



HERZLICH WILLKOMMEN zum Projekt-Abschlussworkshop SpeedColl2

Dienstag, 12. Mai 2020, 15:30 Uhr – 16:30 Uhr



Andreas Eitelbuß



Stephan Fischer



Thomas Kaltenbach



Karl-Anders Weiß

HINWEISE FÜR TEILNEHMER:

Bei Tonproblemen bitte neu ins Webinar einwählen.
Sie sind stummgeschaltet!

Nutzen Sie das Fragefenster zur Interaktion!

Webinar: SpeedColl2

ONLINE-SYMPOSIUM
SOLARTHERMIE UND INNOVATIVE WÄRMESYSTEME
12. MAI 2020



Karl-Anders Weiß, Thomas Kaltenbach
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
Stephan Fischer, Andreas Eitelbuß
*Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung der
Universität Stuttgart (IGTE)*

12. Mai 2020

Agenda

Einführung in das Projekt SpeedColl2

Karl-Anders Weiß, Fraunhofer ISE

Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

Andreas Eitelbuß, IGTE

Thomas Kaltenbach, Fraunhofer ISE

Komponentenprüfungen und Ergebnisse

Thomas Kaltenbach, Fraunhofer ISE

Vorstellung der entwickelten Kollektorschnellprüfungen und bisherige Ergebnisse

Stephan Fischer, IGTE

Einfluss der Lebensdauer auf die Nachhaltigkeit

Stephan Fischer, IGTE

Ausblick

Karl-Anders Weiß, Fraunhofer ISE

Hinweise zur Fragerunde

Eine zeitlich begrenzte Fragerunde findet am Ende des Webinars statt.

Während des Vortrages besteht die Möglichkeit, im Webinar Tool unter dem entsprechenden Reiter Fragen zu hinterlegen, die aus Zeitgründen nur priorisiert behandelt werden können. Gerne melden wir uns bei Fragen, die eine umfangreichere Antwort erfordern, in der Nachbereitung des Webinars persönlich bei Ihnen.

Referenten



Dr. Karl-Anders Weiß
Fraunhofer ISE
Thermische Systeme und
Gebäudetechnik
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg
+49 761 4588-5474
karl-anders.weiss@ise.fraunhofer.de



Dr. Stephan Fischer
Institut für Gebäudeenergetik,
Thermotechnik und Energiespeicherung
Pfaffenwaldring 10
70569 Stuttgart
+49 711 685-63231
stephan.fischer@igte.uni-stuttgart.de



Thomas Kaltenbach
Fraunhofer ISE
Gebrauchsdaueranalyse und
Materialcharakterisierung
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg
thomas.kaltenbach@ise.fraunhofer.de



Andreas Eitelbuß
Institut für Gebäudeenergetik,
Thermotechnik und Energiespeicherung
Pfaffenwaldring 10
70569 Stuttgart
+49 711 685-63280
andreas.eitelbuss@igte.uni-stuttgart.de

Einführung in das Projekt SpeedColl2

Karl-Anders Weiß, Fraunhofer ISE

Einführung in das Projekt SpeedColl2 (Ziele)

Das Projekt stellt einen direkten Anschluss an das **Vorläuferprojekt SpeedColl** dar. Neben der Weiterführung der Arbeiten, insbesondere der Freibewitterung, stehen vor allem folgende **Ziele im Fokus**:

1. Untersuchung und Erfassung der **Feuchtigkeit** im Kollektor
2. Untersuchung des Belastungskollektivs **Salz, Sand und Feuchte** und seiner Wirkungen
3. Untersuchung des Einflusses der **Wärmedämmung**
4. Entwicklung von **Prüfungen** für Kollektoren / Komponenten
5. Entwicklung von Möglichkeiten zur **Klassifizierung**
6. Erarbeitung von Beiträgen zur **Normung**

Projektlaufzeit: 1. August 2016 – 31. Juli 2020

Einführung in das Projekt SpeedColl2 (Konsortium)



VAILLANT GROUP



EFFICIENCY. SOLAR. SURFACES.



Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

Andreas Eitelbuß, IGTE

Thomas Kaltenbach, Fraunhofer ISE

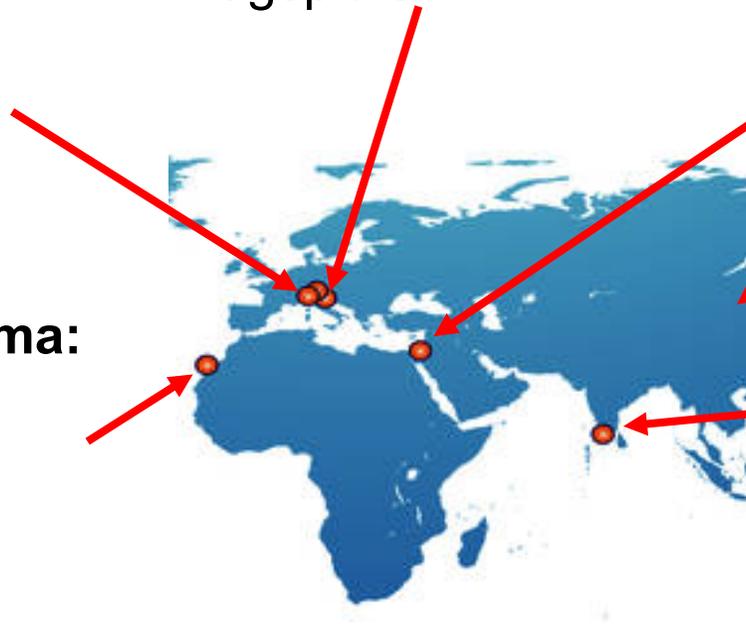
Expositionsstandorte

Moderates Klima:
Freiburg & Stuttgart

**Kaltes, alpines
Klima:**
Zugspitze

Arides Klima:
Negev Wüste (Israel)
Heiß, trocken, Sand

Arid maritimes Klima:
Kanarische Inseln
(Spanien)
Heiß, trocken, Salz



**„Schadstoffstandort“
Peking (China):**
Hohe Konzentration
Luftschadstoffe

Tropisches Klima:
Kochi (Indien)
Heiß, feucht

Expositionsstandorte



Stuttgart



Freiburg



Zugspitze



Gran Canaria



Peking



Kochi

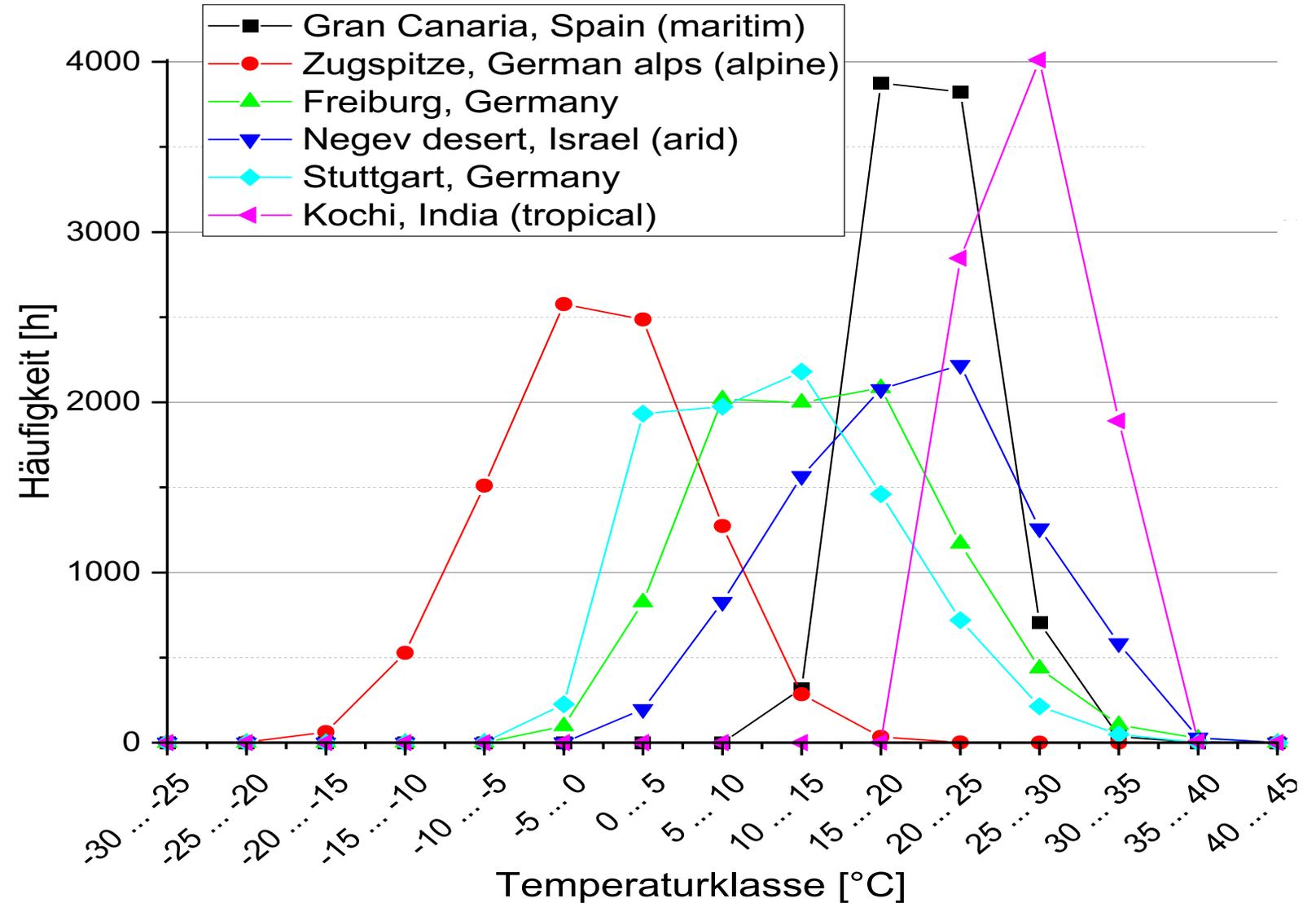


Negev

Expositionsstandorte

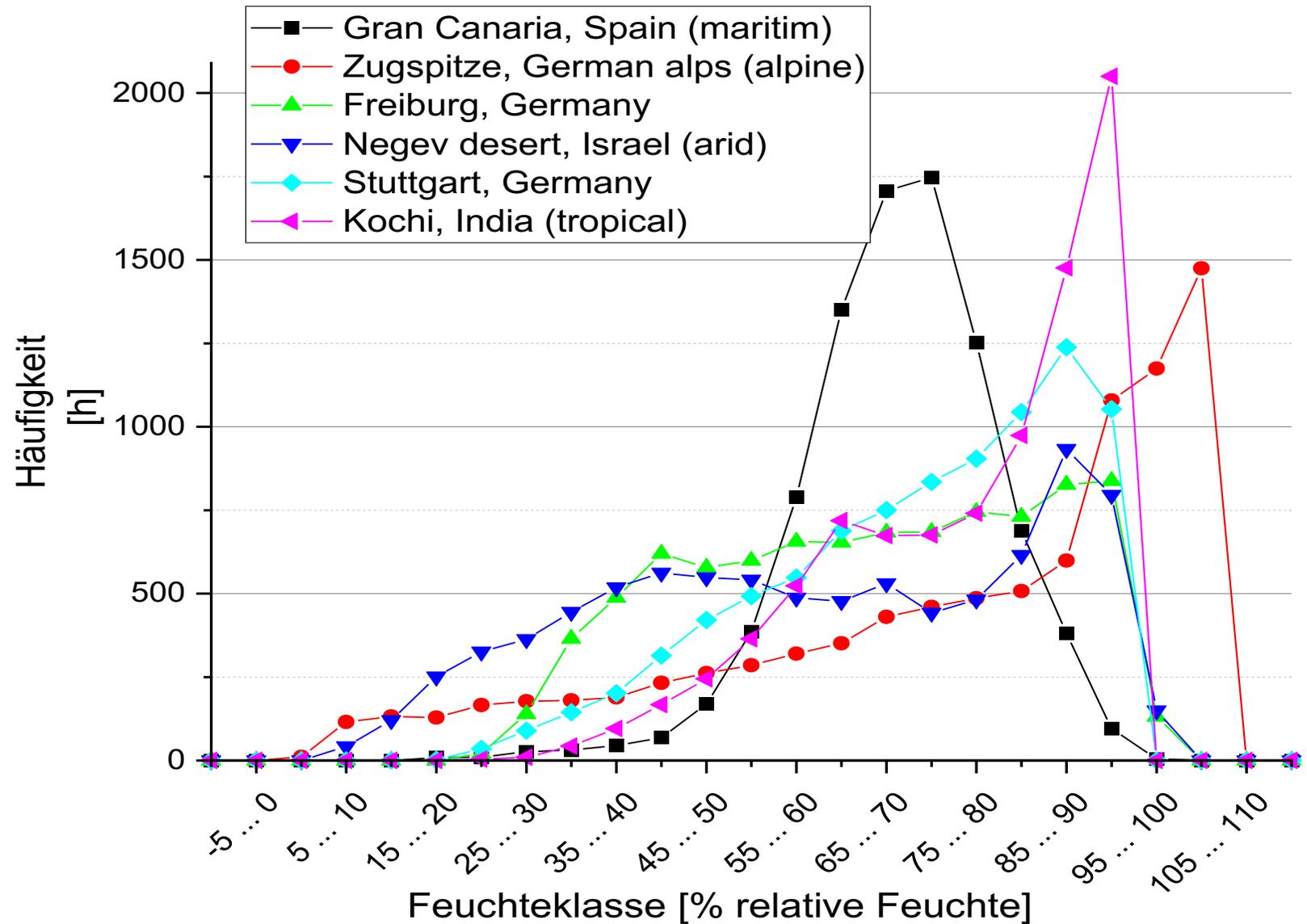
- Umgebungstemperatur
Häufigkeitsverteilung

	Mittlere Temperatur
Gran Canaria	20,3°C
Zugspitze	-1,0°C
Freiburg	13,8°C
Negev desert	19,0°C
Stuttgart	10,9°C
Kochi	27,0°C



Expositionsstandorte

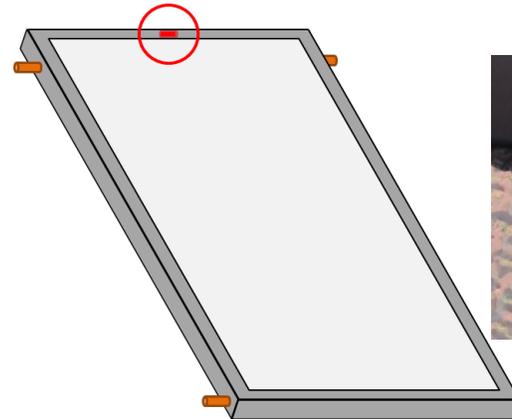
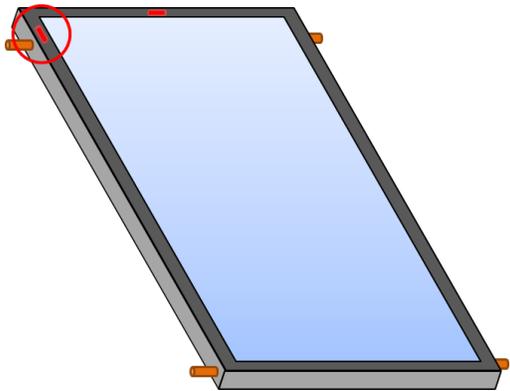
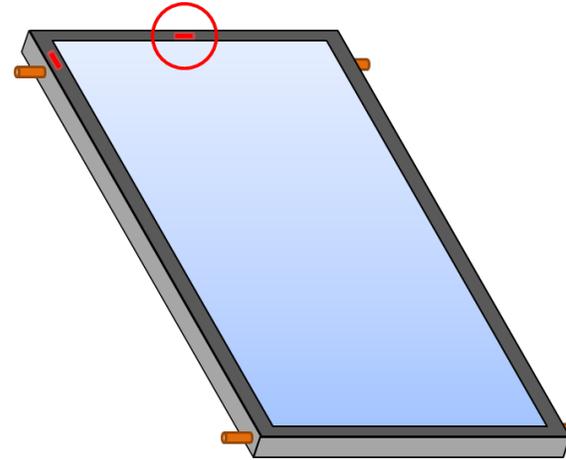
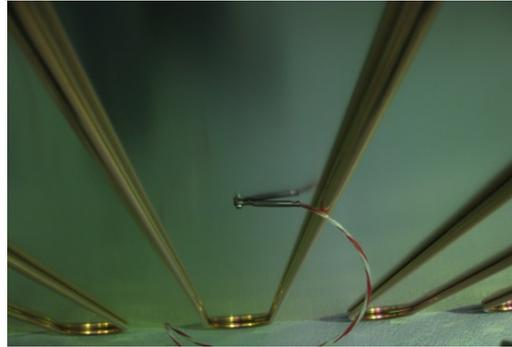
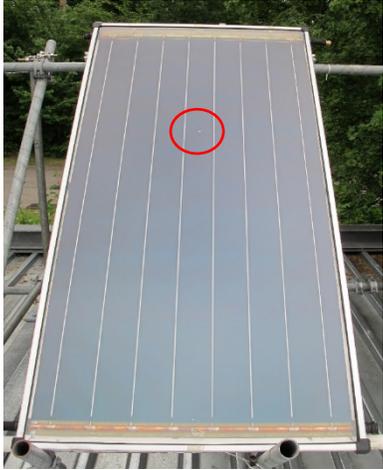
- Umgebung rel. Luftfeuchte
Häufigkeitsverteilung



Exponierte Kollektoren

Bauart	Kurzbeschreibung
Typ I	Aluminium-Absorber, selektive Beschichtung mittels „Physical Vapour Deposition“ (PVD), Kupfer-Absorberrohre (Harfe), ultraschallgeschweißt, Aluminiumgehäuse, „schwimmende“ Lagerung der Glasabdeckung mit EPDM-Dichtung, Solarglas, Wärmedämmung aus Mineralwolle an der Rückwand und den seitlichen Rahmenprofilen
Typ II	Aluminium-Absorber, selektive PVD-Beschichtung, Kupfer-Absorberrohre (Mäander), lasergeschweißt, Aluminiumgehäuse, Silikonverklebung von Rahmen und Glas, Solarglas, Wärmedämmung aus Mineralwolle an der Rückwand
Typ III	Aluminium-Absorber, selektive PVD-Beschichtung, Kupfer-Absorberrohre (Mäander), lasergeschweißt, Aluminiumgehäuse und Rückwand aus Stahlblech, Silikonverklebung von Rahmen und Glas, Solarglas mit Antireflex-Beschichtung, Wärmedämmung aus Melamin-Harz an Rückwand und Rahmen

Messung Absorber- und Klebefugentemperaturen



Messung relative Feuchte im Kollektor

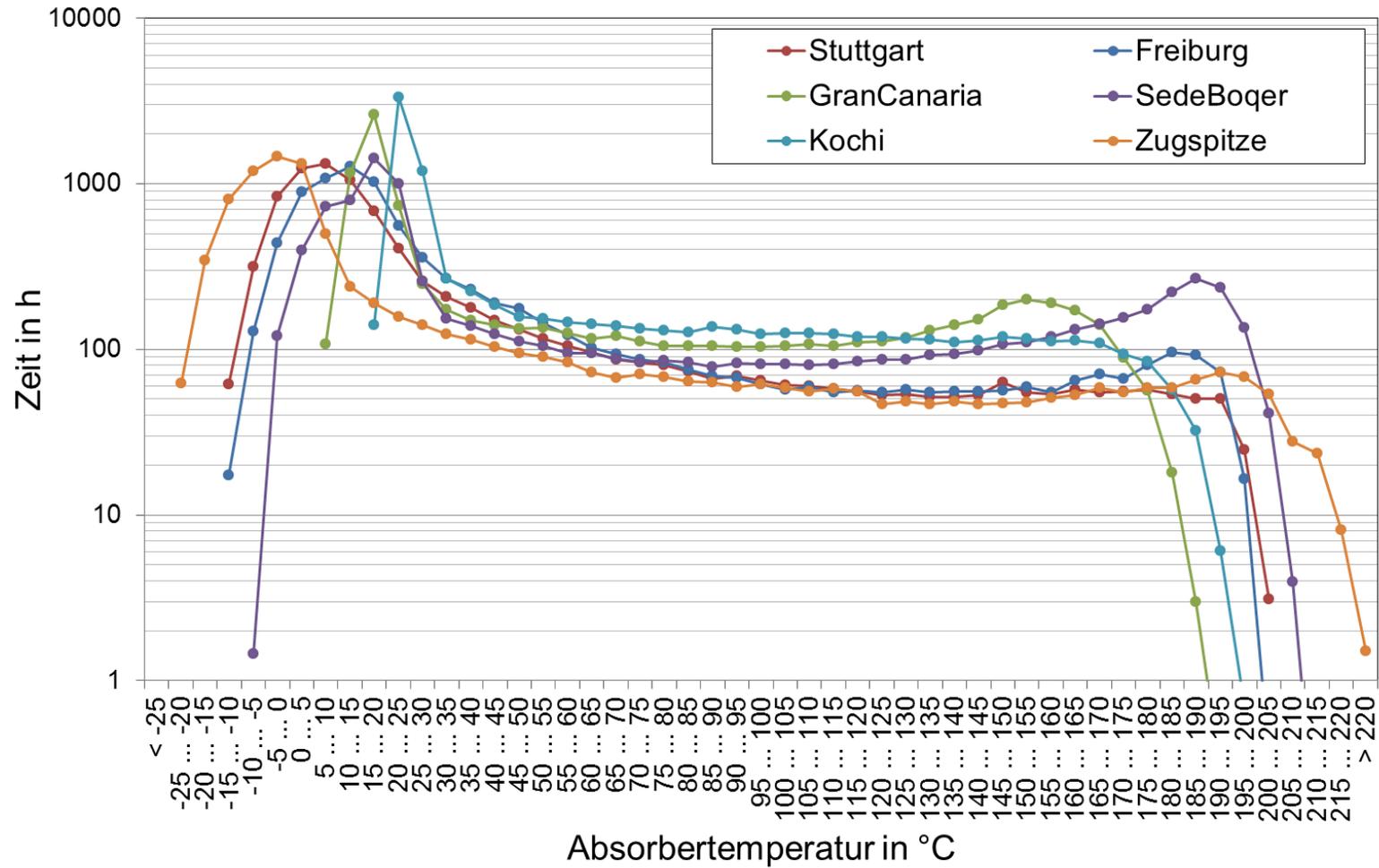
An den Standorten Stuttgart und Kochi

Messung von

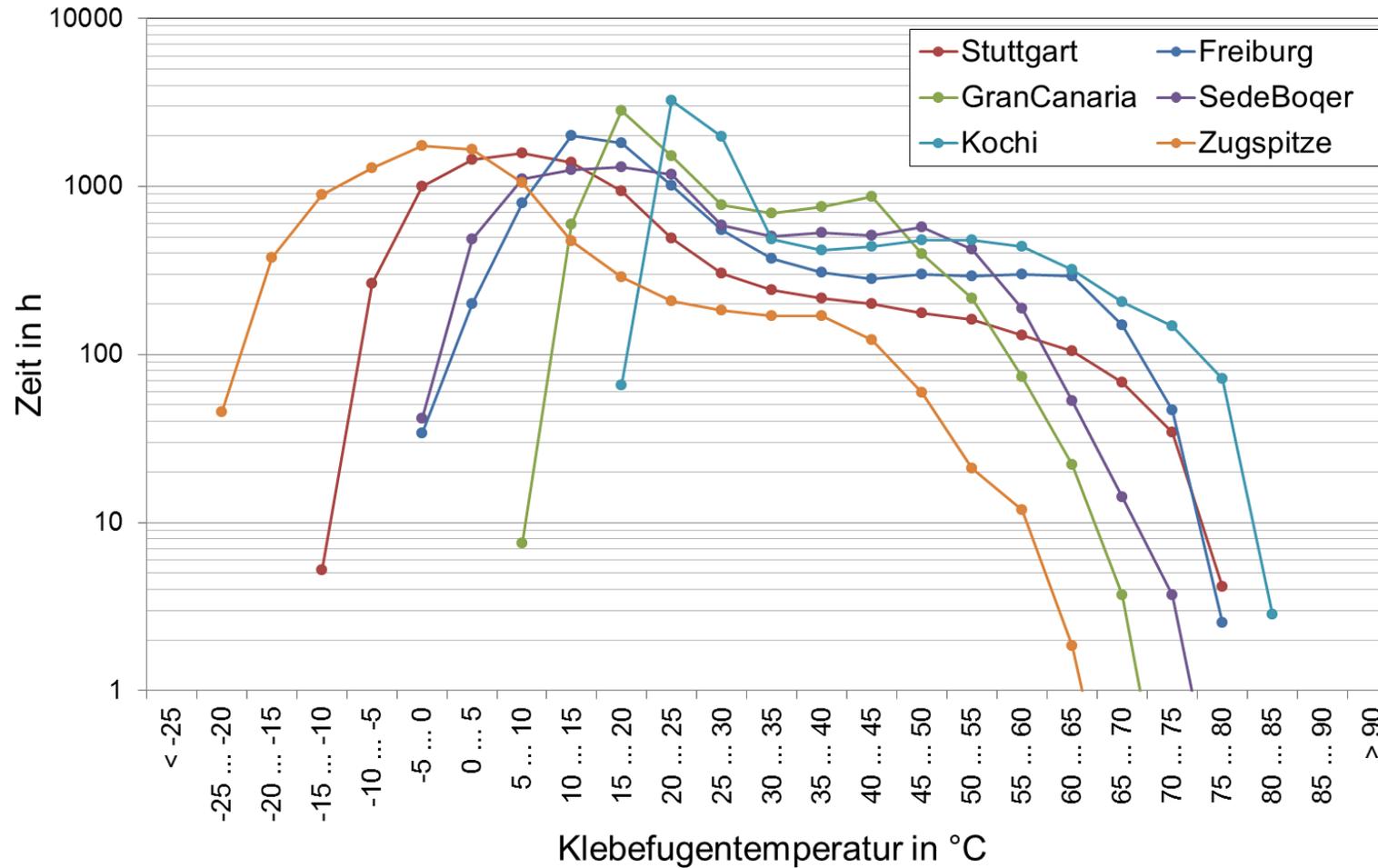
- Temperatur zwischen Glas und Absorber
- relative Luftfeuchtigkeit zwischen Glas und Absorber
- zusätzlich Umgebungstemperatur und rel. Luftfeuchtigkeit außerhalb der Kollektoren, auf derselben Höhe



