

Prüfbericht für Leistungsprüfungen 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

Prüfung nach DIN EN 12975-2:2006
Abschnitt 6

Prüfbericht

Nummer 56-06/D
Berichtsdatum 22.09.2006
Seitenanzahl 21

Auftraggeber

Anschrift WATT Sp. z o.o.
Narutowicza 15
PL- 41-503 Chorzów

Ansprechpartner Herr Sebastian Saft
Tel.: +48 (0)32/73620-80, Fax: -81

Prüfkollektor

Typ WATT 3000 S
Hersteller WATT Sp. z o.o.
Serien- oder Prototyp Serientyp
Herstelljahr 2006
Herstellnummer W010034

Inhaltsverzeichnis

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

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.:	56-06/D
		Prüfbericht-Datum: Report date:	22.09.2006
Typ: Type:	WATT 3000 S	Herstell-Nr.: Serial no.:	W010034
		Herstell-Jahr: Year of production:	2006

Die nachfolgend aufgeführten Ergebnisse wurden bei einer **Prüfung der Wärmeleistung** von Sonnenkollektoren **nach DIN EN 12975-2:2006** ermittelt. Sie gelten für den im Prüfbericht Nr. 56-06/D näher beschriebenen Kollektor sowie die dort beschriebenen Prüfungen und Prüfabläufe.

The following results were obtained from a 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. 56-06/D.

Technische Daten des Prüfkollektors		Description of the collector	
Bauart Type	selektiver Flachkollektor flat plate collector	Aperturfläche Aperture area	1.852 m ²
Zeichnung-Nr. Drawing no.	ohne Nummer no number	Absorberfläche Absorber area	1.852 m ²
Länge / Breite / Höhe Length/Width/Height	2019 / 1019 / 81 mm	Bruttofläche Gross area	2.057 m ²
zul. Betriebsdruck Max. operation pressure	6 bar	empf. Massenstrom Recommended flow rate	60-120 kg/h
Masse Weight, empty	36.6 kg	Stärke Absorberblech Thickness of absorber sheet	0.2 mm
zul. Wärmeträger Heat transfer fluid	Wasser/Propylenglykol water/propylen glycol	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 SUSI I)

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (t_m - t_a) / G - a_2 \cdot (t_m - t_a)^2 / G$$

Bezug: Based on:	Apertur aperture area	Absorber aperture area
$\eta_0 =$	0.755	0.755
$a_1 =$	3.38 W/m ² K	3.38 W/m ² K
$a_2 =$	0.0160 W/m ² K ²	0.0160 W/m ² K ²

Einstrahlwinkelkorrekturfaktoren (ermittelt im Freien)

Incident angle modifier (determined outdoor)

$$K_{\theta b}(\theta) = 1 - b_0 (1/\cos \theta - 1)$$

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

Ausgangsleistung pro Kollektormodul

Power output per collector unit

Bestrahlungsstärke

$T_m - T_a$	Irradiance		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10 K	494 W	913 W	1332 W
30 K	344 W	764 W	1183 W
50 K	172 W	591 W	1010 W

Spitzenleistung pro Kollektormodul

Peak power output per collector unit

1398 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 21 of
Typ: Type:	WATT 3000 S	Prüfbericht-Nr.: Report No.:	56-06/D
Herstell-Nr.: Serial No.:	W010034	Prüfbericht-Datum: Report Date:	22.09.2006

Druckabfall (Wasser, 20 °C) Pressure drop (water, 20 °C)	$\Delta p = 5.5 \text{ mbar}$	bei at	$\dot{m} = 121 \text{ kg/h}$
	$\Delta p = 59.4 \text{ mbar}$	bei at	$\dot{m} = 500 \text{ kg/h}$
Wärmekapazität (berechnet) Thermal capacity (calculated)	$c = 4.8 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$	C =	8.8 kJ/K
Stillstandstemperatur Stagnation temperature	$t_{\text{stg}} = 207 \text{ °C}$	bei at	$G_S = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$ und and $t_{\text{as}} = 30 \text{ °C}$

Emmerthal, 22.09.2006

i. A.



