



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.: 09COL815

Test Report No.: 09COL815

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-B305818

Herstelljahr:

year of production:

2009

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung	8
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
3	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	10
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
4	Prüfverfahren	10
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	11
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...	12
	<i>Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	15
	<i>Annex C: 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-B305818 <i>SF-B305818</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C815A <i>C815A</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>	4.54 m ² <i>4.54 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	2.83 m ² <i>2.83 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	2.43 m ² <i>2.43 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Vakuumröhrenkollektor mit Wärmerohr, <i>evacuated tubular collector with heat pipe</i>
Länge: <i>length:</i>	1975 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1975 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	2301 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>2301 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	132 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>132 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium Legierung <i>aluminium alloy</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	108 kg <i>108 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:	1.8 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.8 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:	30
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>30</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>	130 kg/h <i>130 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▪ SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009▪ SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009▪ SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009 ▪ <i>SFVB5818-0, All-glass Evacuated Solar Collector Tube with Heat Pipe, Datum: 13.04.2009</i>▪ <i>SFB305818AL-75-00, Pressurized Collector, Datum: 13.04.2009</i>▪ <i>SFB305818AL-75-01, Shell of manifold box, Datum: 14.04.2009</i>▪ <i>SFB305818AL-75-02, copper pipe of manifold, Datum: 14.04.2009</i>
--	--

<p>Datenblätter: <i>technical data sheets:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ITW Datenblatt Kollektor SF-B305818 ▪ Sunflower's test samples, Items, Material; Dimension ▪ <i>ITW data sheet collector SF-B305818</i> ▪ <i>Sunflower's test samples, Items, Material; Dimension</i> 																																				
<p>Kennzeichnung: <i>labelling:</i></p>	<p>Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben: <i>The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:</i></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="text-align: center; width: 10%;">ja <i>yes</i></th> <th style="text-align: center; width: 10%;">nein <i>no</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Kollektortyp <i>collector type</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Seriennummer <i>serial number</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Herstellungsjahr <i>year of production</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Brutto-Kollektorfläche <i>gross area of collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Maße des Kollektors <i>dimensions of collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Volumen des Wärmeträgermediums <i>volume of heat transfer fluid</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Leergewicht des Kollektors <i>weight of empty collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Hergestellt in: <i>made in:</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <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>		ja <i>yes</i>	nein <i>no</i>	Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	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"/>
	ja <i>yes</i>	nein <i>no</i>																																			
Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
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>Installationsanweisung: <i>instructor installation manual :</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SFB-AL (SF-B) series Installation Manual ▪ <i>SFB-AL (SF-B) series Installation Manual</i> <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> <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="text-align: center; width: 10%;">ja <i>yes</i></th> <th style="text-align: center; width: 10%;">nein <i>no</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		ja <i>yes</i>	nein <i>no</i>	Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																														
	ja <i>yes</i>	nein <i>no</i>																																			
Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			

	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>
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"/>
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-B305818.

The test report is valid for collector type SF-B305818 as specified above.

