Speicherbereiche Bereitschaftsvolumen (für Trinkwasser), Pufferbereich (für Raumheizung) und Solarteil. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine Parallelschaltung und eine Reihenschaltung [1]. Bereitschaftsvolumen, Pufferbereich und Solarteil sind bei der Reihenschaltung vertikal nebeneinander angeordnet, bei der Parallelschaltung horizontal übereinander. Hier wird die deutlich aufwändigere hydraulische Verschaltung der Parallelschaltung deutlich.

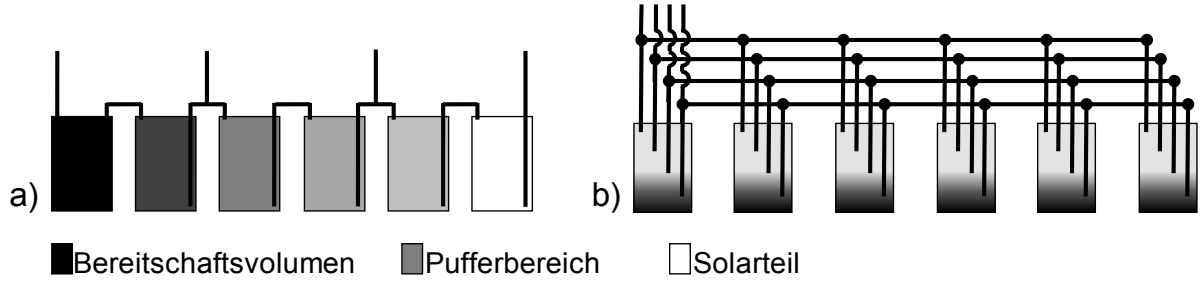


Abbildung 1: Reihenschaltung a) und Parallelschaltung b)

Im Folgenden wird der Einfluss der Verschaltung sowohl auf die Wärmeverluste als auch auf die anteilige Energieeinsparung untersucht. Dabei wird auch die Form des Speicherkonzepts berücksichtigt. Abbildung 3 zeigt die untersuchten Speicherkonzepte, die mit einander verglichen werden.

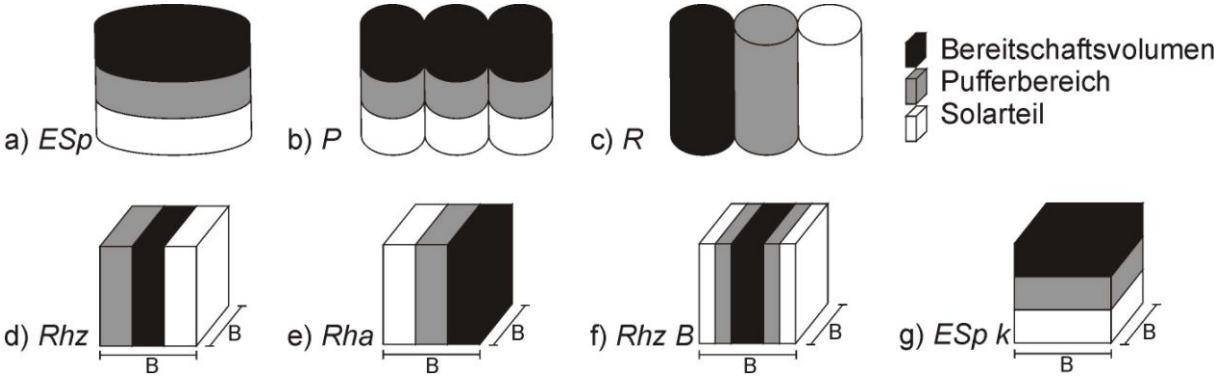


Abbildung 2: Speicherbereiche für a) Einzelspeicher *ESp*, b) Parallelschaltung *P*, c) Reihenschaltung *R*, d) Reihenschaltung (kubisch) mit Bereitschaftsvolumen in der Mitte *Rhz*, e) Reihenschaltung (kubisch) mit Bereitschaftsvolumen außen *Rha*, f) Reihenschaltung kubisch mit Bereitschaftsvolumen in der Mitte und geteiltem Pufferbereich und Solarteil *Rhz B*, g) kubischer Einzelspeicher *ESp k*

Hier stellen vor allem die Konfigurationen mit quadratischer Grundfläche d, e und f eine potentielle Anordnung für ein modulares Speichersystem mit einer Gesamtwärmedämmung dar. Die Besonderheit bei Anordnung f ist die symmetrische Aufteilung von Pufferbereich und Solarteil. Dies führt zu geringeren Temperaturdifferenzen zwischen den benachbarten Speicherbereichen, aber auch zu größeren Kontaktflächen. Für die Untersuchungen hinsichtlich Wärmeverluste und anteiliger Energieeinsparung werden ausschließlich Speicher mit einem Gesamtvolumen von 750 l (je 250 l für Bereitschaftsvolumen, Pufferbereich und Solarteil) betrachtet.

