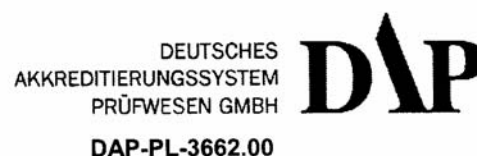


Prüfbericht für Teilprüfungen der Leistungsfähigkeit an abgedeckten Sonnenkollektoren nach EN 12975-2



Prüfstelle

Anschrift	Institut für Solarenergieforschung GmbH, Hameln/Emmerthal Am Ohrberg 1 D- 31860 Emmerthal
Ansprechpartner	Dipl.-Ing. C. Lampe Tel.: 05151/ 999-522; Fax: -500 E-Mail: Pruefstelle@isfh.de

Prüfgrundlage

Teilprüfung nach	DIN EN 12975-2:2006 Abschnitt 6
------------------	------------------------------------

Prüfbericht

Nummer	37-07/DT
Berichtsdatum	12.06.2007
Seitenanzahl	22

Auftraggeber

Anschrift	WATT Sp. z o.o. Narutowicza 15 PL- 41-503 Chorzów
Ansprechpartner	Herr Jacek Paluch Tel.: +48 (0)32/73620-80, Fax: -81

Prüfkollektor

Typ	WATT 3000 SU
Hersteller	WATT Sp. z o.o.
Serien- oder Prototyp	Serientyp
Herstelljahr	2007
Herstellnummer	W 005558

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung der Prüfergebnisse	3
2.	Technische Daten des Sonnenkollektors	5
3.	Gültigkeit des Prüfberichts	6
4.	Foto des Prüfkollektors	7
5.	Probenahme	7
6.	Unterlagen; Feststellung des Kollektors	8
7.	Sensormontage	8
8.	Ausheizen des Kollektors	9
9.	Bestimmung der Stillstandstemperatur	10
9.1.	Mathematische Grundlagen	10
9.2.	Prüfbedingungen und Ergebnisse	10
10.	Bestimmung der Wirkungsgradkennlinie	11
10.1.	Prüfverfahren	11
10.2.	Hinweise zum Sonnenstrahlungssimulator	11
10.3.	Mathematische Grundlagen	11
10.4.	Prüfbedingungen und Ergebnisse	11
11.	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor des Sonnenkollektors (56-06/D)	14
11.2.	Mathematische Grundlagen	14
11.3.	Prüfbedingungen und Ergebnisse	15
12.	Wärmekapazität des Sonnenkollektors	16
12.1.	Mathematische Grundlage	16
12.2.	Ergebnis	16
13.	Druckabfall des Kollektors (57-06/D)	16
13.1.	Prüfverfahren	16
13.2.	Prüfbedingungen und Ergebnisse	17
14.	Beobachtungen; Zustand des Kollektors	18
15.	Maßgaben der Prüfstelle	18
Anhang:		
	Tabelle A-1: Messwerte und Auswertung der Wirkungsgradbestimmung	19
	Tabelle A-2: Temperaturen am Kollektor, weitere meteorologische Größen	20
	Diagramm: Wirkungsgradkennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 800 W/m ² , bezogen auf die Aperturfläche	21
	Diagramm: Leistungskennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m ² , bezogen auf den Kollektor	22

Prüfzentrum für solarthermische
Komponenten und Systeme

1. Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Summary of the Test Results

Firma: Company:	WATT Sp. z o.o. Narutowicza 15 PL- 41-503 Chorzów	Prüfbericht-Nr.: Report no.:	37-07/DT
		Prüfbericht-Datum: Report date:	12.06.2007
Typ: Type:	WATT 3000 SU	Herstell-Nr.: Serial no.:	W 005558
		Herstell-Jahr: Year of production:	2007

Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse wurden bei einer **Teilprüfung der Wärmeleistung** von Sonnenkollektoren **nach DIN EN 12975-2:2006** ermittelt. Sie gelten für den im Prüfbericht Nr. 37-07/DT näher beschriebenen Kollektor sowie die dort beschriebenen Prüfungen und Prüfabläufe.

The following results were obtained from a partial test of the thermal performance of a solar collector according to **DIN EN 12975-2:2006**. They apply to the collector, the tests and procedures described more precisely in the test report no. 37-07/DT.

Technische Daten des Prüfkollektors		Description of the collector	
Bauart Type	selektiver Flachkollektor flat plate collector	Aperturfläche Aperture area	1.851 m ²
Zeichnung-Nr. Drawing no.	ohne Nummer no number	Absorberfläche Absorber area	1.849 m ²
Länge / Breite / Höhe Length/Width/Height	2017 / 1018 / 88 mm	Bruttofläche Gross area	2.053 m ²
zul. Betriebsdruck Max. operation pressure	6 bar	empf. Massenstrom Recommended flow rate	60-120 kg/h
Masse Weight, empty	37 kg	Stärke Absorberblech Thickness of absorber sheet	0.2 mm
zul. Wärmeträger Heat transfer fluid	Wasser/Propylenglykol water/propylenglycol	Abstand Fluidrohre Tube distance	100 mm

Prüfergebnisse Test results

Koeffizienten der Wirkungsgradkurve (ermittelt im Sonnensimulator unter stationären Bedingungen)

Coefficients of efficiency (determined in the sun simulator under steady state conditions)

$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (t_m - t_a) / G - a_2 \cdot (t_m - t_a)^2 / G$	Bezug: Based on:	Apertur aperture area	Absorber absorber area
	$\eta_0 =$	0.752	0.753
	$a_1 =$	3.55 W/m ² K	3.56 W/m ² K
	$a_2 =$	0.0177 W/m ² K ²	0.0177 W/m ² K ²

Einstrahlwinkelkorrekturfaktoren (ermittelt im Freien am Kollektortyp WATT 3000 S)

Incident angle modifier (determined outdoor at collector type WATT 3000 S)

$K_{\theta b}(\theta) = 1 - b_0 (1/\cos \theta - 1)$	$K_{\theta}(50^\circ) =$	0.927, bei $G_d/G = 0.15$ at
	$b_0 =$	0.152
	$K_{\theta d} =$	0.864

Ausgangsleistung pro Kollektormodul, W

Power output per collector unit, W

$T_m - T_a$	Bestrahlungsstärke Irradiance		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10 K	488 W	906 W	1324 W
30 K	330 W	748 W	1166 W
50 K	147 W	564 W	982 W

Spitzenleistung pro Kollektormodul

Peak power output per collector unit

1393 W_{peak}

bei $G = 1000 \text{ W/m}^2$ und $t_m - t_a = 0 \text{ K}$

at and

Firma: Company:	WATT Sp. z o.o.	Seite: Page:	4 von 22 of
Typ: Type:	WATT 3000 SU	Prüfbericht-Nr.: Report No.:	37-07/DT
Herstell-Nr.: Serial No.:	W 005558	Prüfbericht-Datum: Report Date:	12.06.2007

Druckabfall (Wasser, 20 °C)
Pressure drop (water, 20 °C)

$$\Delta p = 10 \text{ mbar}$$

$$\text{bei } \dot{m} = 120 \text{ kg/h}$$

$$\Delta p = 59 \text{ mbar}$$

$$\text{bei } \dot{m} = 349 \text{ kg/h}$$

Wärmekapazität (berechnet)
Thermal capacity (calculated)

$$c = 4.8 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$C = 8.8 \text{ kJ/K}$$

Stillstandstemperatur
Stagnation temperature

$$t_{\text{stg}} = 201 \text{ °C}$$

$$\text{bei } G_S = 1000 \text{ W/m}^2 \text{ und } t_{\text{as}} = 30 \text{ °C}$$

Emmerthal, 12.06.2007

i. A.