Dr. W. Eisenmann,
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 S
Bauart	selektiver Flachkollektor, Serientyp
Herstellungsjahr	2006
Herstellnummer	W010034
Leergewicht ohne Abdeckung	21 kg (lt. Hersteller)
Leergewicht mit Abdeckung	36.6 kg (Wägung, ISFH)

2.2. Transparente Abdeckung

Anzahl der Abdeckungen	eine
Abmessungen	2000 mm x 1000 mm x 3 mm
Aperturfläche	1.950 m x 0.950 m = 1.852 m ²
Material	ESG; Typ Float Glass, klar

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	neun parallele Absorberrohre, 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)	2019 / 1019 / 81 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	55 mm

2.7. Bezugsflächen

Absorberfläche	1.852 m ² (begrenzt durch Apertur)
Aperturfläche	1.852 m ²
Bruttofläche	2.057 m ²

2.8. Kollektoreinbauweise

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

2.9. Grenzdaten lt. Typenschild

Stillstandstemperatur	keine Angabe (wird in Kapitel 8 neu bestimmt)
Maximaler Betriebsdruck	6 bar

3. Foto des Prüfkollektors

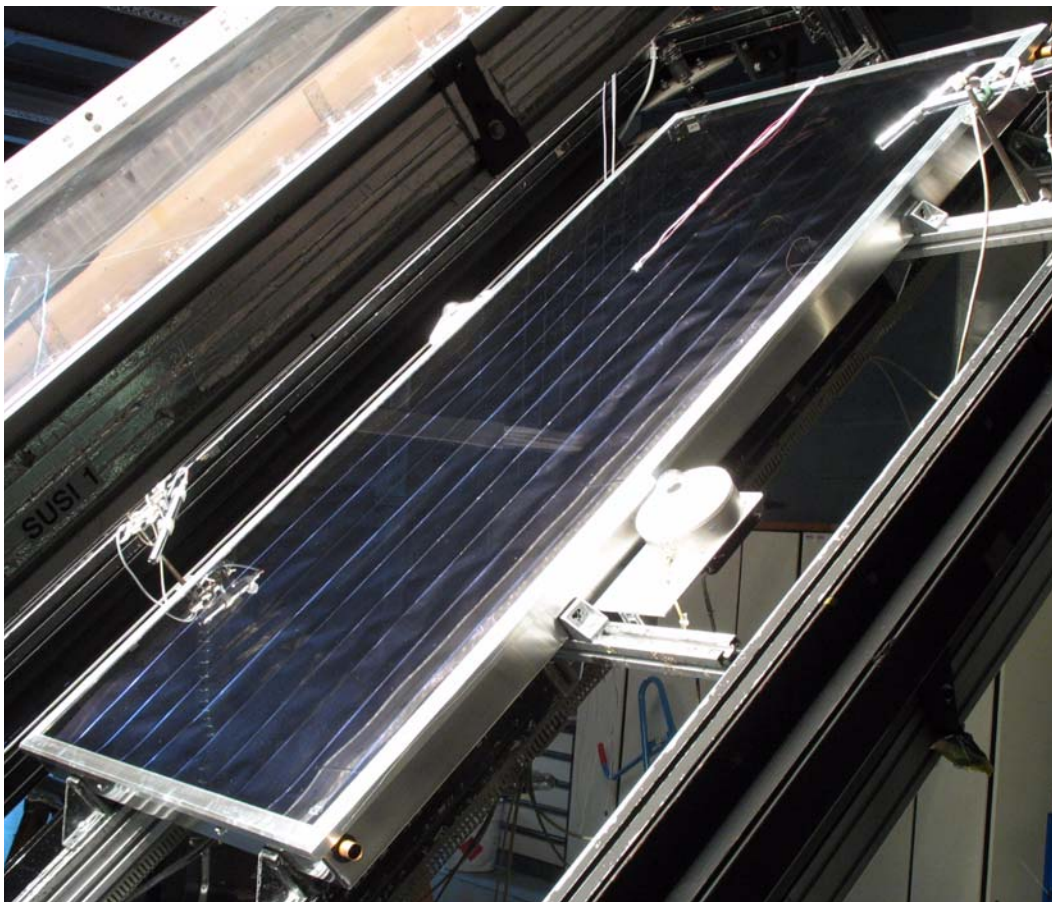


Abb. 3-1: Foto des Prüfkollektors im Sonnensimulatorprüfstand SUSI I

4. Probenahme

Probenahmedatum:	15.05.2006
Probenahmeort:	Institut für Solarenergieforschung GmbH, Hameln/ Emmerthal
Probenehmer:	Daniel Eggert (Mitarbeiter des Prüfzentrums)
Beschreibung der Probenahme:	Der Kollektor mit der Herstellnummer W010034 wurde am ISFH als Stichprobe aus sechs gleichartigen Kollektoren ausgewählt.

5. 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.

6. 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.

