



Bericht MAO-WJP-0703-E02

**Bestimmung von Transmissionsgrad und Gesamtenergie-  
durchlassgrad für eine Verglasung mit Glasgestrich und Glasvlies**

**für:**

Wacotech GmbH  
Bielefeld

**bearbeitet von:**

Dr. Werner Platzer

29. März 2007

**Anschrift:**

Fraunhofer-Institut  
für Solare Energiesysteme  
Abteilung Materialforschung und Angewandte Optik  
Heidenhofstraße 2  
D-79110 Freiburg

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Beschreibung der Proben</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Messungen</b>	<b>3</b>
2.1	Messung der Licht und Strahlungstransmission	3
2.2	Messung des Gesamtenergie-durchlassgrades	4
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>8</b>
3.1	Licht- und Strahlungstransmission	8
3.2	Gesamtenergie-durchlassgrad	9
<b>4</b>	<b>Anhang: Transmissionswerte</b>	<b>10</b>

Dieser Prüfbericht umfaßt 10 Seiten. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse darf nicht unvollständig oder in sinnentstellendem Zusammenhang erfolgen.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE,  
Abteilung Materialforschung und Angewandte Optik

Freiburg, 29. März 2007

Dr. Werner Platzer  
Bearbeiter

Priv. Doz. Dr. Andreas Gombert  
Abteilungsleiter

# 1 Beschreibung der Proben

Für die Prüfung wurde vom Hersteller, der Firma Wacotech GmbH, Bielefeld, eine Verglasungsprobe der Größe 800mm x 800mm mit Glasgespinst im Scheibenzwischenraum zur Verfügung gestellt. Der Aufbau geht aus der folgenden Beschreibung hervor:

Schichtenabfolge:

Fraunhofer-ISE Kennung der Verglasung: LS081011

Dicke [mm]	Aufbau
6	Lamberts Gussglas Ornament 504 (außen)
55	SZR mit Füllung TIMax GL Glasgespinst TIMax LT Sonnen-/Blendschutzeinlage
6	Lamberts Gussglas Ornament 504 (innen)

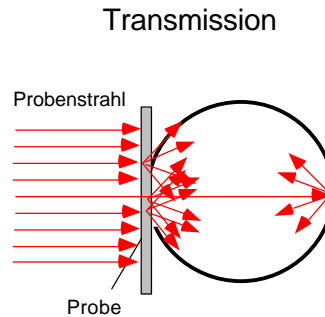
# 2 Beschreibung der Messungen

## 2.1 Messung der Licht und Strahlungstransmission

Da bei einer streuenden Platte teilweise gestreutes Licht durch die Scheibe transmittiert wird, aber auf Grund der kleinen Kugelöffnung nicht mehr in die Kugel gelangt, wird prinzipiell bei dem oben beschriebenen Verfahren ein zu kleiner Transmissionsgrad bestimmt. Dies kann korrigiert werden, indem man eine große Probe homogen beleuchtet und das transmittierte Signal an einer zentralen Stelle der Probe bestimmt. Dieses Prinzip ist in Abbildung 2.1 dargestellt. Die Messung wurde mit Breitbanddetektoren durchgeführt, so dass lichttechnische und strahlungsphysikalische Werte ermittelt werden konnten.

Abbildung 1:

Prinzip der  
Transmissions-  
messung mit  
großflächiger  
Beleuchtung und  
Ulbrichtkugel