Dr. W. Eisenmann,
Leiter der Prüfstelle EN
Head of test centre EN

2. Technische Daten des Sonnenkollektors

2.1. Kollektor

Hersteller	WATT Sp. z o.o. Narutowicza 15, PL- 41-503 Chorzów
Typ	WATT 3000 SU
Bauart	selektiver Flachkollektor, Serientyp
Herstellungsjahr	2007
Herstellnummer	W 005558
Leergewicht ohne Abdeckung	21 kg (lt. Hersteller)
Leergewicht mit Abdeckung	37 kg (Wägung, ISFH)

2.2. Transparente Abdeckung

Anzahl der Abdeckungen	eine
Abmessungen	2000 mm x 1000 mm x 3 mm
Aperturfläche	1.949 m x 0.950 m = 1.851 m ²
Material	ESG; Typ Float Glass, klar
Solarer Durchlassgrad	$\tau = 91.1 \pm 0.2 \%$ (lt. Hersteller)

2.3. Absorber

Material des Absorbers	Cu- Absorberplatte, 0.2 mm stark (lt. Hersteller)
Material der Fluidkanäle	Cu-Rohr, $d_i / d_a = 5 / 6$ mm
Verbindungstechnik zwischen Absorber und Fluidkanälen	Lötung
Verschaltungsart	Harfe aus vier und fünf parallelen Rohren, Rohrabstand ca. 100 mm
Oberflächen-Beschichtung	selektiv (Fa. Bluetec, Typ eta plus)
Brutto-Absorbermaße	1.963 x 0.960 m ² = 1.884 m ² (lt. Hersteller)

2.4. Wärmeträgermedium

Spezifikationen (Zusätze usw.) Wasser/Propylenglykol

weitere zulässige Wärmeträger keine Angaben

Wärmeträgerinhalt 1.0 l (Wägung, ISFH)

2.5. Gehäuse

Abmessungen (L / B / H)	2017 / 1018 / 88 mm
Material der Rahmenelemente	Aluminium-Profile (obere Rahmenelemente)
Material der Rückwand	Aluminium-Blech (geschweißte Wanne)
Dichtungsmaterial(ien) zwischen den Gehäusesegmenten	Schweißung
Dichtungsmaterial zwischen Abdeckung und Gehäuse	Einkomponenten Dichtmasse

2.6. Wärmedämmung

Art	Dämmplatte
Material	Mineralwolle
Dicke	45 mm

2.7. Bezugsflächen

Absorberfläche	1.849 m ²
Aperturfläche	1.851 m ²
Bruttofläche	2.053 m ²

2.8. Kollektoreinbauweise

Kollektorneigung	15°..90°
Flachdach: Aufdachmontage	ja
Flachdach: Mit Aufständering	ja
Schrägdach: Aufdachmontage	ja
Schrägdach: Indachmontage	nein
Fassade	ja

2.9. Grenzdaten lt. Typenschild

Stillstandstemperatur	keine Angabe (wird in Kapitel 9 neu bestimmt)
Maximaler Betriebsdruck	6 bar

3. Gültigkeit des Prüfberichts

In 2006 wurde der Kollektor Typ WATT 3000 SU mit der Seriennummer W 003198 geprüft (Prüfbericht Nr. 57-06/D). Seit Beginn des Jahres 2007 setzt der Hersteller eine andere Rückwanddämmung des gleichen Dämmstoffherstellers ein. Die neue Rückwanddämmung hat laut Hersteller eine geringere Wärmeleitfähigkeit und die Stärke der Dämmung wurde von 55 mm auf 45 mm reduziert. Eine Herstellererklärung und Datenblätter des Dämmstoffherstellers liegen vor. Aufgrund dieser Änderungen musste eine erneute Prüfung der Leistungsfähigkeit durchgeführt werden. Der Winkelkorrekturfaktor und der Druckverlust sind von dieser Veränderung nicht betroffen und müssen daher nicht erneut überprüft werden.

3.1. Überträge aus anderen Prüfungen

Am Kollektor Typ WATT 3000 SU mit der Seriennummer W 005558 wurde eine Prüfung des Wirkungsgrades im Sonnensimulator durchgeführt. Alle weiteren Prüfungen sind aus den Prüfungen an den Kollektoren Typ WATT 3000 SU (Bericht Nr. 57-06/D) und WATT 3000 S (Bericht Nr. 56-06/D) übertragen und als solche im vorliegenden Prüfbericht 37-07/DT gekennzeichnet.