Firma:	WATT Sp. z o.o.	Seite:	8 von 21
Typ:	WATT 3000 S	Prüfbericht-Nr.:	56-06/D
Herstell-Nr.:	W010034	Prüfbericht-Datum:	22.09.2006

Bezeichnung:	Position:
t_{sm}	Absorbertemperaturfühler, 2/3 der Höhe des Absorbers von unten, zwischen dem vierten und fünften Absorberrohr von rechts (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

7. Ausheizen des Kollektors

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

Tab. 7-1: Prüfbedingungen während des Ausheizens

Prüfdatum:	19.05.2006	
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	899 W/m ²
mittlere Umgebungslufttemperatur	-	28.9 °C
Ausheizdauer	> 5 h	5.1 h
Ergebnis:		
<p>Im Verlauf der Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung bildete sich ein durchsichtiger, weißer, teilweise kristallin wirkender Belag von innen an der transparenten Abdeckung. Der Belag war großflächig im obersten Bereich der Scheibe (bis ca. 40 cm von der oberen Aperturkante, über die gesamte Aperturbreite reichend) sichtbar. Dieser Niederschlag reduzierte sich im Verlauf der Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung, löste sich aber nicht vollständig auf. Weiterhin traten bei einer Absorbertemperatur von etwa 180 °C neblige Ausgasungsprodukte aus Öffnungen zwischen Abdeckrahmen und Kollektorwanne aus.</p>		

8. Bestimmung der Stillstandstemperatur

Während des Ausheizens (siehe Kapitel 7) erfolgt die Bestimmung der Stillstandstemperatur.

8.1. Mathematische Grundlagen^a

$$t_{stg} = a \cdot G_s^{\frac{1}{1.3}} + t_{as} \quad \text{Gl. (8.1)}$$

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

$$a = \frac{(t_{sm} - t_{am})}{G_m^{1/1.3}} \quad \text{Gl. (8.2)}$$

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

8.2. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Prüfdatum:	19.05.2006		
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	885 W/m ²	1000 W/m ²	1100 W/m ²
Umgebungsluftgeschwindigkeit	< 1 m/s	< 1 m/s	< 1 m/s
Umgebungslufttemperatur	30.6 °C	30 °C	40 °C
gemessene Temperatur am Absorber (t_{sm})	192 °C		
berechnete Stillstandstemperatur (t_{stg})		207 °C	231 °C

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

9. Bestimmung der Wirkungsgradkennlinie

9.1. Prüfverfahren

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

9.2. Hinweise zum Sonnenstrahlungssimulator

Der verwendete Sonnensimulator hält die Anforderungen aus EN 12975-2, Kapitel 6.1.5.2 ein. Es wurde 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 10) 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.

9.3. Mathematische Grundlagen

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \quad \text{Gl. (9.1)}$$

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

9.4. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Tabelle 9-1 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. 9-1: Prüfbedingungen der Wirkungsgradbestimmung im Sonnensimulator

Prüfdatum:	22.05. und 23.05.2006	
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	881 W/m ²
mittlere thermische Bestrahlungsstärke ¹⁾	≤ 495 W/m ²	442 W/m ²
mittlere Umgebungslufttemperatur	-	25.5 °C
mittlere Umgebungsluftgeschwindigkeit	3 m/s ± 1 m/s	3.4 m/s
Massenstrom des Wärmeträgers	0.02 kg/(m ² s) oder nach Herstellerangabe	360 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 laminarer zu turbulenter Strömung während der Leistungsmessung zu vermeiden (gemäß EN12975-2:2006 Kapitel 6.1.4.3)

Tab. 9-2: Koeffizienten der Wirkungsgradkurve bezogen auf unterschiedliche Flächen

Bezugsfläche	η_0	a_1	a_2
Aperturfläche (1.852 m²)	0.755	3.38 W/m²K	0.0160 W/m²K²
Absorberfläche (1.852 m ²)	0.755	3.38 W/m ² K	0.0160 W/m ² K ²
Bruttofläche (2.057 m ²)	0.680	3.05 W/m ² K	0.0144 W/m ² K ²

Hinweis:

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

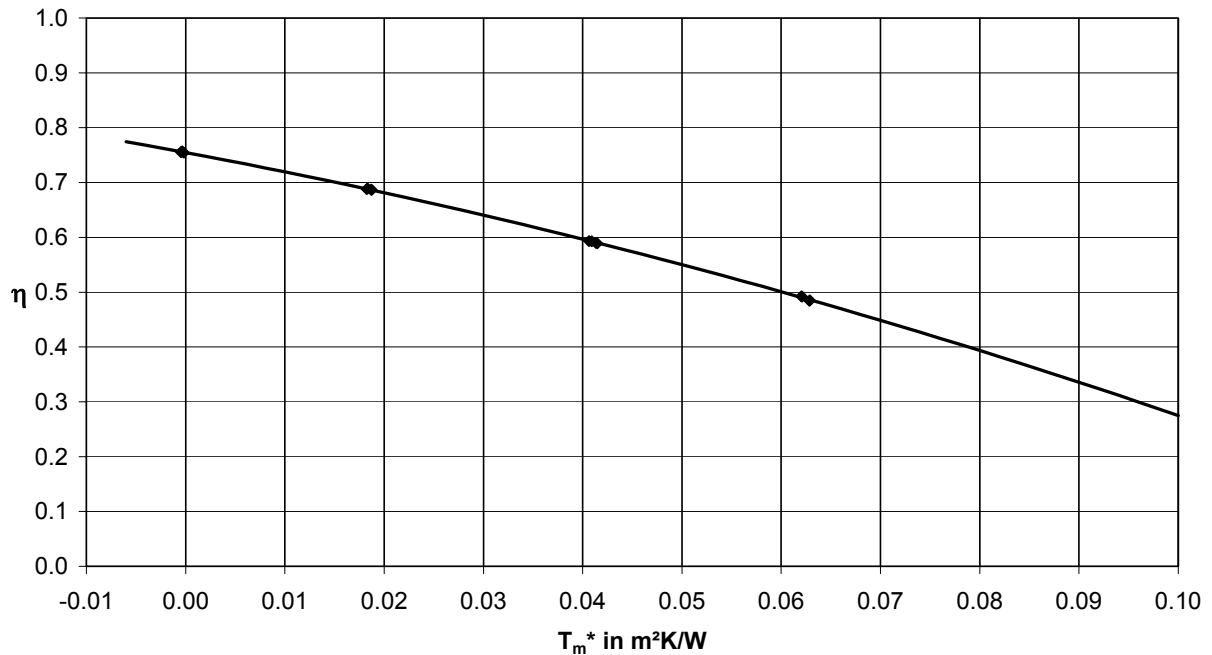


Abb. 9-1: Wirkungsgradkennlinie mit den Messpunkten und der Ausgleichskurve, bezogen auf die Aperturfläche

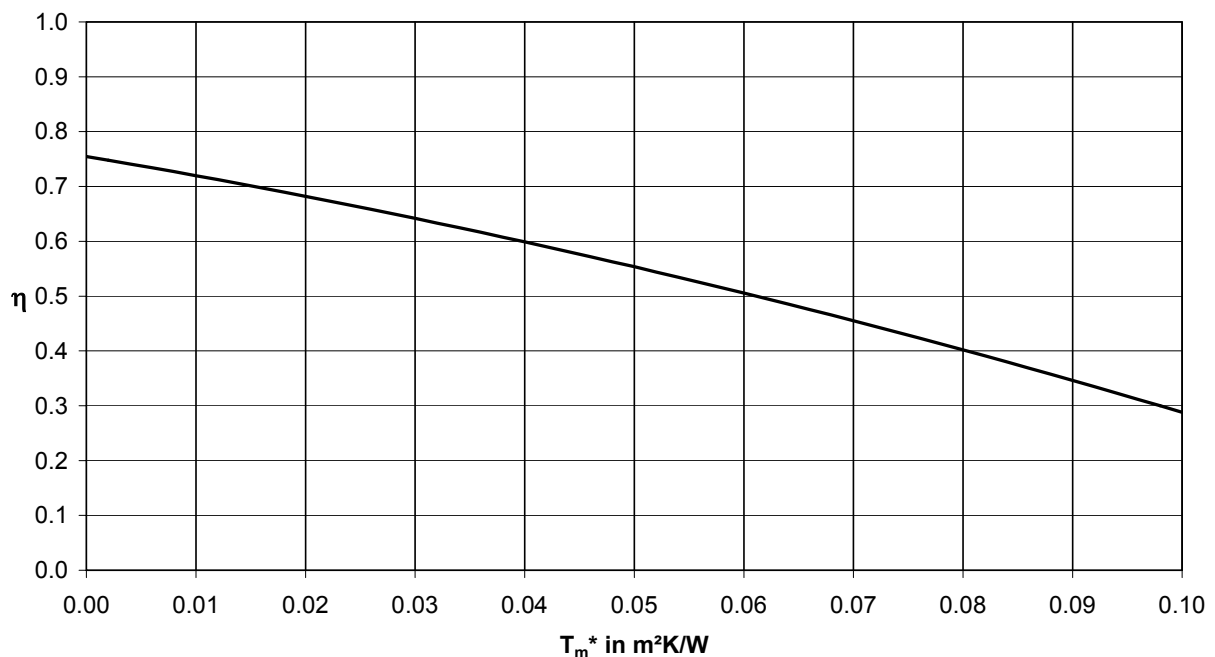


Abb. 9-2: Wirkungsgradkennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von 800 W/m^2 , bezogen auf die Aperturfläche

Die Leistungskennlinie bei einer Bestrahlungsstärke von $G = 1000 \text{ W/m}^2$ bezogen auf das Kollektormodul ist im Anhang auf Seite 21 wiedergegeben.