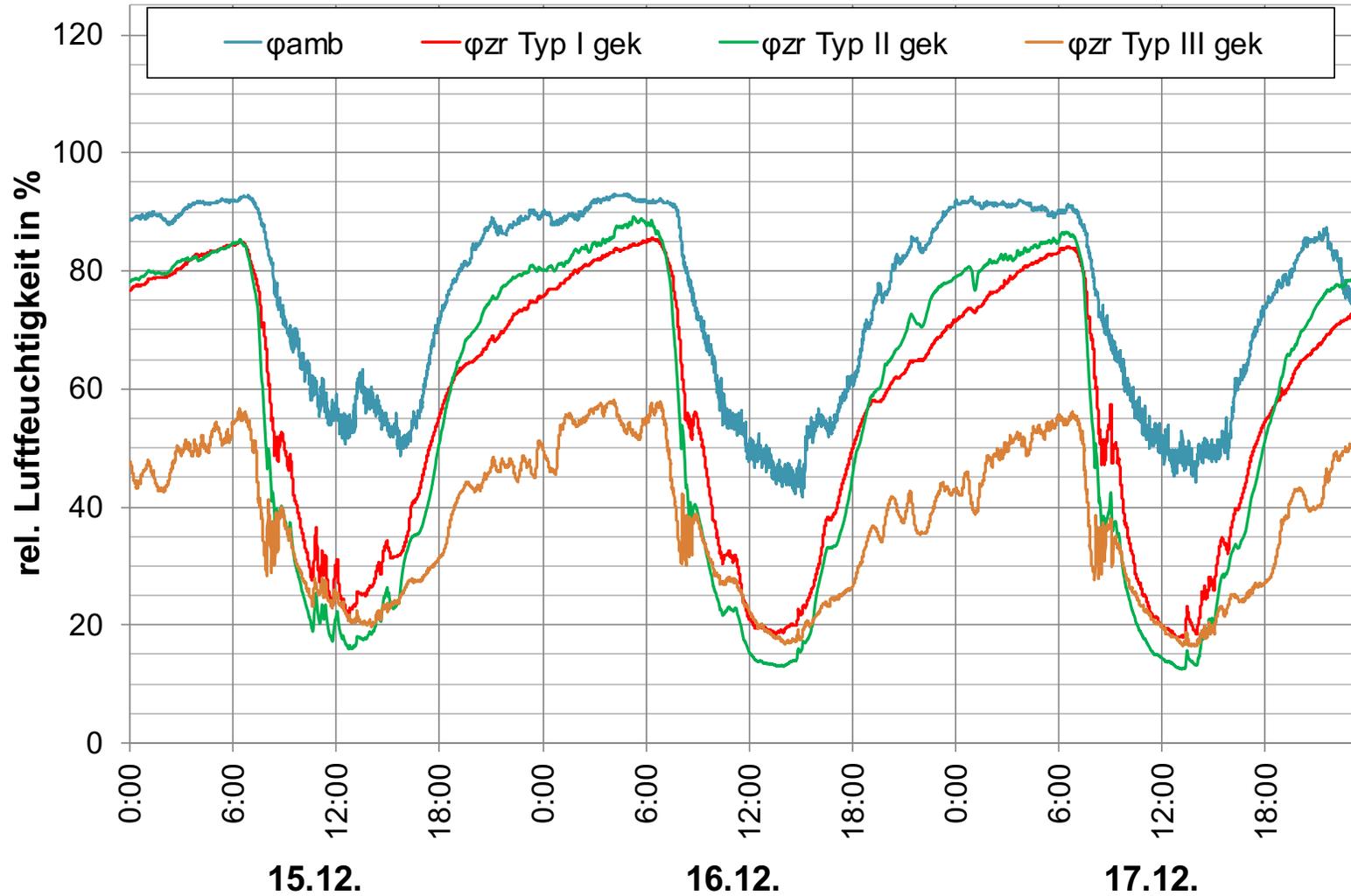
Vergleich Absorberrtemperaturen



Vergleich Klebefugentemperaturen



Feuchtemessung im Kollektor



Erkenntnisse Messungen Mikroklima

- Höchste Absorbertemperatur auf der Zugspitze
- Höchste Temperaturspreizung auf der Zugspitze
- Vermeintliche „heiße Standorte“ zeigen vergleichsweise niedrige Temperaturen aufgrund des Neigungswinkels (höhere Konvektions- und Strahlungsverluste) und Windgeschwindigkeit (Gran Canaria)
- Höchste Klebefugentemperatur in Kochi aufgrund der höchsten Umgebungstemperatur
- Relative Feuchte im Kollektor immer unterhalb der Umgebungsfeuchte durch Puffereffekt der Wärmedämmung und begrenzte Luftwechselrate
- Deutlicher Unterschied in Abhängigkeit des Wärmedämmmaterials und der Belüftungsvariante

Schadstoffstandort Peking – Allgemeine Informationen

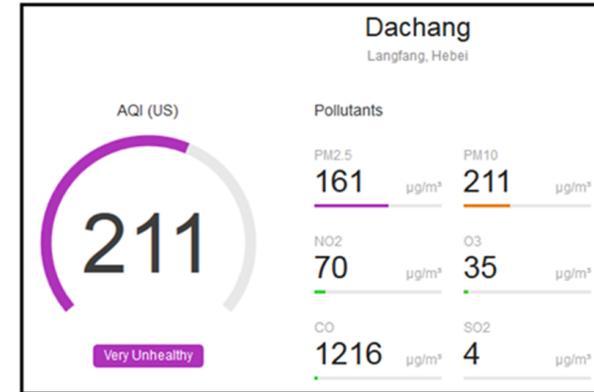


- Kontinentales Klima
- Hohe Belastung
 - Feinstaub
 - Luftschadstoffe (NO₂ und SO₂)



Schadstoffstandort Peking – Luftqualität und Luftschadstoffe

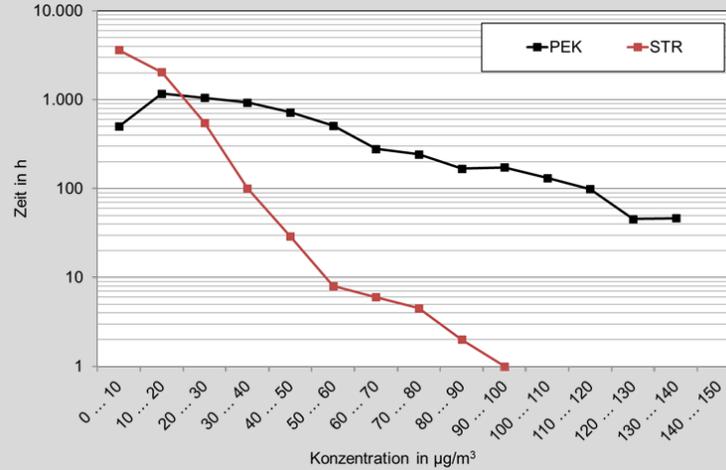
- Seit 09.05.2019: Aufzeichnung der Daten von <https://air-quality.com/>
- 28.06. – 23.08.2019: Eigene Messung am Standort
- Stichproben zeigen: **Qualitativ gute Übereinstimmung**
- Konzentration im Kollektor geringer als in Umgebung



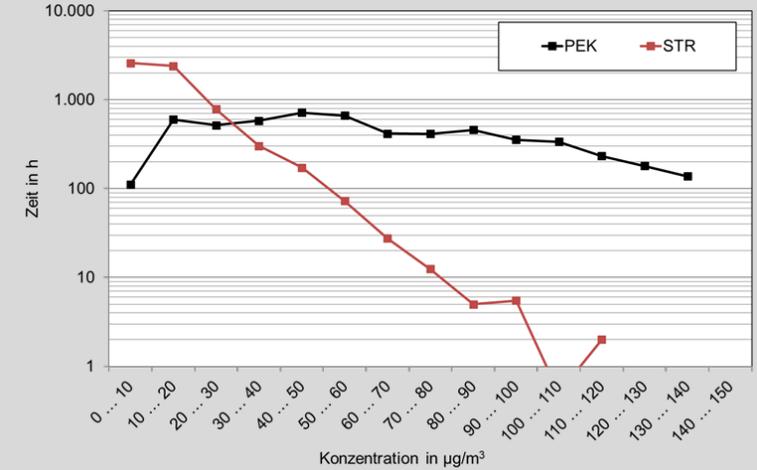
Schadstoffstandort Peking – Luftqualität und Luftschadstoffe

Feinstaub

PM2.5

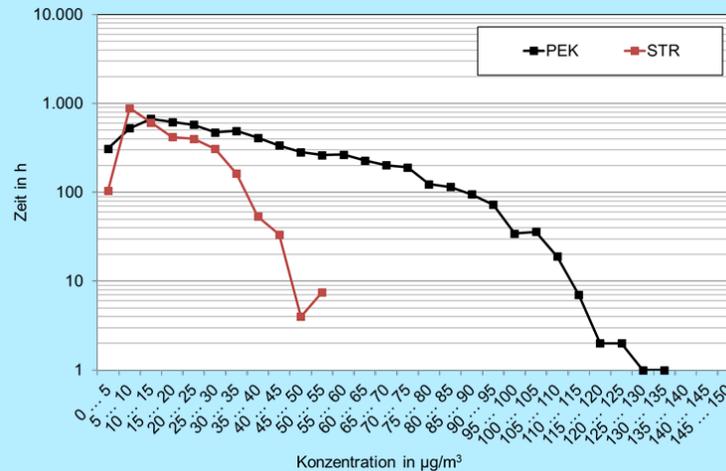


PM10

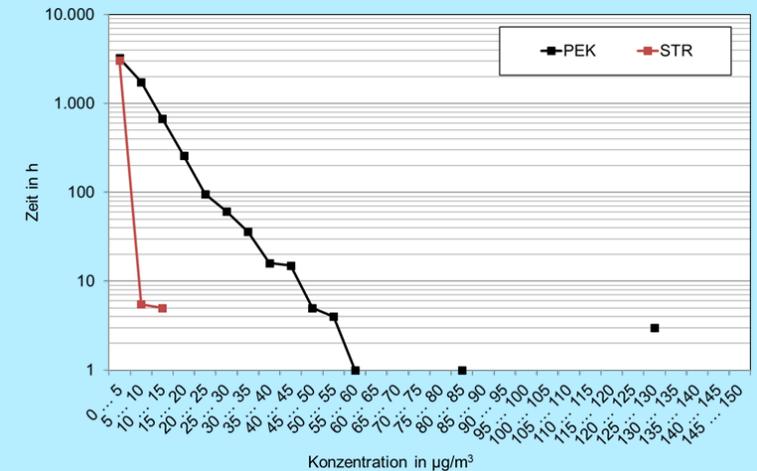


Luft-
Schadstoffe

NO₂

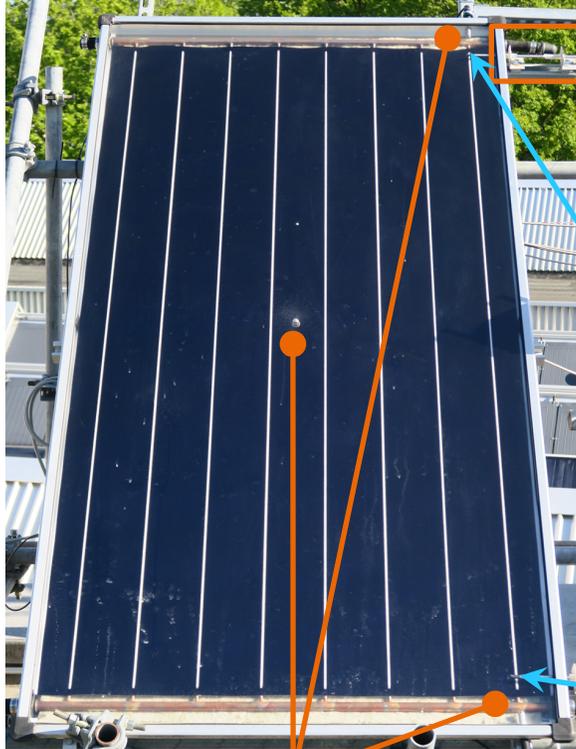


SO₂



09.05.2019 – 08.03.2020

Untersuchung des Kollektor-Mikroklimas



Messpunkte für
Temperatur und
rel. Luftfeuchtigkeit

Messpunkte für
Luftgeschwindigkeit

Ziele

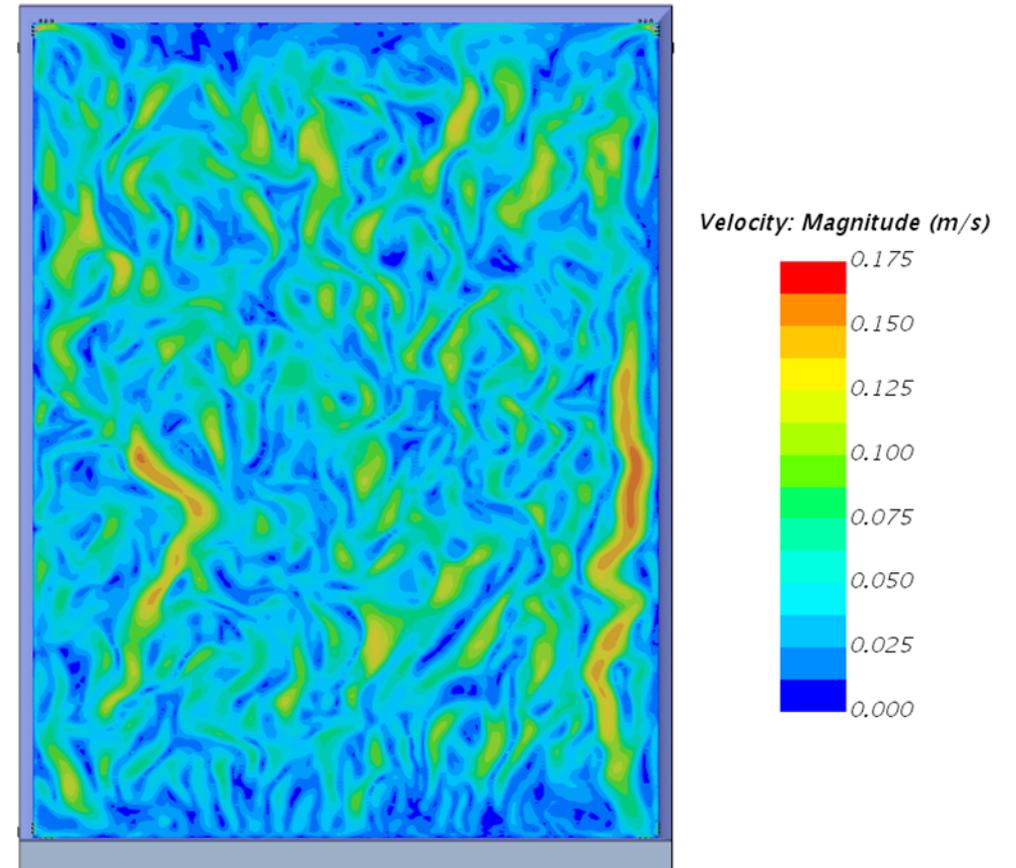
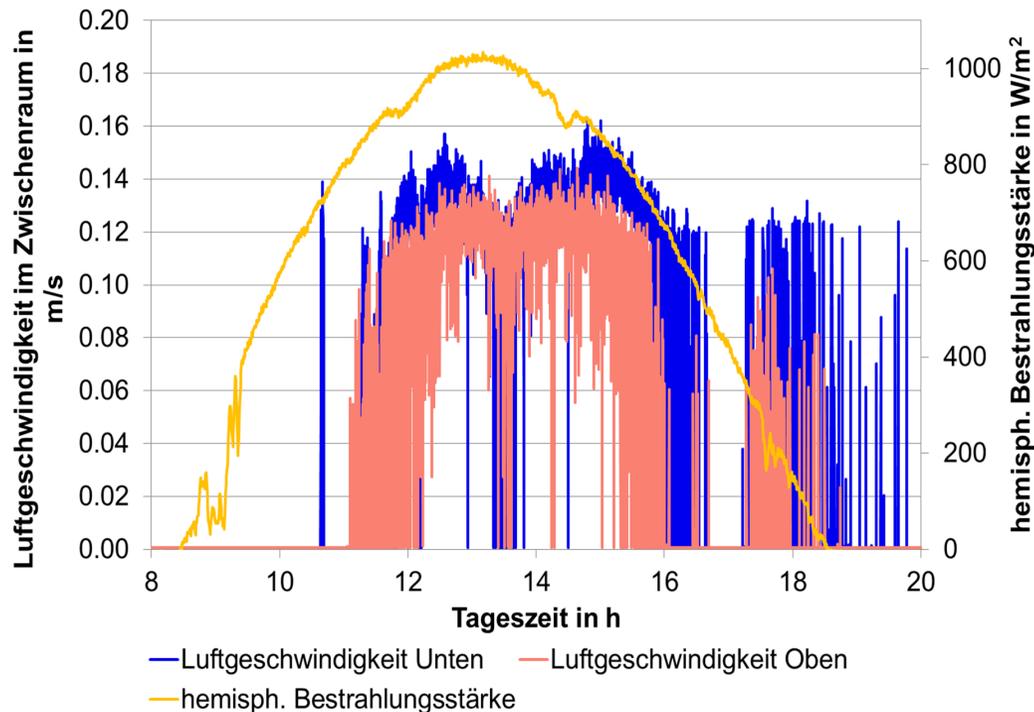
- Validierung des Simulationsmodells für Strömungsbild zwischen transparenter Abdeckung und Absorberblech
- Bestimmung der Luftwechselrate des Kollektors in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen
- Erkenntnisgewinn über Ein- und Austrag von Luftfeuchtigkeit sowie Aerosolen und Staub aus der Umgebung



Messstrecke am Kollektorausstritt

Untersuchung des Kollektor-Mikroklimas - Ergebnisse

- Strömungsgeschwindigkeiten gering
- Strömungen innerhalb des Kollektors inhomogen und hochgradig instationär
- Stichproben zeigen: **Gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Messung**



Strömungsbild innerhalb des Sonnenkollektors (Simulation)

Besonderheiten Expositionsstandort Kochi (Indien)



Bis am 26. August 2018

KOCHI AIRPORT

Der südindische Flughafen von Kochi ist seit dem 26. August 2018 wegen der Naturkatastrophe Kollern zum jetzigen Zeitpunkt über 500 Millionen Euro teurer. Der Flughafen von Kochi International Airport bleibt vorerst ausser Betrieb.

Ergebnisse der Kollektorzerlegung (Freiburg, Stuttgart, Zugspitze)

Typ I (ungekühlt)

- Keine Auffälligkeiten

Typ II (ungekühlt)

- Kontakt Glas Absorber im Randbereich
- Beschlag innen am Glas
- Schweißung an Sammelrohren gelöst
- Staubablagerung auf Absorber

Typ III (ungekühlt)

- Abriebspuren auf Absorber
- Beschlag innen am Glas
- Schweißung an Sammelrohren gelöst
- Staubablagerung auf Absorber

Typ I (gekühlt)

- Keine Auffälligkeiten

Typ II (gekühlt)

- Leichter Beschlag innen am Glas
- Leichte Staubablagerung auf Absorber

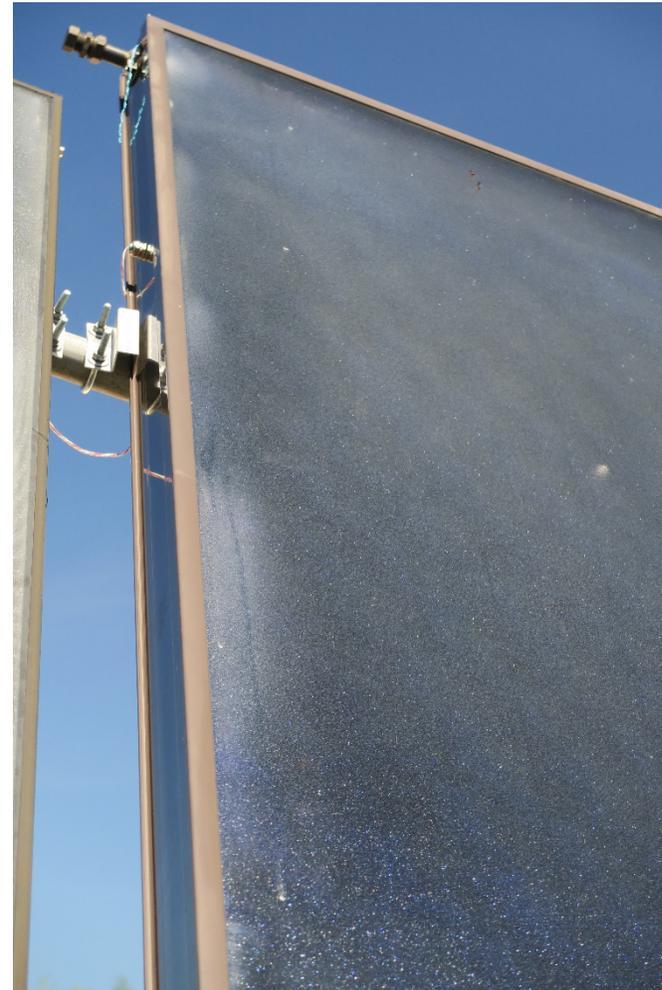
Typ III (gekühlt)

- Leichter Beschlag innen am Glas
- Leichte Staubablagerung auf Absorber

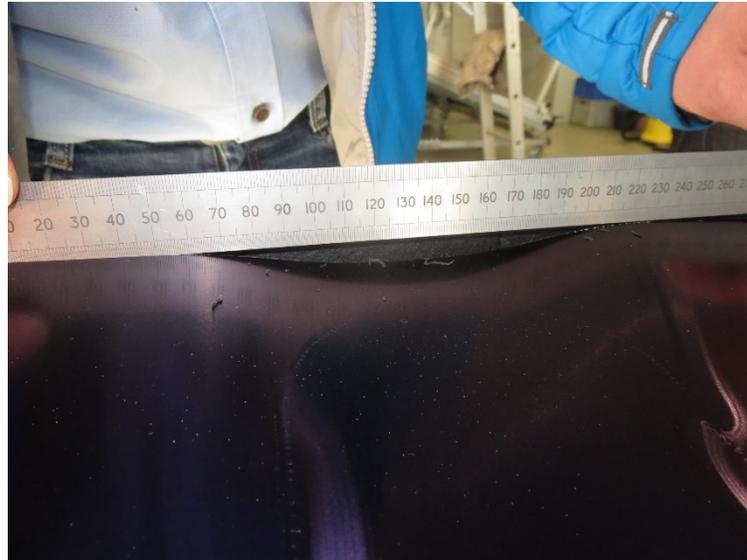
Ergebnisse der Kollektorzerlegung (Freiburg, Stuttgart, Zugspitze)



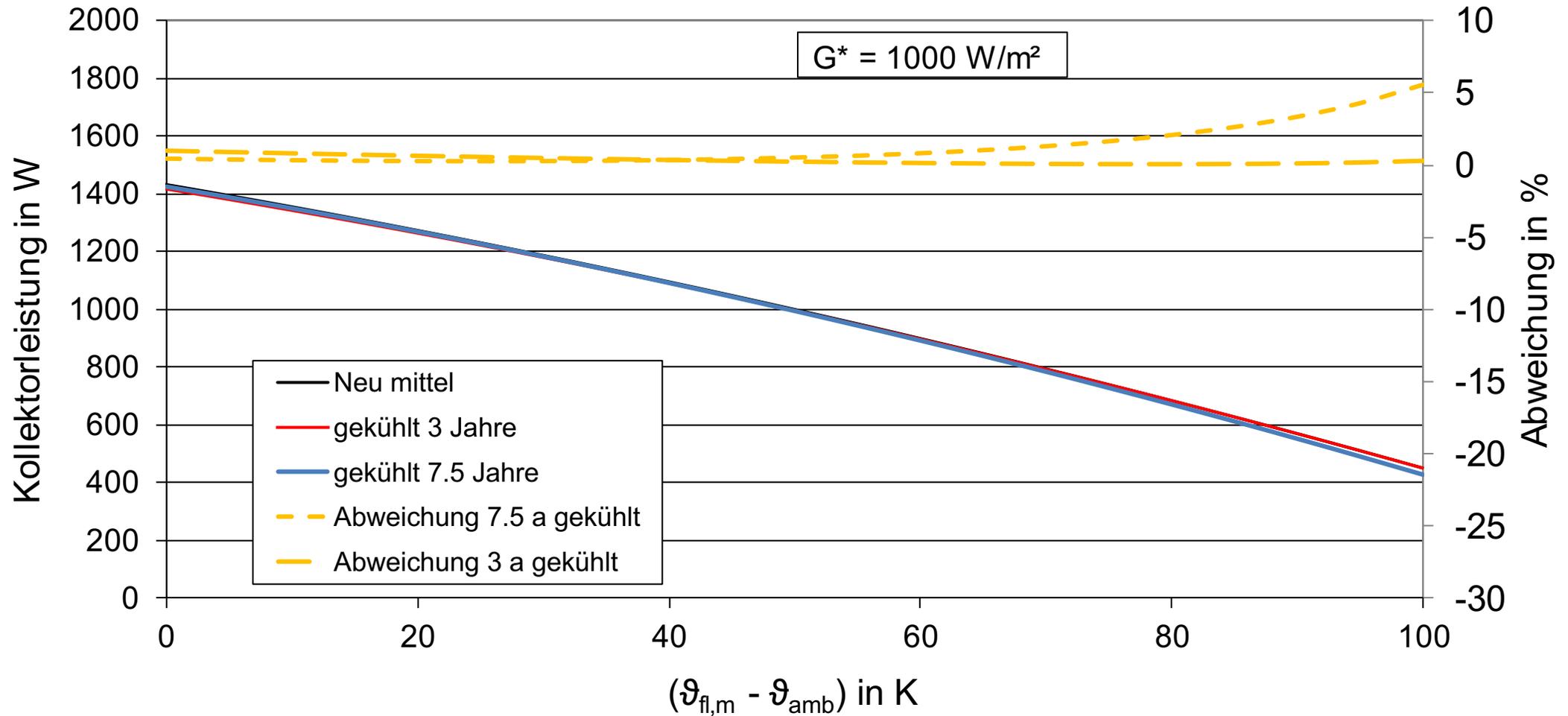
Ergebnisse der Kollektorzerlegung (Freiburg, Stuttgart, Zugspitze)



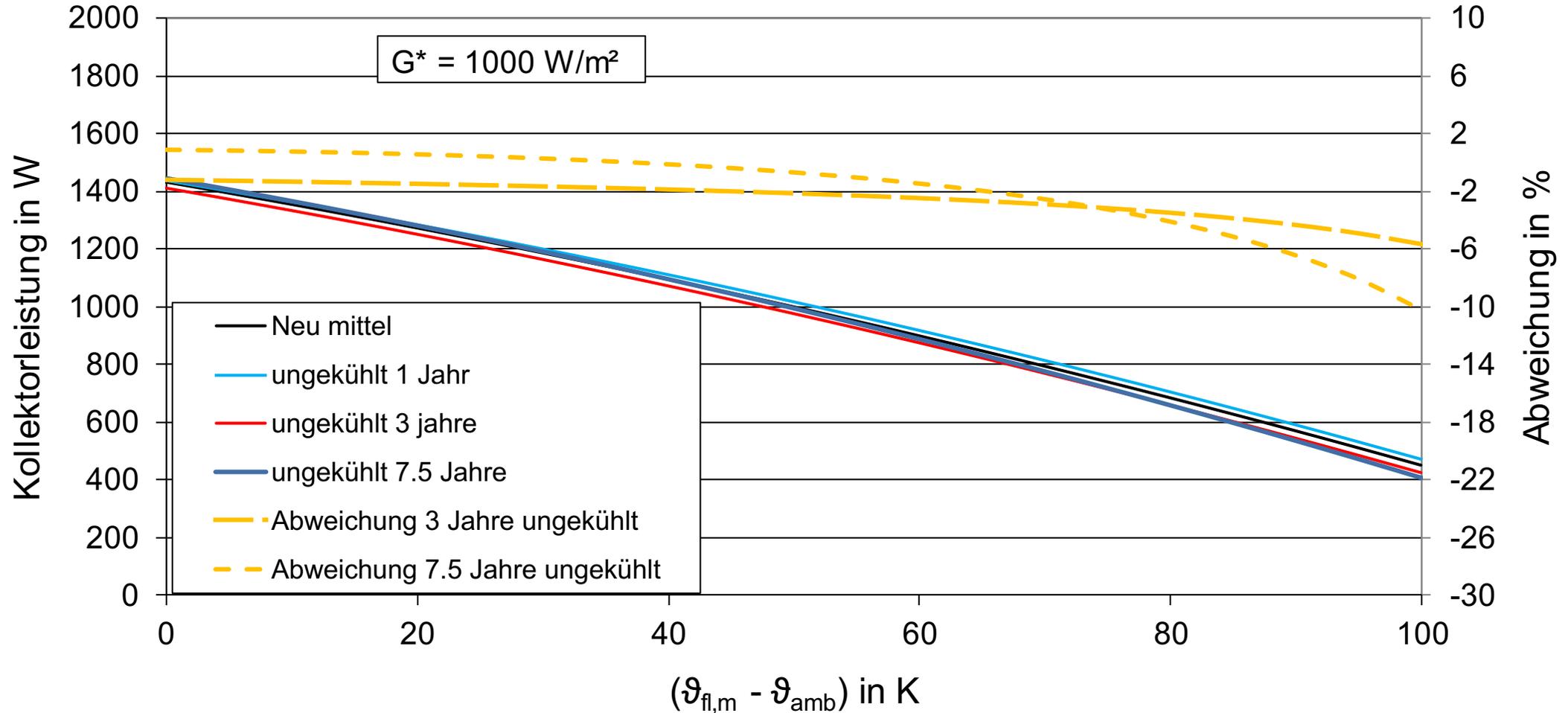
Ergebnisse der Kollektorzerlegung (Freiburg, Stuttgart, Zugspitze)