Einfluss der Verschaltung auf die Wärmeverluste

Zur Untersuchung der Verschaltungsvarianten im Hinblick auf die Wärmeverluste werden im Folgenden die drei für ein kubisches Speicherkonzept geeigneten Varianten (d, e und f aus Abbildung 2) verglichen. Hierfür sind zum Einen die Wärmeverluste an die Umgebung und zum Anderen die Wärmeströme zwischen den einzelnen Speicherbereichen von Interesse. Zur Untersuchung des Einflusses der Wärmeverluste werden zunächst die Gesamtspeicher bestehend aus den drei Speicherbereichen während des Stillstands betrachtet. Als Anfangstemperaturen werden für das Bereitschaftsvolumen 60 °C, den Pufferbereich 50 °C und den Solarteil 40 °C angenommen. Diese Temperaturen wurden als Mitteltemperaturen aus Jahressimulationen einer *typischen* Solaranlage mit diesem Speichervolumen mit TRNSYS ermittelt. Die Umgebungstemperatur wird mit konstant 15 °C angenommen. Für die Speicherbereiche wurden einheitliche Temperaturen angenommen und deren Verlauf mit Hilfe des Programms EES berechnet. Für die Wärmedämmung nach außen, d.h. zur Umgebung wurde einheitlich mit k = 0,5 W/(m^{2}K), dies entspricht ca. 10 cm Weichschaum, gerechnet. Die Temperaturverläufe wurden einmal für den Fall mit Wärmedämmung (k = 0,5 W/(m^{2}K)) zwischen den Speicherbereichen und einmal ohne Wärmedämmung (k = 22 W/(m^{2}K), entspricht einer Wandstärke von ca. 1 cm des Materials Polypropylen) zwischen den Bereichen berechnet.

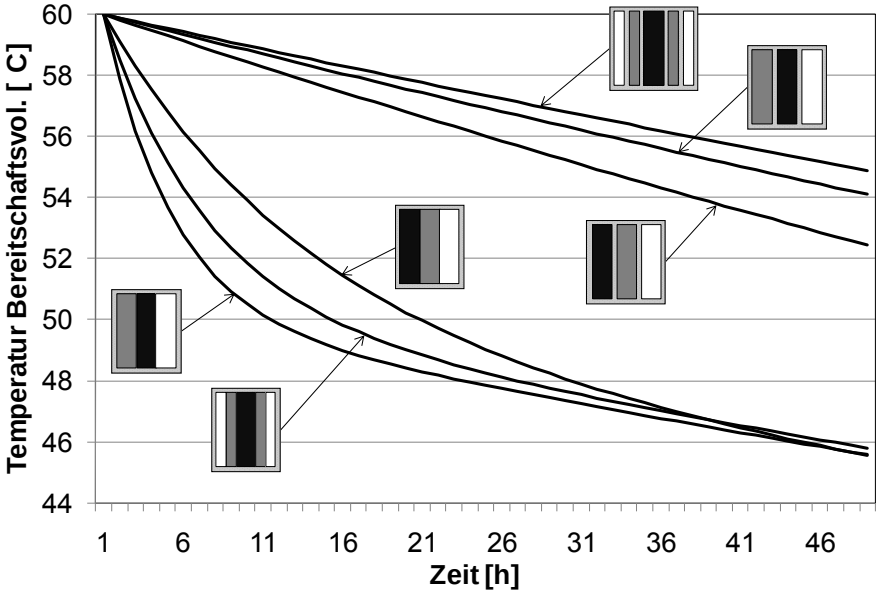


Abbildung 3: Temperaturverläufe der Bereitschaftsvolumina (schwarz) für die Varianten *Rha*, *Rhz* und *Rhz B* aus Abbildung 1 - Pufferbereich (grau) und Solarteil (weiß) - mit und ohne Wärmedämmung (schraffiert)

Die Temperaturverläufe der Bereitschaftsvolumina sind in Abbildung 3 dargestellt, die der Solarteile in Abbildung 4. Es wird deutlich, dass der Temperaturverlauf im Bereitschaftsvolumen stark von der Wärmedämmung zwischen den Speicherbereichen, aber auch deutlich von deren Anordnung zueinander abhängig ist. Ist das Bereitschaftsvolumen in der Mitte angeordnet und befindet sich zwischen

den einzelnen Modulen keine Wärmedämmung, so sinkt die Temperatur am schnellsten. Grund dafür ist die starke Aufheizung des Solarteils durch das Bereitschaftsvolumen bzw. den Pufferbereich (vgl. Abbildung 4). Sie kann durch die Anordnung des Bereitschaftsvolumens außen am Speicher, d.h. ohne Kontakt zum Solarteil sowie eine Wärmedämmung zwischen den Speichermodulen, verringert werden.