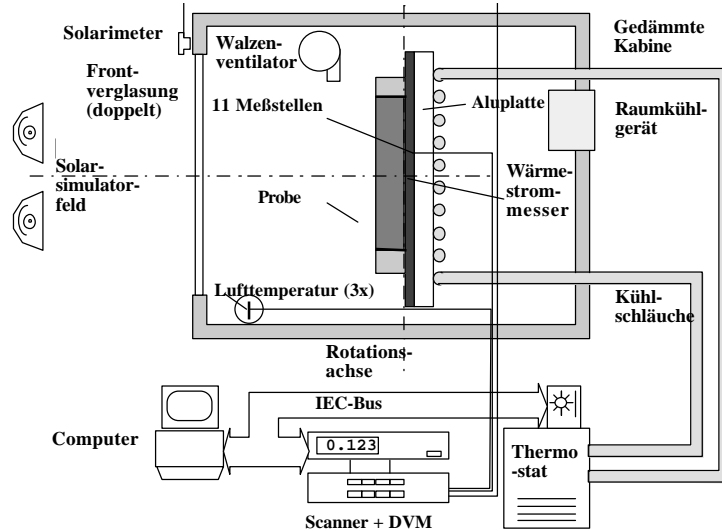


Der Strahlungs- und Lichttransmissionsgrad wurde mit einer Ulbrichtkugel (Radiometer/Photometer) des Durchmessers 650 mm gemessen. Die Probenöffnung beträgt 100 mm im Durchmesser. Die Beschichtung aus weißem PTFE-Pulver hat einen im gesamten Solarbereich sehr gleichmäßigen Reflexionsgrad von 95%. Die hemisphärische Reflexion  $\rho_{hh}$  der Probenrückseite für einfallende diffuse Strahlung (der Messkugel) wurde für die Proben gemessen. Dieser Wert hat einen untergeordneten Einfluss auf das Endergebnis und wird nur zur Korrektur des Ergebnisses genutzt.

## 2.2 Messung des Gesamtenergiedurchlassgrades

Der Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$  wurde mit dem Solarkalorimeter des Fraunhofer ISE GKAL3 mit Sonnensimulator gemessen. Die Vermessung erfolgte nur für senkrechten Strahlungseinfall, eine Bestimmung des winkelabhängigen Gesamtenergiedurchlasses wurde nicht durchgeführt. Das Versuchselement wurde in einen den Absorber bedeckenden Dämmrahmen aus Polystyrol dicht eingebaut.

Abbildung 2:  
Schematischer  
Aufbau des  
Solarkalorimeters -  
Version GCAL3



Die Probe wurde mit einem Dämmrahmen (Styrodur) versehen, seitlich luftdicht mit aluminisiertem Klebeband abgeklebt, und vor die Absorberplatte des Solarkalorimeters (Absorptionsgrad 98%) gestellt. Die Probe wurde ohne Distanzabstand vor den Absorber gestellt. Der innere Wärmeübergangswiderstand von der innenseitigen Oberfläche zur Oberfläche der Wärmestrommessung ist daher vernachlässigbar klein.

Mit einem Querstromlüfter wurden äußere Windbedingungen simuliert, indem dieser Aufbau mit einer Luftgeschwindigkeit von 3-4 m/s angeströmt wurde. Dies entspricht einem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten von  $\alpha_a = 23 \pm 3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Die Bestrahlungsstärke auf der Probenoberfläche beträgt in der Mitte der Probe während der Messung rund  $550 \text{ W}/\text{m}^2$ . Dies wird durch eine Bestrahlung mit 4 quadratisch angeordneten Simulatoreinheiten der Brenner erreicht. Die operative Temperatur der Messkabine (Luft- und Oberflächentemperatur) lag während der Messung bei etwa  $26\text{-}27^\circ\text{C}$  und die Oberflächentemperatur des Absorbers I bei rund  $26^\circ\text{C}$ .