10. Einstrahlwinkelkorrekturfaktor des Sonnenkollektors

10.1. 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 9 ermittelten Wärmeverlustkoeffizienten korrigiert). Die Variation des Einstrahlwinkels erfolgt über die natürliche Sonnenbahn.

10.2. 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:

$$\eta_0 \cdot G = F'(\tau\alpha)_{en} \cdot G \cdot \left(K_{\theta b}(\theta) \cdot \left(1 - \frac{G_d}{G} \right) + K_{\theta d} \cdot \frac{G_d}{G} \right) - \left(c \cdot \frac{dt_m}{dt} \right) \quad \text{Gl. (10.1)}$$

- 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 $^\circ\text{C}$

$$K_{\theta b}(\theta) = \frac{F'(\tau\alpha)_{en}(\theta)}{F'(\tau\alpha)_{en}} \quad \text{Gl. (10.2)}$$

$F'(\tau\alpha)_{en}(\theta)$ = 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:

$$K_{\theta b}(\theta) = 1 - b_0 \cdot \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1 \right) \quad \text{Gl. (10.3)}$$

- b_0 = Koeffizient, der den Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der Direktstrahlung charakterisiert

Firma:	WATT Sp. z o.o.	Seite:	14 von 21
Typ:	WATT 3000 S	Prüfbericht-Nr.:	56-06/D
Herstell-Nr.:	W010034	Prüfbericht-Datum:	22.09.2006

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.

$$K_{\theta}(\theta) = \frac{K_{\theta b}(\theta) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15} \quad \text{Gl. (10.4)}$$

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

10.3. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Tab. 10-1: 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

Tab. 10-2: Koeffizienten der Einstrahlwinkelkorrekturfaktorbestimmung

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

11. Wärmekapazität des Sonnenkollektors

11.1. Mathematische Grundlage

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

$$C = \sum p_i \cdot m_i \cdot c_i \quad \text{Gl. (11.1)}$$

- 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.

11.2. 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)

12. Druckabfall des Kollektors

12.1. Prüfverfahren

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

12.2. Prüfbedingungen und Ergebnisse

Tab. 12-1: 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-Glykolgemischen als Wärmeträger ist der Druckabfall aufgrund der unterschiedlichen Stoffdaten (vor allem der höheren kinematischen Viskosität des Wasser-Glykolgemischs gegenüber dem im Test verwendeten Wärmeträger Wasser) deutlich größer.