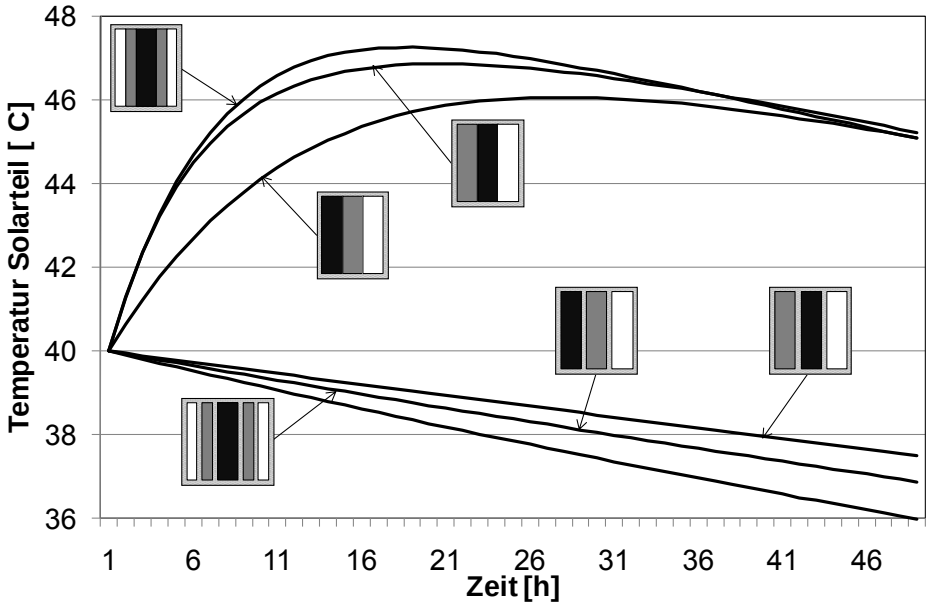


Abbildung 4: Temperaturverläufe der Solarteile (weiß) für die Varianten *Rha*, *Rhz* und *Rhz B* aus Abbildung 1 – Bereitschaftsvolumina (schwarz) und Pufferbereich (grau) - mit und ohne Wärmedämmung (schraffiert)

Einfluss der Verschaltung auf die anteilige Energieeinsparung

Um den Einfluss der unterschiedlichen Verschaltungen auf die anteilige Energieeinsparung einer Kombianlage zu ermitteln, wurden für die unterschiedlichen Speicheranordnungen aus Abbildung 2 Jahressimulationen mit dem Programm TRNSYS durchgeführt. Die Simulationen erfolgten für eine Kombianlage in einem mit 4 Personen bewohnten Einfamilienhaus für den Standort Würzburg mit einer jährlichen Einstrahlungssumme von 1231 kWh/(m^2a). Der Wärmebedarf für die Trinkwassererwärmung beträgt bei einem Zapfvolumen von 200 Liter am Tag mit einer Temperatur von 45 °C jährlich 2945 kWh/a, der Wärmebedarf für die Raumheizung 9090 kWh/a. Die Kollektorfläche beträgt 13,9 m^2 (Kennwerte eines *guten* Flachkollektors) und das Speichervolumen 750 l. Dabei entfällt auf das Bereitschaftsvolumen, den Pufferbereich und den Solarteil je ein Volumen von 250 l. Die Geometrien der Speicher bzw. Speicherbereiche sind so gewählt, dass alle Speicher die gleiche Bauhöhe aufweisen. Zwischen den Speichern ist die gleiche Wärmedämmung wie zur Umgebung vorhanden. Die beim eingesetzten Rechenmodell für die Wärmeverluste relevante Umgebungstemperatur wird hier durch über die Fläche gewichtete Speicheraußentemperaturen bestimmt. Für die Untersuchung des Einflusses der Temperaturschichtung wurden die Simulationen sowohl mit festen Ein- und Austrittshöhen für alle Volumenströme als auch ideal

geschichtet (IS) durchgeführt. Die Simulationsergebnisse – anteilige Energieeinsparung f_{sav}, Systemnutzungsgrad η, Wärmeverluste Q_{loss} und Kollektorertrag Q_{sol} – sind in Tabelle 1 dargestellt.

Geometrie	Verschaltung gemäß Abb. 2	f_{sav} [%]	η [%]	Q_{loss} [kWh/a]	Q_{sol} [kWh/a]
zylindrisch	a) Einzelspeicher *ESp*	23,7	16,6	1437	3796
	b) Parallelschaltung *P*	19,0	13,4	2761	4532
	c) Reihenschaltung *R*	19,6	13,7	2651	4491
Kubisch	d) Reihe (heiß außen) *Rha*	22,5	15,7	1824	4025
	e) Reihe (heiß zentriert) *Rhz*	22,5	15,8	1756	3969
	f) Reihe (heiß zentriert) *Rhz B*	24,2	16,9	1369	3790
	g) Einzelspeicher *ESp k*	23,3	16,4	1546	3860
Ideal geschichtet					
Zylindrisch	a) Einzelspeicher *Esp;* IS	24,3	17,0	1431	3861
	b) Parallelschaltung *P;* IS	19,8	13,9	2755	4624
	c) Reihenschaltung *R;* IS	19,8	13,9	2626	4493
Kubisch	d) Reihe (heiß außen) *Rha;* IS	22,7	15,9	1814	4045
	e) Reihe (heiß zentriert) *Rhz;* IS	22,8	15,9	1751	3992
	f) Reihe (heiß zentriert) *Rhz; B* IS	24,5	17,1	1350	3805
	g) Einzelspeicher *ESp k;* IS	23,9	16,7	1537	3920