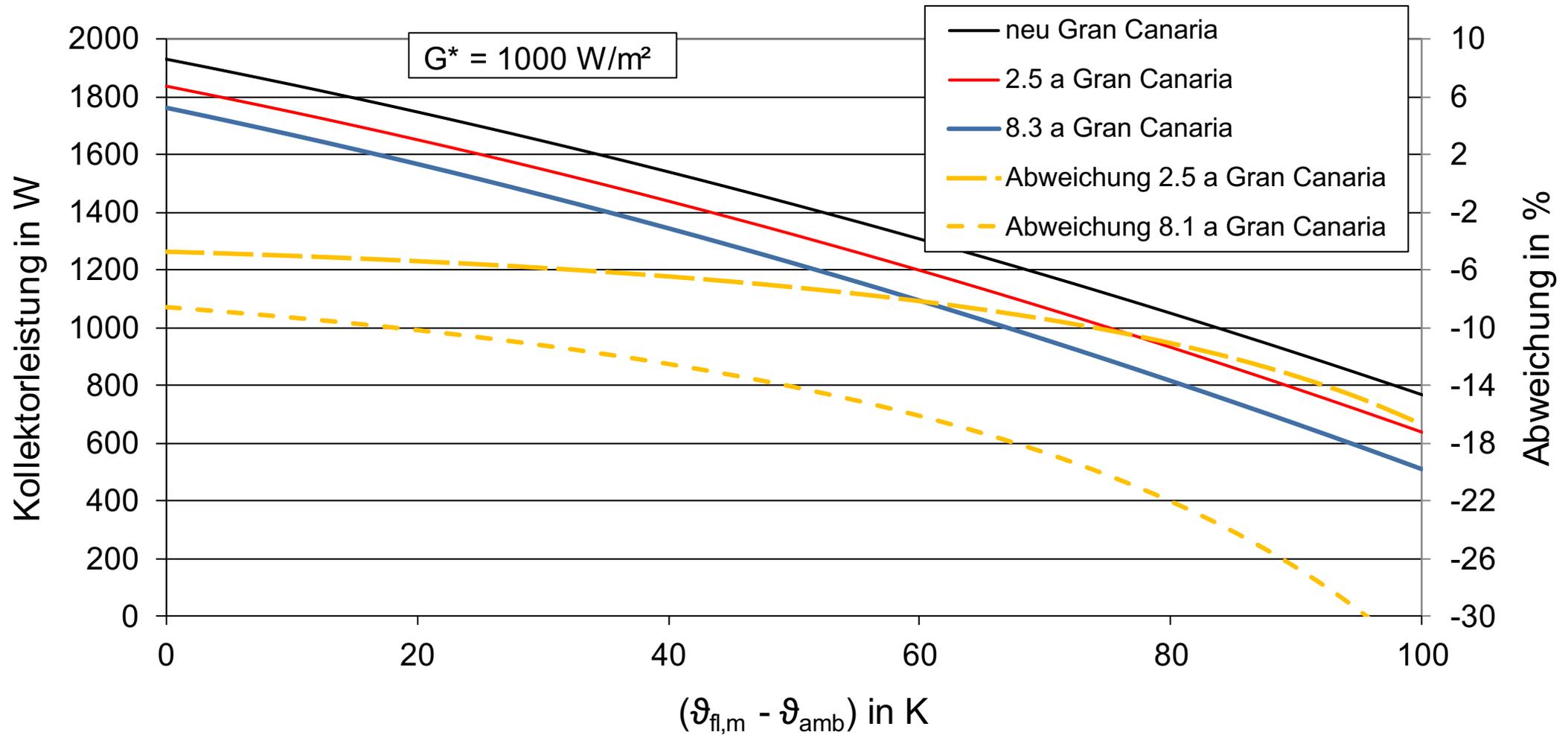
Ergebnisse Kollektor Typ I Stuttgart (7.5 Jahre gekühlt)



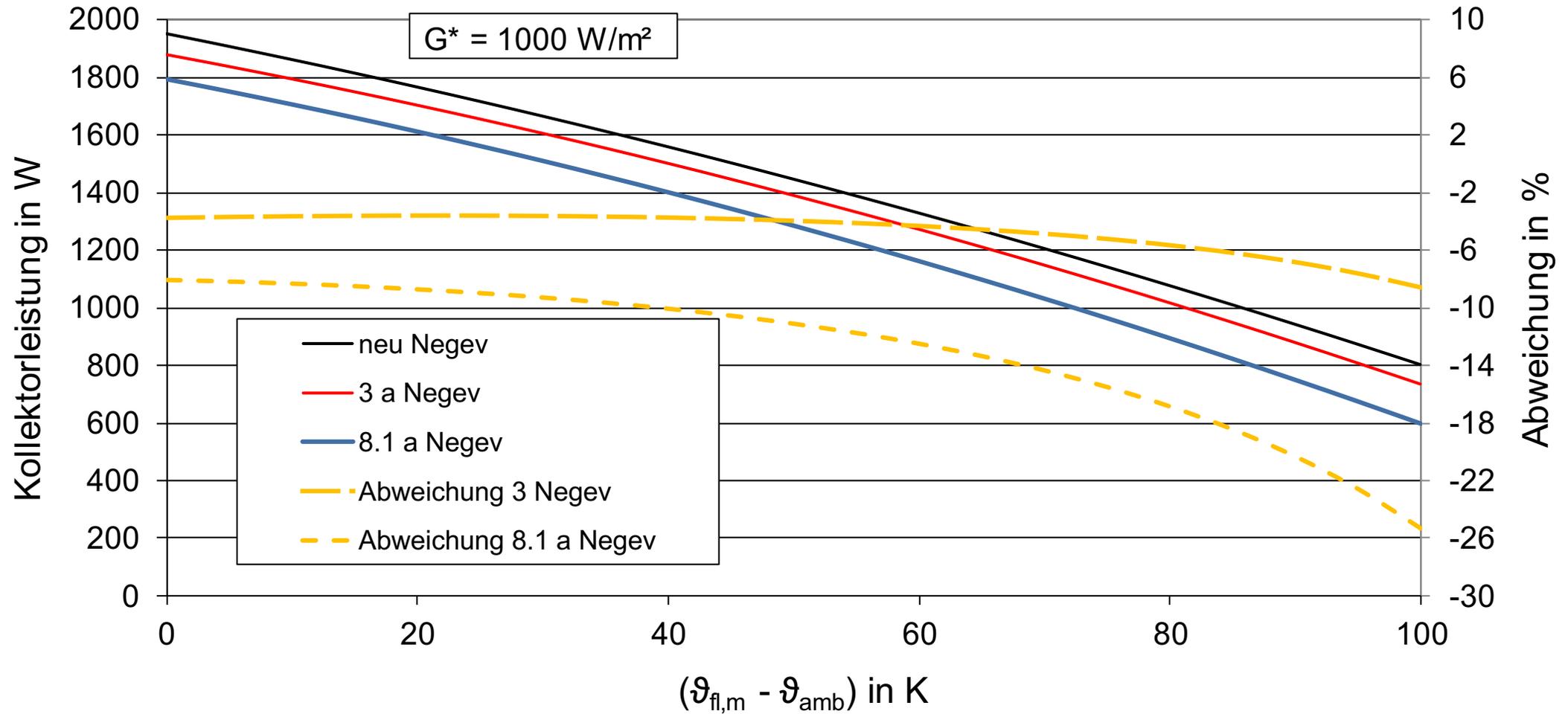
Ergebnisse Kollektor Typ I Stuttgart (7,5 Jahre ungekühlt)



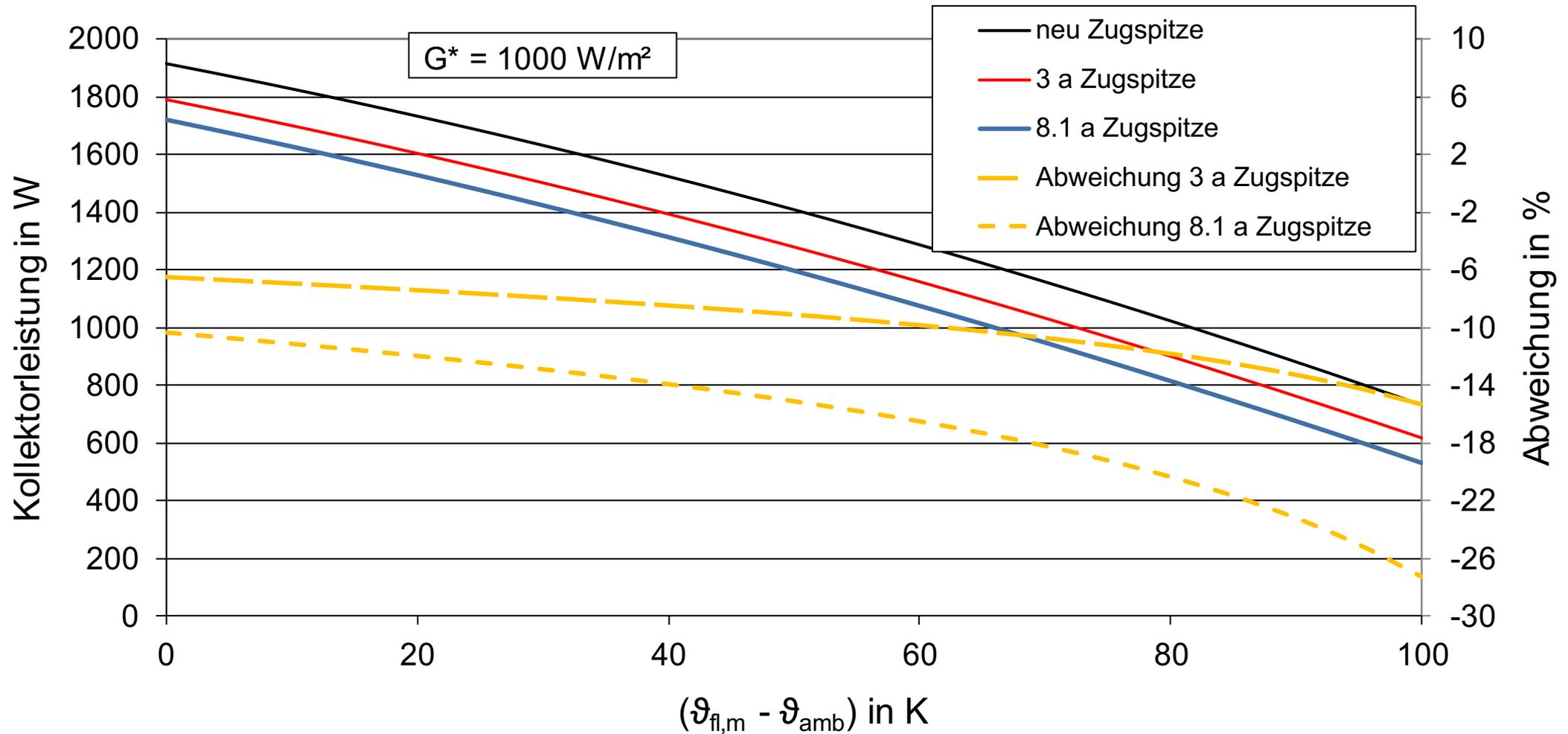
Ergebnisse Kollektor Typ II Gran Canaria (8,3 Jahre ungekühlt)



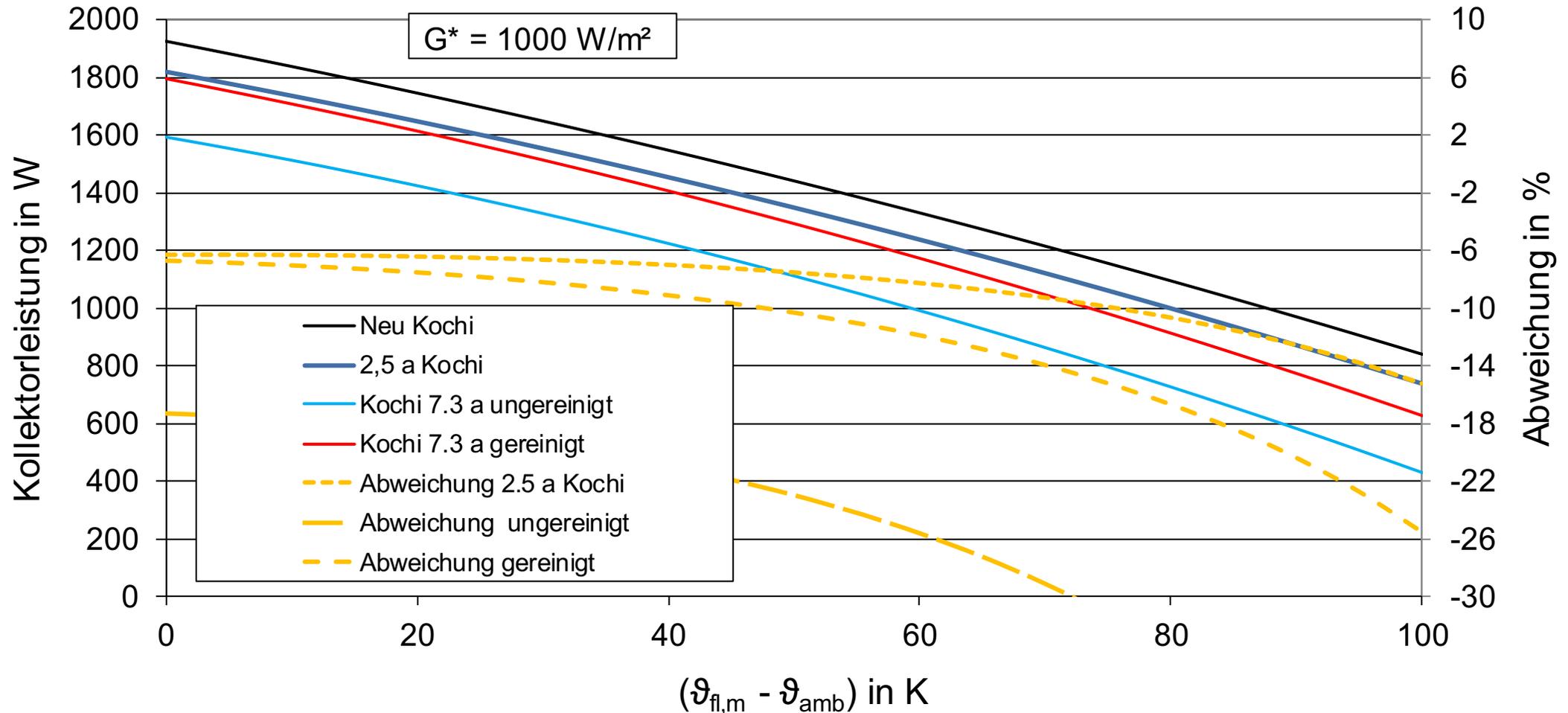
Ergebnisse Kollektor Typ III Negev (8,1 Jahre ungekühlt)



Ergebnisse Kollektor Typ II Zugspitze (8.1 Jahre ungekühlt)



Ergebnisse Kollektor Typ III Kochi (7,3 Jahre: 5,5 a ungekühlt / 1,8 a gekühlt)



Ergebnisse Exposition

Simulation Kombianlage Würzburg 15 m²

➤ Anteil der eingesparten Primärenergie gegenüber dem Neuzustand

	Typ I	Typ II	Typ III
Neuzustand (0 Jahre)	1.00	1.00	1.00
Stuttgart gekühlt (7,5 Jahre)	0.99	0.96	0.97
Stuttgart (7,5 Jahre)	0.98	0.92	0.94
Freiburg (7,3 Jahre)	0.93	0.89	0.91
Zugspitze (8,1 Jahre)	0.94	0.84	-
Gran Canaria (8,3 Jahre)	-	0.85	0.95
Negev (8,1 Jahre)	-	0.86	0.90
Kochi (7,3 Jahre)	0.90	0.88	0.90

Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

Zusammenfassung

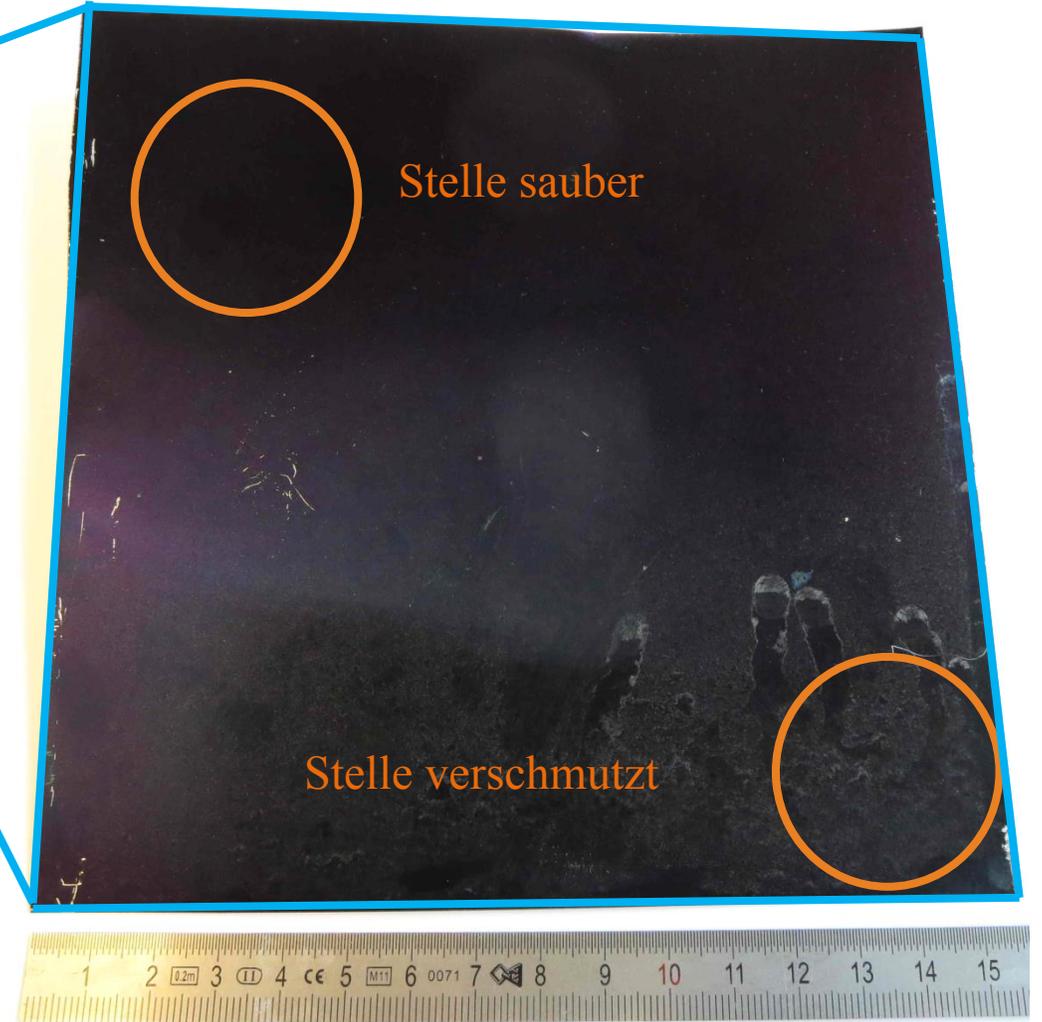
- Expositionsdauer von 7-8 Jahren entspricht je nach Standort und Anwendung ca. 40 – 80 Jahre Realbetrieb
- Beobachtete Degradationseffekte
 - Verschmutzung der Glasabdeckung
 - Beschlag auf Innenseite der Glasabdeckung
 - Teilweise Lösung der Schweißnähte
 - Staub auf Absorber
 - Deformation Absorber mit Kontakt zur Glasabdeckung
- Beobachtete Leistungsdegradation
 - 2 – 16 % in der anteiligen Primärenergieeinsparung (Referenz Kombianlage Würzburg 15 m²)
- Ausblick
 - Kollektordemontage Exponate Gran Canaria, Negev, Kochi
 - Modellierung Leistungsdegradation

Komponentenprüfungen und Ergebnisse

Thomas Kaltenbach, Fraunhofer ISE

Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

- Kollektor Typ III nach ca. 7 Jahren Exposition
Zugspitze, ungekühlt



Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

■ Absorber

Kollektor Typ III 76M3
nach ca. 7 Jahren Exposition
Zugspitze, ungekühlt
■ Optische
Charakterisierung

α [AM1.5]

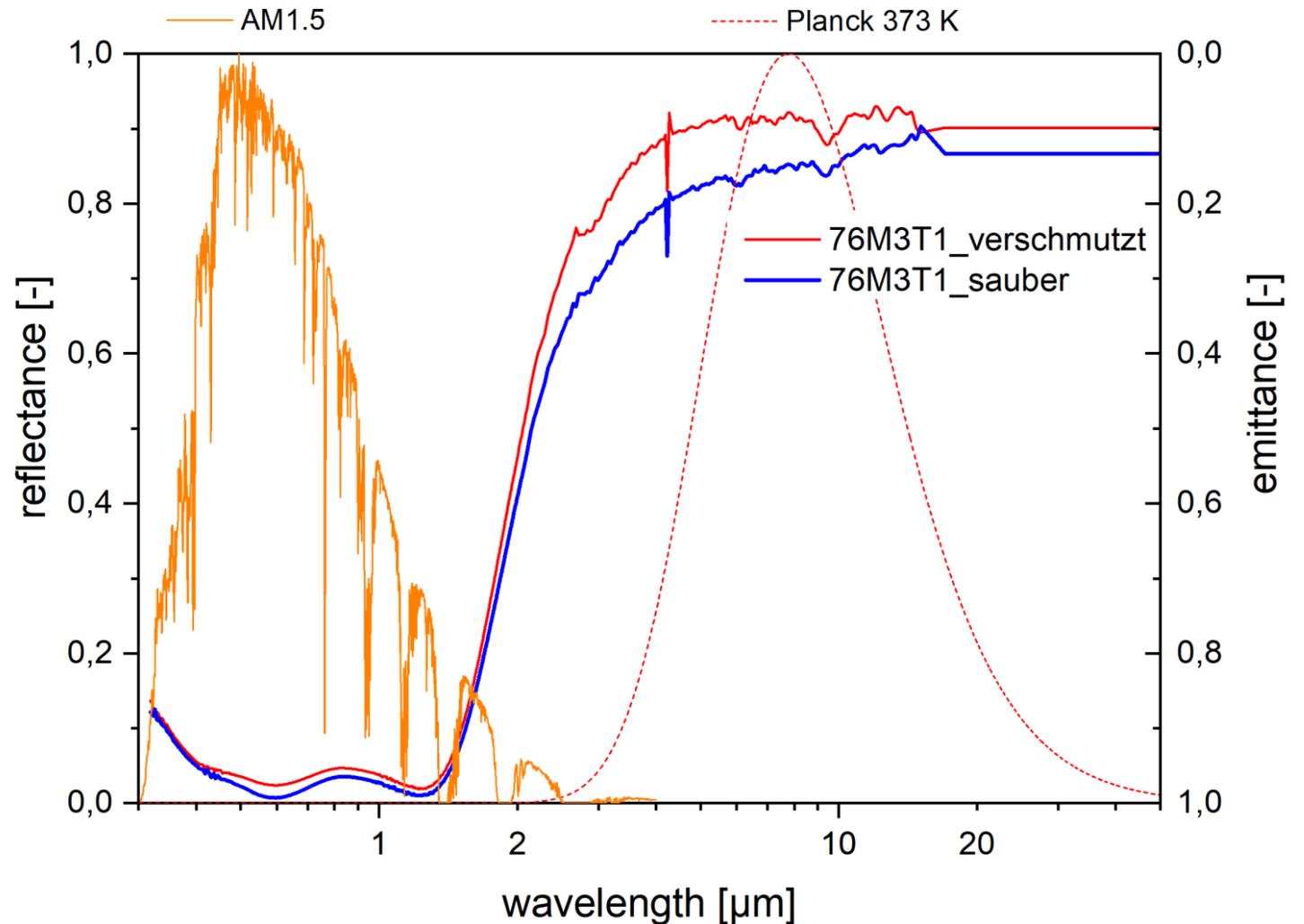
$$\Delta = \alpha_{\text{sauber}} - \alpha_{\text{verschmutzt}} = 0,01$$

$$\Delta_{\text{rel}} = 1\%$$

ε [373K]

$$\Delta = \varepsilon_{\text{sauber}} - \varepsilon_{\text{verschmutzt}} = 0,05$$

$$\Delta_{\text{rel}} = 36\%$$



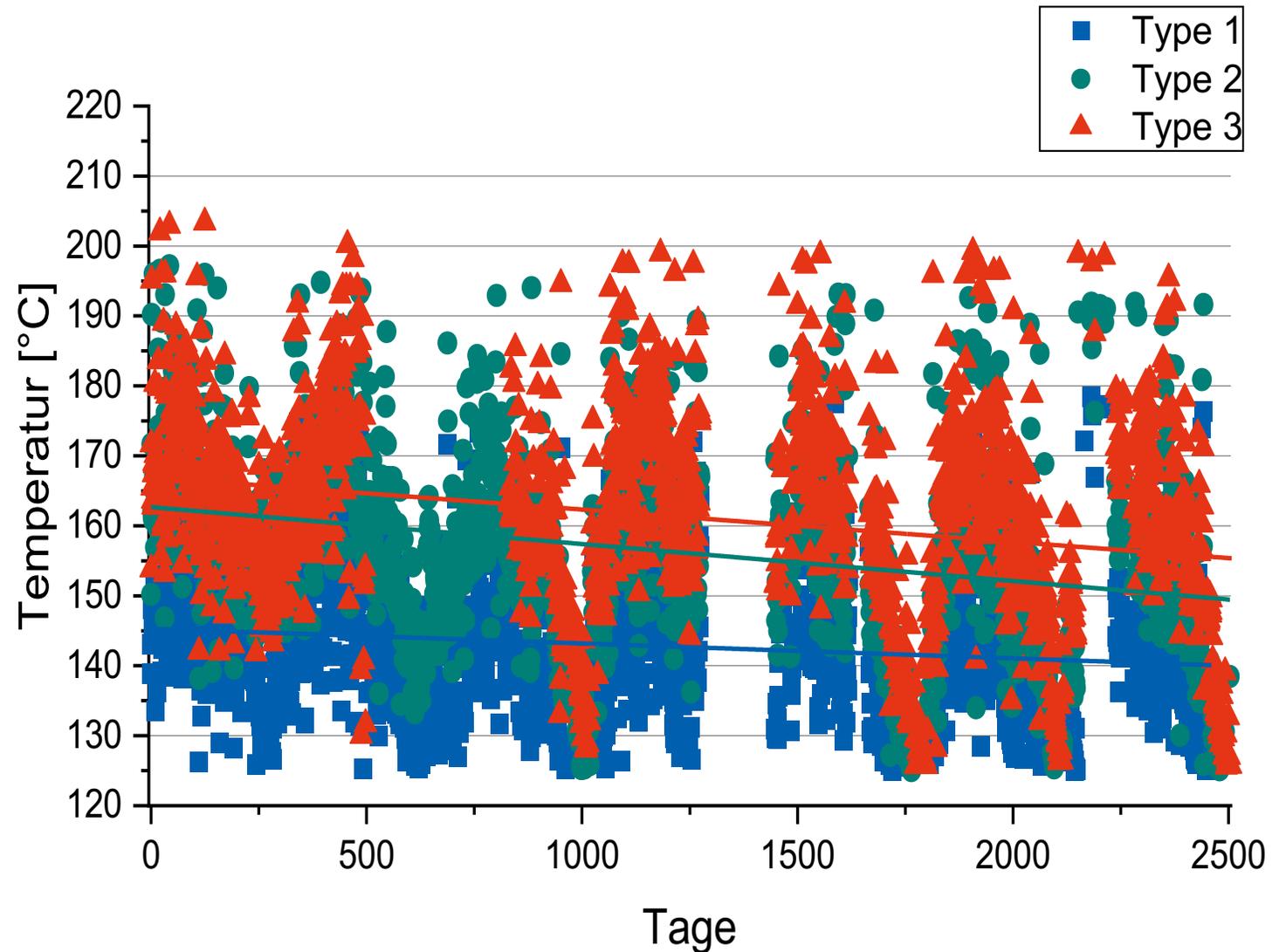
Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