4. Foto des Prüfkollektors

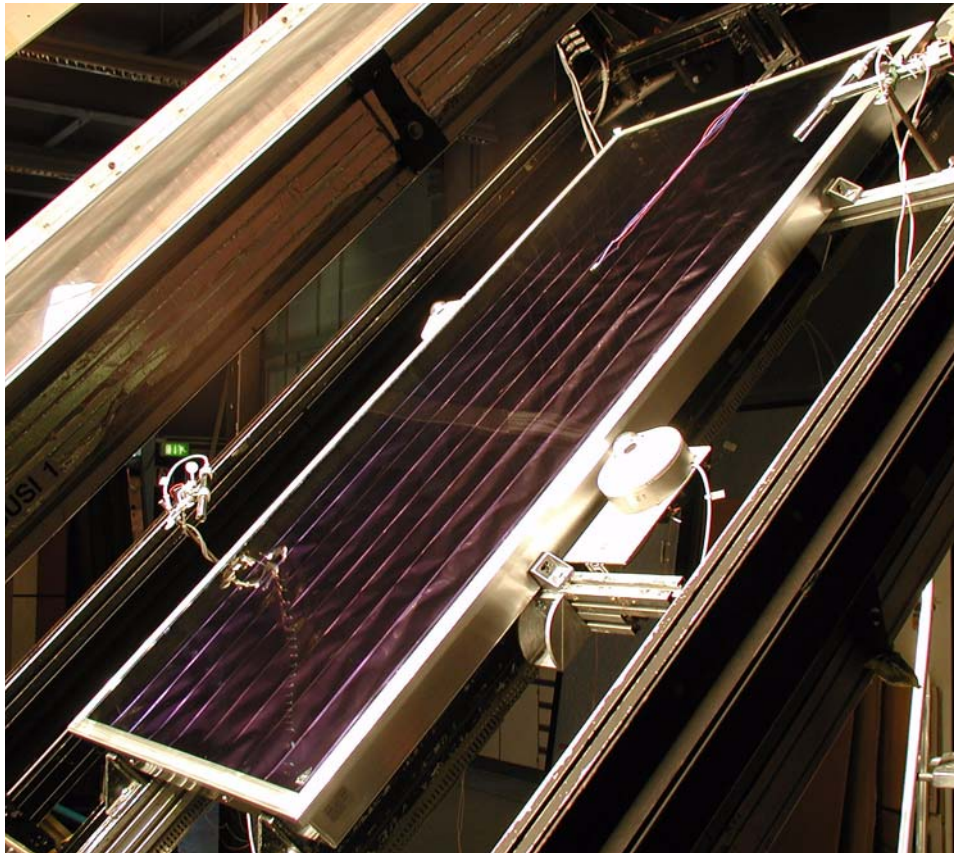


Abb. 4-1: Foto des Prüfkollektors im Sonnensimulatorprüfstand SUSI I

5. Probenahme

Probenahmedatum:	29.03.2007
Probenahmeort:	Institut für Solarenergieforschung GmbH, Hameln/ Emmerthal
Probenehmer:	Gerd Schiewe (Mitarbeiter des Prüfzentrums)
Beschreibung der Probenahme:	Der Kollektor mit der Herstellnummer W 005558 wurde am ISFH als Stichprobe aus sechs gleichartigen Kollektoren ausgewählt.

6. Unterlagen; Feststellung des Kollektors

- Zeichnungen: Die folgenden Zeichnungen liegen vor:
- * ohne Nummer
- Aus den Zeichnungen geht nicht hervor:
- * Zeichnungsnummern
 - * Ausgabe- bzw. Überarbeitungsdatum
- Kollektordatenblatt: Ein Datenblatt über den zu prüfenden Kollektor mit der Auflistung der verwendeten Werkstoffe liegt vor
- Kennzeichnung: Ein Typenschild ist vorhanden, es ist gut sichtbar angebracht. Folgende Angaben fehlen auf dem Typenschild:
- * Brutto-Kollektorfläche
 - * Stillstandstemperatur (bei 1000 W/m² und 30 °C)
 - * Wärmeträgerinhalt
 - * Leergewicht des Kollektors
- Installations- und Betriebsanleitung: Folgende Unterlagen wurden vorgelegt:
- * Montageanleitung Aufdachbefestigung (Stand: ohne Datum)
- Eine Installations- und Serviceanleitung wurde nicht vorgelegt.

Die Unterlagen sind nicht vollständig gemäß den Anforderungen der EN 12975-1 Kapitel 7.

7. Sensormontage

Der Kollektor wird mit den im Folgenden beschriebenen Temperatursensoren (Pt 100, Klasse A) ausgerüstet. Es wird besonders darauf geachtet, dass die Montage der Fühler nicht die Ergebnisse der nachfolgenden Prüfungen beeinträchtigt. Tabelle A-2 im Anhang enthält die während der Messung aufgenommenen Temperaturen.

Bezeichnung:	Position:
t_{sm}	Absorbertemperaturfühler, 2/3 der Höhe des Absorbers von unten, zwischen dem sechsten und siebten Absorberrohr von rechts (zwischen zweiten und dritten Rohr hinter der Teilung der Harfe) (Ansicht von vorn auf den hochkantstehenden Kollektor)
t_{glas}	Glastemperaturfühler, 2/3 der Höhe der Scheibe von unten, mittig in Bezug auf die Kollektorbreite
$t_{rück}$	Rückseitentemperaturfühler, an der Position des Glastemperaturfühlers, außen unter der Rückwand

8. Ausheizen des Kollektors

Da am vorliegenden Kollektor keine Zuverlässigkeitsprüfung durchgeführt wurde, wird der unbefüllte Kollektor vor der Leistungsmessung ausgeheizt.

Tab. 8-1: Prüfbedingungen während des Ausheizens

Prüfdatum: 18.04.2007 Prüfstand: SUSI I (Prüfung im Raum mit Sonnensimulator) Prüfer: Gerd Schiewe (Mitarbeiter des Prüfzentrums)		
	Vorgabe nach EN 12975-2	Prüfbedingung
Kollektorneigungswinkel	-	45 °
mittlere Bestrahlungsstärke	> 700 W/m ²	875 W/m ²
mittlere Umgebungslufttemperatur	-	30.4 °C
Ausheizdauer	> 5 h	5.1 h
Ergebnis: Im Verlauf der Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung bildete sich ein durchsichtiger, weißer Belag von innen an der transparenten Abdeckung. Der Belag war umlaufend im Randbereich der Scheibe sichtbar. Dieser Niederschlag blieb während der Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung unverändert.		

9. Bestimmung der Stillstandstemperatur

Während des Ausheizens (siehe Kapitel 8) erfolgt die Bestimmung der Stillstandstemperatur.

9.1. Mathematische Grundlagen^a

$$t_{stg} = a \cdot G_s^{\frac{1}{1.3}} + t_{as} \quad \text{Gl. (9.1)}$$

t_{stg} = Stagnationstemperatur bei Standardbedingungen in °C
 G_s = Standardbestrahlungsstärke in W/m²
 t_{as} = Standardumgebungslufttemperatur in °C

$$a = \frac{(t_{sm} - t_{am})}{G_m^{1/1.3}} \quad \text{Gl. (9.2)}$$

t_{sm} = gemessene Temperatur am Absorber in °C
 t_{am} = gemessene Umgebungslufttemperatur in °C
 G_m = Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene in W/m²

9.2. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Prüfdatum:	18.04.2007		
Prüfstand:	SUSI I (Prüfung im Raum mit Sonnensimulator)		
Prüfer:	Gerd Schiewe (Mitarbeiter des Prüfzentrums)		
Kollektorneigung:	45°		
	Prüfbedingung	Standardbedingungen nach ISO 9806-2	
		Kl. A (gemäßigt) entspr. EN 12975-2	Kl. B (sonnig)
globale Bestrahlungsstärke	875 W/m ²	1000 W/m ²	1100 W/m ²
Umgebungsluftgeschwindigkeit	< 1 m/s	< 1 m/s	< 1 m/s
Umgebungslufttemperatur	31 °C	30 °C	40 °C
gemessene Temperatur am Absorber (t_{sm})	185 °C		
berechnete Stillstandstemperatur (t_{stg})		201 °C	224 °C

a. Für die Bestimmung der Stillstandstemperatur unter Standardbedingungen wird das Extrapolationsverfahren aus DIN 4757 herangezogen, da es eine geringere Unsicherheit als das in EN 12975-2 beschriebene Verfahren hat.

10. Bestimmung der Wirkungsgradkennlinie

10.1. Prüfverfahren

Prüfung des Wirkungsgrades im stationären Zustand unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators (siehe EN 12975-2, Kapitel 6.1.5).