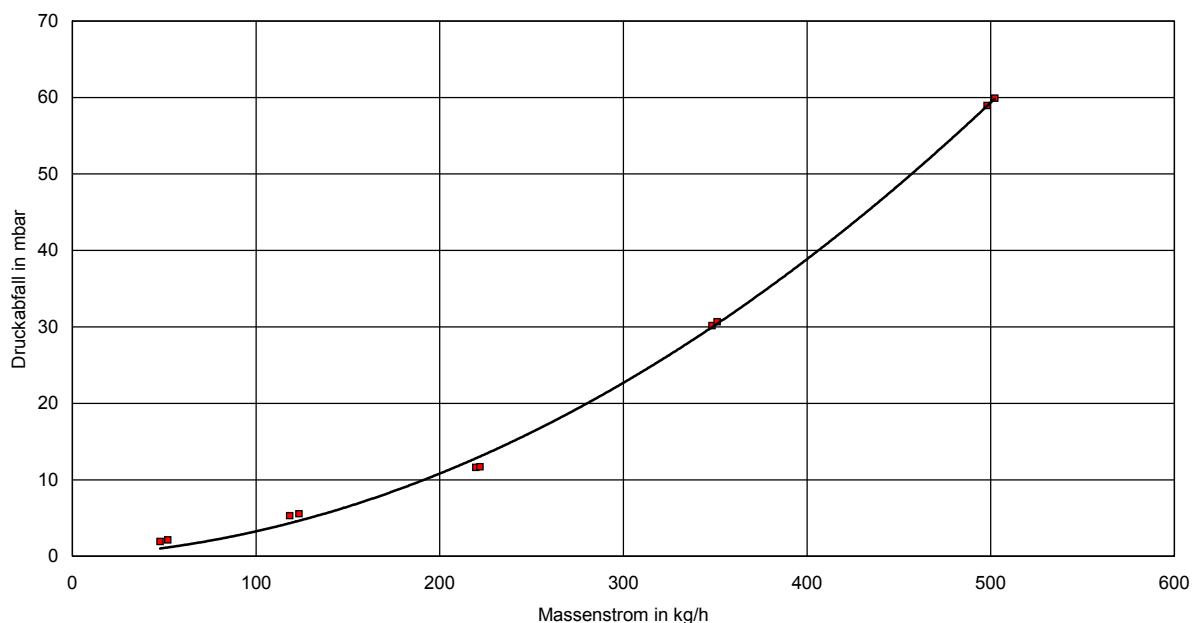


Abb. 12-1: Druckabfall mit dem Wärmeträger Wasser

13. Beobachtungen; Zustand des Kollektors

Zustand des Kollektors nach

- * der Anlieferung: einwandfrei
- * dem Ausheizen: starke Beschlagbildung und Dampfaustritt
- * den Leistungsmessungen: keine Veränderung (Abnahme des Beschlags)
- * 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.

14. Maßgaben der Prüfstelle

1. Der Prüfbericht ist gültig für den Typ WATT 3000 S (Beschreibung siehe Kapitel 2), mit der Herstellnummer W010034.
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 3 und 4, 20 und 21 sowie der zusammenhängenden Seiten 1 bis 17 und des vollständigen Berichts.
3. Nach Angaben des Herstellers wird der Kollektor Typ WATT 3000 S mit den selektiven Absorberbeschichtungen Typ eta plus des Herstellers BlueTec und Typ Sunselect des Herstellers Alanod vertrieben, gemäß einer Vereinbarung des Erfahrungsaustauschkreises der Prüflaboratorien „Thermische Solaranlagen und deren Bauteile“ (EK-TSuB) vom 21.03.2006 können die Resultate als übertragbar angesehen werden, so dass der vorliegende Prüfbericht Nr. 56-06/D auch für den Flachkollektor Typ WATT 3000 S mit der selektiven Schicht Sunselect des Herstellers Alanod gültig ist.

Prüfzentrum für solarthermische Komponenten und Systeme

i. A.



Dr. W. Eisenmann
Leiter des Prüfzentrums

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	882.9	360.5	23.7	26.6	3.0	25.1	25.5	-0.4	-0.0004	0.756
2	882.0	360.2	23.6	26.6	3.0	25.1	25.5	-0.4	-0.0005	0.755
3	883.8	360.5	40.5	43.2	2.7	41.8	25.3	16.5	0.0187	0.687
4	883.4	360.5	40.5	43.2	2.7	41.8	25.3	16.6	0.0187	0.687
5	880.3	360.1	60.2	62.5	2.3	61.3	25.0	36.4	0.0413	0.590
6	883.1	360.1	60.3	62.6	2.3	61.4	24.8	36.6	0.0415	0.589
7	882.2	359.5	80.0	81.9	1.9	80.9	25.5	55.4	0.0628	0.484
8	882.5	359.8	80.0	81.9	1.9	80.9	25.5	55.5	0.0629	0.485
9	881.1	360.8	79.9	81.9	1.9	80.9	26.2	54.7	0.0621	0.492
10	881.0	361.0	80.0	81.9	1.9	80.9	26.3	54.6	0.0620	0.493
11	880.0	360.1	60.2	62.6	2.3	61.4	25.7	35.8	0.0406	0.593
12	879.7	360.1	60.3	62.6	2.3	61.4	25.4	36.0	0.0409	0.593
13	879.9	360.8	40.5	43.2	2.7	41.8	25.8	16.1	0.0182	0.688
14	879.1	360.7	40.5	43.2	2.7	41.8	25.7	16.1	0.0183	0.689
15	879.6	360.6	23.6	26.5	2.9	25.1	25.4	-0.3	-0.0003	0.757
16	878.2	360.6	23.7	26.6	2.9	25.1	25.3	-0.2	-0.0002	0.755