Tabelle 1: Anteilige Energieeinsparung (f_{sav}), Systemnutzungsgrad (η), Wärmeverluste der Speicher (Q_{loss}) und Kollektorertrag (Q_{sol}); Bezeichnungen der Verschaltungsvarianten siehe Abbildung 2

Für den einzelnen, großen, zylindrischen Speicher ergibt sich eine anteilige Energieeinsparung von 23,7 % bei Wärmeverlusten von 1437 kWh im Jahr. Für Anordnungen aus mehreren kleineren zylindrischen Speichern ergeben sich deutlich höhere Wärmeverluste. Zwar vergrößert sich dadurch auch der Solarertrag, die anteilige Energieeinsparung ist im Vergleich jedoch deutlich geringer. Ursächlich hierfür sind die größeren Wärmeverluste vor allem während der Übergangszeiten. Sie können nicht durch einen größeren Solarertrag ausgeglichen werden. Zwischen einer Parallel- und Reihenschaltung ergeben sich sowohl bei kubischen als auch bei runden Speichermodulen keine großen Unterschiede in der anteiligen Energieeinsparung, da die Wärmeverluste für beide Varianten ähnlich hoch sind. Die kubischen Speicheranordnungen (*Rha* und *Rhz*) weisen jedoch deutlich geringere Wärmeverluste (ca. 30 %) auf als vergleichbare Reihenschaltungen zylindrischer Speicher. Für die Variante *Rhz* sind die Wärmeverluste geringer als für Variante *Rha*. Der Kollektorertrag für Variante *Rhz* ist ebenfalls geringer als für Variante *Rha*, die anteilige Energieeinsparung ist deshalb für beide Varianten ähnlich. Insgesamt wird für diese beiden Varianten aber eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen zylindrischen Speicherverschaltungen durch eine höhere anteilige Energieeinsparung deutlich. Für die Variante *Rhz B* ergibt sich sogar eine deutliche Verbesserung gegenüber einem Einzelspeicher. Das lässt sich auf die geringeren Wärmeverluste bei nur gering sinkendem Kollektorertrag zurückführen. Das Bereitschaftsvolumen hat hier die kleinste Oberfläche zur Umgebung und ist vom Solarteil durch den Pufferbereich getrennt. Durch die großen Kontaktflächen

zwischen den Speicherbereichen hat diese Variante aber auch den größten Bedarf an Wärmedämmung und benötigt damit auch einen insgesamt etwas größeren Bauraum. Die Temperaturschichtung hat vor allem bei den parallel verschalteten Varianten einen deutlichen Einfluss auf die anteilige Energieeinsparung. Dabei wirkt sich eine ideale Schichtung allerdings nicht stark auf die Wärmeverluste aus, hat jedoch bei den parallel geschalteten Varianten eine deutliche Steigerung des Kollektorertrags zur Folge.

Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Untersuchung unterschiedlicher Verschaltungsvarianten zeigt sich ein großes Potential für Verschaltungen, bei denen zusätzlich zum Gesamtspeicher auch die einzelnen Speichermodule untereinander wärmegedämmt sind. Werden die Speicherbereiche untereinander nicht wärmegedämmt, sind die Wärmeströme zwischen den Speicherbereichen sehr groß, was sich negativ auf die erzielbare anteilige Energieeinsparung auswirkt. Anordnungen ohne Maßnahmen zur Vermeidung des Wärmeaustauschs zwischen den Modulen sind daher nur mit Parallelschaltung sinnvoll. Der Einfluss des im Vergleich zu einer zylindrischen Geometrie bei einer kubischen Form schlechtere Oberflächen-/Volumenverhältnises kann durch eine geeignete hydraulische Verschaltung (Reihenschaltung) und eine Wärmedämmung zwischen den Einzelnen Speichermodulen kompensiert werden. Bei den hier untersuchten Varianten führt der Einsatz von kubischen Speichermodulen, im Vergleich zu zylindrischen, zu besseren Ergebnissen für die thermische Leistungsfähigkeit der betrachteten solaren Kombianlage.
Für die Auswahl einer geeigneten Verschaltungsvariante mehrerer Einzelspeicher zu einem Wärmespeicher mit größerem Volumen ist die Frage der Nutzung dieses Wärmespeichers von entscheidender Bedeutung. Er kann z.B. für die Deckung hoher Lasten bei geringen solaren Deckungsanteilen oder für die Deckung niedriger Lasten bei hohen solaren Deckungsanteilen genutzt werden. Die Frage nach einer optimalen hydraulischen Verschaltung kann daher nicht allgemeingültig beantwortet werden. Für den Fall der hier untersuchten *typischen* Kombianlage führen die durchgeführten Untersuchungen jedoch zu aussagekräftigen Ergebnissen. Diese sollen im weiteren Verlauf des Projekts ModSto („Entwicklung eines modularen Speichersystems für kostengünstige solarthermische Kombianlagen mit hohen solaren Deckungsanteilen“) umgesetzt werden.