10.2. Hinweise zum Sonnenstrahlungssimulator

Der verwendete Sonnensimulator hält die Anforderungen aus EN 12975-2, Kapitel 6.1.5.2 ein. Es wurde an dem in Hinblick auf den äußeren Aufbau identischen Kollektor Typ WATT 3000 S (dokumentiert in Prüfbericht Nr. 56-06/D) eine messtechnische Kontrolle durchgeführt, ob sich die effektiven $(\tau\alpha)$ -Werte unter dem Simulator und bei natürlicher Strahlung um mehr als $\pm 1\%$ unterscheiden. Hierfür wurde der Konversionsfaktor im Simulator sowie auch bei natürlicher Bestrahlung im Außentest (gleichzeitig mit der Messung des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors, siehe Kapitel 11) bestimmt. Der für die Kontrolle herangezogene Konversionsfaktor aus der Außenmessung gilt für ein Diffus- zu Globalstrahlungsverhältnis G_d/G von 0.15. Eine Korrektur der im Simulator ermittelten Ergebnisse war nicht erforderlich. Der im Bericht angegebene Konversionsfaktor η_0 entspricht einem unter natürlicher Bestrahlung, bei einem Diffusanteil G_d/G von 0.15, gemessenen Konversionsfaktor.

10.3. Mathematische Grundlagen

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \quad \text{Gl. (10.1)}$$

η	= Wirkungsgrad
η_0	= Wirkungsgrad bei $t_m - t_a = 0$ (Konversionsfaktor)
a_1	= temperaturunabhängiger Wärmeverlustkoeffizient in W/m^2K
a_2	= temperaturabhängiger Wärmeverlustkoeffizient in W/m^2K^2
G	= globale Bestrahlungsstärke in W/m^2
t_m	= mittlere Wärmeträgertemperatur im Kollektor in $^{\circ}C$ $t_m = (t_{in} + t_e)/2$
t_{in}, t_e	= Ein- und Austrittstemperatur des Wärmeträgers in $^{\circ}C$
t_a	= Umgebungslufttemperatur in $^{\circ}C$
T_m^*	= reduzierte Temperaturdifferenz in Km^2/W $T_m^* = (t_m - t_a)/G$

10.4. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Tabelle 10-1 zeigt die Prüfbedingungen, bei denen die Prüfung durchgeführt worden ist. Die einzelnen Messwerte sind in Tabelle A-1 und Tabelle A-2 im Anhang enthalten.

Tab. 10-1: Prüfbedingungen der Wirkungsgradbestimmung im Sonnensimulator

Prüfdatum:	19.04.2007	
Prüfstand:	SUSI I (Prüfung im Raum mit Sonnensimulator)	
Prüfer:	Gerd Schiewe (Mitarbeiter des Prüfzentrums)	
Lampentyp:	Halogenlampen der Firma Philips Typ 13117	
Wärmeträger:	Wasser	
	Vorgabe nach EN 12975-2	Prüfbedingung
Kollektorneigungswinkel	-	45°
mittlere globale Bestrahlungsstärke	> 700 W/m ²	879 W/m ²
mittlere thermische Bestrahlungsstärke ¹⁾	≤ 497 W/m ²	440 W/m ²
mittlere Umgebungslufttemperatur	-	25.9 °C
mittlere Umgebungsluftgeschwindigkeit	3 m/s ± 1 m/s	3.3 m/s
Massenstrom des Wärmeträgers	0.02 kg/(m ² s) oder nach Herstellerangabe	200 kg/h ²⁾

1) Zum Schutz vor langweiliger Strahlung befindet sich zwischen dem Lampenfeld und dem Kollektor ein mit Luft gekühlter Strömungskanal aus Plexiglasscheiben. Die thermische Bestrahlungsstärke wird im Rahmen der Leistungsmessung durch eine Messung der Oberflächentemperatur der Plexiglasscheiben bestimmt.

2) Dieser Prüfmassenstrom wurde gewählt, um eine Änderung der Strömungsbedingungen durch Umschlag von lamina-
rer zu turbulenter Strömung während der Leistungsmessung zu vermeiden (gemäß EN12975-2:2006 Kapitel 6.1.4.3)

Tab. 10-2: Koeffizienten der Wirkungsgradkurve bezogen auf unterschiedliche Flächen

Bezugsfläche	η_0	a_1	a_2
Aperturfläche (1.851 m²)	0.752	3.55 W/m²K	0.0177 W/m²K²
Absorberfläche (1.849 m ²)	0.753	3.56 W/m ² K	0.0177 W/m ² K ²
Bruttofläche (2.053 m ²)	0.678	3.20 W/m ² K	0.0159 W/m ² K ²

Hinweis:

Bei Angabe der Parameter z.B. in den Kollekturunterlagen ist die jeweilige Bezugsflächenart zu nennen.

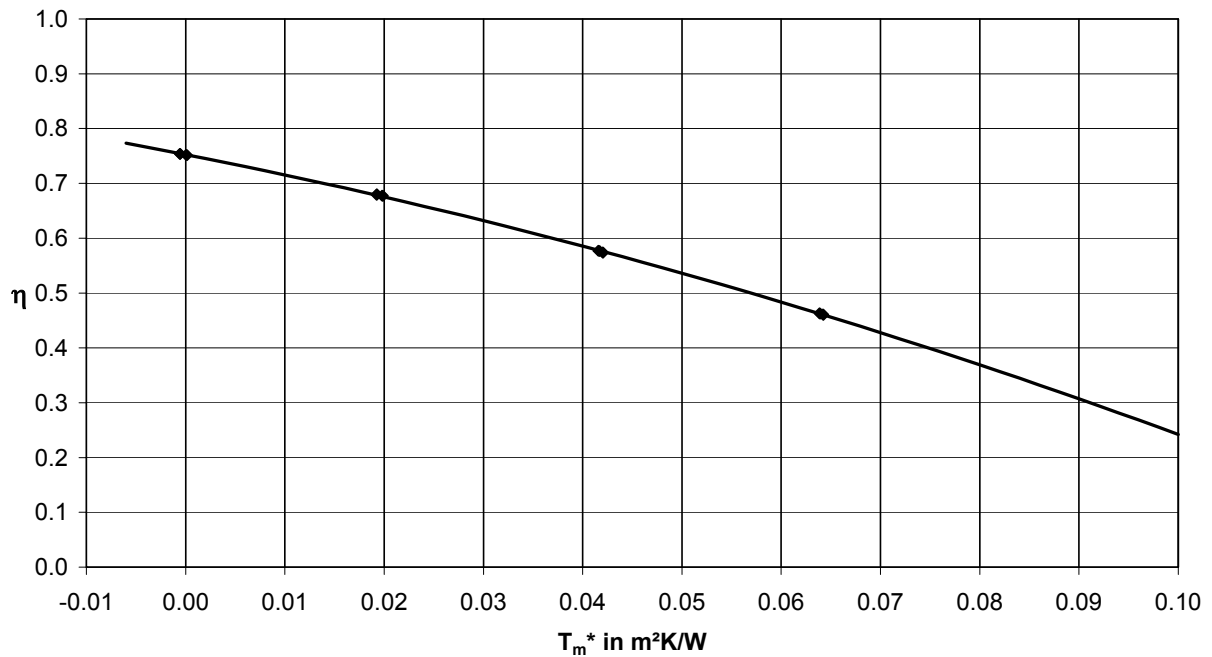


Abb. 10-1: Wirkungsgradkennlinie mit den Messpunkten und der Ausgleichskurve, bezogen auf die Aperturfläche