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

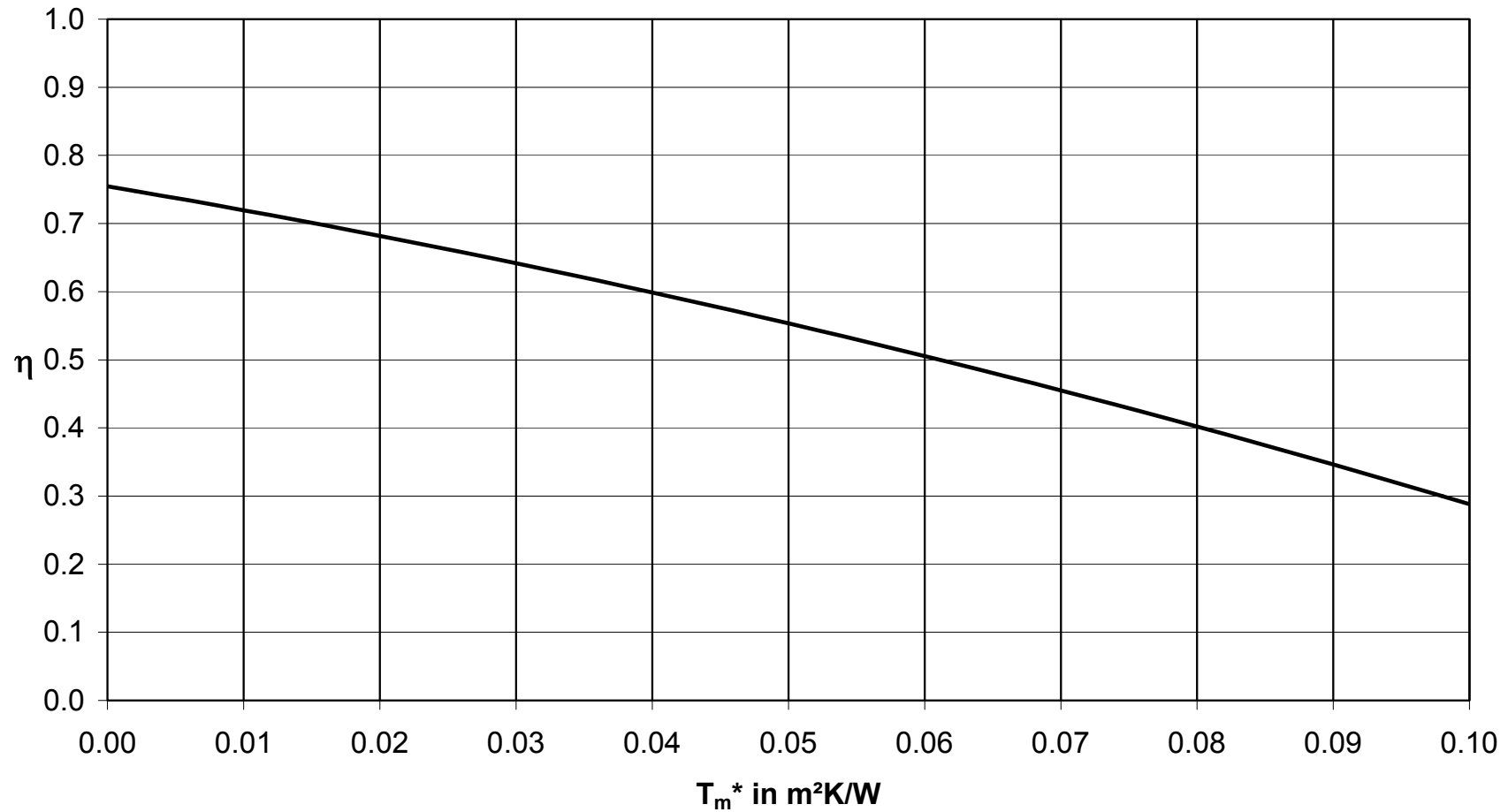
Tabelle A-2: Temperaturen am Kollektor, weitere meteorologische Größen

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	23.7	26.6	25.1	25.5	23.6	34.6	28.7	25.2	3.4
2	23.6	26.6	25.1	25.5	23.5	34.5	28.6	25.1	3.4
3	40.5	43.2	41.8	25.3	23.5	50.1	30.4	25.5	3.4
4	40.5	43.2	41.8	25.3	23.4	50.1	30.3	25.6	3.4
5	60.2	62.5	61.3	25.0	23.1	68.4	32.7	26.1	3.4
6	60.3	62.6	61.4	24.8	22.8	68.5	32.4	25.9	3.4
7	80.0	81.9	80.9	25.5	23.5	86.8	35.9	27.4	3.4
8	80.0	81.9	80.9	25.5	23.3	86.8	35.8	27.4	3.4
9	79.9	81.9	80.9	26.2	25.4	86.9	37.2	28.4	3.4
10	80.0	81.9	80.9	26.3	25.5	86.9	37.3	28.5	3.4
11	60.2	62.6	61.4	25.7	24.8	68.5	33.6	27.2	3.4
12	60.3	62.6	61.4	25.4	24.5	68.5	33.5	27.1	3.4
13	40.5	43.2	41.8	25.8	24.7	50.1	30.9	26.2	3.4
14	40.5	43.2	41.8	25.7	24.7	50.1	31.0	26.3	3.4
15	23.6	26.5	25.1	25.4	24.3	34.5	28.6	25.3	3.4
16	23.7	26.6	25.1	25.3	24.2	34.5	28.6	25.3	3.4