Literatur

[1] U. Leibfried, H. Drück, B. Sitzmann, „Modulares Speichersystem für solarthermische Kombianlagen (ModSto) - Anforderung und Konzeption“, Statuskolloquium Umweltforschung und Umwelttechnik Baden-Württemberg 2009

Danksagung:
Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Umweltministeriums Baden-Württemberg innerhalb des Förderprogramms "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS)" (Förderkennzeichen ITW Universität Stuttgart: BWE 28002, Consolar Lörrach: BWE 28001) gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA) betreut.

EuroSun 2010 – International Conference on Solar Heating, Cooling and Buildings
28.09.-01.10.2010 – Graz, Austria

New Solar Thermal Storage Concept
– Combined Hot Water and Sorption Store –

Rebecca Weber[1*], Henner Kerskes[1], Harald Drück[1] and Hans Müller-Steinhagen[1, 2]

[1] Institute for Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart, Germany

[2] Institute for Technical Thermodynamics (ITT), German Aerospace Center (DLR), Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Germany

[*] Corresponding Author, weber@itw.uni-stuttgart.de

Abstract

A new concept for solar thermal energy storage combining a conventional hot water store with a sorption store is being developed and investigated at the Institute of Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University of Stuttgart. The particular advantages of the two storage technologies – sensible heat and sorption – complement one another optimally. The hot water store is used as short-term store providing a high heat supply rate. The sorption store enables long-term storage almost without any losses. For this application long-term means several days or weeks. The combined hot water and sorption store intends to improve the performance and efficiency of a solar thermal system for domestic hot water preparation (DHW) and ensure heat supply entirely on a solar basis during the summer period. The fundamental adsorption and desorption behaviour has been determined by experiments on a sorption store in laboratory scale with a volume of about 4 litre. A full-scale prototype store, consisting of a sorption store with a volume of 100 litre inside a DHW store, is being constructed and will be monitored in laboratory.

1. Introduction

Energy storage is required to achieve a continuous supply of heat by solar thermal systems for domestic hot water, as solar radiation is subject to daily variations and fluctuations. To increase the solar fraction and the performance of solar thermal systems a new approach for the storage of solar thermal heat is pursued at the Institute of Thermodynamics and Thermal Engineering (ITW), University of Stuttgart, combining a common domestic hot water store with a sorption store.

In this concept the hot water store, as the conventional part, is used for short-term storage providing a high heat supply rate. The sorption store offers the advantage of long-term heat storage almost without losses. In times of high solar radiation, surplus heat can be stored. This heat can be released during low-radiation periods, where heat supply of the solar thermal system is not sufficient. In the context of this application long-term storage is not meant as seasonal but rather to bridge few days or weeks. Longer periods of adverse weather occur even during summer months and hence the available solar radiation for domestic hot water preparation is not sufficient after a couple of days as the only energy source, since a common solar hot water store for detached houses (approximately 300 litre) only allows a short-term storage for several days due to limited thermal capacity and energy losses.

The concept of the combined store ensures heat supply during summer completely on a solar basis. Furthermore an improved performance of the system results from the combination of a hot water and sorption store compared to a common solar thermal system solely containing a hot water store.

2. Sorption Store

Energy storage through sorption processes is based on the use of the adsorption enthalpy that is released when an adsorbate is adsorbed on an adsorbent, for example water vapour on zeolite. In an open sorption process humid air can be blown through the sorption material for instance. To regenerate the sorption material heat on high temperature level has to be delivered. With this technology the inserted energy can be stored for an arbitrary time.

Basic considerations and examinations on the combined hot water sorption store are carried out using the sorption material zeolite 4A. The properties of zeolite 4A are well-known. The material is manufactured commercially, is cost-efficient, robust and shows good adsorption properties.

In general the concept is not restricted to one single material. In the near future new materials are to be expected [1] and can be used as long as they have a high loading capacity at low partial pressures and a relatively low temperature level for desorption.

3. Combined Hot Water and Sorption Store

Previous research projects about sorption storage focused on space heating only [2], [3]. A direct coupling of a sorption store with a hot water store is investigated for the first time in this project.

In terms of its basic construction the presented system matches a typical solar thermal system for domestic hot water preparation as it is commonly used for detached houses in Germany. But as an essential difference the typical hot water store is replaced by a combined hot water and sorption store.

There are several advantages of this concept: On the one hand the connection to an existing heating installation can be maintained without modification. This results in simplified system integration. Furthermore the advantages of both of the two storage principles (sensible heat and sorption) can be combined in an ideal way. The hot water store offers a high heat transfer capacity and the sorption store heat storage of “surplus” heat almost without any thermal losses.

Stagnation in solar thermal systems usually occurs when irradiation exceeds the demand of heat and the hot water store is charged completely. In contrast to common systems where the “surplus” heat available during stagnation periods is not used, the system with a combined hot water sorption store uses the “surplus” heat to recover the sorption material. The sorption material remains in that state as long as it does not come into contact with water vapour. In times when the energy stored in the hot water tank cannot satisfy the demand of heat anymore, humid air is fed to the sorption material and the released heat is delivered to the hot water store. Thus a general disadvantage of solid materials stores, the relative low heat supply rate, becomes insignificant. The sorption store can release energy with low power over longer time to the hot water store that acts as a buffer store.