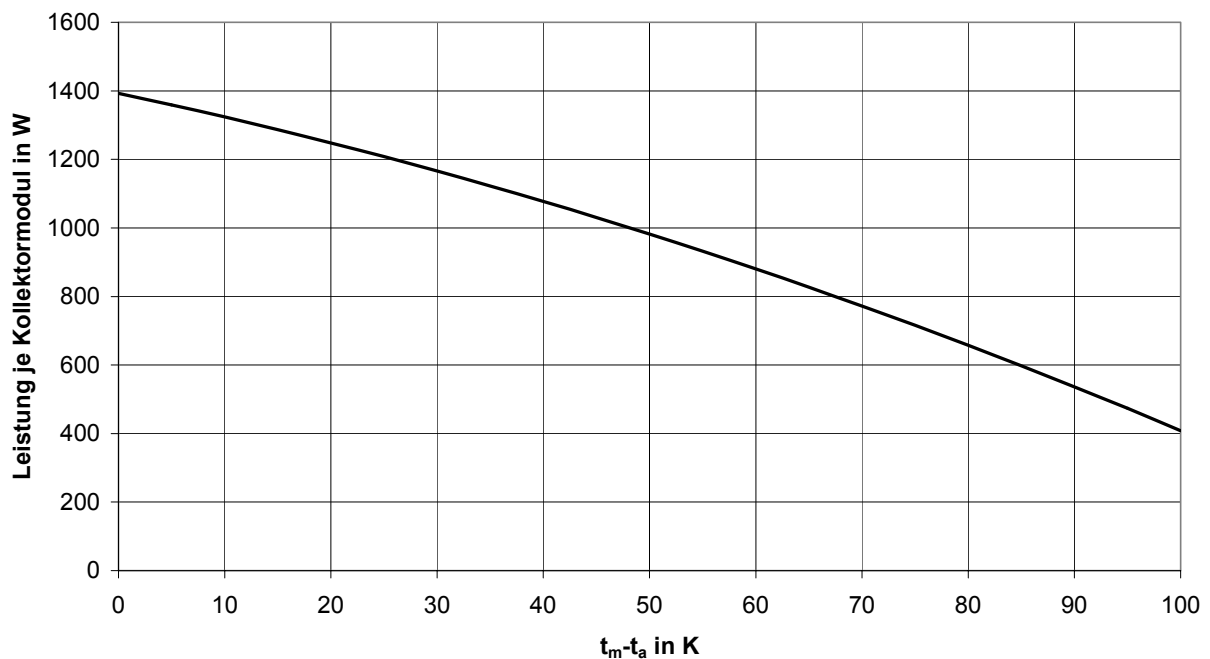


Abb. 10-2: Leistungskennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m^2 , bezogen auf den Kollektor

11. Einstrahlwinkelkorrekturfaktor des Sonnenkollektors (56-06/D)

11.1. Prüfverfahren

Die Ermittlung des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors erfolgt im Außentest unter natürlicher Bestrahlung und bei quasi-dynamischen Bedingungen (EN 12975-2, Kapitel 6.3.4.6.4), bei einer mittleren Kollektorfluidtemperatur, die etwa der Umgebungslufttemperatur entspricht (geringe Abweichungen werden mit den in Kapitel 10 ermittelten Wärmeverlustkoeffizienten korrigiert). Die Variation des Einstrahlwinkels erfolgt über die natürliche Sonnenbahn.

11.2. Mathematische Grundlagen

Grundlage der Bestimmung des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors ist die Zerlegung der natürlichen Sonnenstrahlung in einen direkten (G_b) und einen diffusen Anteil (G_d). Entsprechend EN 12975-2 (Abschnitt 6.3.4.8.2) kann die Nutzleistung für den Fall, dass die mittlere Fluidtemperatur gleich der Umgebungstemperatur ist, wie folgt beschrieben werden:

$$\eta_0 \cdot G = F'(\tau\alpha)_{en} \cdot G \cdot \left(K_{\theta b}(\theta) \cdot \left(1 - \frac{G_d}{G} \right) + K_{\theta d} \cdot \frac{G_d}{G} \right) - \left(c \cdot \frac{dt_m}{dt} \right) \quad \text{Gl. (11.1)}$$

- η_0 = Konversionsfaktor
- G = (solare) Bestrahlungsstärke in W/m^2
- $F'(\tau\alpha)_{en}$ = Konversionsfaktor bei senkrechter und ausschließlich direkter Einstrahlung
- $K_{\theta b}(\theta)$ = Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der Direktstrahlung bei einem Einstrahlwinkel θ
- $K_{\theta d}$ = Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der Diffusstrahlung
- G_d = diffuse (solare) Bestrahlungsstärke in W/m^2
- c = effektive Wärmekapazität des Kollektors in $\text{J/m}^2\text{K}$
- t_m = mittlere Fluidtemperatur im Kollektor in $^\circ\text{C}$

$$K_{\theta b}(\theta) = \frac{F'(\tau\alpha)_{en}(\theta)}{F'(\tau\alpha)_{en}} \quad \text{Gl. (11.2)}$$

$F'(\tau\alpha)_{en}(\theta)$ = Konversionsfaktor bei ausschließlich direkter Einstrahlung und einem Einstrahlwinkel θ

Der Verlauf des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors der Direktstrahlung ($K_{\theta b}$) wird nach EN 12975-2, Kapitel 6.3.6 folgendermaßen beschrieben:

$$K_{\theta b}(\theta) = 1 - b_0 \cdot \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1 \right) \quad \text{Gl. (11.3)}$$

- b_0 = Koeffizient, der den Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der Direktstrahlung charakterisiert

Die auf diese Weise ermittelten Einstrahlwinkelkorrekturfaktorwerte der Direktstrahlung können auf $K_{\theta}(\theta)$ -Werte der Globalstrahlung für ein Diffus- zu Globalstrahlungsverhältnis von 0.15 umgerechnet werden.

$$K_{\theta}(\theta) = \frac{K_{\theta b}(\theta) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15} \quad \text{Gl. (11.4)}$$

$K_{\theta}(\theta)$ = Einstrahlwinkelkorrekturfaktor für $G_d/G = 0.15$
 $K_{\theta d}$ = Einstrahlwinkelkorrekturfaktor für Diffusstrahlung

11.3. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Die Prüfung des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors wurde am Kollektor Typ WATT 3000 S, dokumentiert im Prüfbericht Nr. 56-06/D durchgeführt. Die Typen WATT 3000 S und WATT 3000 SU unterscheiden sich, neben den in Kapitel 3 beschriebenen Unterschieden, in der Absorberröhrung, bei Typ WATT 3000 S sind alle Absorberröhre parallel, bei Typ WATT 3000 SU liegen zwei Rohrpakete mit einmal vier und einmal fünf parallelen Rohren vor. Der weitere Aufbau der beiden Kolleortypen (Kollektormaße, Scheibenabstand, Scheibentyp und Schichttyp...) ist identisch, so dass die Winkelkorrekturfaktoren übertragbar sind.