Die Bestimmung des experimentellen Gesamtenergiedurchlassgrades  $g_{\text{exp}}$  erfolgt mit Hilfe der folgenden Gleichung:

$$q_{net} = U_{exp} \cdot (T_o - T_u) - g_{exp} \cdot E \quad (1)$$

E	=	mittlere Bestrahlungsstärke für die Probe [W/m <sup>2</sup> ]
T <sub>o</sub>	=	Oberflächentemperatur der Kalorimeterplatte [°C]
T <sub>u</sub>	=	Umgebungstemperatur [°C]
U <sub>exp</sub>	=	Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m <sup>2</sup> K)]

Mit Hilfe dieser Gleichung, den gemessenen Größen T<sub>o</sub>, T<sub>u</sub>, E und q<sub>net</sub> lässt sich bei bekanntem U<sub>exp</sub> der Gesamtenergie-durchlassgrad g<sub>exp</sub> ermitteln. Die Auswertung dieser Größen erfolgt im stationären Zustand (Auswertung nach Erreichen der Stationarität über minütliche Werte innerhalb einer Stunde).

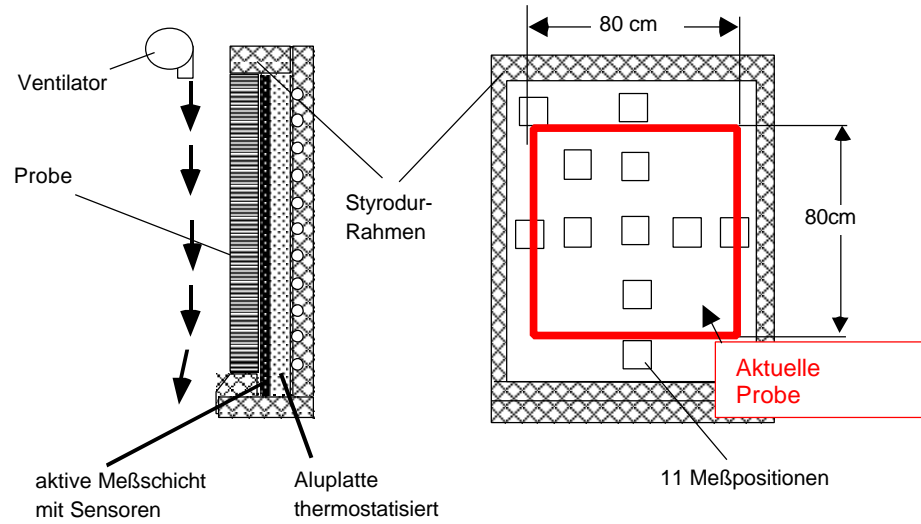
Der Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>exp</sub> für die Probe, der zur Bestimmung des g<sub>exp</sub>-Wertes aus obiger Gleichung benötigt wird, wird ebenfalls mit dem Kalorimeter, allerdings ohne Bestrahlung gemessen (Dunkelwert). Dazu werden die Lufttemperatur der Messkabine und die Plattentemperatur des Kalorimeters so geregelt, dass die Mitteltemperatur der Dunkelmessung in etwa beim Temperaturwert der Messung unter Bestrahlung liegt. Die Differenz zwischen Kalorimeteroberfläche und Umgebungstemperatur beträgt dabei 20K.

Die konvektiven äußeren Wärmeübergangskoeffizienten sind in einem Versuch ohne Probe an der Kalorimeteroberfläche messtechnisch ermittelt worden. Der Ventilatorabstand von Kalorimeteroberfläche bzw. Probenoberfläche wird durch Verstellen des Ventilators konstant gehalten. Die gemessenen konvektiven Übergangskoeffizienten können daher für die Vermessung der Probe verwendet werden.

Der gesamte Wärmestrom innerhalb der Probe unter Bestrahlung setzt sich aus dem transmittierten Anteil der einfallenden Bestrahlung und einem Wärmestrom auf Grund des durch die solare Absorption induzierten Temperaturgradienten zusammen. Da diese Proben nicht lichtdurchlässig sind, liegt bei diesen Proben der transmittierte Anteil bei Null.