To obtain a loss-free storage, it is implied that losses from the sorption store are recovered within the system. Losses from the sorption store primarily occur during the desorption process. With regard to

this aspect an integration of the sorption store into the hot water store was identified as an efficient way, also keeping in mind a simple construction. In this concept the sorptive energy storage process can be realized as an open or a closed adsorption process in principle.

In a **closed** system adsorption is initiated by water vapour generated by evaporation of liquid water. Therefore an evaporator and condenser including a water tank are required to be part of the storage system. To facilitate evaporation in a temperature range of 20°C to 30°C degrees the process has to be performed at low pressure (20mbar). The energy needed for evaporation can be delivered by the solar collector, if an appropriate irradiation is available.

The **open** process is performed at ambient pressure. Water vapour for adsorption is provided by the humidity available in the ambient air. The air is blown through the sorption material by a fan. The pressure drop can be reduced e.g. by minimizing the way of the flow. This can be realized by a radial flow instead of an axial flow. With regard to a simple construction and cost-efficient production the open process offers clear advantages.

The adsorption and desorption process in an open sorption store are presented in figures 1 and 2. For discharge (adsorption) humid ambient air is blown through the coaxial pipe and passes through the packed bed of zeolite spheres. The radial concept reduces the pressure drop. Water vapour is adsorbed on the zeolite and adsorption enthalpy is released. The hot air enters the annular gap between the sorption material and the wall of the sorption store and flows along the wall, releasing heat to the surrounding water of the water store. The cooled air escapes through the pipe in the centre.

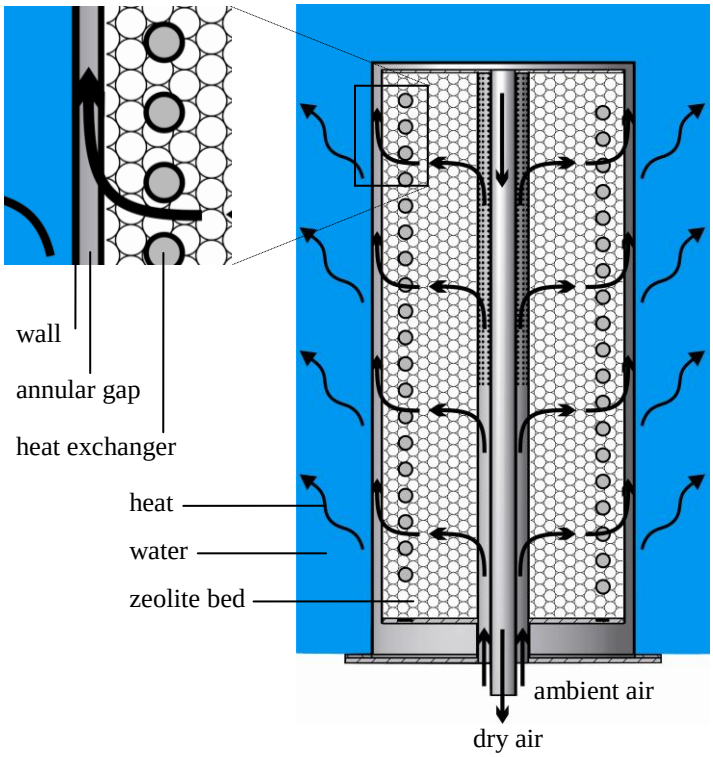


Fig. 1. Adsorption

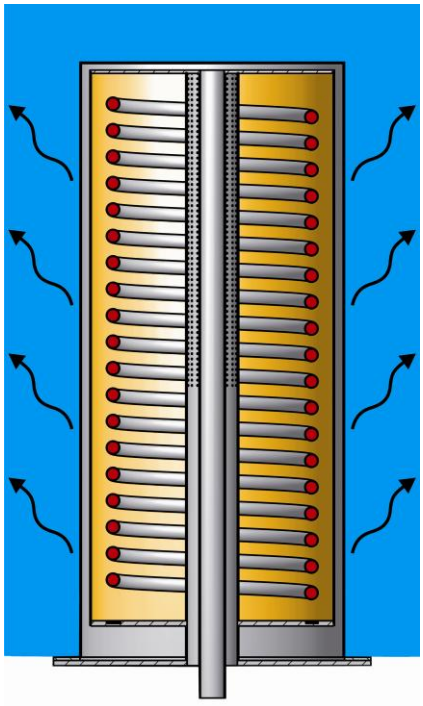


Fig. 2. Desorption (zeolite bed not displayed to highlight the heat exchanger)