Tab. 11-1: Prüfbedingungen bei der Bestimmung des Einstrahlwinkelkorrekturfaktors

Prüfungsdatum:	04.07.2006	
Prüfstand:	Testdach	
Prüfer:	Florian Kohlenberg (Mitarbeiter des Prüfzentrums)	
Wärmeträger:	Wasser	
	Vorgabe nach EN 12975-2	Prüfbedingung
Kollektorneigungswinkel		38°
Kollektorazimut	-	0° Süd
Fluid-Massenstrom \dot{m}	0.02 kg/(m ² s) oder nach Herstellerangabe	360 kg/h
Geografische Breite	-	52.1° N
Geografische Länge	-	9.4° E
Ortszeit (MEZ) beim solaren Mittag	-	12:28

12. Wärmekapazität des Sonnenkollektors

12.1. Mathematische Grundlage

Die Wärmekapazität C wird mit dem Berechnungsverfahren nach EN 12975-2, Kapitel 6.1.6.2 bestimmt.

$$C = \sum p_i \cdot m_i \cdot c_i \quad \text{Gl. (12.1)}$$

- C = effektive Wärmekapazität des Kollektors in kJ/K
- p_i = Wichtungsfaktor des Bauelements (nach Tabelle 6 in EN 12975-2:2006, Kapitel 6.1.6.2)
- m_i = Masse des Bauelements in kg
- c_i = spezifische Wärmekapazität des Bauelements kJ/(kgK)

Die effektive Wärmekapazität des Kollektors wird als Summe der Produkte aus den Wärmekapazitäten und Massen der einzelnen Bauelemente des Kollektors unter Berücksichtigung von Wichtungsfaktoren berechnet.

12.2. Ergebnis

Bestimmungsdatum:	22.08.2006
Bearbeiter:	Carsten Lampe
	Berechnungsmethode nach EN 12975-2
effektive Wärmekapazität	8.8 kJ/K
spezifische Wärmekapazität bezogen auf die Aperturfläche	4.8 kJ/(m²K)

13. Druckabfall des Kollektors (57-06/D)

13.1. Prüfverfahren

Die Messung des Druckabfalls wurde am hinsichtlich der hydraulischen Verschaltung baugleichen Kollektor Typ WATT 3000 SU (Prüfbericht Nr. 57-06/D) durchgeführt.

Der Druckabfall wird bei verschiedenen Massenströmen nach EN 12975-2, Kapitel 6.1.8 bestimmt.

13.2. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Tab. 13-1: Ergebnisse der Druckabfallbestimmung

Prüfungsdatum:	16.08.2006				
Prüfstand:	Δp -Prüfstand mit U-Rohr-Manometer				
Prüfer:	Gerd Schiewe (Mitarbeiter des Prüfzentrums)				
Wärmeträger:	Wasser				
Wärmeträgertemperatur:	$20 \pm 2^\circ\text{C}$				
Massenstrom in kg/h	50	121	221	350	500
Druckabfall in mbar	2.0	5.5	11.7	30.4	59.4

Bei Wasser-Glykologemischen als Wärmeträger ist der Druckabfall aufgrund der unterschiedlichen Stoffdaten (vor allem der höheren kinematischen Viskosität des Wasser-Glykologemischs gegenüber dem im Test verwendeten Wärmeträger Wasser) deutlich größer.

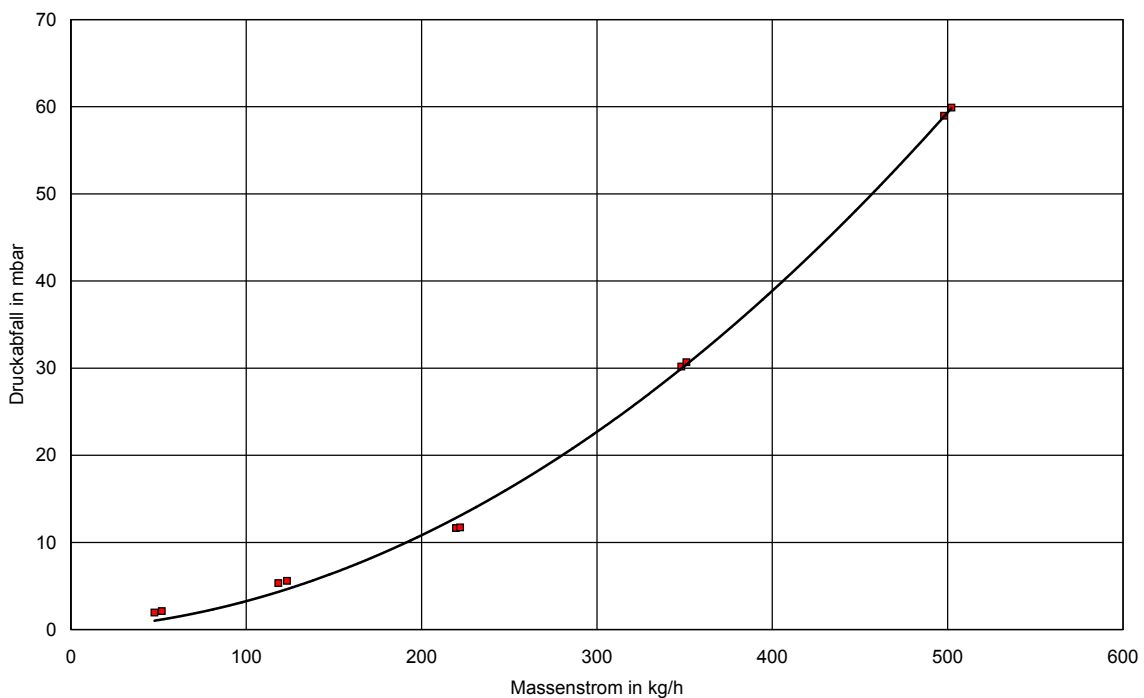


Abb. 13-1: Druckabfall mit dem Wärmeträger Wasser

14. Beobachtungen; Zustand des Kollektors

Zustand des Kollektors nach

- * der Anlieferung: einwandfrei
- * dem Ausheizen: Beschlagbildung
- * den Leistungsmessungen: keine Veränderung
- * Abschluss der Untersuchungen: keine Veränderung

Es gab keine besonderen Vorkommnisse bei den Untersuchungen.

Es wurden keine scharfen Kanten, lockeren Verbindungselemente oder weitere, eine potenzielle Gefährdung darstellende Eigenschaften festgestellt.

15. Maßgaben der Prüfstelle

1. Der Prüfbericht ist gültig für den Typ WATT 3000 SU (Beschreibung siehe Kapitel 2), mit der Herstellnummer W 005558.
2. Eine Weitergabe oder Vervielfältigung von Auszügen des vorliegenden Berichts ist nur mit Genehmigung der Prüfstelle zulässig. Generell genehmigt wird die Weitergabe der einzelnen Seiten 21 und 22 sowie der zusammenhängenden Seiten 1 bis 18, 3 bis 4 und des vollständigen Berichts.

