



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.: 12COL1117

Test Report No.: 12COL1117

Stuttgart, den 19.09.2012

Stuttgart, September 19th, 2012

Auftraggeber:

client:

CAMEL SOLAR LTD
Veljko Vlahovic 18 (mezanin)
1000 Skopje
Republic of Macedonia

Hersteller:

manufacturer:

CAMEL SOLAR LTD

Typ:

type:

CS Full Plate 2.0 - 4

Herstelljahr:

year of production:

2012

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 ...	14
	<i>Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	17
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

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

Hersteller <i>Manufacturer</i>	CAMEL SOLAR LTD Veljko Vlahovic 18 (mezanin) 1000 Skopje Republic of Macedonia
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Vladko Ristov Tel.: +389 2 2602029 Fax: +389 2 322 9600 email: v_ristov@hotmail.com
Typ: <i>type:</i>	CS Full Plate 2.0 - 4 <i>CS Full Plate 2.0 - 4</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	0000351 <i>0000351</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C1117A <i>C1117A</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2012 <i>2012</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.02 m ² <i>2.02 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.83 m ² <i>1.83 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.83 m ² <i>1.83 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Länge: <i>length:</i>	2005 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>2005 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1005 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1005 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	85 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>85 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	33 kg <i>33 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:	Aluminiumblech und Kupferregister
<i>material:</i>	<i>aluminium sheet and copper piping</i>
Verbindung Absorber-Fluidkanäle:	zusätzliches Aluminiumblech (0.2 mm) von hinten
<i>Joint absorber-risers:</i>	<i>2 mal mit Absorberblech und 1 mal mit Absorberrohr ultraschallgeschweißt</i>
	<i>additional aluminium sheet (0.2 mm) ultrasonic welded on backside, two times with absorber sheet and once with riser tube</i>
Dicke:	0.5 mm
<i>thickness:</i>	<i>0.5 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	TiNOX
<i>surface treatment:</i>	<i>TiNOX</i>
Absorptionsgrad:	0.95
<i>absorptance:</i>	<i>0.95</i>
Emissionsgrad:	0.05
<i>emittance:</i>	<i>0.05</i>
Wärmeträgerinhalt:	1.5 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.5 litres</i>
Durchströmungsform:	Harfe
<i>flow pattern:</i>	<i>harp</i>
Abmessungen Absorberrohre:	8 x 0.4 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>8 x 0.4 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	10
<i>number of absorber tubes:</i>	<i>10</i>
Abstand der Absorberrohre:	94 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>94 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	22 x 0.7 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>22 x 0.7 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	4
<i>number of connections:</i>	<i>4</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>
Material:	Gehärtetes eisenarmes Glas
<i>material:</i>	<i>tempered low iron glass</i>
Hersteller:	PV ⁺ GLASS
<i>manufacturer:</i>	<i>PV⁺ GLASS</i>
Produktbezeichnung:	LIP32 PV ⁺ GLASS
<i>brand name:</i>	<i>LIP32 PV⁺ GLASS</i>
Transmissionsgrad:	0.92
<i>transmittance:</i>	<i>0.92</i>
Dicke:	3.2 mm
<i>thickness:</i>	<i>3.2 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

	Rückseite <i>back side</i>	seitlich <i>sidewards</i>
Material: <i>material:</i>	Steinwolle <i>rock wool</i>	Steinwolle <i>rock wool</i>
Hersteller: <i>manufacturer:</i>	Knauf <i>Knauf</i>	Knauf <i>knauf</i>
Produktbezeichnung: <i>Product name:</i>	TSP SBD5 <i>TSP SBD5</i>	TSP SBD5 <i>TSP SBD5</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>
Dichte: <i>density:</i>	56 kg/m ³ <i>56 kg/m³</i>	56 kg/m ³ <i>56 kg/m³</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	50 mm <i>50 mm</i>	20 mm <i>20 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	197 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>197 °C (determined by test laboratory)</i>
max. zul. Betriebsüberdruck: <i>max. operation pressure:</i>	10 bar <i>10 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Glykol / Wasser Mischung <i>glycol / Water mixture</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	90 kg/h <i>90 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Register – dwg.no FLAT-4.1 - Blatt 1 - Datum: 05.2012▪ Absorber – dwg.no FLAT-4.2 - Blatt 2 - Datum: 05.2012▪ Collector – dwg.no FLAT-4.3 - Blatt 3 - Datum: 05.2012▪ Cross-section of collector – dwg.no FLAT-4.4 - Blatt 4 - Datum: 05.2012▪ Copper pipe 1083mm – dwg.no FLAT-4.5 - Blatt 5 - Datum: 05.2012▪ Copper pipe for the absorber – dwg.no FLAT-4.6 - Blatt 6 - Datum: 05.2012▪ heat transfer sheet – dwg.no FLAT-4.7 - Blatt 7 - Datum: 05.2012▪ Al selective sheet 1960x940 mm – dwg.no FLAT-4.9 - Blatt 9 - Datum: 05.2012▪ Glas cover 3.2 mm – dwg.no FLAT-4.11 - Blatt 11 - Datum: 05.2012▪ Frame – dwg.no FLAT-4.12 - Blatt 12 - Datum: 05.2012
--	---