Ergebnisse Monitoring

- Maritimer Standort Gran Canaria
- Tages-Maximaltemperaturen Absorber über 7 Jahre auf $1000\text{W}/\text{m}^2$ normiert

3 Standardkollektoren
Type 1, Type 2 und Type 3

Type	Achsenabschnitt	Steigung
1	145 °C	-0,8 K/Jahr
2	163 °C	-0,2 K/Jahr
3	167 °C	-1,7 K/Jahr

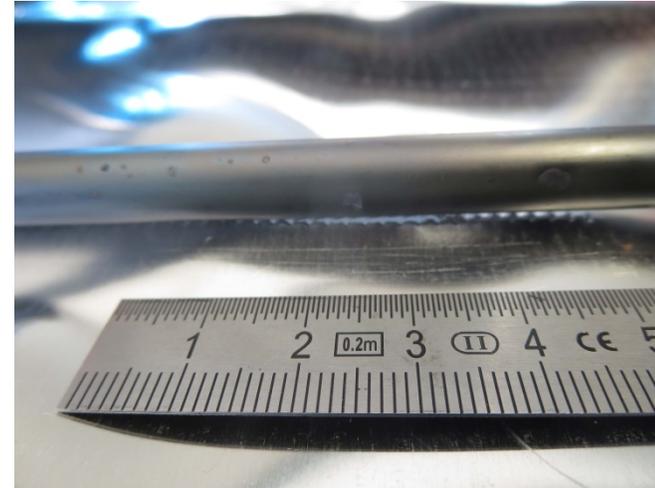


Ausgesuchte Ergebnisse der Exposition an den Extremstandorten

- Standardkollektor nach ca. 7 Jahren Exposition Zugspitze, ungekühlt

- Absorber
ca. 40 mm Rissbildung
an Laserschweißnaht

Vorder-/Rückseite



- Kollektorgehäuse
Korrosion
unten rechts



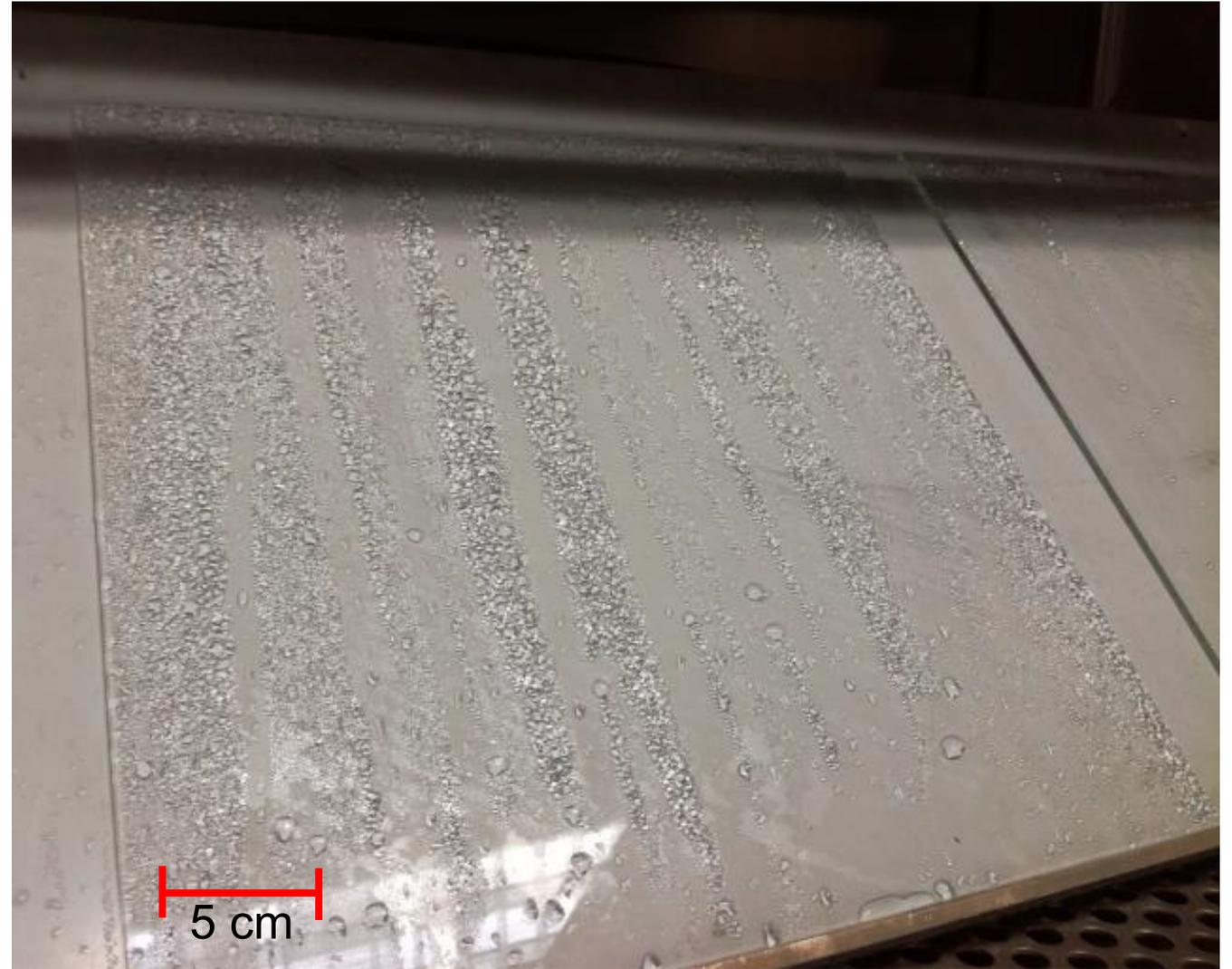
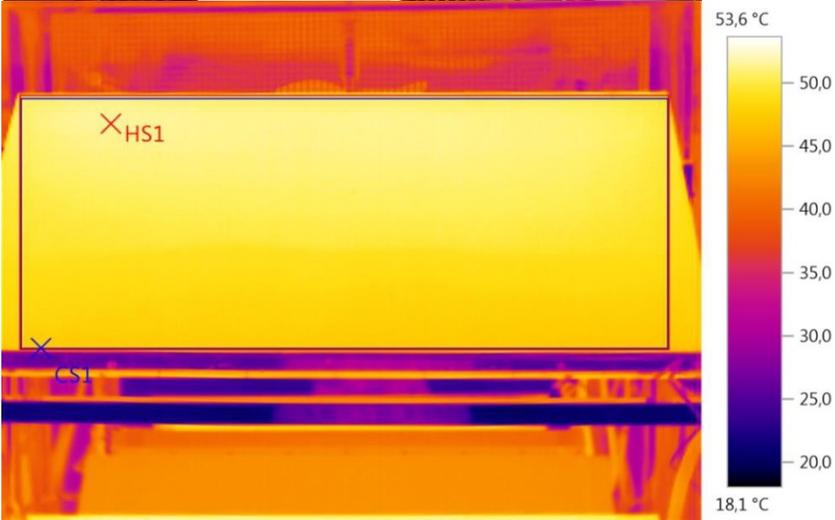
Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Komponenten

- Verglasung
- Absorber
- Reflektoren
- Klebmaterialien
- Befestigungsmaterialien und Kollektorperipherie

Komponentenprüfungen und Ergebnisse

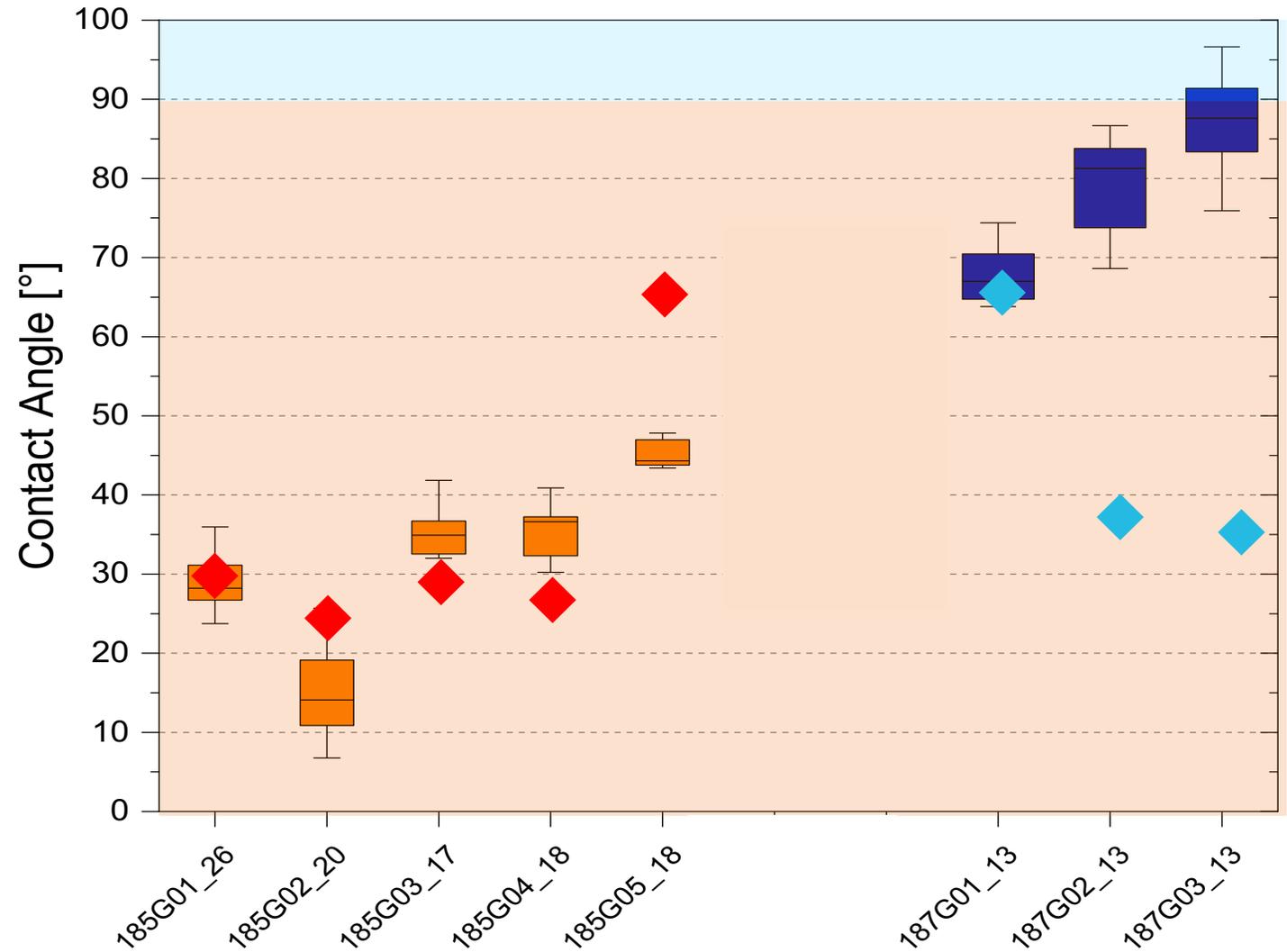
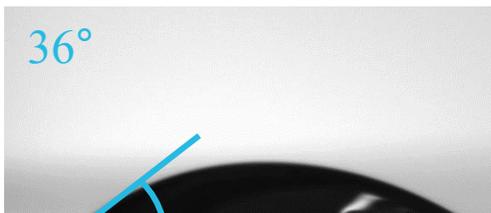
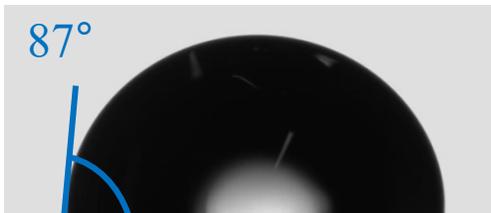
- Komponente Verglasung
 - Indoortest Kondensation bei 50°C



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Verglasung

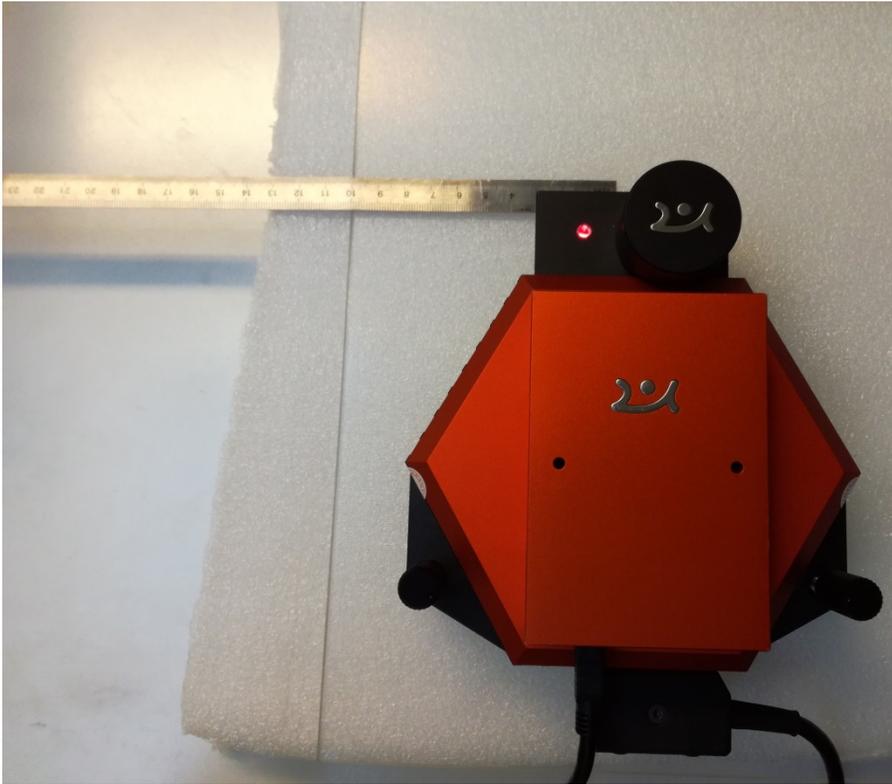
- Kontaktwinkelmessung nach
Indoortest
Kondensation bei 50°C
1000h
- Probe 187G03



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

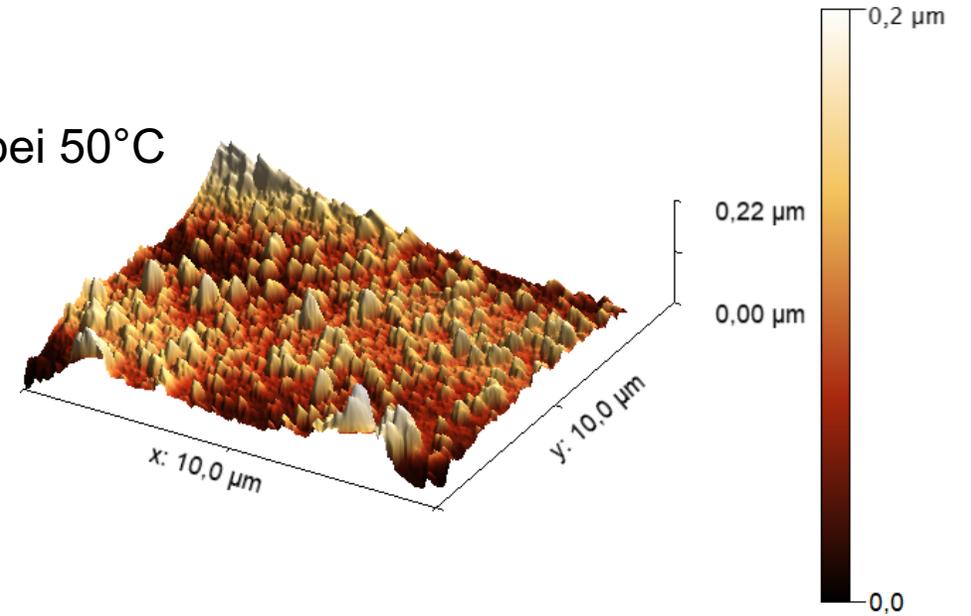
■ Verglasung

- Topographiemessung mit mobilem AFM

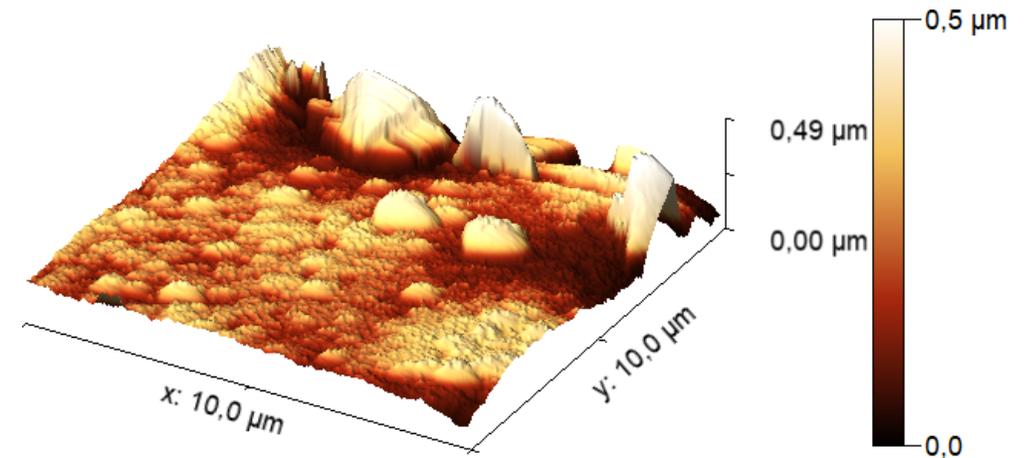


- Indoortest
Kondensation bei 50°C
Probe 185G01

- Topgraphie
nach 250 h
 $R_q = 12 \text{ nm}$



- Topgraphie
nach 1000 h
 $R_q = 24 \text{ nm}$

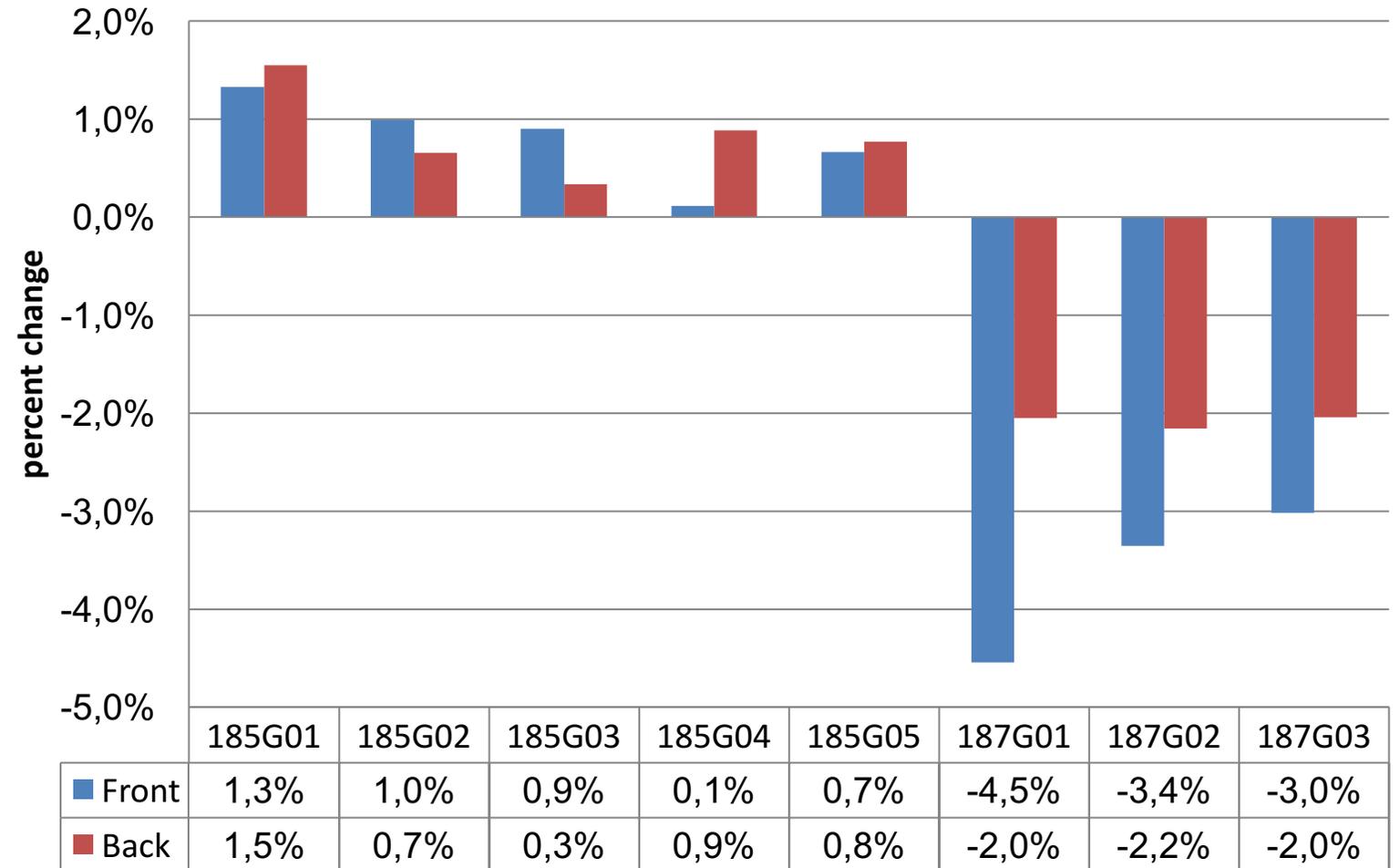


Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Verglasung

- Indoortest
Kondensation bei 50°C
- Ergebnis optische
Charakterisierung

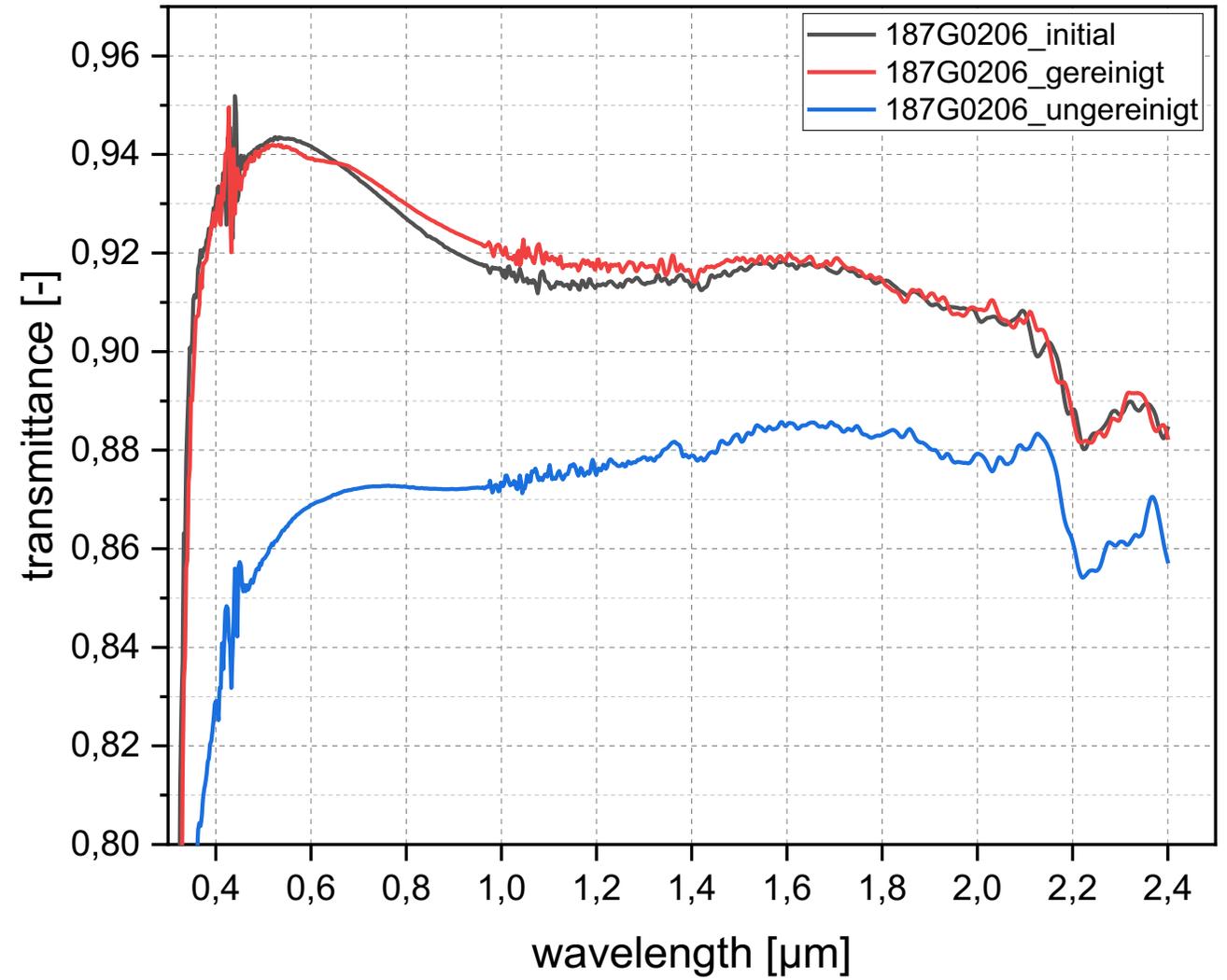
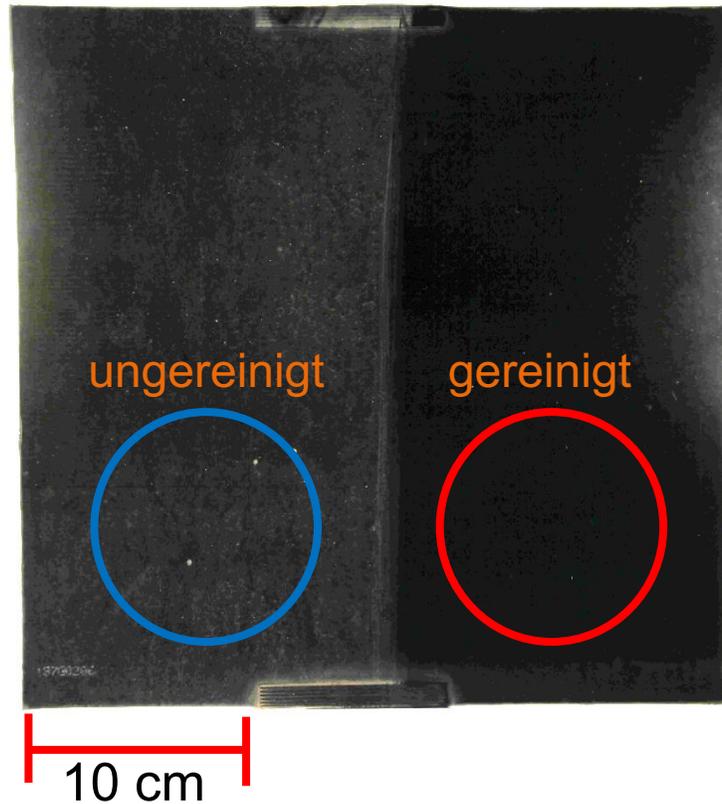
rel. Änderung des
solaren
Transmissionsgrades [AM1.5]



