



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit



Prüfbericht

Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006

according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 09COL814

Test Report No.: 09COL814

Stuttgart, den 24.06.2010

Stuttgart, June 24th, 2010

Auftraggeber:

client:

1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD
No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District,
Changzhou Jiangsu
213163 China

Hersteller:

manufacturer:

1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD

Typ:

type:

SF-B155818

Herstelljahr:

year of production:

2009

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung	9
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
3	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	11
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
4	Prüfverfahren	11
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	12
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...	13
	<i>Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Leistungskurven	16
	<i>Annex C: Power Curves</i>	
	Anhang D: Nomenklatur	19
	<i>Annex D: Symbols and Units</i>	

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben) *General Specifications (acc. to manufacturer)*

Hersteller <i>Manufacturer</i>	1st SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY CO.,LTD No.1, Hongxi Road, Niutang Industrial District, Changzhou Jiangsu 213163 China
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	John Chen Tel.: 0086-519-8305169 / -1 / -2 / -3 Fax: 0086-519-83051690 email: john@sunflower-solar.com
Typ: <i>type:</i>	SF-B155818 <i>SF-B155818</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C814 <i>C814</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2009 <i>2009</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.31 m ² <i>2.31 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.42 m ² <i>1.42 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.22 m ² <i>1.22 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Vakuurröhrenkollektor mit Wärmerohr, <i>evacuated tubular collector with heat pipe</i>
Länge: <i>length:</i>	1970 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1970 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1175 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1175 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	135 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>135 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium Legierung <i>aluminium alloy</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	55 kg <i>55 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	Silikon, <i>silicon</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach <i>On roof, flat roof</i>

Absorber

Absorber

Material:	Glas
<i>material:</i>	<i>glass</i>
Dicke:	1.6 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.6 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	SS-CU-ALN/AIN
<i>surface treatment:</i>	<i>SS-CU-ALN/AIN</i>
Absorptionsgrad:	0.95
<i>absorptance:</i>	<i>0.95</i>
Emissionsgrad:	0.06
<i>emittance:</i>	<i>0.06</i>
Wärmeträgerinhalt:	0.9 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>0.9 litres</i>
Durchströmungsform:	seriell
<i>flow pattern:</i>	<i>serial</i>
Abmessungen Absorberrohre:	58 x 1.6 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>58 x 1.6 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	15
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>15</i>
Abstand der Absorberrohre:	75 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>75 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	35 x 1.0 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>35 x 1.0 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	2
<i>number of connections:</i>	<i>2</i>
Ausführung Anschlüsse:	22 mm Kupferrohr
<i>realisation of connections:</i>	<i>22 mm copper pipe</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl:	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
Außendurchmesser der Glasröhre:	58 mm
<i>outer diameter glass tube :</i>	<i>58 mm</i>
Material:	Borosilikat Glas 3.3
<i>material:</i>	<i>borosilicate glass 3.3</i>
Hersteller:	Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd
<i>manufacturer:</i>	<i>Changzhou Lianchuang New Energy Co., Ltd</i>
Produktbezeichnung:	Keine Angabe
<i>brand name:</i>	<i>not specified</i>
Transmissionsgrad:	0.93
<i>transmittance:</i>	<i>0.93</i>
Dicke:	1.6 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.6 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

Sammler
header

Material: <i>material:</i>	Steinwolle <i>rock wool</i>
Hersteller: <i>manufacturer:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Produktbezeichnung: <i>product name:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.043 W/mK <i>0.043 W/mK</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	1.34 kJ/(kgK) <i>1.34 kJ/(kgK)</i>
Dichte: <i>density:</i>	217 kg/m ³ <i>217 kg/m³</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	65 mm <i>65 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	222 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>222 °C (determined by test laboratory)</i>
max. zul. Betriebsüberdruck: <i>max. operation pressure:</i>	6 bar <i>6 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>allowed heat transfer fluid:</i>	reines Wasser, 40 % Glykol + Wasser <i>pure water, 40 % glycol + water</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	65 kg/h <i>65 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009▪ SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009▪ SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009▪ SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009▪ SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009▪ SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009▪ SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009▪ SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009▪ SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
--	--

- SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009
- SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009
- SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009
- *SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB(10.15.20)5818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB205818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB205818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB225818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB225818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009*
- *SFB245818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009*
- *SFB245818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor SF-B155818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B205818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B225818
- ITW Datenblatt Kollektor SF-B245818
- Sunflower's test samples, Items, Material; Dimension