<p>Datenblätter: <i>technical data sheets:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Register – <i>dwg.no FLAT-4.1 - sheet 1 - date: 05.2012</i> ▪ Absorber – <i>dwg.no FLAT-4.2 - sheet 2 - date: 05.2012</i> ▪ Collector – <i>dwg.no FLAT-4.3 - sheet 3 - date: 05.2012</i> ▪ Cross-section of collector – <i>dwg.no FLAT-4.4 - sheet 4 - date: 05.2012</i> ▪ Copper pipe 1083mm – <i>dwg.no FLAT-4.5 - sheet 5 - date: 05.2012</i> ▪ Copper pipe fort he absorber – <i>dwg.no FLAT-4.6 - sheet 6 - date: 05.2012</i> ▪ heat transfer sheet – <i>dwg.no FLAT-4.7 - sheet 7 - date: 05.2012</i> ▪ Al selective sheet 1960x940 mm – <i>dwg.no FLAT-4.9 - sheet 9 - date: 05.2012</i> ▪ Glas cover 3.2 mm – <i>dwg.no FLAT-4.11 - sheet 11 - date: 05.2012</i> ▪ Frame – <i>dwg.no FLAT-4.12 - sheet 12 - date: 05.2012</i> ▪ ITW Datenblatt Kollektor CS Full Plate 2.0 - 4 ▪ Technical Data PV GLASS LIP32, Feb. 2011 ▪ ALMECO TiNOX SOLAR Product specifications ▪ KNAUF INSULATION TSP SOLAR BOARD D5 ▪ Materials CS Full Plate 2.0 – 4 ▪ <i>ITW data sheet collector CS Full Plate 2.0 - 4</i> ▪ <i>Technical Data PV GLASS LIP32, Feb. 2011</i> ▪ <i>ALMECO TiNOX SOLAR Product specifications</i> ▪ <i>KNAUF INSULATION TSP SOLAR BOARD D5</i> ▪ <i>Materials CS Full Plate 2.0 – 4</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"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><i>ja</i> <i>yes</i></th> <th style="text-align: center;"><i>nein</i> <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> </tbody> </table>		<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <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"/>
	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <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"/>																																

Installationsanweisung: <i>instructor installation manual :</i>	Hergestellt in: <i>made in:</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Das Typenschild ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht. <i>The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.</i>		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ INSTALLATION MANUAL - for installers - camel solar – CS FULL PLATE 2.0 -4 connections- ▪ <i>INSTALLATION MANUAL - for installers - camel solar – CS FULL PLATE 2.0 -4 connections-</i> 			
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>			
		ja	nein
		<i>yes</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"/>
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 <i>Validity:</i>	Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CS Full Plate 2.0 - 4. <i>The test report is valid for collector type CS Full Plate 2.0 - 4 as specified above as.</i>
---------------------------------------	---