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

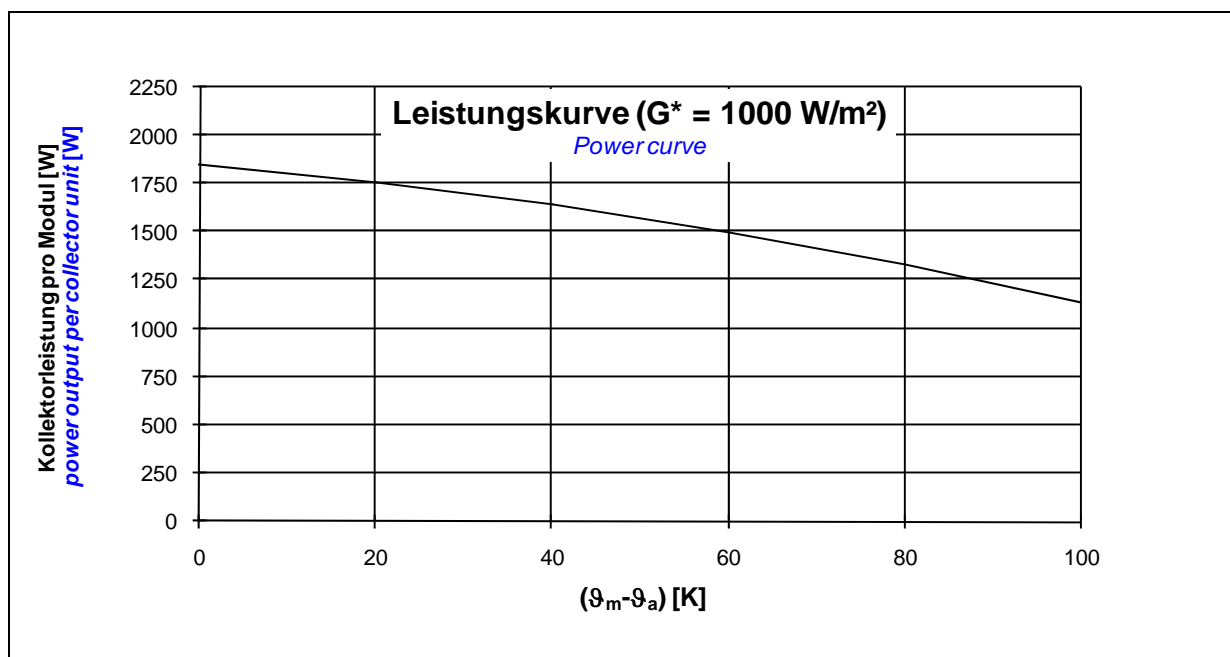
Test Results Thermal Performance

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>	0.654
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	1.329
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 11 <i>See page 11</i>
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	66.64
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flow rate</i>	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	2.83
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>	1851



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	740	1296	1851
20	652	1207	1762
40	536	1091	1646
60	392	948	1503
80	222	777	1333
100	25	580	1135

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

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.

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.

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>			
$\eta_0 = 0.654$	$a_1 = 1.329 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				$c = 66.640 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
				$a_2 = 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>								
θ		0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d} = 1.37$	$K_{\theta b}(\theta_i)$	1.00	1.00	0.97	0.92	0.84	0.68	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$	1.00	1.10	1.36	1.76	1.76	1.96	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	627	756	823
4	572	677	734
5	523	598	642
6	472	528	563

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>	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.596 [-]
$K_{\Theta d}$:	1.365 [-]
c_1 :	1.329 [W/(m ² K)]
c_2 :	0.012 [W/(m ² K ²)]
c_5 :	66.640 [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	1.10	1.36	1.76	1.76	1.96	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)*