- *ITW data sheet collector SF-B155818*
- *ITW data sheet collector SF-B205818*
- *ITW data sheet collector SF-B225818*
- *ITW data sheet collector SF-B245818*
- *Sunflower's test samples, Items, Material; Dimension*

Kennzeichnung:
labelling:

Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:
The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:

ja nein
yes no

Name des Herstellers
name of manufacturer

	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>
Kollektortyp <i>collector type</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seriennummer <i>serial number</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herstellungsjahr <i>year of production</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brutto-Kollektorfläche <i>gross area of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maße des Kollektors <i>dimensions of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m ² und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Volumen des Wärmeträgermediums <i>volume of heat transfer fluid</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leergewicht des Kollektors <i>weight of empty collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hergestellt in: <i>made in:</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>Das Typenschild lag dem Prüfling bei. Nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 ist es gut sichtbar und haltbar am Kollektor anzubringen. <i>The label was delivered as specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it must be attached visible and durable to the collector.</i></p>		
<p>Installationsanweisung: <i>instructor installation manual :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SFB-AL (SF-B) series Installation Manual ▪ SFB-AL (SF-B) series Installation Manual <p>Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben: <i>The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:</i></p>		
	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>
Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anweisung für dessen Transport und Handhabung <i>instructions about the transport and handling of the collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beschreibung des Montageverfahrens <i>description of the mounting procedure</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Empfehlungen für den Blitzschutz <i>recommendations about lightning protection</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	ja <i>yes</i>	nein <i>no</i>
Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander <i>instructions about the coupling of the collectors to one another</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf <i>instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m ² <i>dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien <i>recommendations about the heat transfer media</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind <i>precautions to be taken during filling, operation and service</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Druckabfall <i>pressure drop</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
größter und kleinster Neigungswinkel <i>maximum and minimum tilt angle</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zulässige Wind- und Schneelast <i>permissible wind and snow load</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wartungsanforderungen <i>maintenance requirements</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp SF-B155818 sowie für die baugleichen Kollektoren SF-B205818, SF-B225818 und SF-B245818.

The test report is valid for collector type SF-B155818 as specified above as well as for the collectors SF-B205818, SF-B225818 and SF-B245818 identical in construction.

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

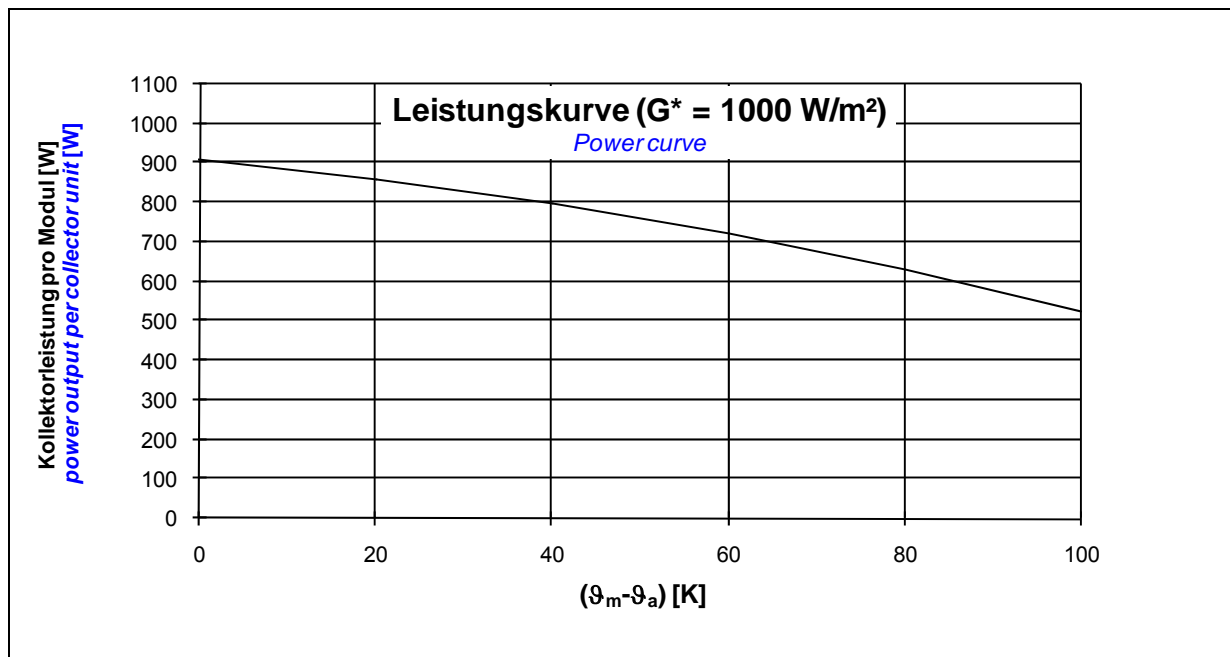
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{G^*} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G^*} \right)$$