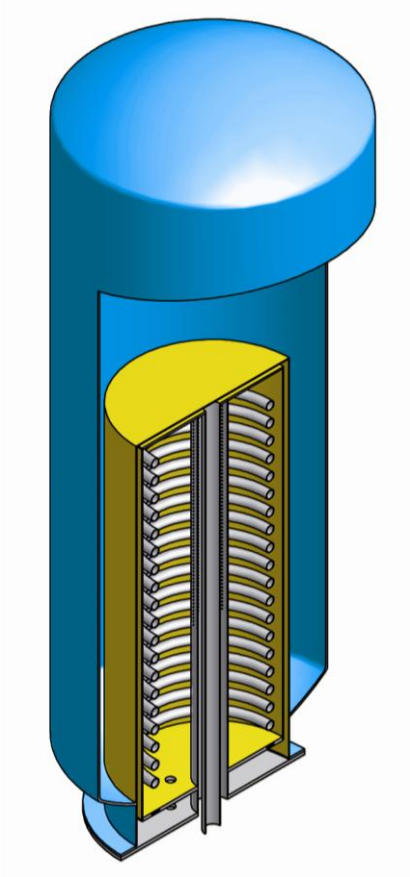


Fig. 3. Cross section of the combined hot water store (outside) and sorption store (inside)

To charge the sorption store (desorption), as shown in figure 2, a heat exchanger is included in the fixed bed of zeolite and the solar collector provides the energy to heat the sorption material. A previous project about a sorption store demonstrated, that zeolite can successfully be desorbed by CPC-collectors [2] as temperature levels up to 180°C can be achieved with a reasonable collector efficiency of 35%. Desorbed water vapour reaches the outer wall of the sorption store and condenses, releasing condensation enthalpy. "Energy losses" during the charging process are transferred to the hot water store and therefore maintained within the storage system. Desorption is started, when the hot water store is almost charged and solar radiation is still available.

The concept shall be realised and tested by a prototype store. A prototype is currently being constructed. The sorption store will be included into a DHW-store as an entire unit of 100 litre by a flange from the bottom side. The specific storage capacity of the sorption store is expected to be around 120 kWh/m^3 resulting in a capacity of 12 kWh with regard to the prototype. This is sufficient to heat about 300 litre of water. A sketch of the planned hot water store including a sorption store is shown in figure 3. The prototype will be monitored in laboratory under defined boundary conditions.

4. Experimental Investigations

In a first step experimental investigations were conducted on a sorption store (radial flow adsorber) in laboratory scale with a volume of about 4 litre. The experimental setup is presented in figure 4. In figure 5 a view from the top into the sorption store is shown. The influence of important parameters, such as temperature, air humidity, inlet velocity and heat transfer to the ambient on the adsorption behaviour were determined. Temperature curves as well as the humidity over time of an exemplary experiment are presented in figure 7. The positions of the thermocouples are indicated in the sketch on the left. An adsorption front moves through the packed bed. An analysis of the experimental data showed, that the material almost reached the maximum loading of 18% by weight. Temperature in the outer area of the sorption material (T_4) constantly raised about 30 K in this experiment.

The experimental setup for experiments with the same 4 litre sorption store but included in a water store is shown in figure 6. For these experiments heat for desorption was brought into the sorption material by a spiralled electric heating. Temperatures were measured in four radial positions in the

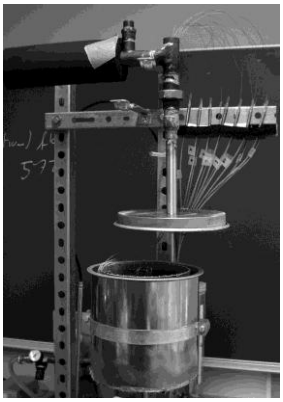


Fig. 4. Experimental setup for adsorption and desorption experiments (sorption store opened)

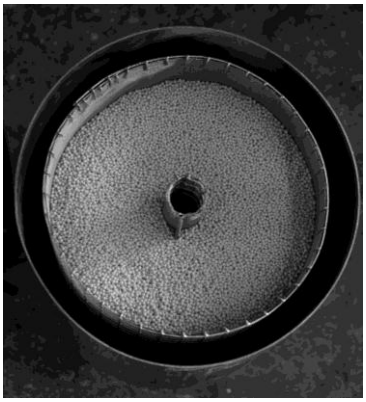


Fig. 5. View from top into radial flow adsorber filled with zeolite (top cover removed)

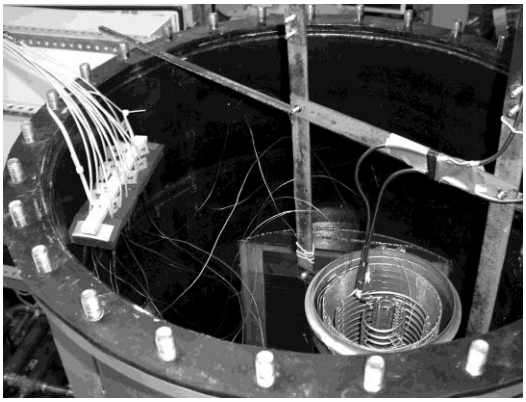


Fig. 6. Experimental setup for desorption experiments, sorption store from Fig. 4 and 5 including electric heating integrated into water store

zeolite bed. Water temperatures in the range from 25°C to 60°C were investigated in the experiments. The experiments showed that the sorption material could be heated up, despite that the sorption store was integrated in the water tank and hence surrounded by water, while the outer wall of the sorption store remained cool. The temperature of the outer wall did, during a desorption time period up to 12 h, not rise by more than 3 K compared to the water temperature in any experiment. A steep temperature gradient could be noticed in the area close to the outer wall and especially in the air gap next to the wall. The desorbed water vapour condensed at the outer wall and hence condensation enthalpy can be recovered.