Abbildung 3:

Prinzip-Anordnung  
von Proben vor der  
Sensorebene und der  
Sensoren in der  
Fläche (Auswertung  
mehrere Positionen)

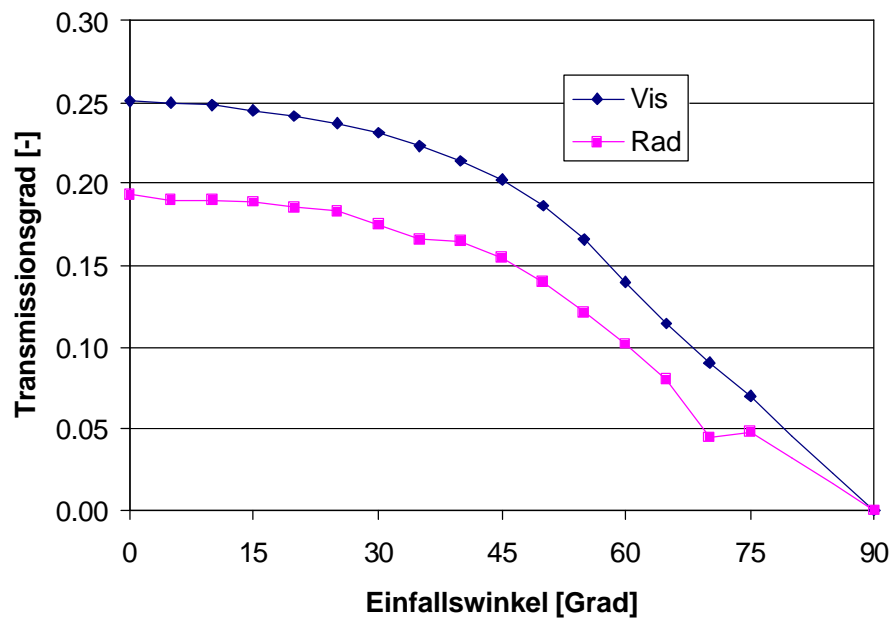


### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Licht- und Strahlungstransmission

Abbildung 4

Lichttransmission  
und Solare  
Strahlungs-  
transmission  
LS081011



Die numerischen Werte für die Transmissionsdaten sind im Anhang aufgeführt. Es wurde jeweils von 75° auf 90° extrapoliert (streifender Einfall, daher Transmission Null).

Aus den winkelabhängigen Transmissionsgrades wurde der Wert für isotrop-diffuse Einstrahlung rechnerisch ermittelt. In der folgenden Tabelle sind die Transmissionsgrad für senkrechten und diffuse Einfall aufgeführt (3. Nachkommastelle nicht signifikant).

Bereich Licht	LS0810011
senkrecht	0.251
diffus	0.181



Bereich Solar	LS0810011
senkrecht	0.194
diffus	0.135

### 3.2 Gesamtenergiedurchlassgrad

Der Gesamtenergiedurchlassgrad setzt sich zusammen aus dem solaren Strahlungstransmissionsgrad  $\tau_e$  und dem (durch Absorption der Solarstrahlung in der Verglasung hervorgerufenen) sekundären Wärmeabgabegrad nach innen  $q_i$  zusammen. Aus der kalorimetrischen Vermessung ergaben sich folgende Werte:

Probe	Fall	$\tau_e$ [-]	g [-]	$q_i$ [-]
LS081011	TIMax GL	0.19	0.27	0.08

Der Fehler bei der Bestimmung des g-Wertes liegt etwa bei +-0.02 absolut. Deswegen wird auch in dieser Tabelle der Transmissionswert- als auch der sekundäre Wärmeabgabegrad auf die zweite Nachkommastelle gerundet.

## 4 Anhang: Transmissionswerte

Probe LS0810011

Winkel:	Vis	Rad
0	0.251	0.189
5	0.250	0.190
10	0.248	0.190
15	0.245	0.189
20	0.241	0.185
25	0.237	0.183
30	0.231	0.175
35	0.224	0.166
40	0.214	0.165
45	0.203	0.154
50	0.186	0.139
55	0.165	0.122
60	0.140	0.102
65	0.114	0.080
70	0.090	0.045
75	0.070	0.049