

Karel Kraus

**LABOR-
UNTERSUCHUNG VON
FLACHKOLLEKTOREN
ZUR SONNEN-
ENERGIENUTZUNG**

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. E. Hahne
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. R. Doležal

Kurzfassung

KRAUS, Karel:

Laboruntersuchung von Flachkollektoren zur Sonnenenergienutzung

Untersucht werden die Testbedingungen für Flachkollektoren im Labor bei Bestrahlung. Die zu diesem Zweck im Labor aufgebaute Versuchsanlage (Sonnensimulator) ermöglicht Leistungsmessungen an Flachkollektoren. Es wurde der Einfluß der wichtigsten Parameter auf das Kollektorverhalten untersucht. Im einzelnen befaßt man sich mit der Homogenität, der Winkelverteilung und dem Spektrum der Sonnen- und der Lampenstrahlung sowie mit der Himmelstemperatur, der Windgeschwindigkeit, der Bestrahlungsstärke und dem Durchfluß. Dabei wurden auch technische Lösungen für einzelne Einrichtungen der Versuchsanlage, wie z.B. des Simulators der Himmelstemperatur und des Simulators der Windgeschwindigkeit, erörtert und geprüft.

Die Anlage unterscheidet sich von anderen Sonnensimulatoren vor allem in:

- der guten Homogenität der Strahlung in der Kollektortestebene
- der Lampenstrahlung, die auf den Kollektor nicht in einem eng begrenzten Einfallswinkelbereich auftrifft
- der Möglichkeit, die Wärmeverluste des Kollektors durch Strahlung am Simulator der Himmelstemperatur einzustellen.

Die Übertragbarkeit der Meßergebnisse vom Labor auf das Freige-lände wurde an einem selbst gebauten Kollektor überprüft. Es wurden sowohl die Wirkungsgradkennlinien als auch die Temperaturverteilungen am Absorber des Kollektors im Labor und im Freien aufgenommen. Die Messungen zeigten eine gute Übereinstimmung der beiden Ergebnisse.

Abstract

KRAUS, Karel:

Indoor Testing of Flat Plate Collectors for Solar Energy Utilization

This thesis describes the indoor testing conditions for flat collectors under irradiation. Especially for this purpose a solar simulator was constructed permitting measurements of efficiency of flat collectors. The effect of the most important parameters on the behaviour of the collectors is analyzed. In detail, the homogeneity, the angular distribution and spectrum of solar and lamp radiation as well as sky temperature, wind velocity, irradiance intensity and flow rate are being investigated. In this context, technical solutions for individual installations of the test facility such as simulators for sky temperature and wind velocity are also discussed and examined.

The present indoor test facility differs from the other solar simulators in that it has the following special features:

- a good irradiation homogeneity in the solar collector test plane
- a lamp irradiation which does not strike the collector within a narrowly limited range of angle of incidence
- the possibility of simulating collector heat loss to the sky.

For the purpose of examining the interchangeability of the results of indoor and outdoor tests, a special collector was built. The efficiency curves as well as the temperature distributions on the absorber collector plate were determined both indoors and outdoors. A comparison of the results showed good agreement between the two.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	11
1 Einleitung	15
1.1 Allgemeines	15
1.2 Kollektorgleichungen	16
1.3 Testrichtlinien für Flachkollektoren	21
1.4 Vorhandene Simulatoren	24
2 Strahlung und ihre Simulation	28
2.1 Homogenität der Strahlung	28
2.2 Winkelverteilung der Strahlung	29
2.3 Der mittlere Einfallswinkel-Korrekturfaktor	35
2.4 Spektrum der Strahlung	37
2.5 Wärmestrahlung des Kollektors	40
2.6 Simulation der Himmelstemperatur im Labor	46
3 Experimentelle Untersuchungen	50
3.1 Laborversuchsanlage	50
3.1.1 Kollektoraufstellung mit Bestrahlungseinrichtung	52
3.1.2 Wärmeträgerkreislauf	55
3.1.3 Regel- und Meßeinrichtung	56
3.1.4 Simulator für Wind und Himmelstemperatur	58
3.2 Versuchsanlage im Freigelände	61
3.3 Vergleichskollektor für die Untersuchung im Labor und im Freigelände	62
3.4 Meßverfahren und Meßgeräte	64
3.4.1 Temperaturen	65
3.4.2 Durchfluß	65
3.4.3 Bestrahlungsstärke, Homogenität	66
3.4.3.1 Eigenschaften des Pyranometers	67
3.4.3.2 Kalibrierung des Pyranometers	70
3.4.4 Winkelverteilung der Strahlung	73
3.4.5 Windgeschwindigkeit	74
3.4.6 Himmelstemperatur	75
3.5 Versuchsdurchführung	75
3.6 Versuchsauswertung	77
3.7 Fehlerbetrachtung	78

4	Ergebnisse	82
4.1	Homogenität der Strahlung	82
4.2	Winkelverteilung der Strahlung	88
4.3	Spektrum der Strahlung	98
4.4	Einfluß der Betriebsspannung auf das Lampenspektrum	103
4.5	Wärmestrahlung des Kollektors	106
4.6	Windgeschwindigkeit	110
4.7	Bestrahlungsstärke	112
4.8	Durchfluß	114
4.9	Temperaturverteilung in der Absorberplatte	116
4.10	Vergleich der Außen- und der Labormessungen	122
4.10.1	Abweichungen im Konversionsfaktor	122
4.10.2	Vergleich der Kollektorwirkungsgradkennlinien	123
4.10.3	Vergleich der Temperaturverteilung in der Absorberplatte	128
5	Zusammenfassung	131
6	Schrifttum	134
7	Anhang	143
8	Sachregister	155