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



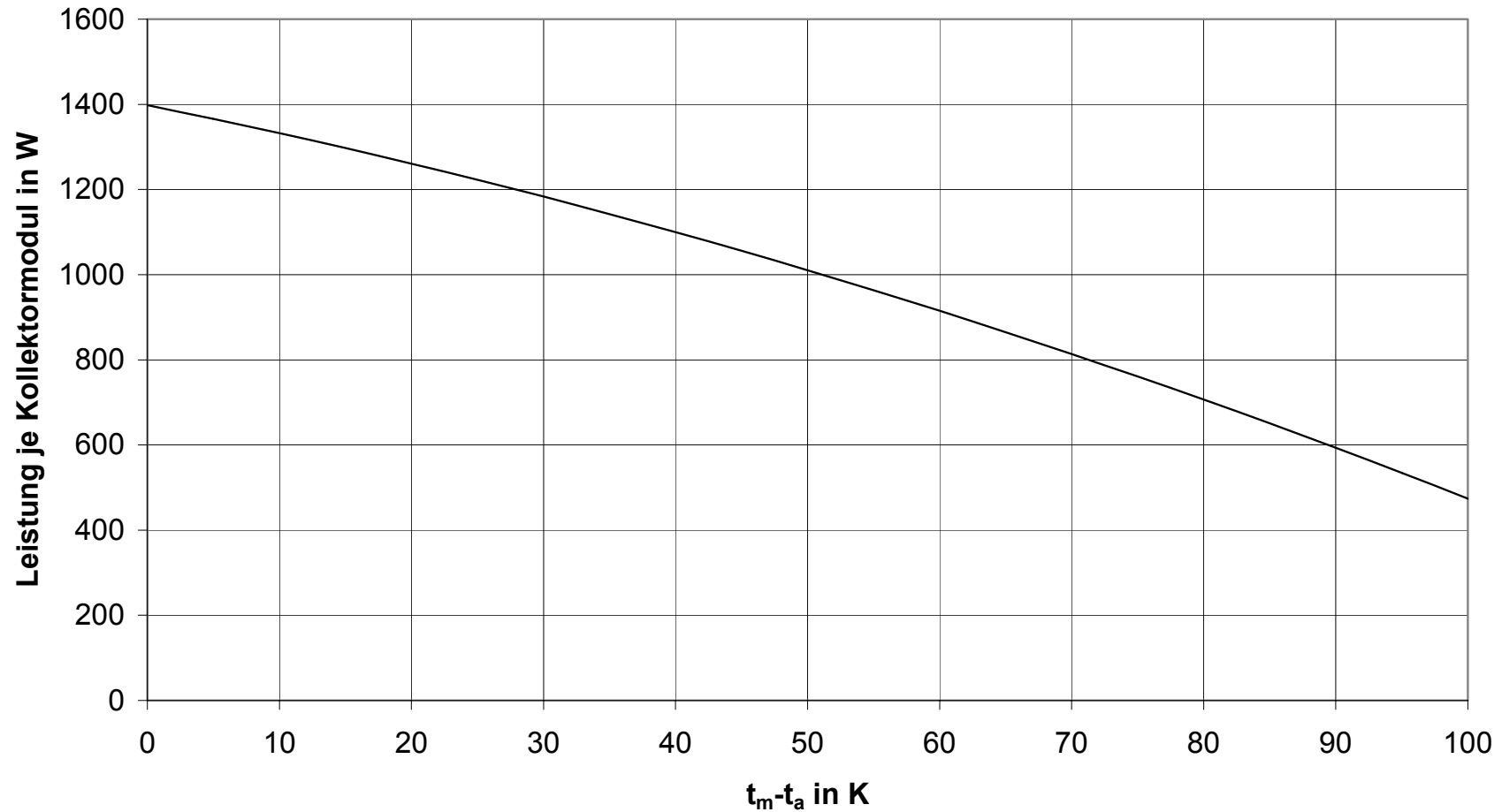
Hersteller: WATT Sp. z o.o.
Kollektortyp: WATT 3000 S
Herstellnr.: W010034
Aperturfläche: 1.852 m²

Sonnenkollektorprüfung
nach DIN EN 12975-2



Datum: 22.09.2006
Prüfer.-Nr.: 56-06/D
Seite 20 von 21

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



Hersteller: WATT Sp. z o.o.
Kollektortyp: WATT 3000 S
Herstellnr.: W010034
Aperturfläche: 1.852 m²

Sonnenkollektorprüfung
nach DIN EN 12975-2



Datum: 22.09.2006
Prüfber.-Nr.: 56-06/D
Seite 21 von 21