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Verglasung

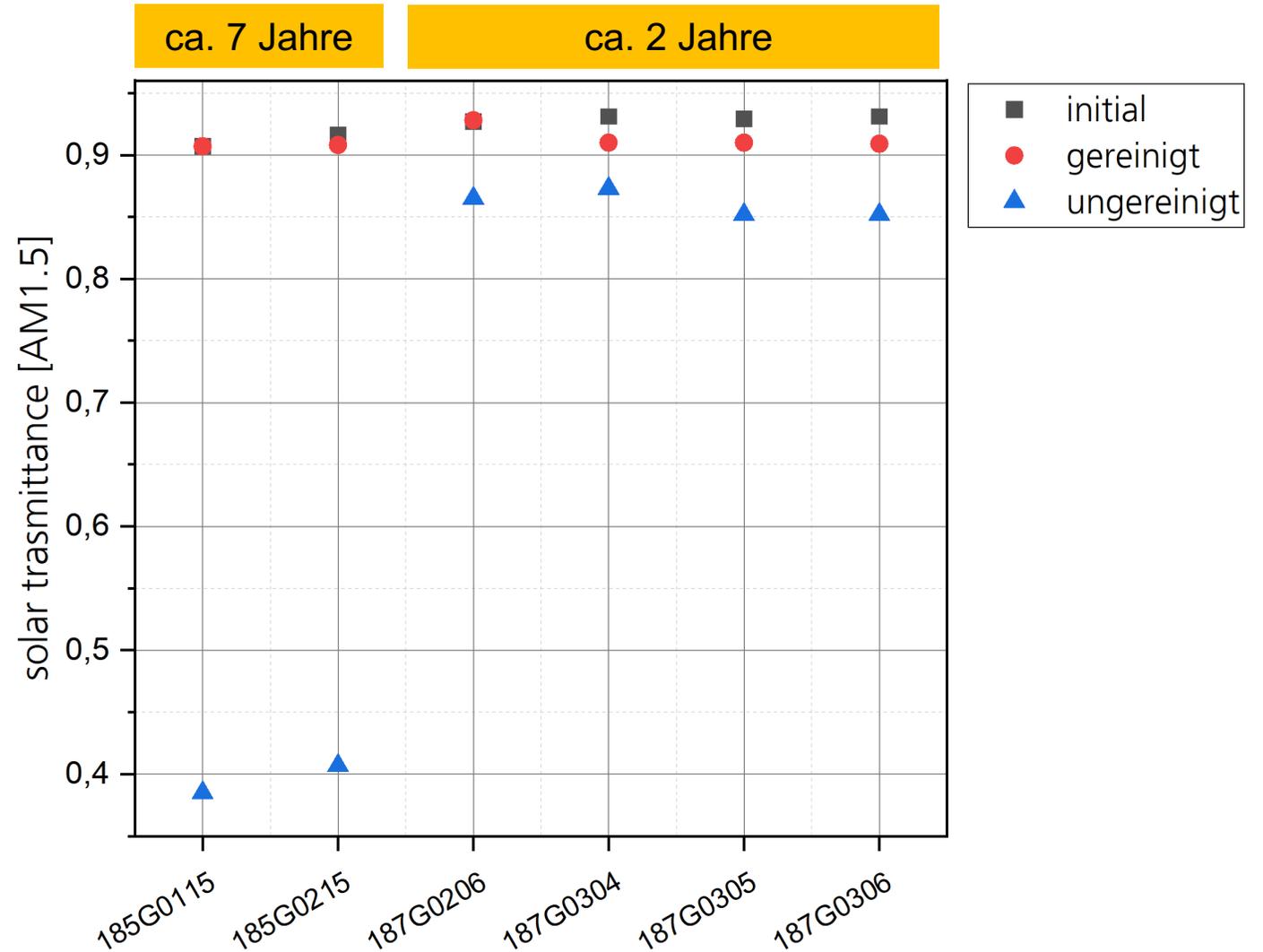
- Kochi, tropischer Expositionsstandort
ca. 2 Jahre Exposition



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Verglasung

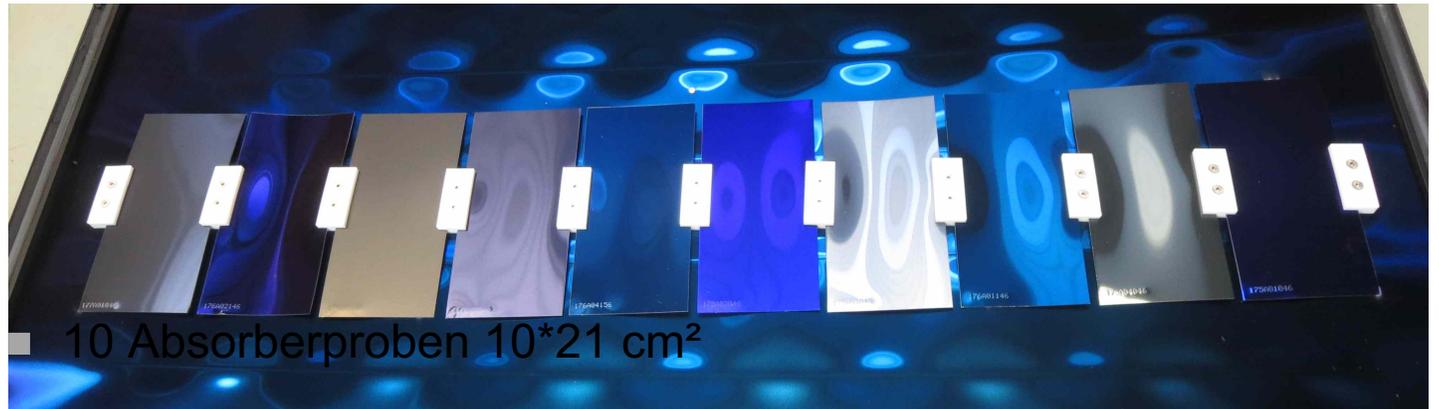
- Kochi, tropischer Expositionsstandort
- ca. 7 Jahre Exposition



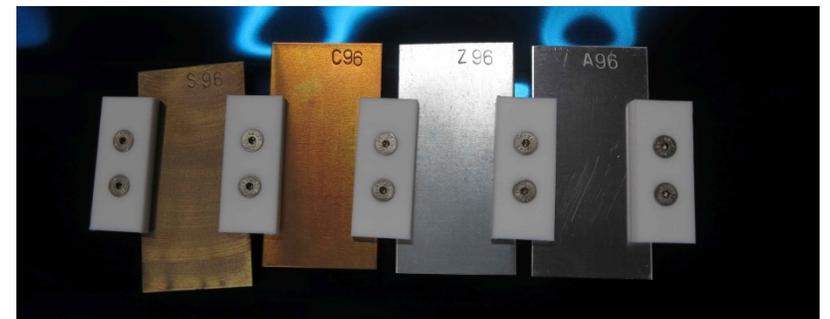
Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Absorber

Prüfkollektor nach ca. 7 Jahren Exposition in Stuttgart, ungekühlt



- Korrosionscoupons
Eisen, Kupfer,
Zink, Aluminium



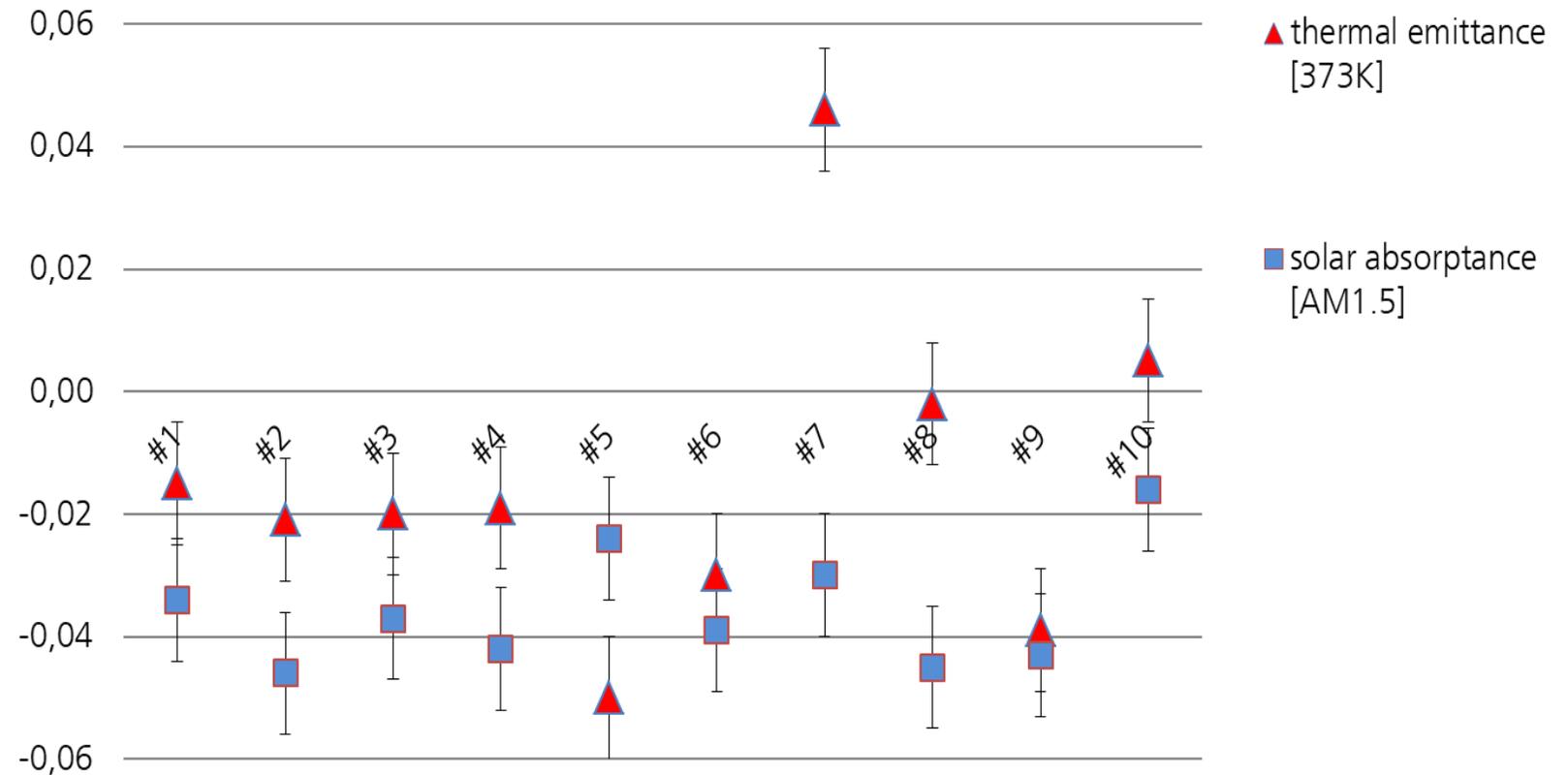
Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Absorber

Prüfkollektor nach ca. 7 Jahren Exposition in Stuttgart, ungekühlt

- Optische Charakterisierung

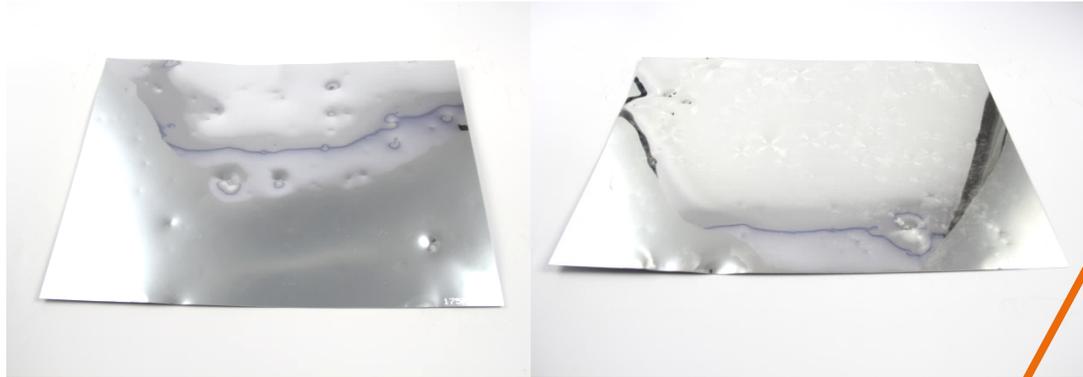
$$(\varepsilon, \alpha_{\text{ref}} - \varepsilon, \alpha_{7a}) [-]$$



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

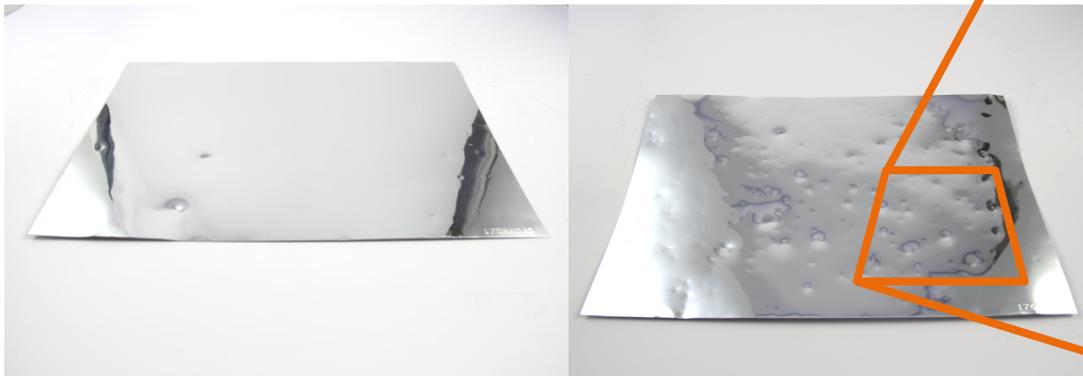
■ Reflektor

ca. 7 Jahre Exposition Zugspitze



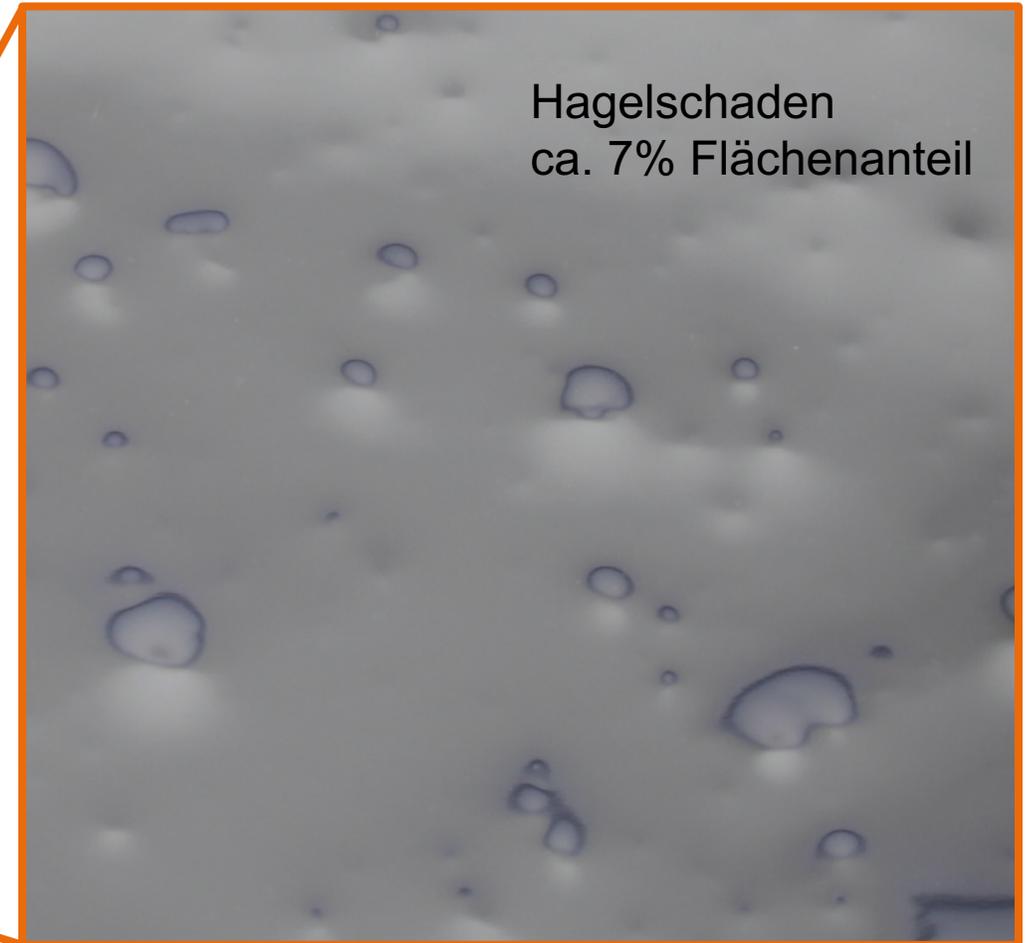
175R0105

175R0205



175R0305

176R0404



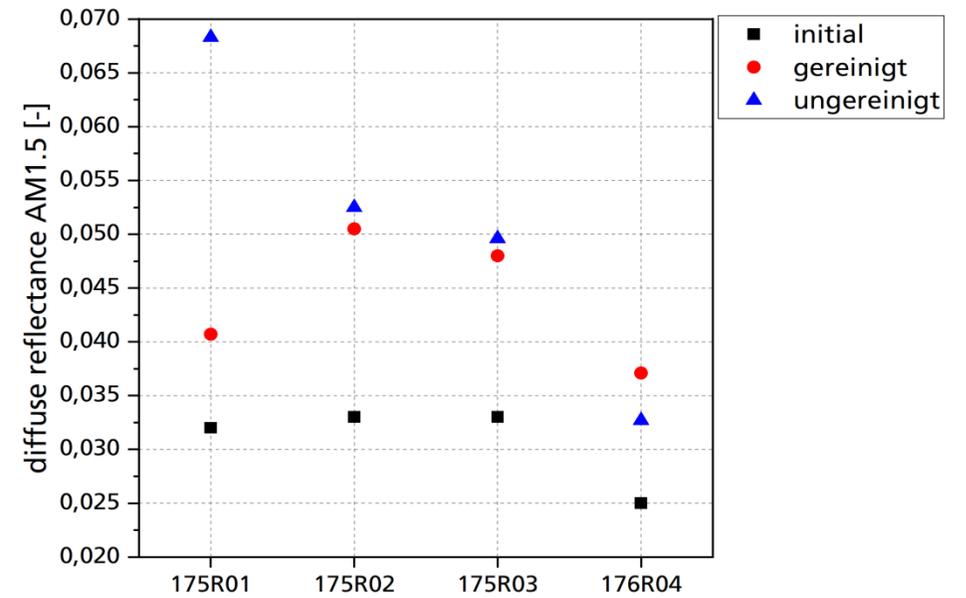
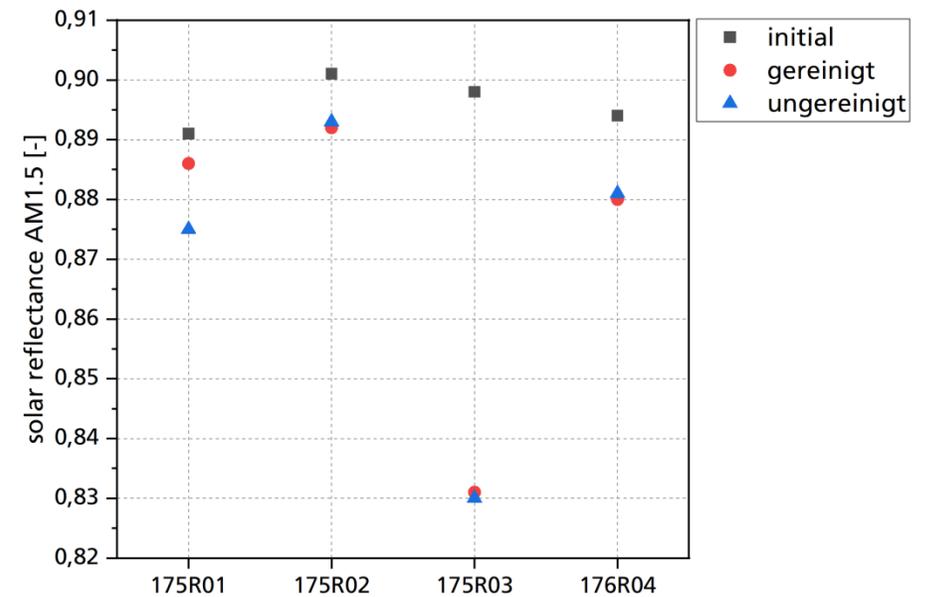
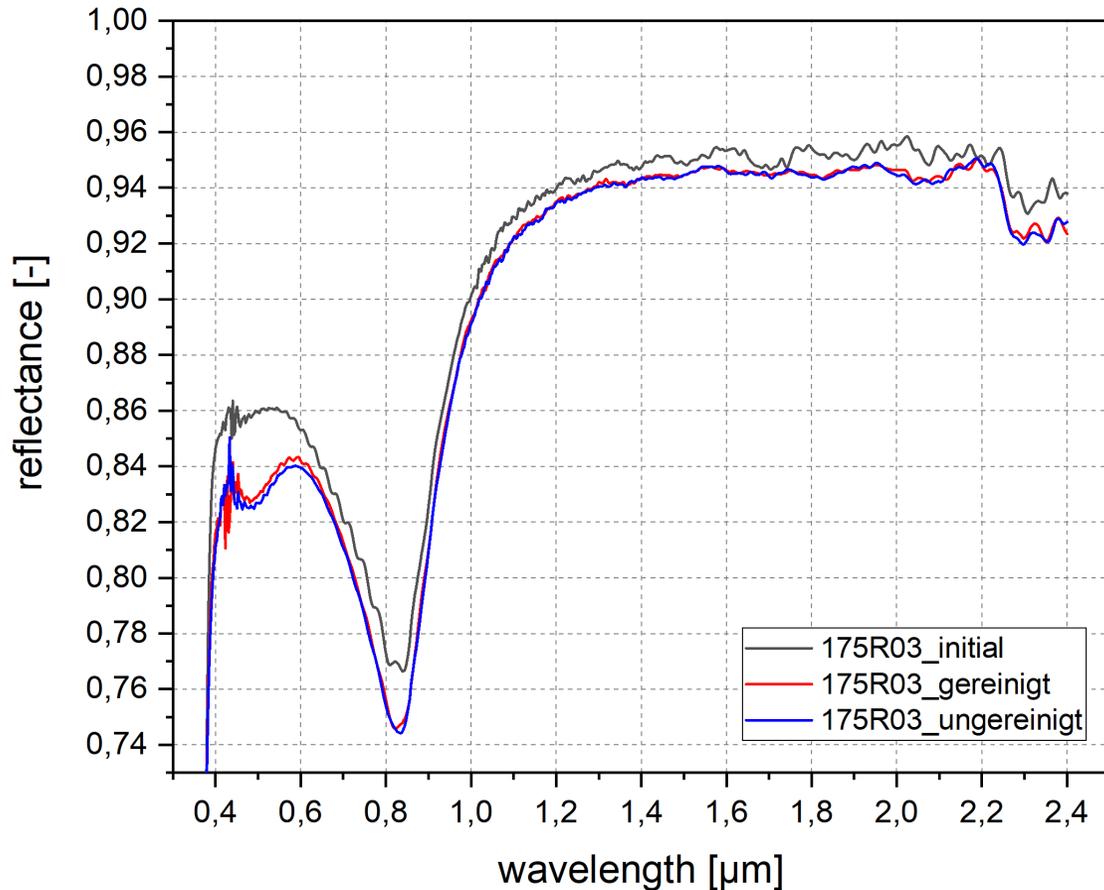
Hagelschaden
ca. 7% Flächenanteil