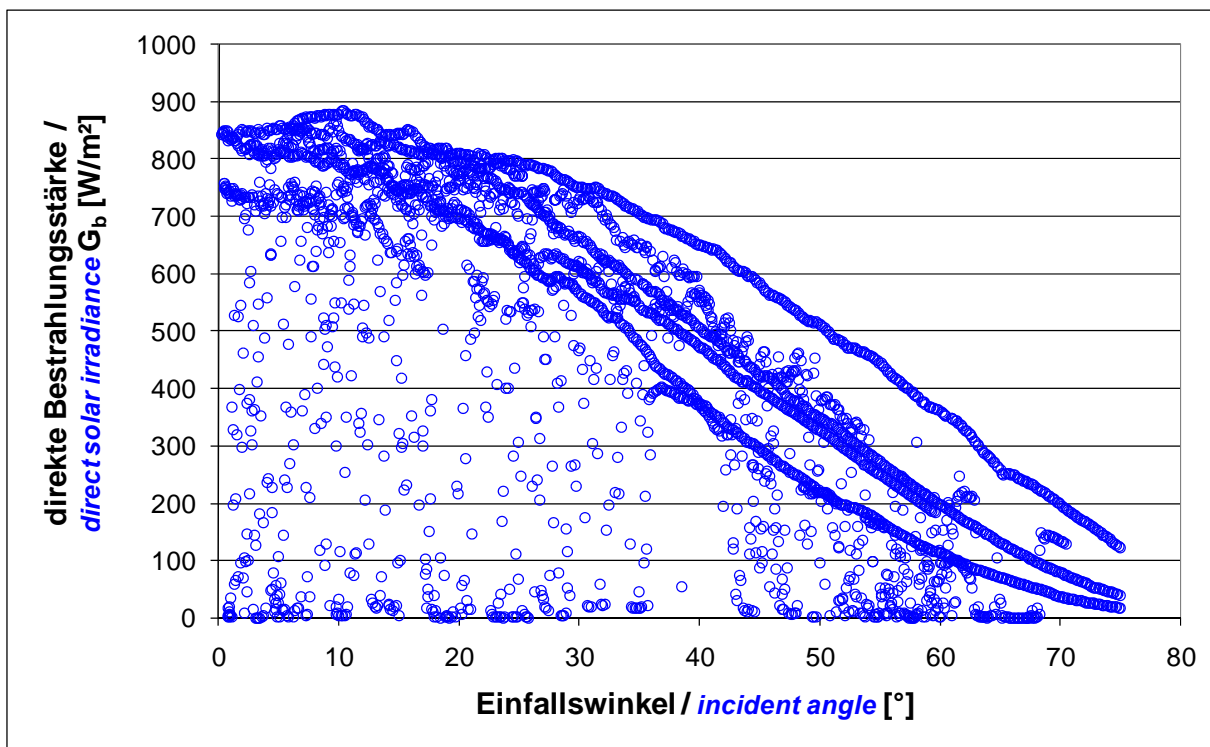


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

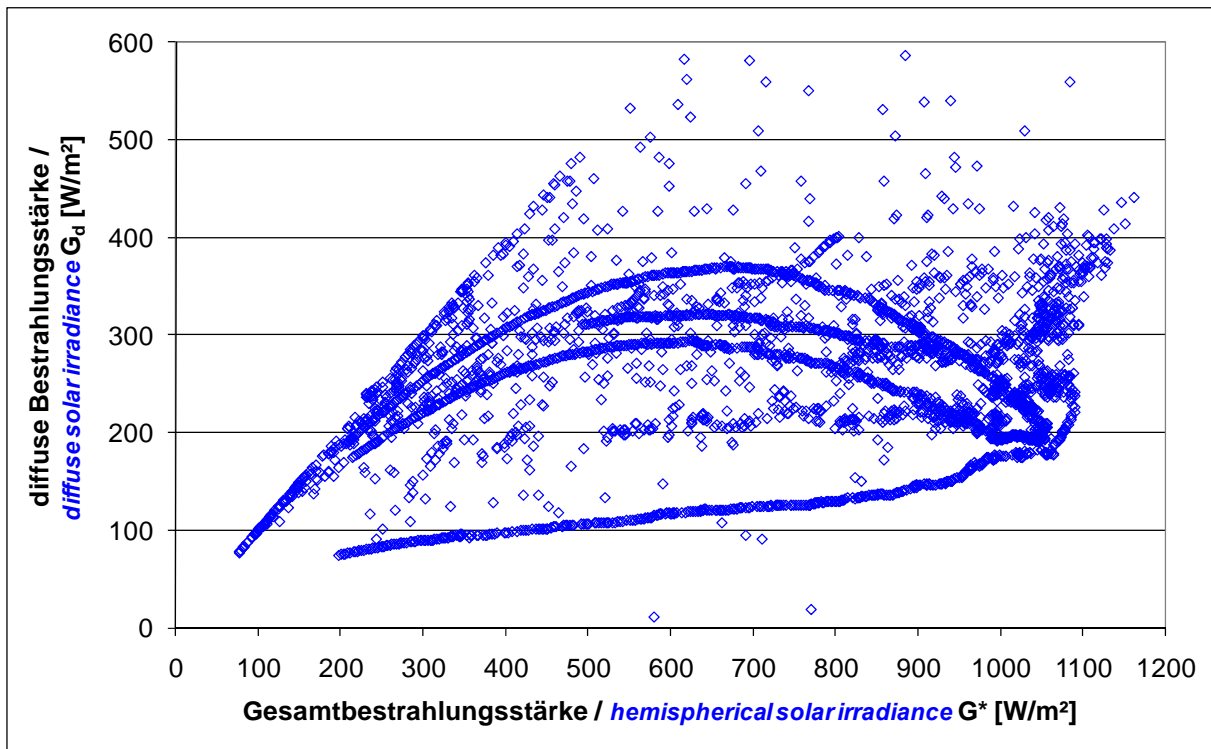


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

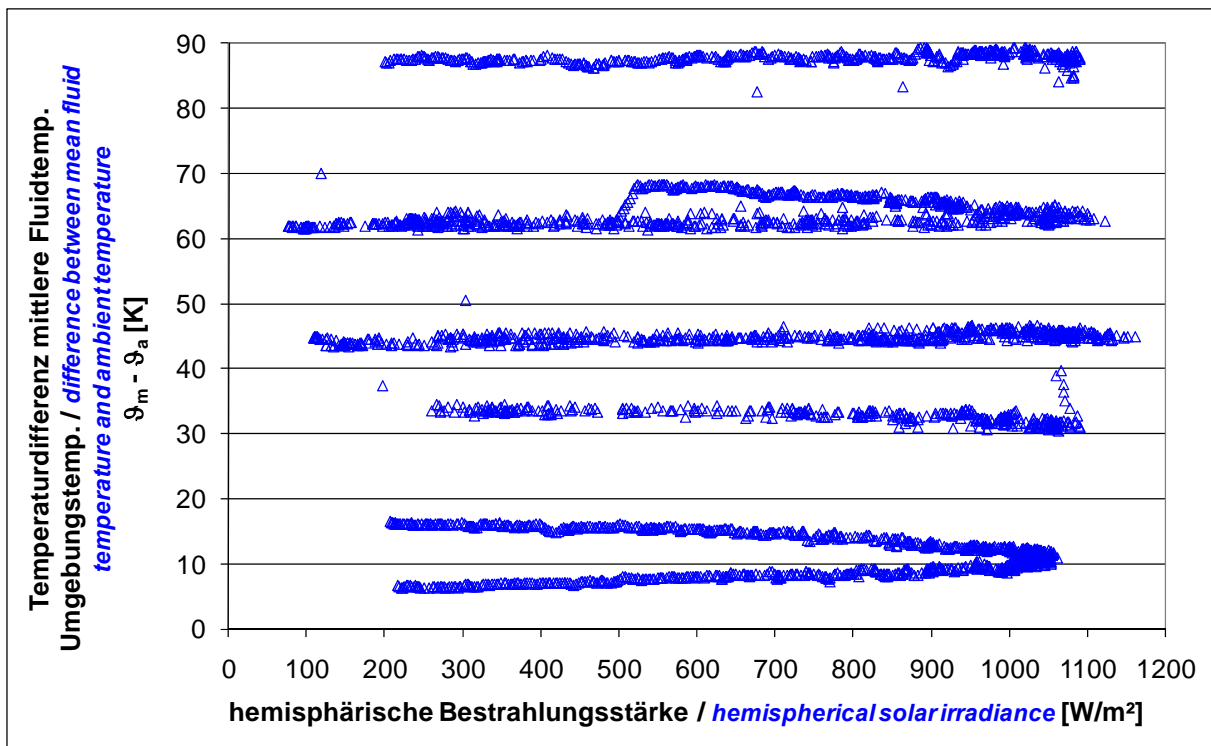


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: 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>
\dot{m}	[l/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
\dot{Q}	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
\dot{q}	[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>