Prüfzentrum für solarthermische Komponenten und Systeme

i. A.



Dr. W. Eisenmann
Leiter des Prüfzentrums

CLa/12.06.2007
blg3707dt.fm

Tabelle A-1: Messwerte und Auswertung der Wirkungsgradbestimmung

Nr.	G	\dot{m}	t_{in}	t_e	$t_e - t_{in}$	t_m	t_a	$t_m - t_a$	T^*_m	η_a
-	W/m ²	kg/h	°C	°C	K	°C	°C	K	Km ² /W	-
1	878.6	200.4	23.1	28.4	5.3	25.7	25.6	0.1	0.0001	0.752
2	877.5	200.4	23.1	28.3	5.3	25.7	25.6	0.0	0.0001	0.752
3	877.8	199.8	40.8	45.5	4.7	43.1	25.8	17.4	0.0198	0.677
4	879.1	199.7	40.8	45.5	4.8	43.2	25.7	17.5	0.0199	0.677
5	878.3	199.9	60.7	64.7	4.0	62.7	25.8	36.9	0.0420	0.574
6	878.7	199.8	60.7	64.7	4.0	62.7	25.7	36.9	0.0420	0.574
7	878.6	200.7	80.6	83.8	3.2	82.2	25.8	56.4	0.0642	0.461
8	878.0	200.7	80.6	83.8	3.2	82.2	25.8	56.4	0.0642	0.460
9	879.3	200.9	80.5	83.8	3.2	82.1	26.0	56.1	0.0639	0.463
10	878.5	200.7	80.6	83.8	3.2	82.2	26.1	56.1	0.0639	0.463
11	879.6	200.0	60.6	64.6	4.0	62.6	26.1	36.6	0.0416	0.577
12	877.8	199.9	60.6	64.6	4.0	62.6	26.0	36.6	0.0417	0.577
13	879.6	199.3	40.7	45.5	4.8	43.1	26.1	16.9	0.0193	0.680
14	879.8	199.1	40.8	45.5	4.8	43.1	26.2	16.9	0.0192	0.679
15	880.6	199.9	22.8	28.1	5.3	25.4	25.9	-0.5	-0.0005	0.754
16	880.4	200.0	22.8	28.1	5.3	25.4	25.9	-0.5	-0.0006	0.754

Formelzeichen:

G	W/m ²	globale Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene
\dot{m}	kg/h	Massenstrom des Fluids durch den Kollektor
t_{in}, t_e	°C	Ein- bzw. Austrittstemperatur am Kollektor
t_m	°C	mittlere Temperatur des Wärmeträgers, $t_m = (t_{in} + t_e)/2$
t_a	°C	Umgebungslufttemperatur
T^*_m	(m ² K)/W	reduzierte Temperaturdifferenz, $T^*_m = (t_m - t_a)/G$
η_a	-	Wirkungsgrad, bezogen auf die Aperturfläche

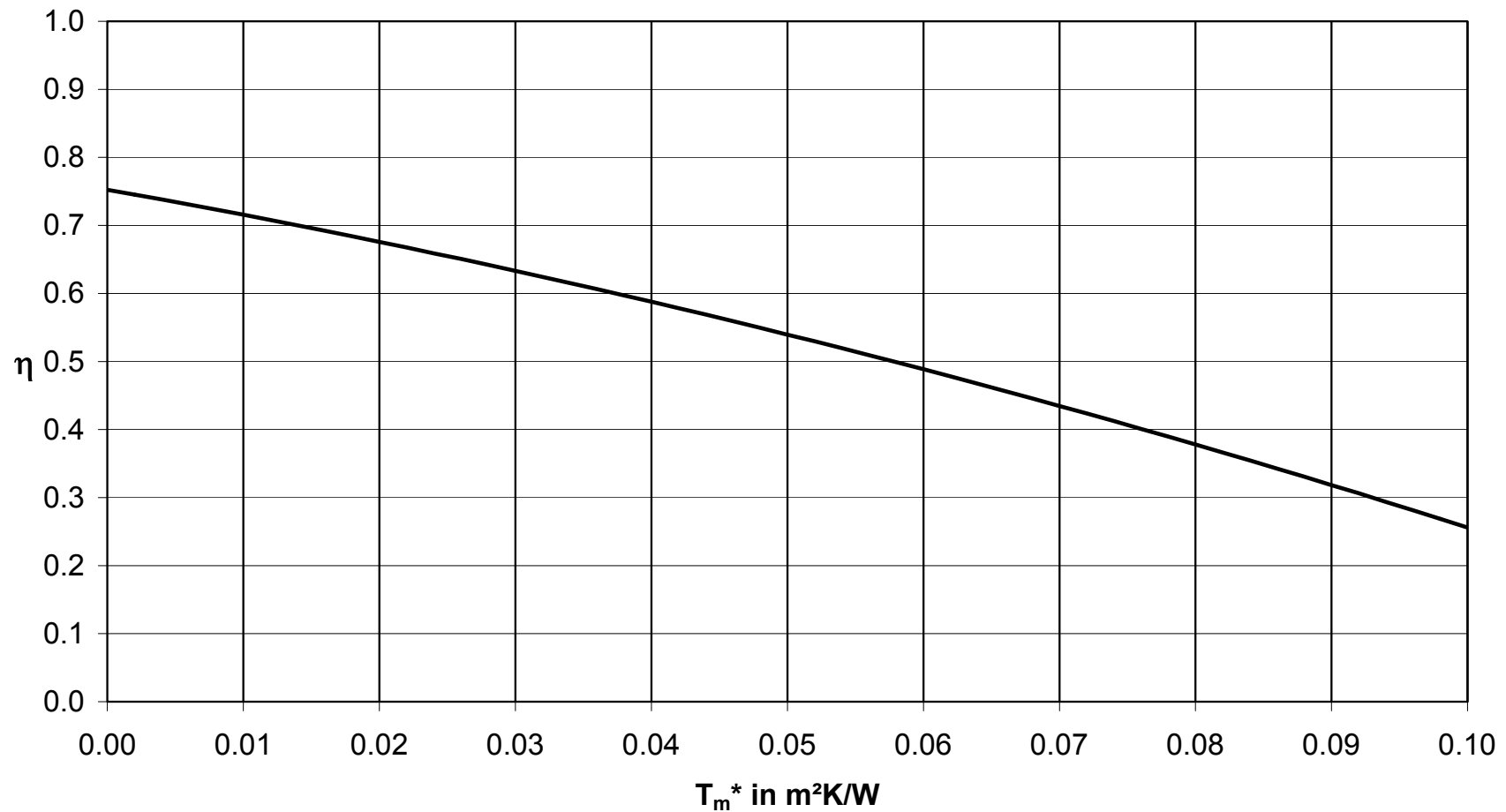
Tabelle A-2: Temperaturen am Kollektor, weitere meteorologische Größen