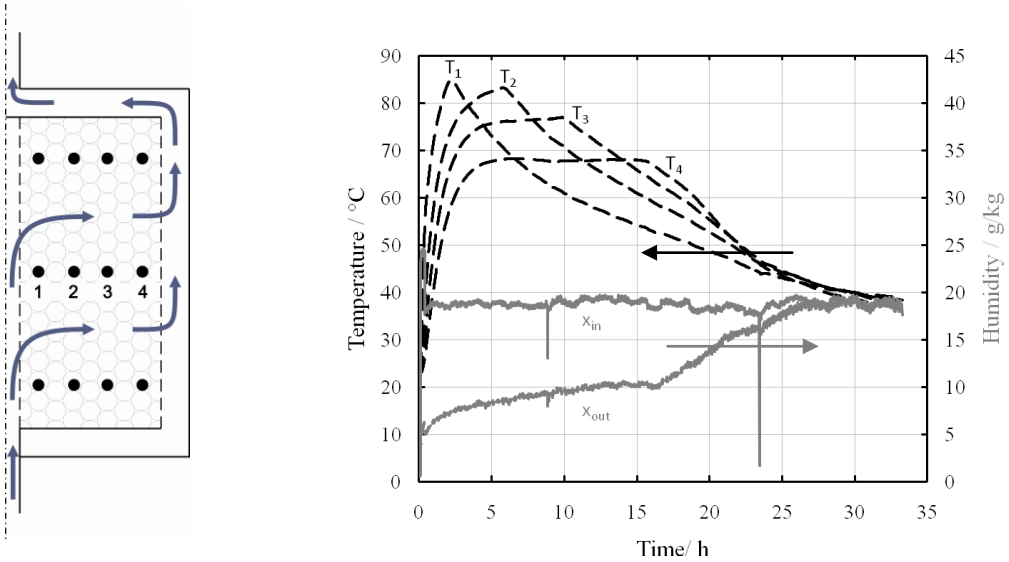


Fig. 7. Position of thermocouples in sorption store (left), measured temperature and humidity over time (right)

5. Numerical Investigations

TRNSYS-Simulation studies with a simplified model already show the potential of the combined hot water and sorption store. The energy saving per year for a solar domestic hot water system operated in combination with a hot water sorption store with an entire volume of 300 litre including a sorption store of 120 litre is around 20% higher compared to a conventional water based system if a daily use of 200 litre water at 45°C is being taken as a basis. The simulations were carried out with the reference weather data of Wuerzburg, Germany. It was observed that the number of days where auxiliary heating was needed could be drastically reduced.

Computational fluid dynamic tools (CFD) are used to simulate the flow and thermal conditions in the sorption store as well as the interaction with the surrounding water and serve as an instrument for the dimensioning and optimization of the prototype store. An adsorption model [4] was implemented into the simulation software. The model is being verified on the basis of laboratory experiments.

6. Conclusion

In the present article a concept for the realisation of a combined hot water and sorption store is presented for the first time. The hot water store offers a short-term storage providing a high heat supply rate. The sorption store enables an almost loss free storage of "surplus" energy from periods with high solar radiation.

The sorption store is constructed as radial flow adsorber. An open adsorption process was identified as more feasible compared to a closed process. "Energy losses" of the sorption store that arise during desorption are used by the system due to the direct integration of the sorption store into the hot water store.

The developed combination of a hot water store and a sorption store enables high solar fractions even in longer periods of adverse weather during summer months while the auxiliary heating is off and therefore increases the performance of the whole solar thermal system.

Based on the theoretical considerations as well as on the experimental and numerical investigations a prototype store is under construction. The prototype shall be investigated in detail under conditions close to reality.

Acknowledgement

The research and development project "KoWaSS" is funded by the Department of the Environment Baden-Wuerttemberg within the Framework Concept "Baden-Württemberg Research Program Securing a Sustainable Living Environment (BWPLUS)" (fund number BWK27008) and managed by the Project Management Agency Research Centre Karlsruhe (PTKA).

References

[1] International Energy Agency (IEA), Task 42, Compact Thermal Energy Storage – Material Development and System Integration", http://www.iea-shc.org/task42/index.html, June 2010.

[2] H. Kerskes, K. Sommer, H. Müller-Steinhagen: An Effective Application of an Open Adsorption Process for Solar Thermal Heat Storage, Eurosun Conference 2006, Glasgow, UK

[3] D. Jaehnig, R. Hausner, W. Wagner, C. Isaksson: Thermo-chemical storage for solar space heating in a single-family house, Ecostock Conference 2006, Atlantic City, Jew Jersey, USA

[4] A. Gorbach, M. Stegmaier, G. Eigenberger, Adsorption, 10 (2004) 29-46.