Konversionsfaktor η_0 [-] <i>conversion factor</i>	0.640
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	1.494
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.012
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_d(50^\circ)$ [-] <i>incidence angle modifier</i>	Siehe Seite 12 <i>See page 12</i>
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	66.68
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flow rate</i>	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	1.42
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (T_m - T_a) = 0$) <i>peak power [$W_{peak}$] per collector unit ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (T_m - T_a) = 0$)</i>	909



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	364	636	909
20	314	587	860
40	251	524	797
60	175	448	720
80	85	357	630
100	0 ^{*)}	254	526

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten

nothing particular

4 Prüfverfahren

Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet. Die Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ SF-B305818 durchgeführt.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Water was used as heat transfer fluid.

The performance test was accomplished at the collector type SF-B305818.

Eingang Prüfling: 19.02.2010

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 17.04. – 22.04.2010

Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Test engineer:

Stuttgart, den 24.06.2010

Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

Direktor

Director

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)								
<i>collector characteristics (based on aperture area)</i>								
Konversionsfaktor <i>Conversion factor</i>	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i>				flächenbezogene Wärmekapazität <i>area related heat capacity</i>			
$\eta_0 = 0.640$	$a_1 = 1.494 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				$c = 66.680 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>								
	θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d} = 1.36$	$K_{\theta b}(\theta_i)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.09	1.38	1.78	1.82	2.08	0.00

Berechnungsergebnisse			
<i>calculation results</i>			
Standort / <i>location</i>	Hannover	Würzburg	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m ² a)] <i>radiation</i>	1022	1212	1354
Aperturfläche [m ²] <i>aperture area</i>	Jährlicher Kollektorertrag ¹⁾ [kWh/(m ² a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	601	728	795
4	549	653	710
5	502	580	624
6	454	515	550

¹⁾ Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in “Test Results Thermal Performance” are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta b}(\theta_l, \theta_t) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\Theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\Theta b}(\theta_l, \theta_t) = K_{\Theta b}(\theta_l, 0) \cdot K_{\Theta b}(0, \theta_t)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

auf Aperturfläche bezogen <i>based on the aperture area</i>	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.586 [-]
$K_{\Theta d}$:	1.358 [-]
c_1 :	1.494 [W/(m ² K)]
c_2 :	0.012 [W/(m ² K ²)]
c_5 :	66.680 [kJ/(m ² K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ <i>incident angle θ</i>	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\Theta b}(\theta_l)$:	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
$K_{\Theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.09	1.38	1.78	1.82	2.08	0.00

Berechnung der Kollektorparameter
Calculation of the collector parameters

η_0:	Konversionsfaktor / <i>zero-loss collector efficiency</i> (η_0 at $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{ob}(\theta_l = 10,7^\circ; \theta_t = 10,7^\circ) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{od} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat loss coefficient</i> [W/(m ² K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependence of the heat loss coefficient</i> [W/(m ² K ²)] $a_2 = c_2$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / <i>area related heat capacity</i> [kJ/(m ² K)]: $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)
Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)