176R0104, 176R0204, 176R0304 fehlend; Ablösung aus Fixierung

Komponentenprüfungen und Ergebnisse

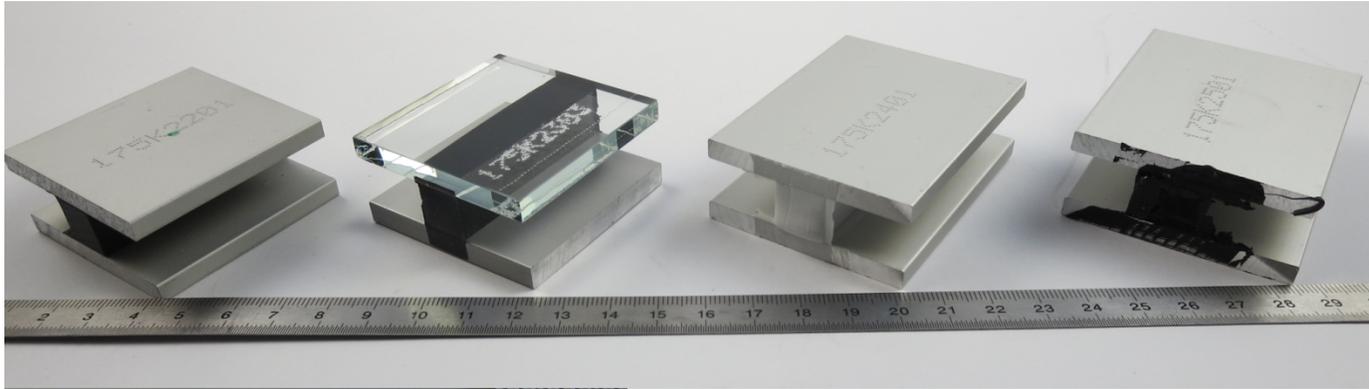
■ Reflektor

ca. 7 Jahre Exposition Zugspitze

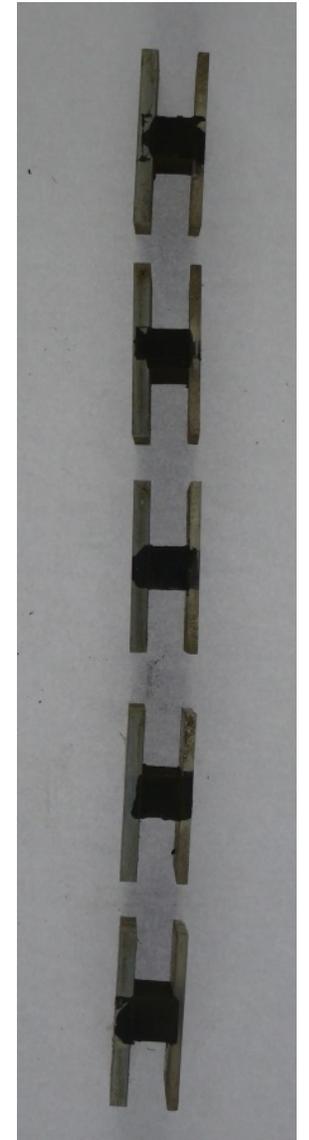
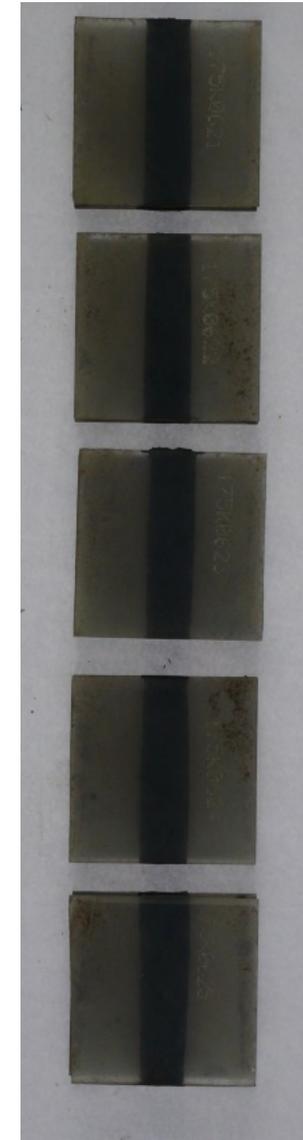


Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Klebmaterialien



- Exposition von H-Prüfkörpern nach 2,5 Jahren in Kochi
- Optische Charakterisierung
 - Spektroskopische Untersuchung
 - Mechanische Prüfung



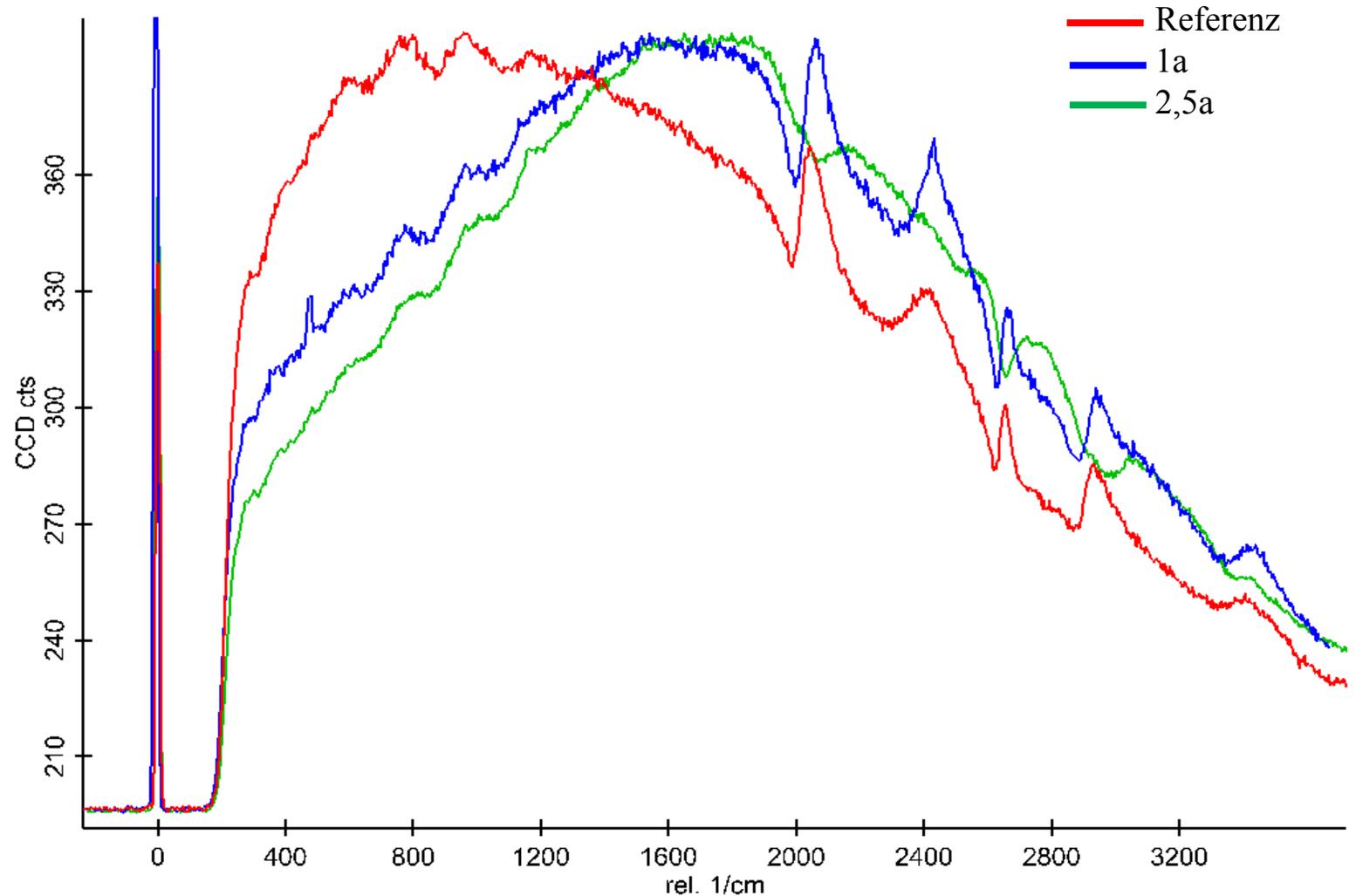
Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Klebmaterialien

Exposition von H-Prüfkörpern
nach 2,5 Jahren in Kochi

■ Spektroskopische
Untersuchung

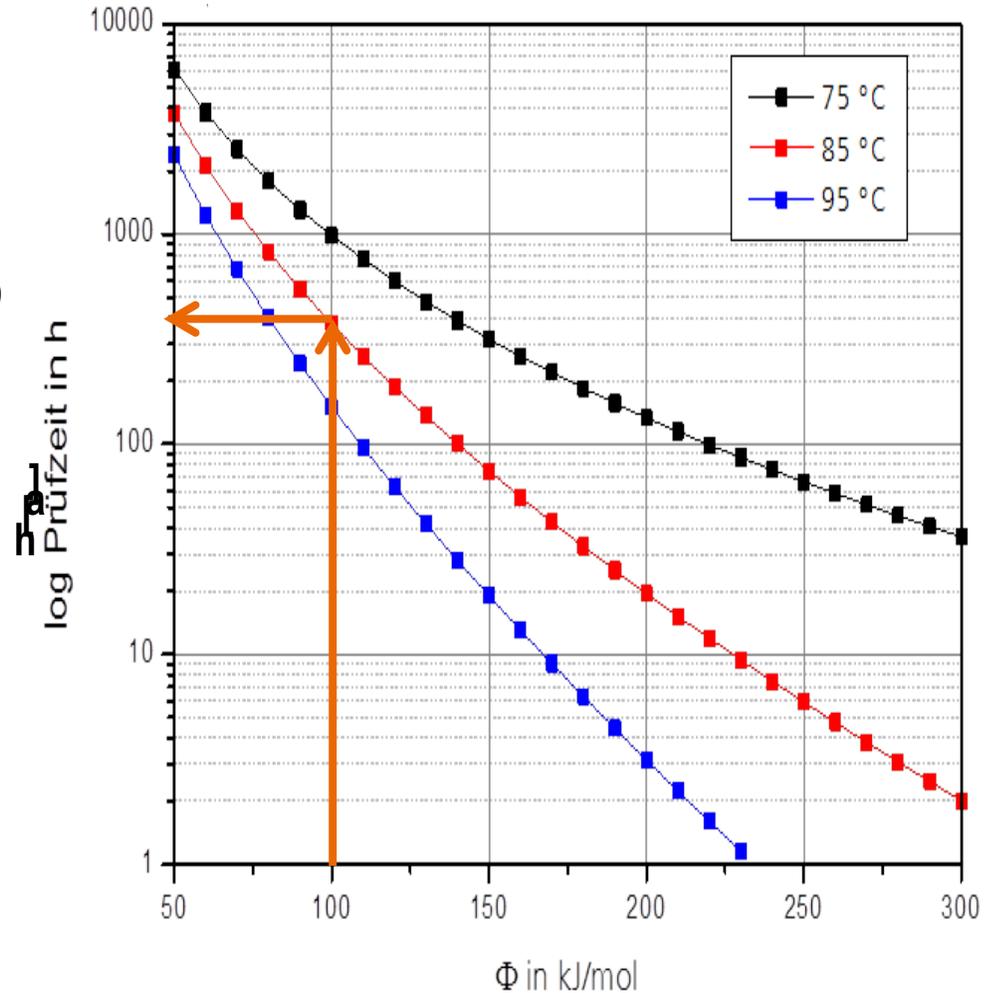
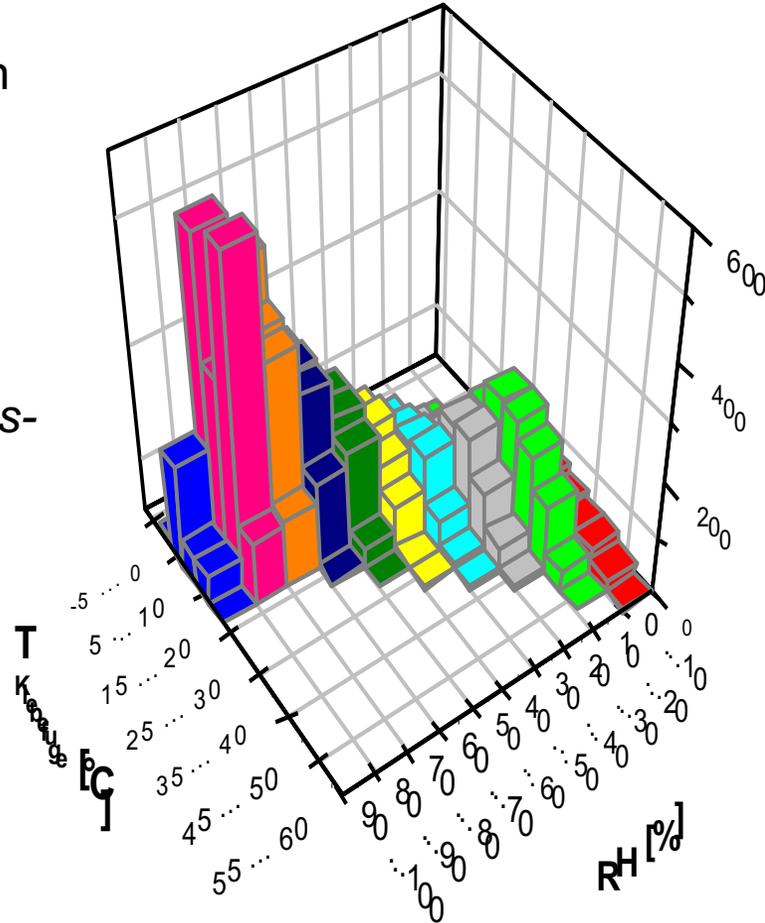
Ramanspektrometer
 $\lambda = 532 \text{ nm}$



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

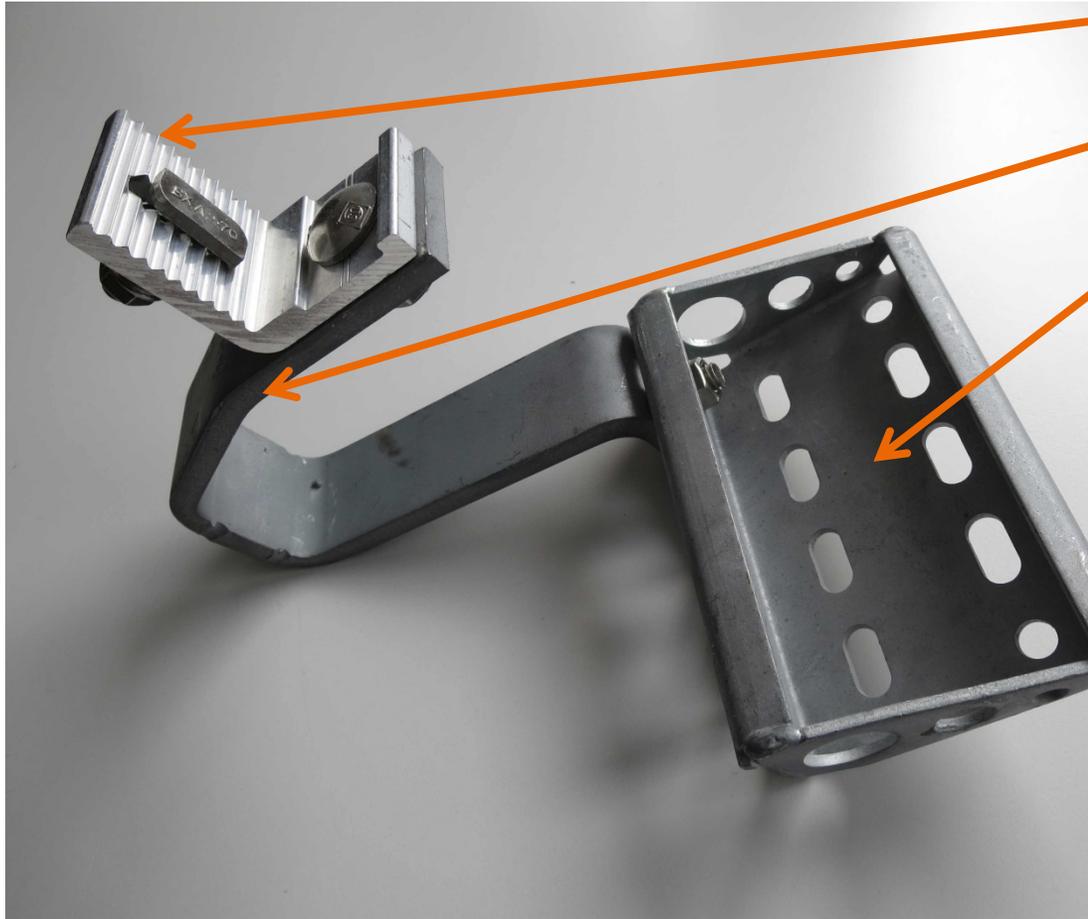
■ Klebmaterialien

- Entwicklung Prüfverfahren
- Gebrauchsdauer für 25 Jahre alpiner Expositionsstandort
- Monitoring Klebefugentemperatur
- Modellierung mit *Arrhenius-Ansatz*
- Ermittlung des korrespondierenden Zeitraums in einem beschleunigten Test bei einer konstanten Temperatur



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Befestigungsmaterialien und Kollektorperipherie



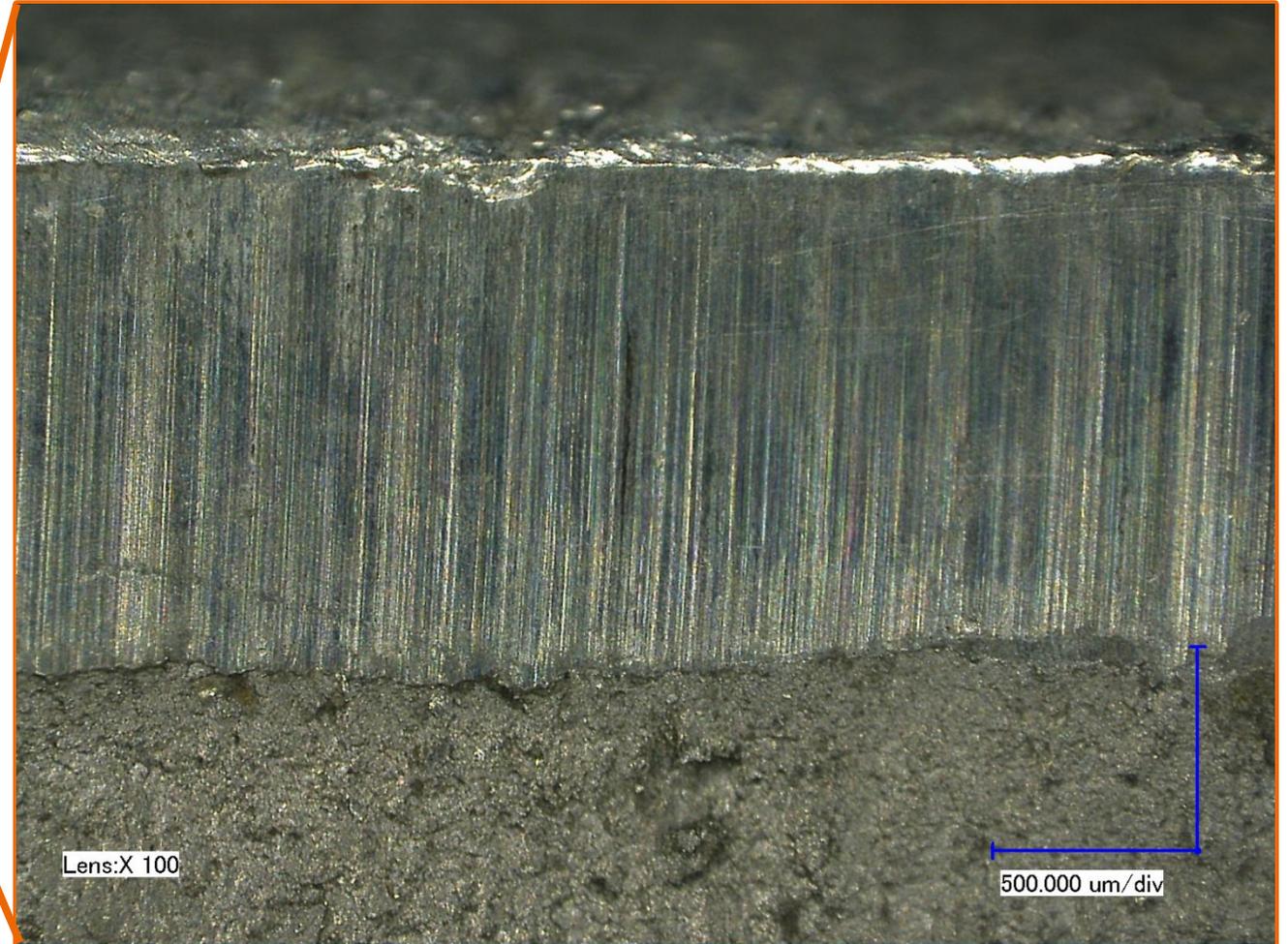
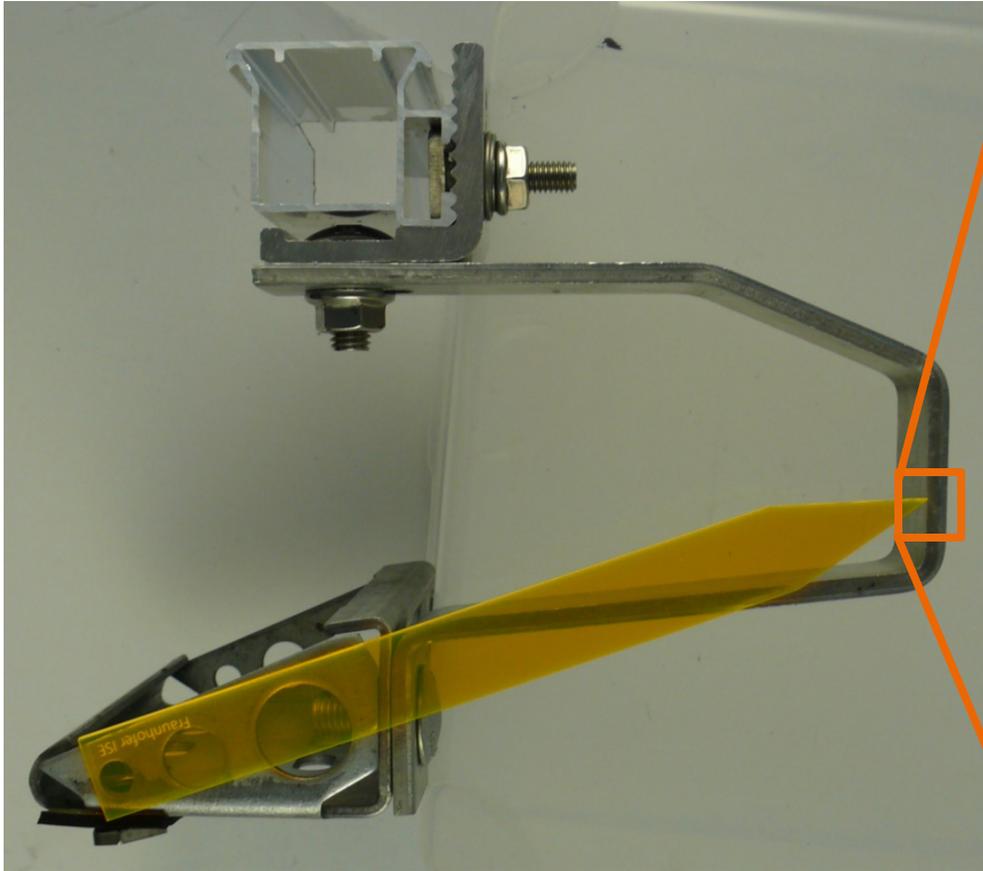
Adapterwinkel

Ausleger 3 mm, 5 mm, 8 mm

Grundplatte, 3 mm

Komponentenprüfungen und Ergebnisse

- Befestigungsmaterialien und Kollektorperipherie



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Befestigungsmaterialien und Kollektorperipherie

- Exposition maritimer Standort Gran Canaria
- nach ca. 2 Jahren



Typ 1



Typ 2



Typ 3

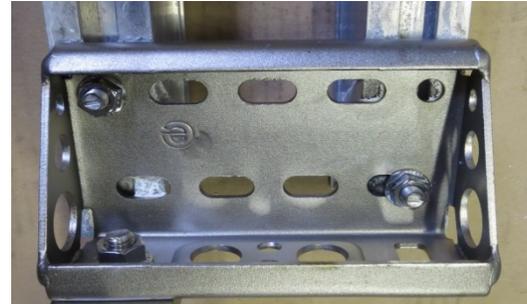


Komponentenprüfungen und Ergebnisse

■ Befestigungsmaterialien und Kollektorperipherie

- Indoortest
- SpeedColl Salznebelprüfung

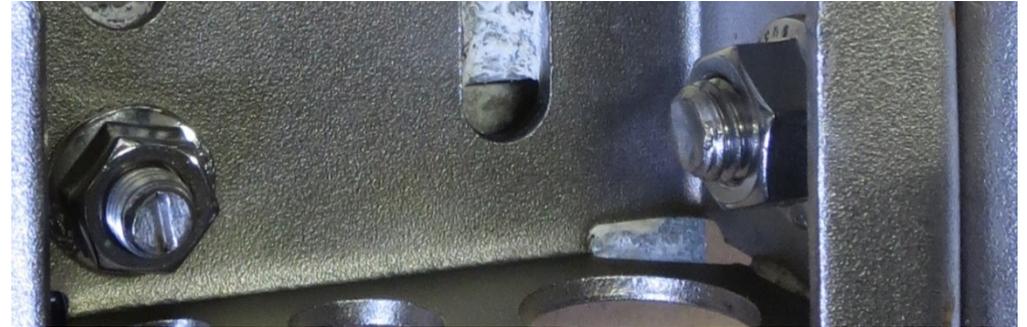
Typ 2



Typ 1



Typ 3



Komponentenprüfungen und Ergebnisse

Zusammenfassung

■ Optische Charakterisierung vor Exposition

- Extrem geringe Streuung der optischen Eigenschaften Transmission, Reflexion, Absorption

■ Outdoor

- Komponenten zeigen stark unterschiedliche Verschmutzung an den Expositionsstandorten
- Nach Reinigung werden die ursprünglichen Werte weitestgehend wieder erreicht
- Mechanische Eigenschaften der Klebmaterialien ändern sich durch die Exposition nur gering

■ Indoor

- Komponenten zeigen teilweise unterschiedliche Änderungen in den Tests
 - Gläser in Kondensationsprüfung bei 50°C
 - Befestigungsmaterialien in der Salznebenprüfung
- Absorber auch nach verschärfter Kondensationsprüfung optisch stabil
- Marginale Änderungen der mechanischen Eigenschaften der Klebmaterialien nur kohäsives Bruchbild der Kleinprüfkörper

Vorstellung der entwickelten Kollektorschnellprüfungen und bisherige Ergebnisse

Stephan Fischer, IGTE

Kollektorschnellprüfungen Einzelprüfungen

Ziele

1. Berücksichtigung der Belastungen an den Extremstandorten
2. Nachbildung der Degradationserscheinungen an den Expositionsstandorten
3. Ableitung der Gebrauchsdauer der Sonnenkollektoren
4. Ableitung von marketingrelevanten Aussagen

Unter Berücksichtigung vertretbarer Prüfzeiten

Kollektorschnellprüfungen Einzelprüfungen

1. UV-Prüfung
2. Temperaturwechselprüfung (intern und extern)
3. Hochtemperaturprüfung
4. Feuchteprüfung
5. Salzsprühnebelprüfung

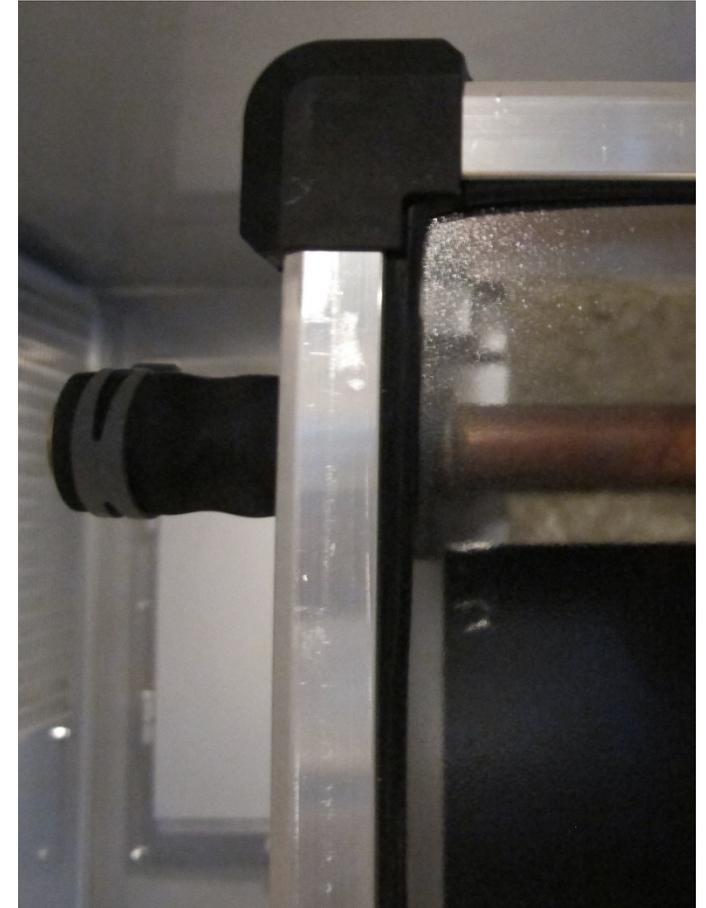
Kollektorschnellprüfungen: UV-Prüfung

Ziel

- Prüfung der Beständigkeit des Kollektors gegenüber UV-Strahlung (z. B. Befestigung der Abdeckung, polymere Komponenten)