Nr.	t _{in}	t _e	t _m	t _a	t _s	t _{sm}	t _{glas}	t _{rück}	u
-	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	m/s
1	23.1	28.4	25.7	25.6	23.5	36.3	29.0	25.4	3.3
2	23.1	28.3	25.7	25.6	23.5	36.3	29.0	25.4	3.3
3	40.8	45.5	43.1	25.8	23.6	52.5	31.2	26.2	3.3
4	40.8	45.5	43.2	25.7	23.6	52.6	31.2	26.1	3.3
5	60.7	64.7	62.7	25.8	23.6	70.7	34.1	26.9	3.3
6	60.7	64.7	62.7	25.7	23.5	70.7	34.1	26.9	3.3
7	80.6	83.8	82.2	25.8	23.6	89.0	37.6	27.8	3.3
8	80.6	83.8	82.2	25.8	23.6	89.1	37.6	27.9	3.3
9	80.5	83.8	82.1	26.0	23.8	88.8	37.8	28.0	3.3
10	80.6	83.8	82.2	26.1	23.9	88.9	37.7	28.1	3.3
11	60.6	64.6	62.6	26.1	24.0	70.8	34.3	27.3	3.3
12	60.6	64.6	62.6	26.0	23.9	70.8	34.4	27.3	3.3
13	40.7	45.5	43.1	26.1	24.0	52.5	31.5	26.6	3.3
14	40.8	45.5	43.1	26.2	24.0	52.5	31.6	26.6	3.3
15	22.8	28.1	25.4	25.9	23.8	36.1	29.3	25.7	3.3
16	22.8	28.1	25.4	25.9	23.8	36.1	29.2	25.6	3.3

Formelzeichen:

t _{in} , t _e	°C	Ein- bzw. Austrittstemperatur am Kollektor
t _m	°C	mittlere Temperatur des Wärmeträgers, $t_m = (t_{in} + t_e)/2$
t _a	°C	Umgebungslufttemperatur
t _s	°C	atmosphärische oder äquivalente Himmelstemperatur
t _{sm}	°C	Absorbiertemperatur
t _{glas}	°C	Oberflächentemperatur der transparenten Abdeckung
t _{rück}	°C	Oberflächentemperatur der Kollektorrückwand (von außen)
u	m/s	Umgebungsluftgeschwindigkeit

Wirkungsgradkennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 800 W/m², bezogen auf die Aperturfläche



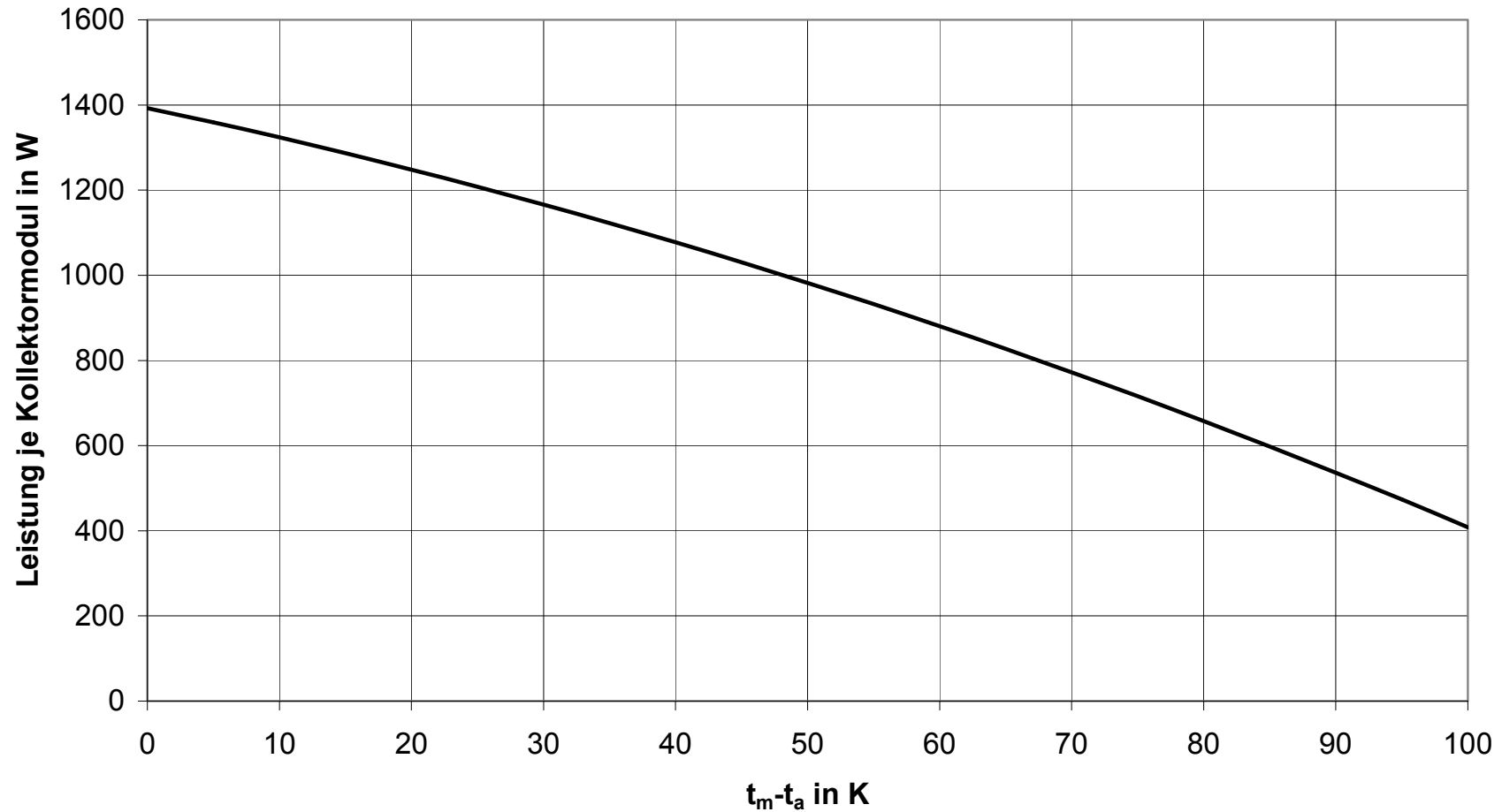
Hersteller: WATT Sp. z o.o.
Kollektortyp: WATT 3000 SU
Herstellnr.: W 005558
Aperturfläche: 1.851 m²

Sonnenkollektorprüfung
nach DIN EN 12975-2



Datum: 12.06.2007
Prüfer.-Nr.: 37-07/DT
Seite 21 von 22

Leistungskennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m², bezogen auf den Kollektor



Hersteller: WATT Sp. z o.o.
Kollektortyp: WATT 3000 SU
Herstellnr.: W 005558
Bruttofläche: 2.053 m²

Sonnenkollektorprüfung
nach DIN EN 12975-2



Datum: 12.06.2007
Prüfer.-Nr.: 37-07/DT
Seite 22 von 22