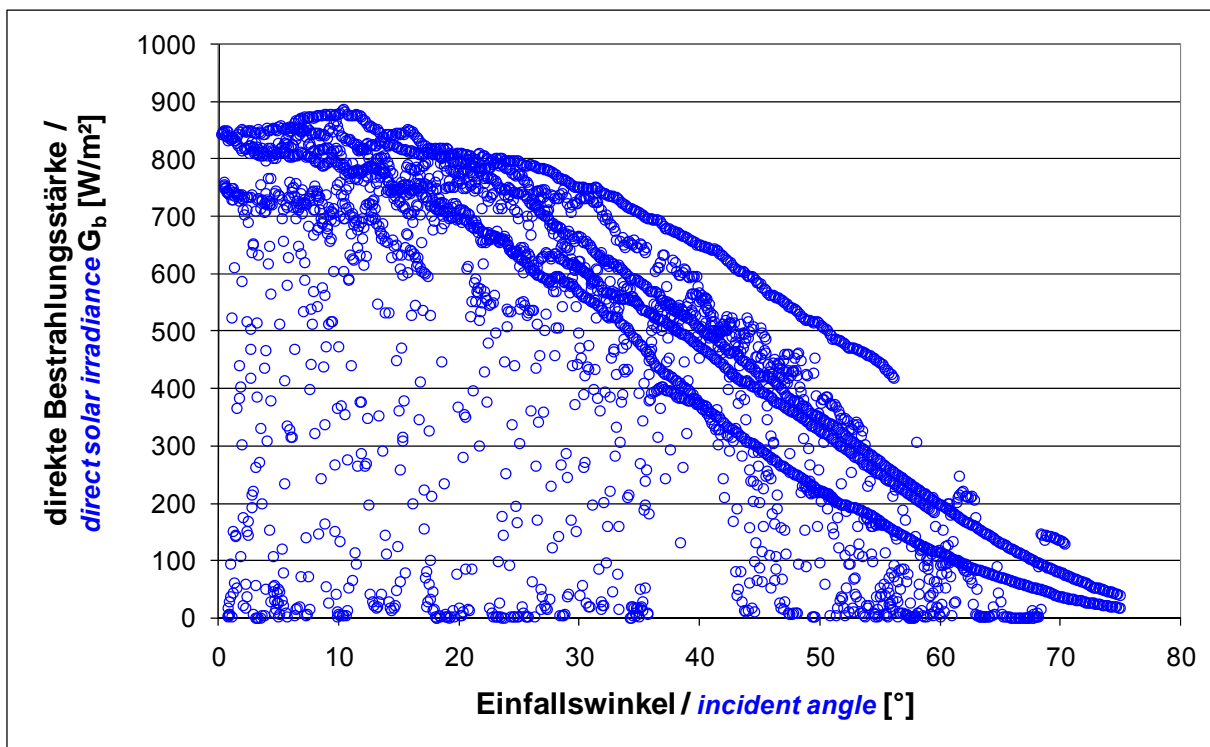


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

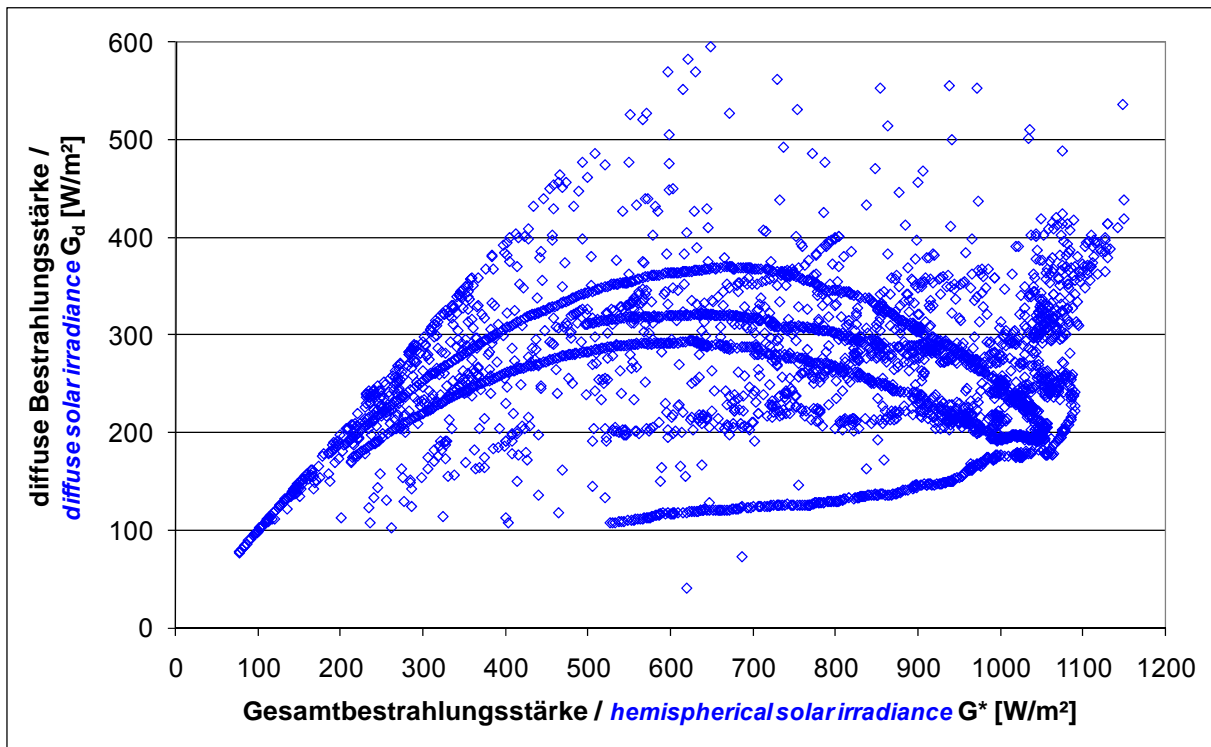


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

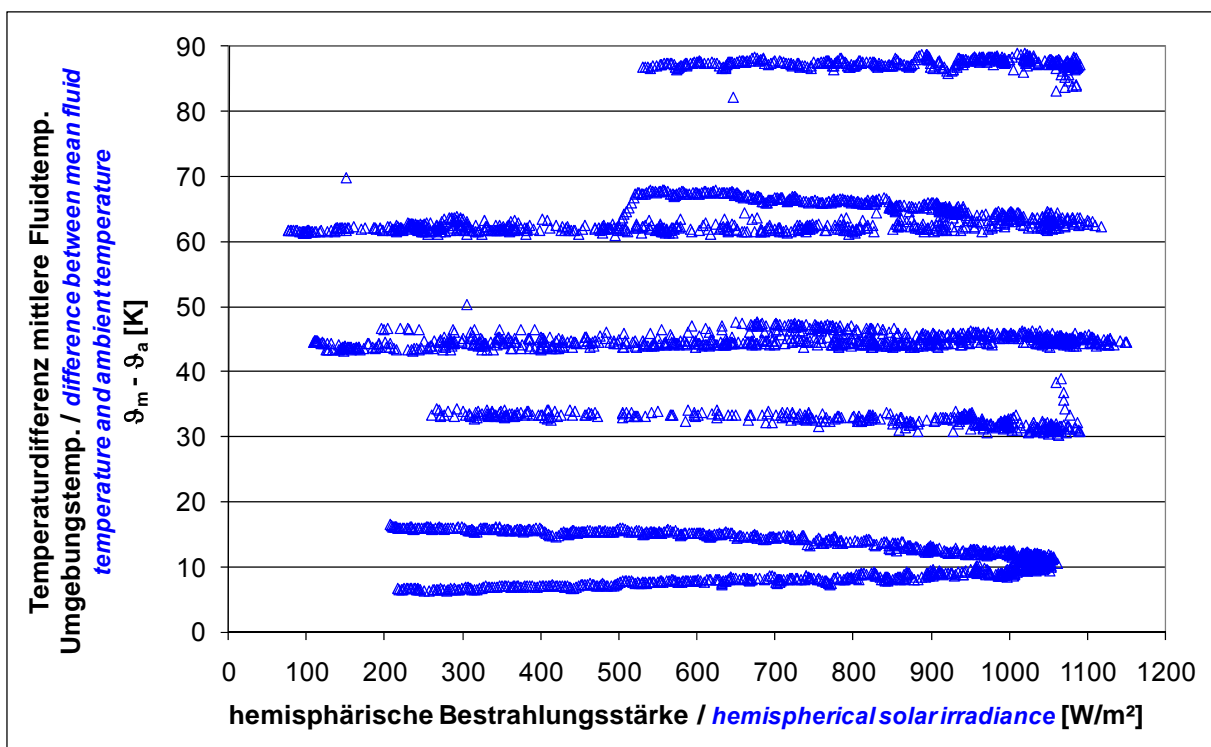


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für SF-B205818

Annex C.1: Power curve for SF-B205818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 1.89 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.640$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 1.494 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