Randbedingungen

- Max. UV-Bestrahlungsstärke = 230 W/m^2
- Prüfraumtemperatur so geregelt, dass sich eine Rahmentemperatur von 80 °C einstellt
- Relative Feuchte in der Klimakammer = 15%
- UV-Strahlungsmenge: 280 kWh/m^2



Kollektorschnellprüfungen: Temperaturwechsel intern

Ziel

- Prüfung der Beständigkeit der Verbindung zwischen Absorberblech und Register

Randbedingungen

- Aufheizen mit 95 °C Eintritt bis 90 °C am Austritt
- Abkühlen mit 10 °C Eintritt bis 15 °C am Austritt
- 2000 Schocks ($\Delta T = 75 \text{ K}$)
- 4 thermische Schocks nach ISO 9806 (1 x Inbetriebnahme, 3 x Wartung)



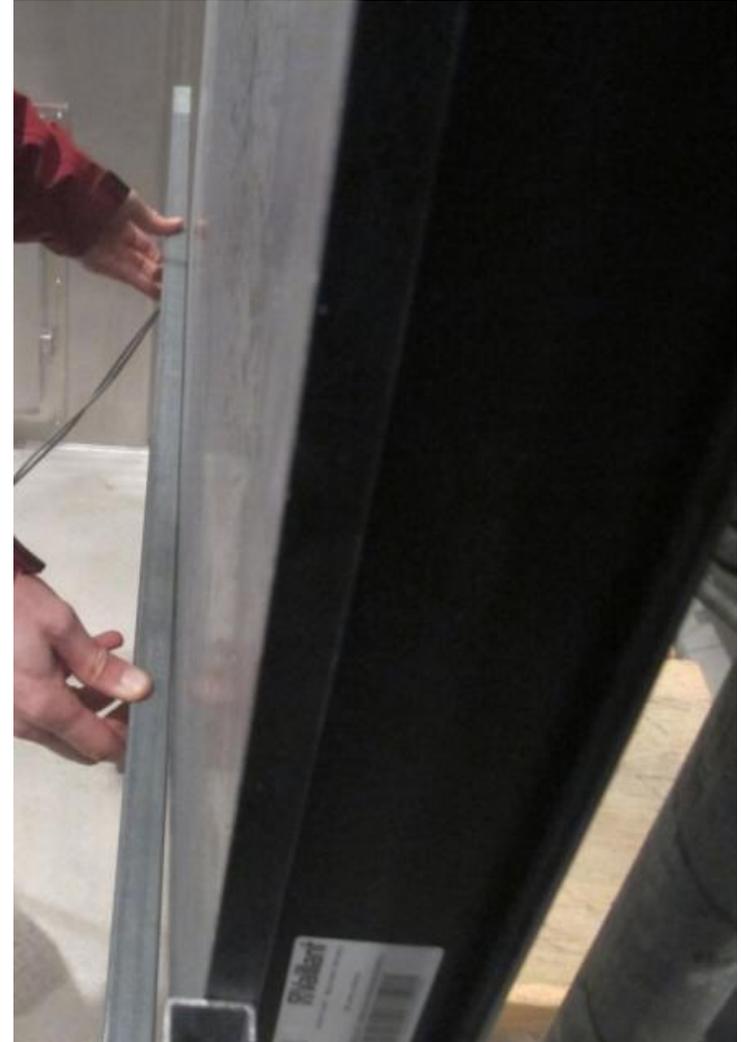
Kollektorschnellprüfungen: Temperaturwechsel extern

Ziel

- Prüfung der Gesamtkonstruktion, insbesondere der Glaseindeckung

Randbedingungen

- 200 Zyklen zwischen -40 °C bis $+90\text{ °C}$
Rahmentemperatur



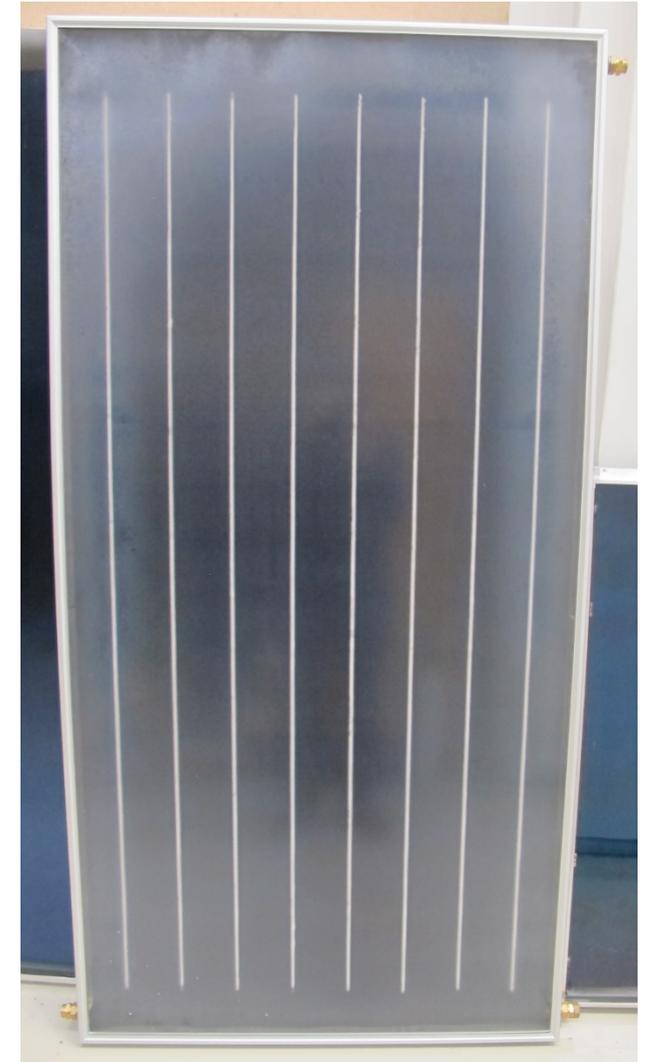
Kollektorschnellprüfungen: Hochtemperaturprüfung

Ziel

- Prüfung auf Ausgasungen, Verformung des Absorbers (Kontakt mit Glas), Zuverlässigkeit der Gesamtkonstruktion

Randbedingungen

- $G = 1100 \text{ W/m}^2$ und $\vartheta_{\text{amb}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
oder
Betrieb bei entsprechender Temperatur
- 1 Zyklus mit 8 h bei $\vartheta_{\text{prüf}}$ und 4 h bei 25°C
- 15 Zyklen



Kollektorschnellprüfungen: Feuchteprüfung

Ziel

- Prüfung der Glasbeständigkeit und des Kollektordesigns bei Kondensation und Abtropfverhalten

Randbedingungen

- Neigungswinkel 30°
- Betrieb bei 80 °C und 80 % rel. Feuchte
- Kondensatfalle auf unterer Hälfte des Kollektors bei 50 °C



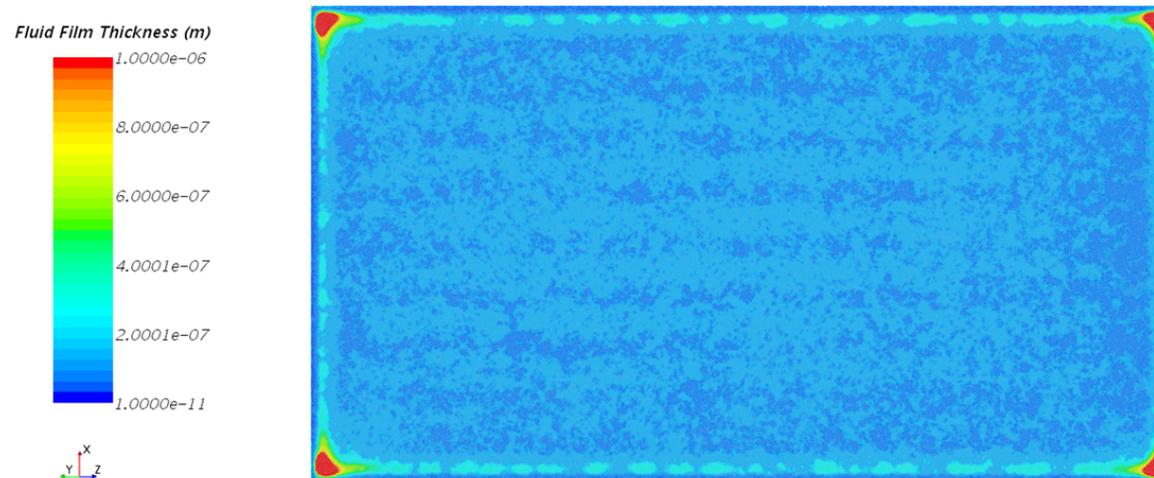
Exkurs Feuchtesimulation (CFD)

Ausgangszustand

- Kollektor vortemperiert auf 10°C (relative Luftfeuchtigkeit $< 100\%$)
- Umgebungstemperatur = 10°C
- Spezifische Luftfeuchtigkeit im Kollektor = $0,007 \text{ gWasser / gLuft}$
- Himmelstemperatur = -5°C

Physikalisches Modell

- Mehrphasenströmung (Luft, Wasserdampf, Wasser)
- Grenzflächenfilmmodell
- Transiente Berechnung (für Strömung, Temperatur, Feuchte)



Kollektorschnellprüfungen: Salzsprühnebelprüfung

Ziel

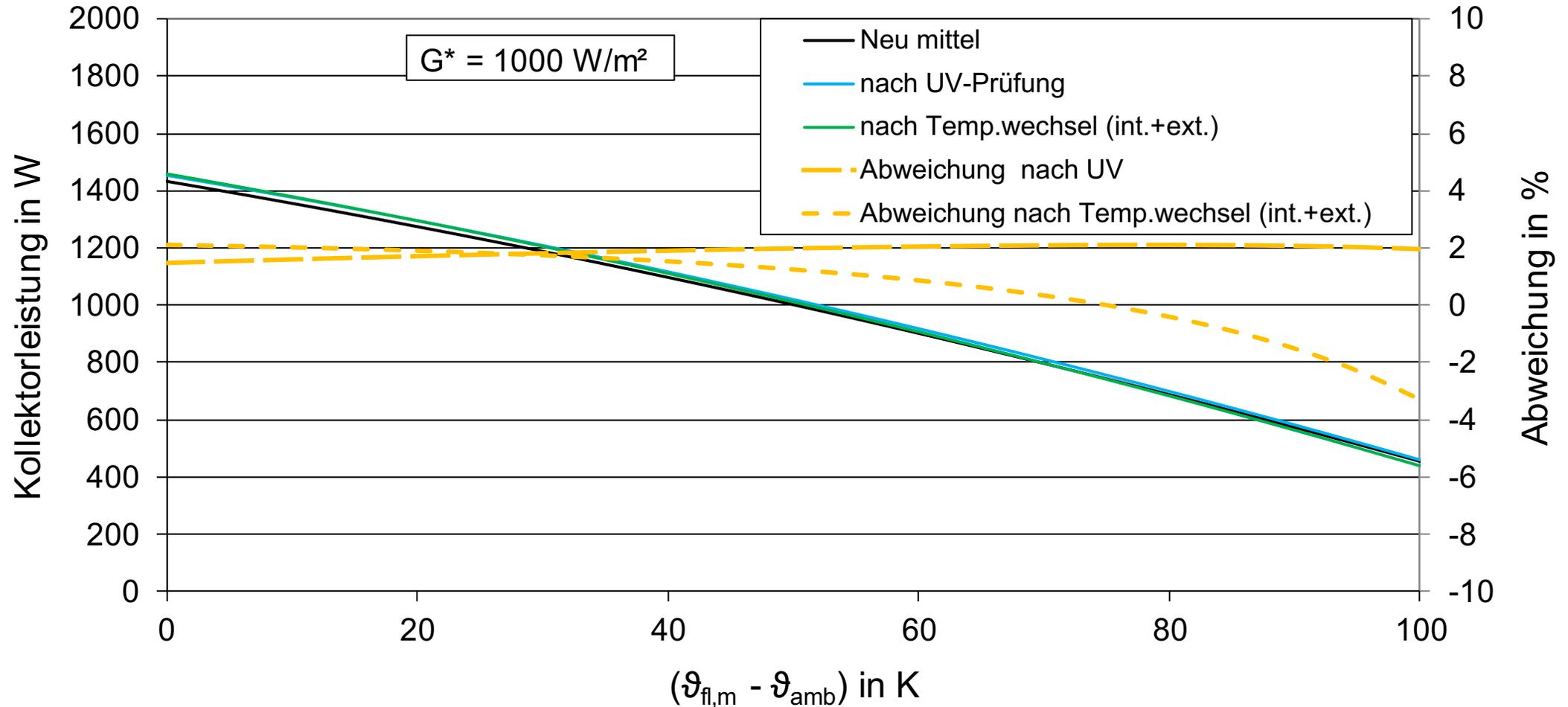
- Prüfung auf Beständigkeit gegenüber Salzeintrag ins Kollektorinnere und außenliegende Oberflächen (Rahmen, Anschlüsse etc.)

Randbedingungen

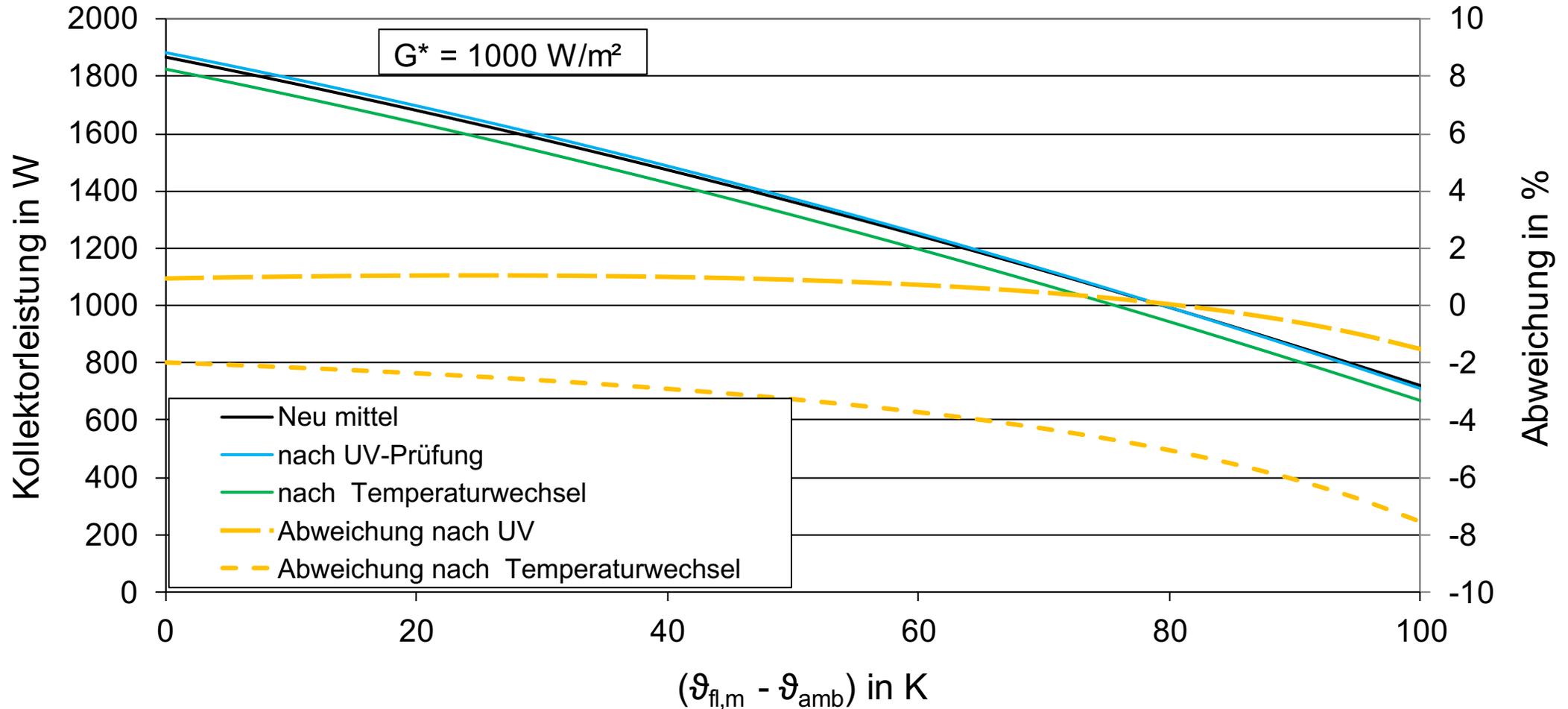
- 48 h Zyklus bestehend aus
Sprühnebelphase: (2 x 2 h, 35 °C, 100% rF)
Feuchtephase: (2 x 5 h, 1 x 10 h, 40 °C, 93 % rF)
und Trockenphase: (24 h, 23 °C, 50 % rF)
- Salzgehalt der Sole: (3 ± 0,5) %
- Betrieb des Kollektors bei 60 °C
- 22 Zyklen



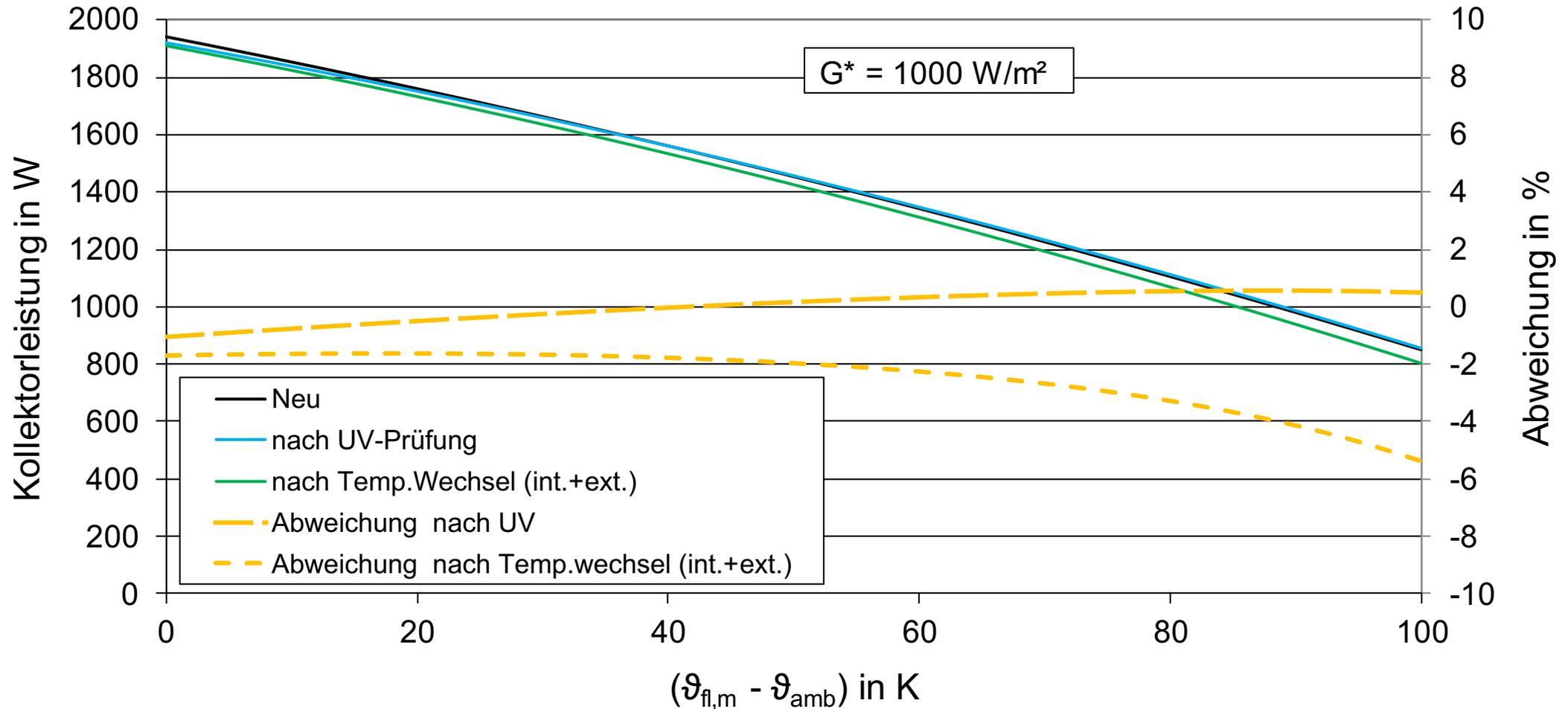
Kollektorschnellprüfungen: erste Ergebnisse Typ I



Kollektorschnellprüfungen: erste Ergebnisse Typ II



Kollektorschnellprüfungen: erste Ergebnisse Typ III



Entwickelte Kollektorschnellprüfungen und bisherige Ergebnisse

Zusammenfassung

■ Folgende Kollektorschnellprüfungen wurden entwickelt

- UV-Prüfung
- Temperaturwechselprüfung (intern und extern)
- Hochtemperaturprüfung
- Feuchteprüfung
- Salzsprühnebelprüfung

■ Anwendung der bisher durchgeführten Kollektorschnellprüfungen bildet Degradationserscheinungen im Feld gut ab

■ Ausblick

- Fertigstellung der ausstehenden Kollektorschnellprüfungen
- Klassifizierung der Kollektoren
- Ableitung der Gebrauchsdauer

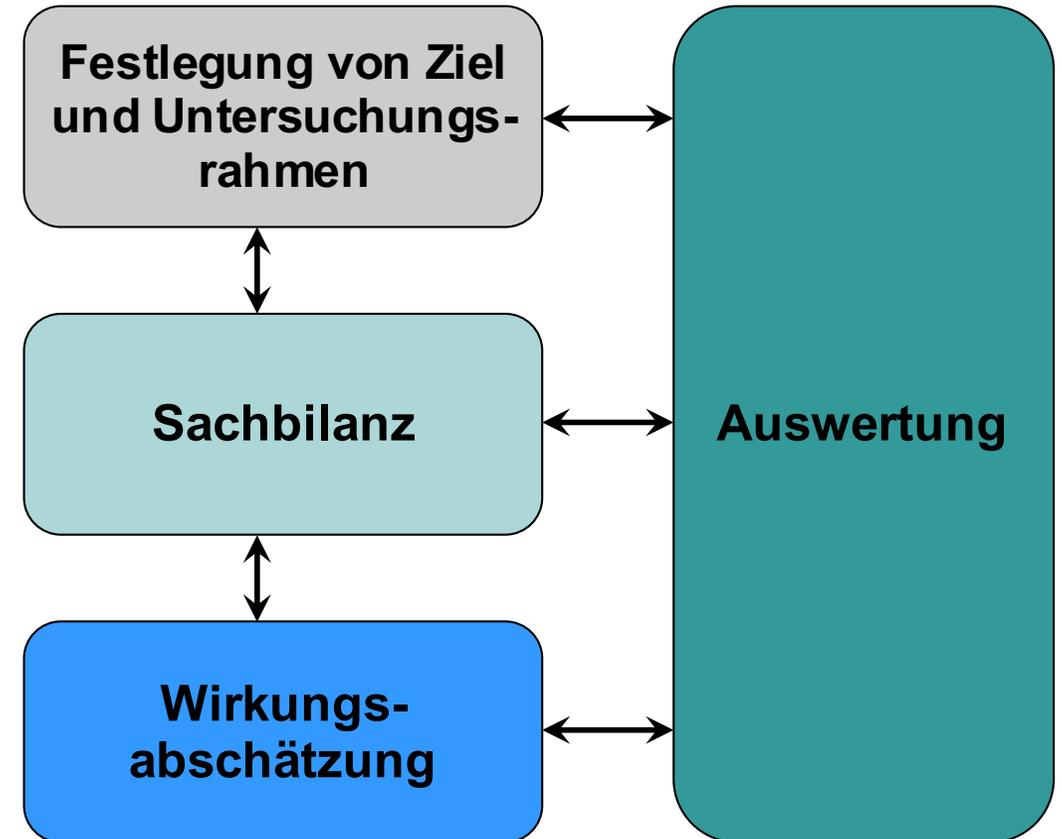
Einfluss der Lebensdauer auf die Nachhaltigkeit

Stephan Fischer, IGTE

Einfluss der Lebensdauer auf die Nachhaltigkeit

Ökobilanz/Life Cycle Assessment (LCA)

- DIN EN ISO 14040/DIN EN ISO 14044
- Untersuchungsrahmen z. B. Kombineanlage
- Sachbilanz (Life Cycle Inventory LCI)
- Wirkungsabschätzung (Life Cycle Impact Assessment LCIA)



Excel Tool für Sachbilanz Kombianlage

Features und Möglichkeiten

- Referenz-Kombianlage implementiert (nicht veränderbar)
- Referenzkollektor implementiert (veränderbar)
 - Materialien, Fertigungsverfahren, Energiemix, Alterung
- Berechnung kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Berechnung energetische Amortisationszeit (EAZ)
- Berechnung Gesamtprimärenergieeinsparung (PEA_{save})

Energetische Amortisationszeit und Primärenergieeinsparung

Berechnung der energetischen Amortisationszeit und der Primärenergieeinsparung

- Energetische Amortisationszeit EAZ:

Energetischer Aufwand = Energetischer Ertrag

$$KEA_h + KEA_b \times t + KEA_w \times t = PEA_{b,subs} \times t$$

$$EAZ = t = \frac{KEA_b}{PEA_{b,subs} - KEA_b - KEA_w}$$

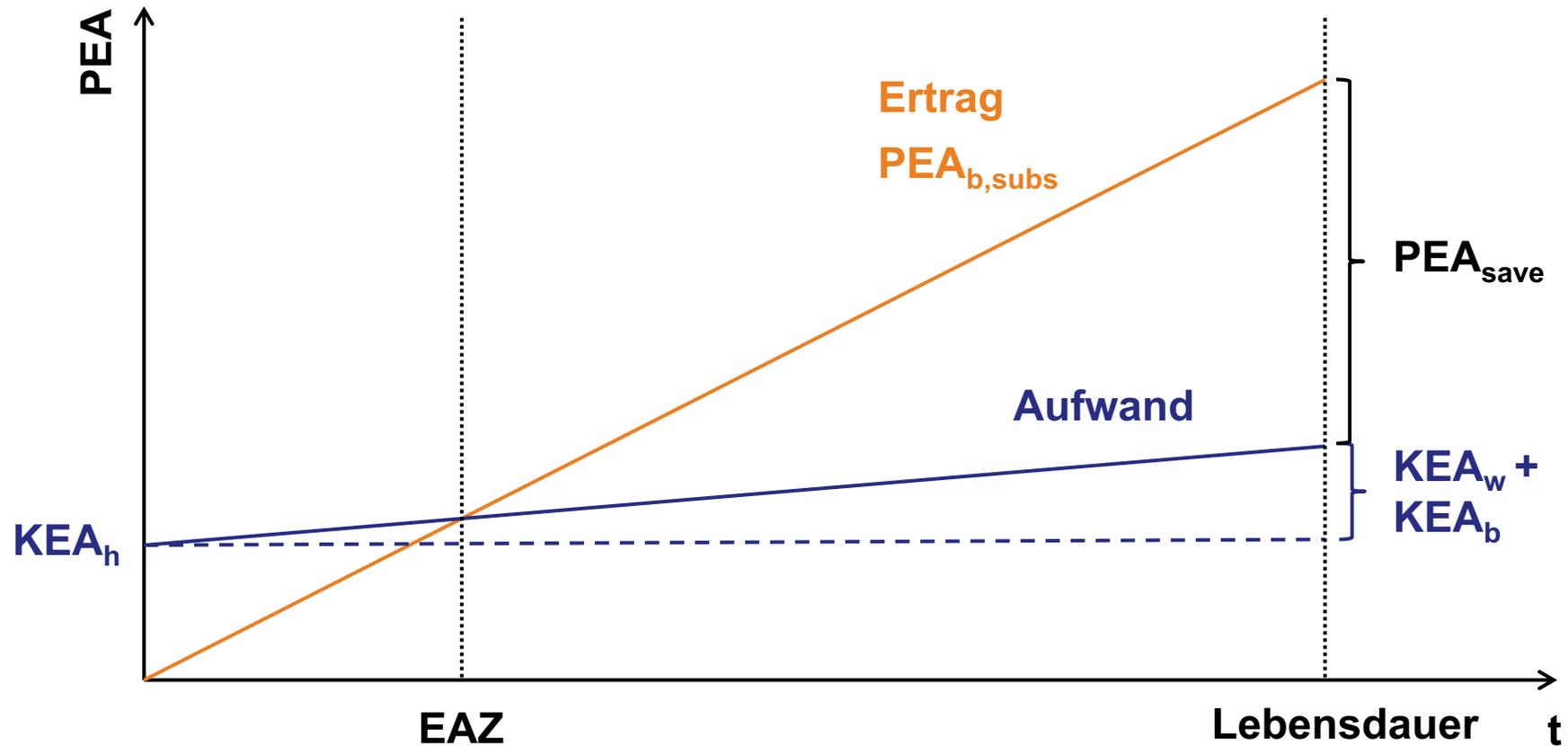
- Primärenergieeinsparung PEA_{save}

Energieeinsparung = Energetischer Ertrag – Energetischer Aufwand

$$PEA_{save}(t) = PEA_{b,subs} \times t - (KEA_h + KEA_b \times t + KEA_w \times t)$$

Energetische Amortisationszeit und Primärenergieeinsparung

Graphische Darstellung der energetischen Amortisationszeit und der Primärenergieeinsparung



Referenzkollektor

Allgemeine Angaben

- Bruttofläche: 2 m² (1 m x 2 m), Absorberfläche: 1,8 m²
- τ_{0} : 0.7 [-]
- a_1 : 4.0 [W/(m²K)]
- a_2 : 0.012[W/(m²K²)]
- c_{eff} : 6 [kJ/(m²K)]
- IAMdfu: 0.9

Einfallswinkel	0	20	30	40	50	60	70	80	90
IAMdir	1	0.99	0.98	0.97	0.93	0.86	0.7	0.35	0

Referenzkollektor

Absorber

- Harfe
- Aluminiumblech, Dicke 0,4 mm, PVD-beschichtet
- Sammlerrohre: 2 x 18 mm Kupferrohr, 0,8 mm Wandstärke, Länge 1 m
- 10x Absorberrohr: 10 x 8 mm Kupferrohr, 0,4 mm Wandstärke, Länge 1,85 m
- Verbindung Sammlerrohre und Absorberrohre: Hartlöten
- Verbindung Harfenrohre und Absorber: Laserschweißen, Energieaufwand 0.4 kWh/m²

Rahmen

- Umlaufende Alu-Strangpressprofile 3,68 kg, Eloxierte Oberfläche 1,8 m²
- Rückwandklemmleiste aus Alu-Strangpressprofilen 0,85 kg
- Rückwandblech aus Alu 2,7 kg
- 4 Eckverbinder Stahl (4 x 0.024 kg), Silikon Komponente A (Rückwand) 0,256 kg Silikon Komponente B (Rückwand) 0,033 kg
- Kunststoffecken aus PA GF 30, 0,08 kg, Spritzguss
- Absorberdurchführungen aus EPDM, 0,05 kg

Referenzkollektor

Abdeckung

- Floatglas unbeschichtet, 3,2 mm, 1,97 m² (5 mm an jeder Seite kleiner als Bruttofläche)
- Abstandhalter Absorber/Glas (2 Stk.) aus PA GF 30, 0,012 kg, Spritzguss
- Glasklemmleiste aus Alu-Strangpressprofilen 1,725 kg, Eloxierte Oberfläche 0,144 m²
- Glaseindichtung aus EPDM, 0,56 kg

Wärmedämmung

- 40 mm Glaswolle, 30 kg/m³, 2,364 kg

Verpackung

- Europalette mit leichtem Holzaufbau für 8 Kollektoren, 26,4 kg
- 4 Styroporecken (4 x 0.192kg EPS)
- UMFANGBAND, POLYESTER 0,074 kg
- Folie, Glasschutz 0,443 kg

Ausschnitt Eingabemaske EXCEL Tool

Bauteil	Datensatz	bilanzgröße	Einheit	Genauigkeit der Sachbilanzgröße	kWh oder kWh/a	
Kupferblech selektiv beschichten, Sputtern	-	0.000	m²		-	
Stahlblech hochlegiert selektiv beschichten, Schwarzchrom	-	0.000	m²		-	
Absorber	Summe Absorber		3.195	kg	134	
Bauteile aus Aluminium	Material / Prozess	Datensatz	Sachbilanzgröße	Einheit	Genauigkeit der Sachbilanzgröße	KEA in kWh
Aluminium		aluminium, primary, ingot [GLO]	53.884	8.955	kg	483
Aluminium Gusslegierung		aluminium, primary, ingot [GLO]	0.000		kg	-
Aluminium Knetlegierung		aluminium, primary, ingot [CA_QC]	0.000		kg	-
Aluminium gießen		aluminium, primary, ingot [CN]	0.000		kg	-
Aluminiumblech walzen		aluminium, primary, ingot [IAI Area 1]	0.000		kg	-
Aluminiumblech Tiefziehen		aluminium, primary, ingot [IAI Area 2, without Quebec]	2.583	2.700	kg	7
Aluminium Profil extrudieren		aluminium, primary, ingot [IAI Area 3]	0.000		kg	-
Aluminium Schweißen		aluminium, primary, ingot [IAI Area 4&5 without China]	0.000		kg	-
durchschnittliche Aluminiumbearbeitung		aluminium, primary, ingot [IAI Area 8]	4.798	4.530	kg	22
		section bar extrusion, aluminium [GLO]	0.000		m	-
		-	0.000		kg	-
		-	0.000		kg	-

KEA, Energetische Amortisationszeit und Primärenergieeinsparung

		Material / Prozess	Datensatz	Sachbilanzgröße	Einheit	Genauigkeit der Sachbilanzgröße	KEA in kWh	
Herstellung	Kollektor (1 Stück)	Absorber	Kupfer	copper, from primary and recycled copper [GLO]	0,903	kg	1%	21
			Kupferdraht/-rohr ziehen	wire drawing, copper [RoW]	0,903	kg	1%	3
			Aluminium	aluminium, primary, ingot [GLO]	2,023	kg	0%	109
			Aluminiumblech walzen	sheet rolling, aluminium [RoW]	2,023	kg	0%	5
			Kupferblech selektiv beschichten, Vakuum	selective coating, copper sheet, physical vapour deposition [RoW]	1,853	m ²	0%	7
			Summe Absorber		2,926	kg		145
		Rahmen	Aluminium	aluminium, primary, ingot [GLO]	5,225	kg	0%	282
			Aluminiumblech walzen	sheet rolling, aluminium [RoW]	2,316	kg	0%	6
			Aluminium Profil extrudieren	section bar extrusion, aluminium [RoW]	2,909	kg	0%	13
			Aluminiumblech eloxieren	anodising, aluminium sheet [RoW]	2,030	m ²	0%	41
			niedrig legierter Stahl	steel, low-alloyed [GLO]	4,294	kg	0%	22
			Stahlblech walzen			kg	0%	6
			Verzinkung von Spulen			kg	2%	78
			Edelstahl			kg	25%	0
			durchschnittliche Edelst			kg	25%	0
	Messing				kg	2%	1	
	durchschnittliche Messin			kg	2%	0		
	Summe Rahmen			9,547	kg		449	
	Abdeckung	Solarglas eisenarm	solar glass, low-iron [RoW]	15,000	kg	3%	52	
		Solarglas antireflex-beschichten, ätzen	anti-reflex-coating, etching, solar glass [RoW]	2,000	m ²	5%	15	
		Summe Abdeckung		15,000	kg		67	
	Dämmung/ Dichtung	Glaswollmatte	glass wool mat [RoW]	1,871	kg	0%	23	
		Silikonprodukt	silicone product [RoW]	0,129	kg	0%	2	
		Summe Dämmung/Dichtung		2,000	kg		25	
	Produktions- infrastruktur	Kollektorfabrik (anteilig für einen Kollektor)	solar collector factory [RoW]	1	Stk.	20%	2	
		Summe Produktionsinfrastruktur		29,473	kg		2	
		Summe Kollektor (1 Stück)		29,473	kg		688	
	7 Kollektoren	Summe Kollektoren (7 Stück)		206,311	kg		4815	
	Verpackung	Karton	carton board box production, with offset printing [RoW]	9,996	kg	0%	23	
		Polystyrolplatte expandiert	polystyrene foam slab [RoW]	0,028	kg	13%	1	
Summe Verpackung			10,024	kg		24		
Transport	LKW (unbestimmt)	size-specific lorry transport to generic lorry transport [RoW]	425	km	118%	57		
	Seefracht	transport, freight, sea, transoceanic ship [GLO]	19000	km	5%	201		
	Summe Transport		19425	km		257		
	Summe Kollektor, Verpackung und Transport		216,335	kg		5096		

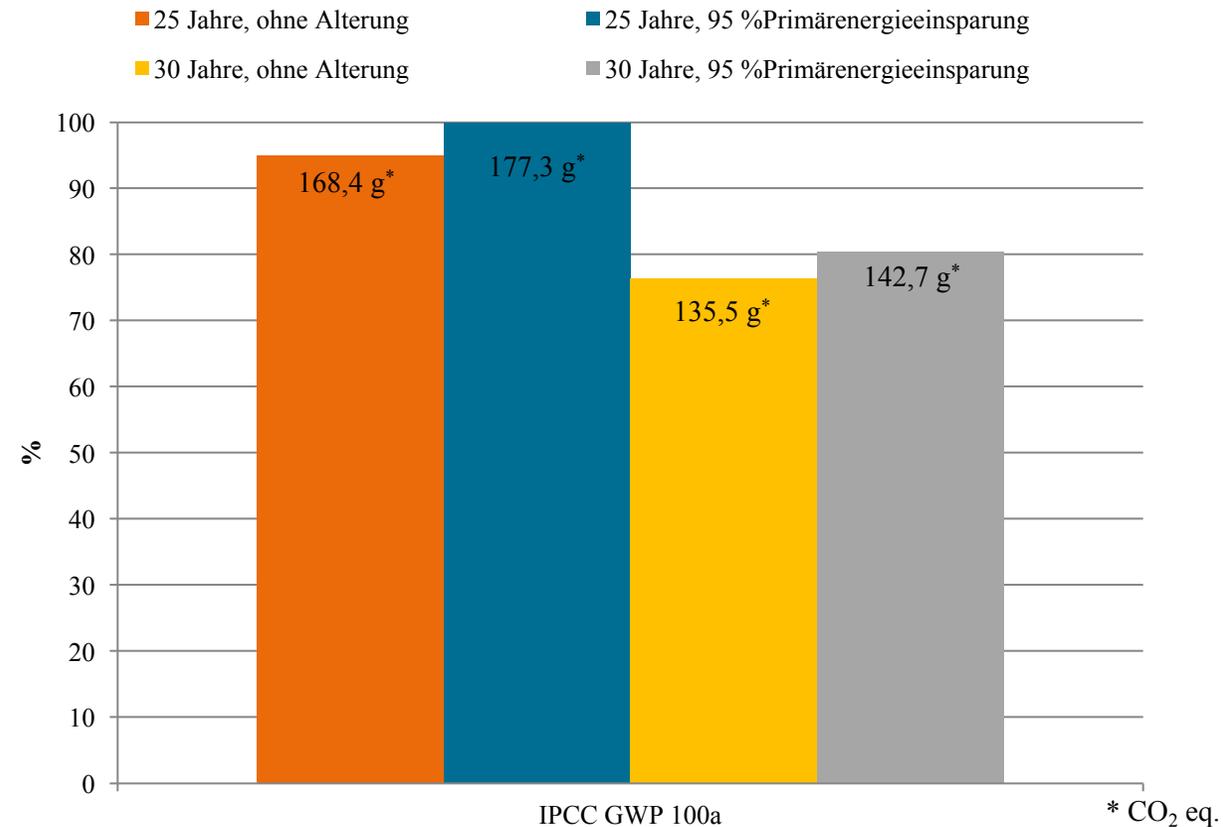
KEA Referenzkollektor: 831 kWh
 EAZ Referenzkollektor: 3.8 Jahre
 PEA_{save} Referenzkollektor: 56.8 MWh

Nachhaltigkeitsanalyse

CO₂ Bilanz Kombianlage 16 m², Referenzkollektor

■ Funktionelle Einheit = 1 kWh thermische Energie, Standort Würzburg

- Längere Lebensdauer führt zu mehr CO₂-Einsparung, auch wenn Alterung miteinbezogen wird
- 5 % Verlust der Primärenergieeinsparung (durch Alterungseffekte) bedeutet einen Anstieg des CO₂-Fußabdrucks um 8,9 g (25 a) bzw. 7,2 g (30a) CO₂ eq. pro kWh

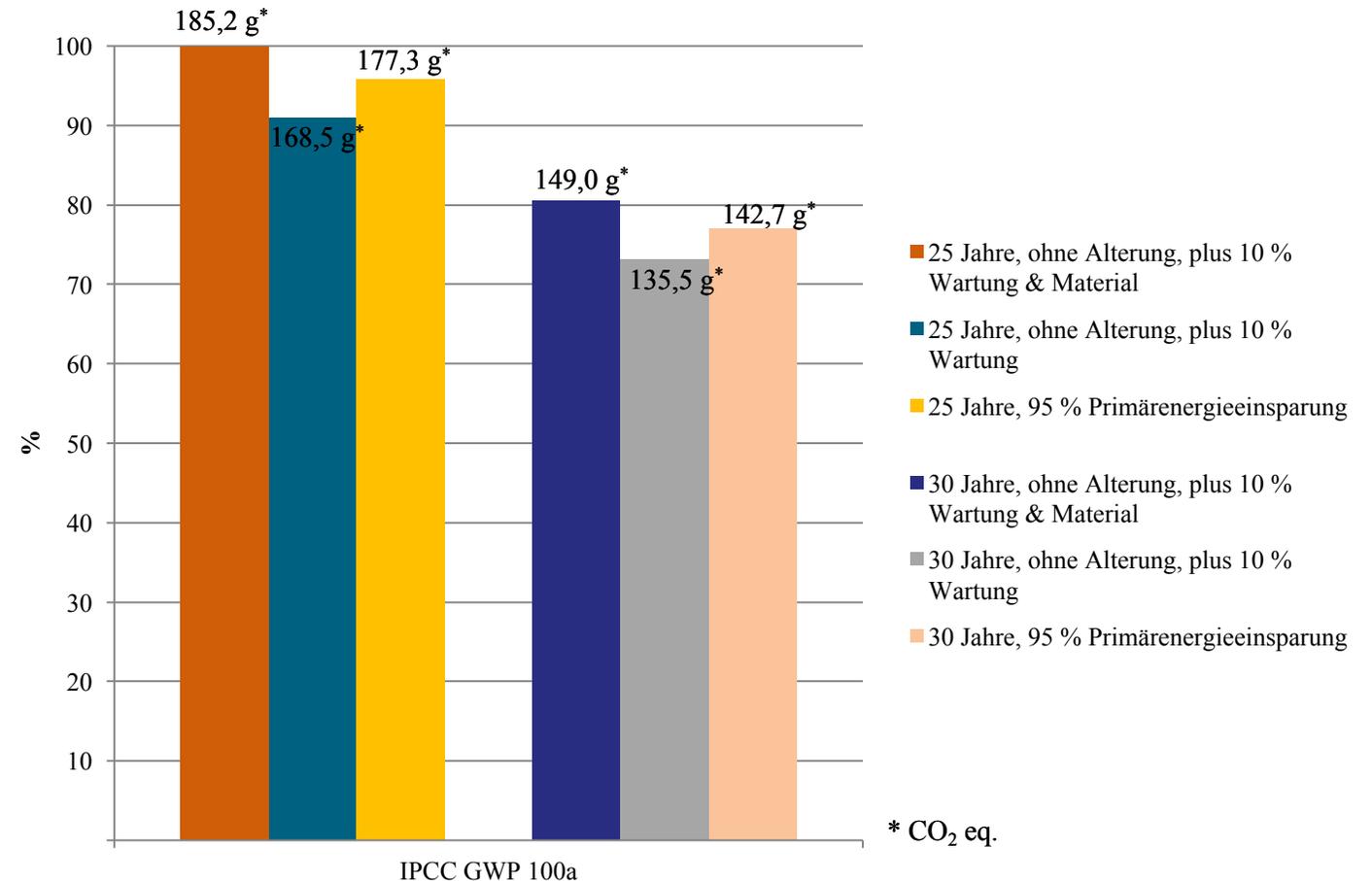


Nachhaltigkeitsanalyse

CO₂ Bilanz Kombianlage 16 m², Referenzkollektor

■ Funktionelle Einheit = 1 kWh thermische Energie, Standort Würzburg

- Strategien zur Verbesserung der CO₂ Bilanz:
 - Längere Wartungsintervalle (Szenario plus 10% Wartung)
 - Optimierung Kollektordesign (bessere Dämmung oder Beschichtungen,...) -> Szenario plus 10 % Wartung & Material
 - Vorsicht: technische Optimierung des Kollektors in Form von zusätzlichem Material kann die CO₂-Bilanz verschlechtern

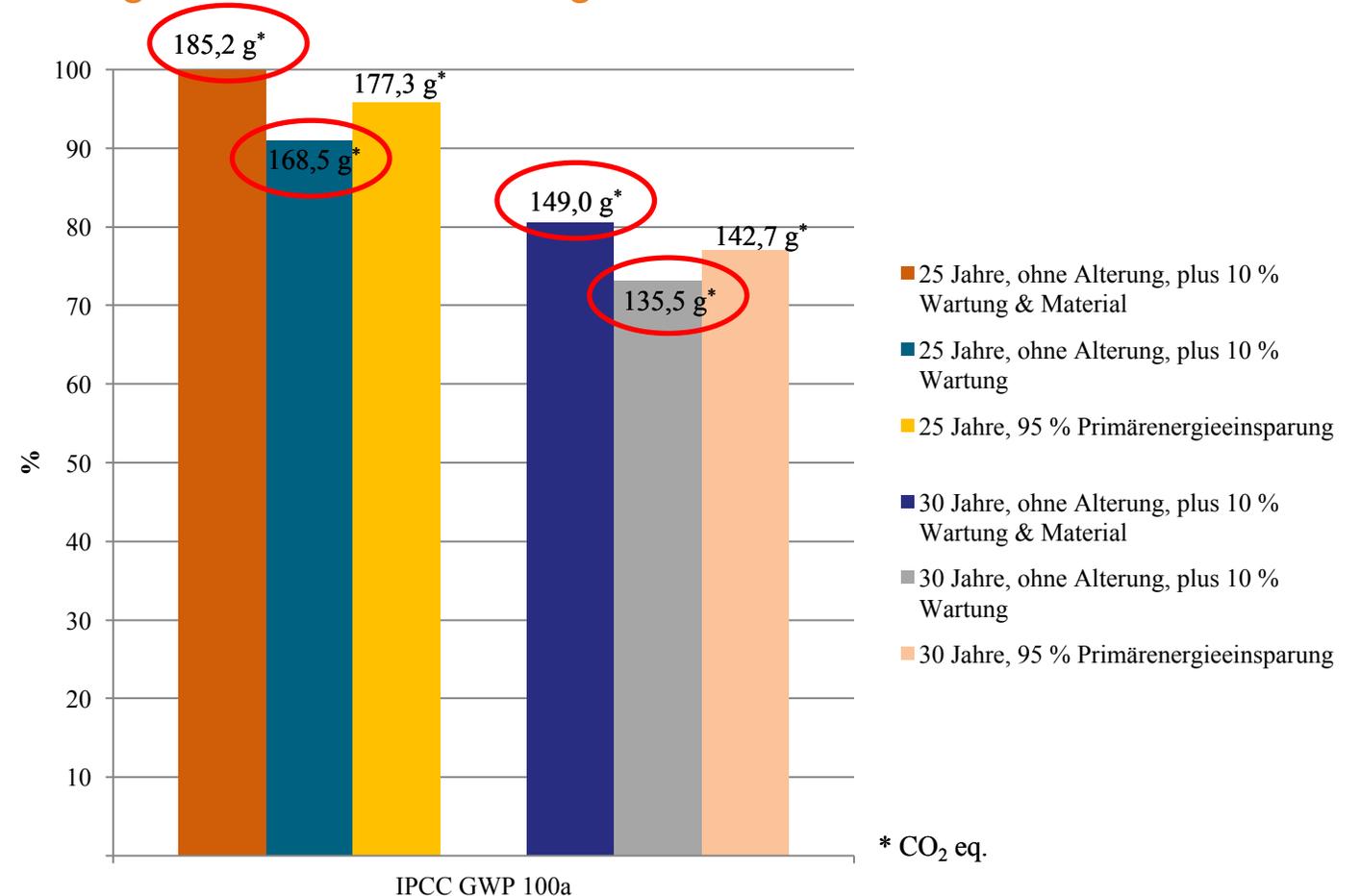


Nachhaltigkeitsanalyse

CO₂ Bilanz Kombianlage 16 m², Referenzkollektor

■ Funktionelle Einheit = 1 kWh thermische Energie, Standort Würzburg

- Mit höheren Wartungsintervallen (und dadurch verhinderte Alterung) hat der Kollektor die beste CO₂-Bilanz bei 25 sowie 30 Jahren Lebensdauer
- Eine zusätzliche Optimierung des Kollektors in Form von zusätzlichem Material kann die CO₂-Bilanz verschlechtern



Nachhaltigkeitsanalyse

Zusammenfassung

■ EXCEL Tool zur Erstellung Sachbilanz und Ökobilanz erstellt

- Referenz-Kombianlage implementiert
- Referenzkollektor implementiert
- Berechnung kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Berechnung energetische Amortisationszeit (EAZ)
- Berechnung Gesamtprimärenergieeinsparung (PEA_{save})

■ Referenzkollektor als Benchmark definiert

- LCA der Referenzkombianlage, hier am Beispiel CO₂-Bilanz
- Längere Lebensdauer führt zu besserer CO₂-Bilanz, auch wenn alterungsbedingt die Leistung geringer ist
- "Over-Engineering" kann die CO₂-Bilanz möglicherweise verschlechtern

■ Ausblick

- Durchführung LCA für andere Wirkkategorien
- Durchführung der LCA mit realer Alterung

Ausblick

Karl-Anders Weiß, Fraunhofer ISE

Ausblick

- Abschluss der Arbeiten bis Ende Juli (Abschluss der Tests, Auswertung Ergebnisse)
- Wunsch des Konsortiums: Weiterführung der Exposition, um 10 a zu erreichen
- Projektskizze "Effizientes Heizen"

Ausblick: Projektskizze Effizientes Heizen



Daten und Informationen für die ökologische und ökonomische Bewertung von Heizungssystemen

...

- ... fehlen
- ... sind schlecht kommunizierbar
- ... sind nicht vergleichbar
- ... usw...

Ausblick: Projektskizze Effizientes Heizen

- Vergleichbare Bewertung von Heizungssystemen für Wohngebäude
 - Entwicklung einer grundsätzlichen Bewertungsmethodik
 - Wirtschaftlicher Vergleich
 - Ökologischer Vergleich
 - Bereitstellung von belastbaren Daten für gängige Heizungssysteme
 - Sensitivitätsanalysen zur Optimierung
 - Untersuchung der Wirkung von Steuerungsmaßnahmen und makroökonomischen Effekten
-
- Vertretung Deutschlands in entsprechenden IEA Arbeitsgruppen

Bei Interesse nehmen Sie bitte mit der Projektleitung (ISE oder IGTE) Kontakt auf.

www.speedcoll2.de

<https://www.speedcoll2.de/pdfs/Broschuere.pdf>

Publikationen

Info Sheets mit kompakten Ergebnissen zu einzelnen Themen

Herzlichen Dank an die Industriepartner, die Betreuer bei PTJ und die Projektmitarbeiter für die Finanzierung, exzellente Unterstützung, Zusammenarbeit und das langjährige und enorme Engagement!

Fragerunde



Dr. Karl-Anders Weiß
Fraunhofer ISE
Thermische Systeme und
Gebäudetechnik
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg
+49 761 4588-5474
karl-anders.weiss@ise.fraunhofer.de



Thomas Kaltenbach
Fraunhofer ISE
Gebrauchsdaueranalyse und
Materialcharakterisierung
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg
thomas.kaltenbach@ise.fraunhofer.de



Dr. Stephan Fischer
Institut für Gebäudeenergetik,
Thermotechnik und Energiespeicherung
Pfaffenwaldring 10
70569 Stuttgart
+49 711 685-63231
stephan.fischer@igte.uni-stuttgart.de



Andreas Eitelbuß
Institut für Gebäudeenergetik,
Thermotechnik und Energiespeicherung
Pfaffenwaldring 10
70569 Stuttgart
+49 711 685-63280
andreas.eitelbuss@igte.uni-stuttgart.de



**Geben Sie Ihre Fragen in das Fragemodul
(rechts auf Ihrem Bildschirm) ein:**

A screenshot of a webinar question module interface. The window title is "Fragen". On the left side, there is a vertical toolbar with four icons: a right-pointing arrow, a microphone with a slash, a document, and a hand with a green arrow. The main content area contains a text box with the message: "Willkommen im Webinar. Bitte geben Sie Ihre Fragen und Anmerkungen im Frage-Modul ein, wir freuen uns auf den Austausch." Below this is a text input field with the placeholder text "[Frage an Mitarbeiter eingeben]". At the bottom right of the input field is a "Senden" button.

Fragen

Willkommen im Webinar. Bitte geben Sie Ihre Fragen und Anmerkungen im Frage-Modul ein, wir freuen uns auf den Austausch.

[Frage an Mitarbeiter eingeben]

Senden





VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Und so geht es morgen (ab 10:30 Uhr) weiter:

**BEGRÜSSUNG UND SITZUNG 1:
Politische Initiativen und innovative Geschäftsmodelle**