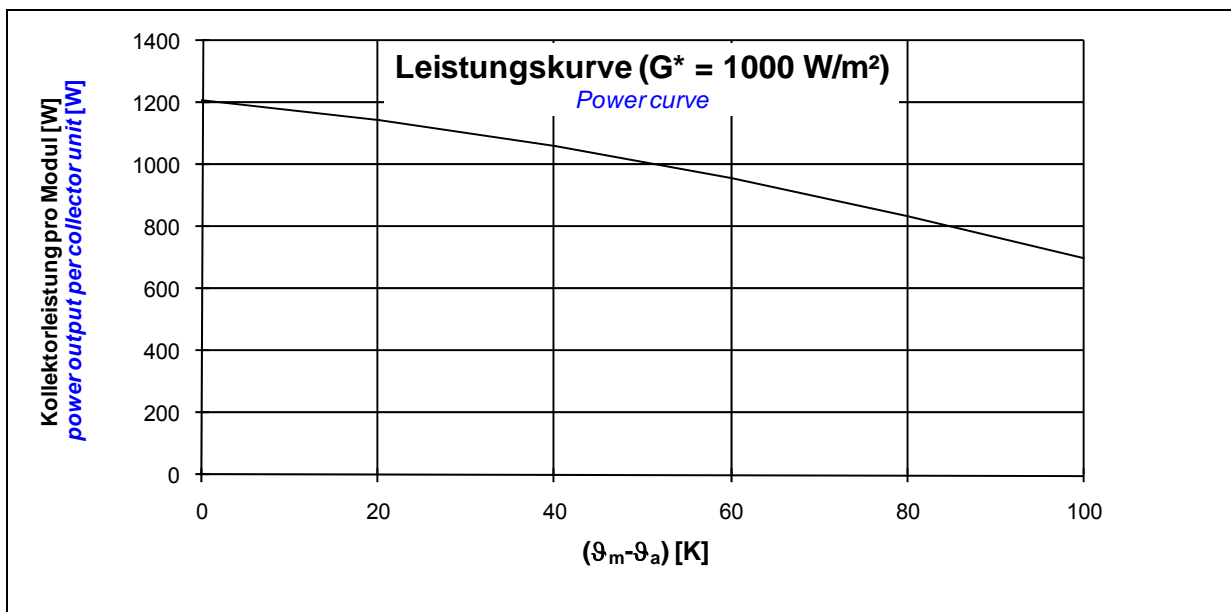
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1210 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	484	847	1210
20	418	781	1144
40	335	697	1060
60	233	596	959
80	113	476	839
100	0 ^{*)}	338	700

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für SF-B225818

Annex C.2: Power curve for SF-B225818

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 2.08 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.640$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 1.494 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

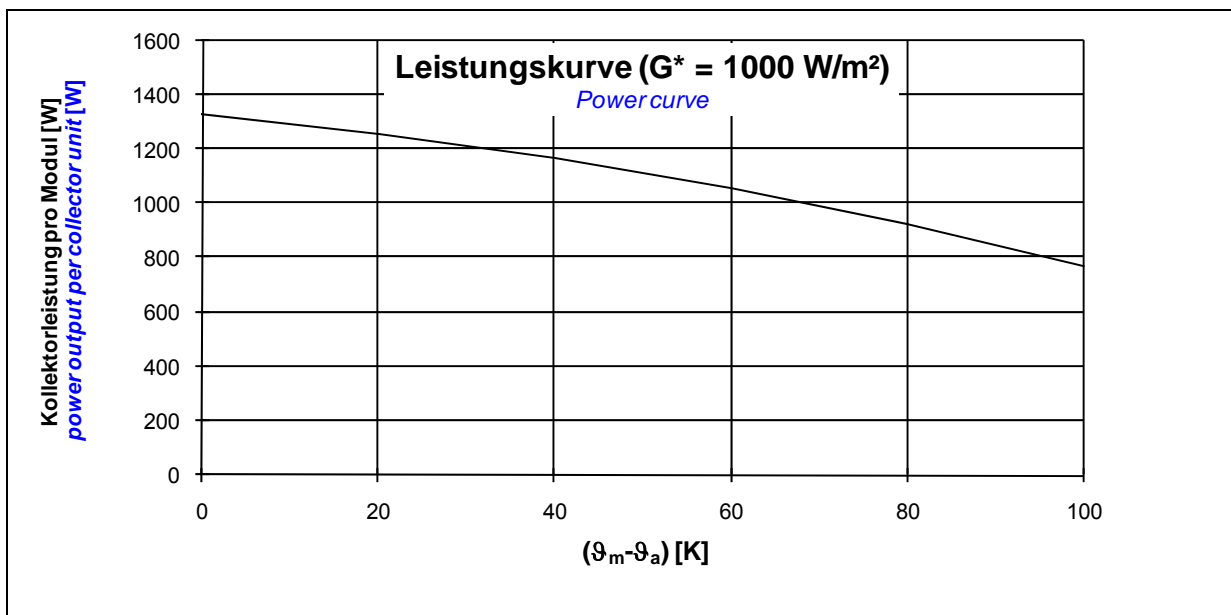
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.012 \text{ W/(m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1331 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W/m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	532	932	1331
20	460	860	1259
40	368	768	1167
60	256	656	1055
80	124	523	923
100	0 ^{*)}	371	771

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für SF-B245818

Annex C.3: Power curve for SF-B245818

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$$

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 2.27 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.640$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 1.494 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /

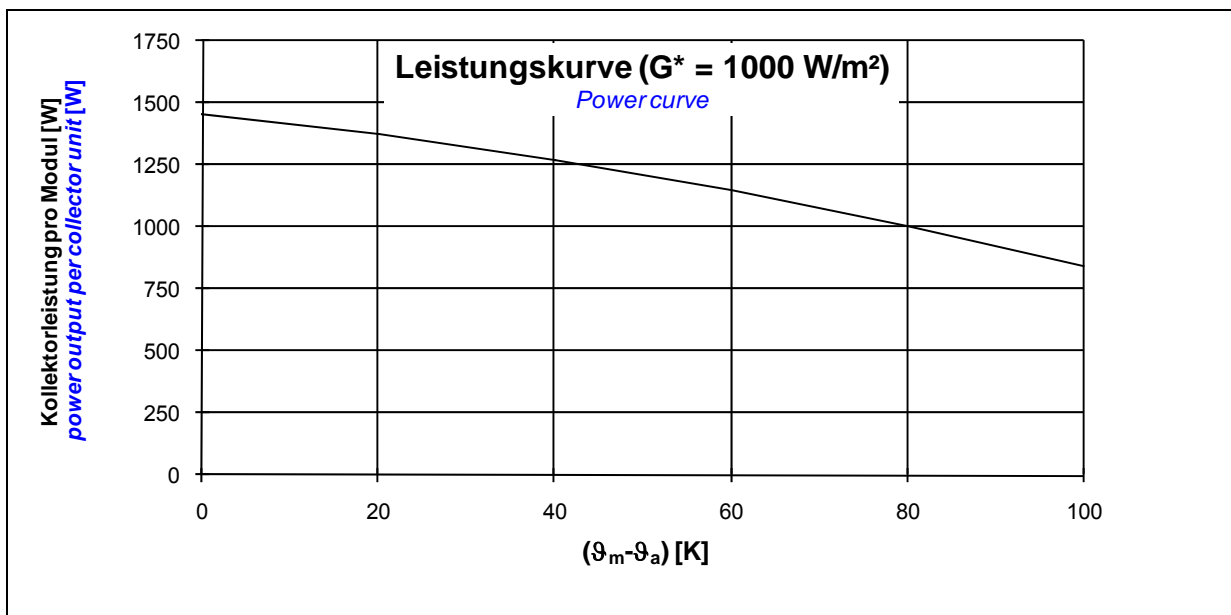
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1453 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	581	1017	1453
20	502	938	1374
40	402	838	1274
60	280	715	1151
80	135	571	1007
100	0 ^{*)}	405	841

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m ²]	Aperturfläche / <i>aperture area</i>
a	[(mbar h ²)/l ²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
a₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
a₂	[W/(m ² K ²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
b₀	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / <i>factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance</i>
c	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
c₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
c₂	[W/(m ² K ²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
c₅	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
F'(τα)_{en}	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>conversion factor of the beam irradiance</i>
G*	[W/m ²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>
G_b	[W/m ²]	direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>
G_d	[W/m ²]	diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>
K_θ(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
K_{θb}(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
K_{θd}	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the diffuse solar irradiance</i>
(kA)_{WT}	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers <i>heat transfer capacity of the solar heat exchanger</i>
ṁ	[l/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
Q̇	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
q̇	[W/m ²]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
Δp	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
η	[-]	Wirkungsgrad / <i>collector efficiency</i>
η₀	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>conversion factor</i>
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / <i>heat conductivity</i>
ϑ	[°C]	Temperatur / <i>temperature</i>
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke <i>incidence angle of the beam solar irradiance</i>