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

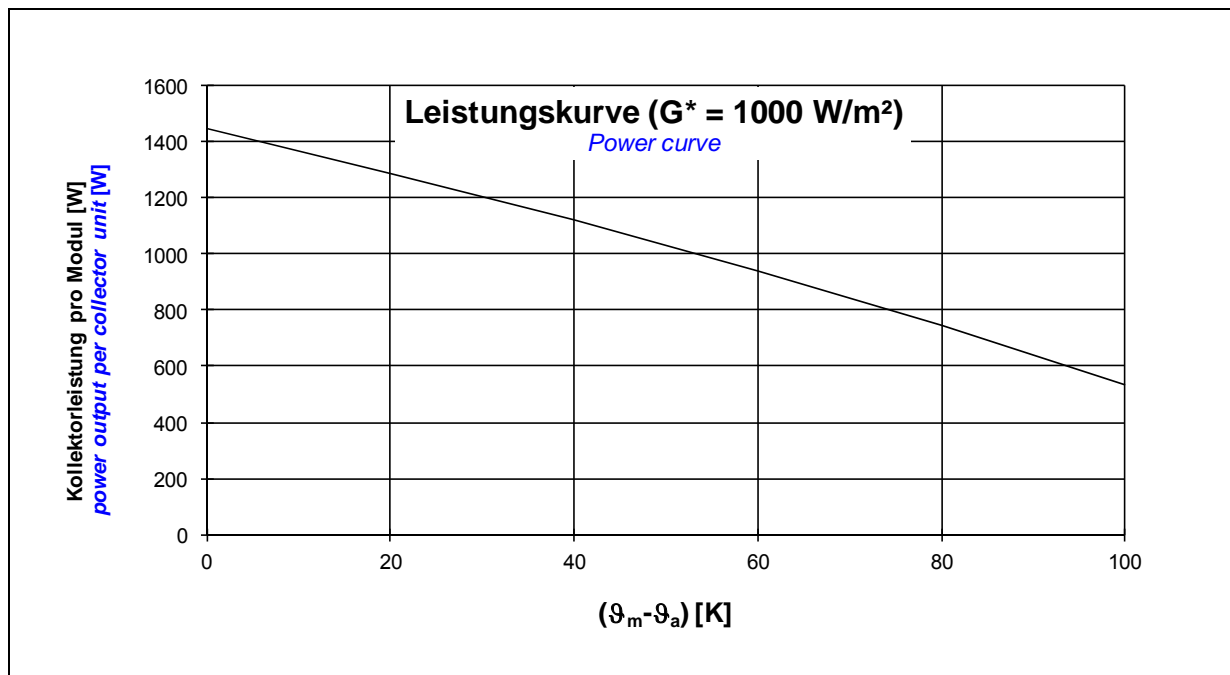
Test Results Thermal Performance

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>	0.791
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	4.176
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.008
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ (50°) [-] <i>incidence angle modifier</i>	0.935
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	13.19
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flow rate</i>	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	1.83
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>	1448



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	579	1013	1448
20	420	855	1289
40	250	684	1118
60	68	502	936
80	0 ^{*)}	308	742
100	0 ^{*)}	103	537

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.

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.

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des ITW nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

This test report shall not be copied in extracts without a written agreement from ITW.

Eingang Prüfling: 01.08.2012

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 09.08. – 17.08.2012

Test period:

Prüfer: Dr.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. M. Herr, M. Wild

Test engineer:

Stuttgart, den 19.09.2012



Dr.-Ing. Harald Drück

Leiter TZS
Head of TZS

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> $\eta_0 = 0.791$	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i> $a_1 = 4.176 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ $a_2 = 0.008 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				flächenbezogene Wärmekapazität <i>area related heat capacity</i> $c = 13.19 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>incidence angle modifier</i>								
θ	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\text{ob}}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0

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	460	554	604
4	418	504	548
5	383	458	496
6	351	416	449

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

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung	
<i>System data of the ITW reference solar hot water system</i>	
Dachausrichtung: <i>roof orientation:</i>	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad <i>south; tilt angle equal to latitude</i>
Kollektoranbindung: <i>collector piping:</i>	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich <i>15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$, one half of each pipe is located outside, the other half is located inside</i>
Speicher: <i>storage:</i>	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15 °C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit $2 \lambda_{\text{Wasser}}$ <i>volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperature 15 °C volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C stratification number 100; effective vertical heat conductivity $2 \lambda_{\text{water}}$</i>
Wärmeübertrager: <i>heat exchanger:</i>	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K]; $(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c : Aperturfläche [m ²] ϑ_m : Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] <i>immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K]; $(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ with A_c: aperture area [m²] ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]</i>
Warmwasser- verbrauch: <i>hot water consumption:</i>	200 l/Tag (7 ⁰⁰ : 80 l; 12 ⁰⁰ : 40 l; 19 ⁰⁰ : 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a <i>200 l/day (7⁰⁰: 80 l; 12⁰⁰: 40 l; 19⁰⁰: 80 l); cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C annual consumption: 2936 kWh/a</i>

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

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

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0 \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1 \right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen <i>based on the aperture area</i>	
F'(τα)_{en}:	0.795 [-]
b₀:	0.138 [-]
K_{θd}:	0.988 [-]
c₁:	4.176 [W/(m ² K)]
c₂:	0.008 [W/(m ² K ²)]
c₅:	13.19 [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	30	40	50	60	70	90
K_{θb}(θ):	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.73	0

Berechnung der Kollektorparameter *Calculation of the collector parameters*

η_0 :	Konversionsfaktor / <i>zero-loss collector efficiency</i> (η_0 at $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{ob}(\theta = 15^\circ) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{od} \cdot 0.15$
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)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier for hemispherical solar irradiance</i> [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{ob}(50) \cdot 0.85 + K_{od} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{od} \cdot 0.15}$
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)

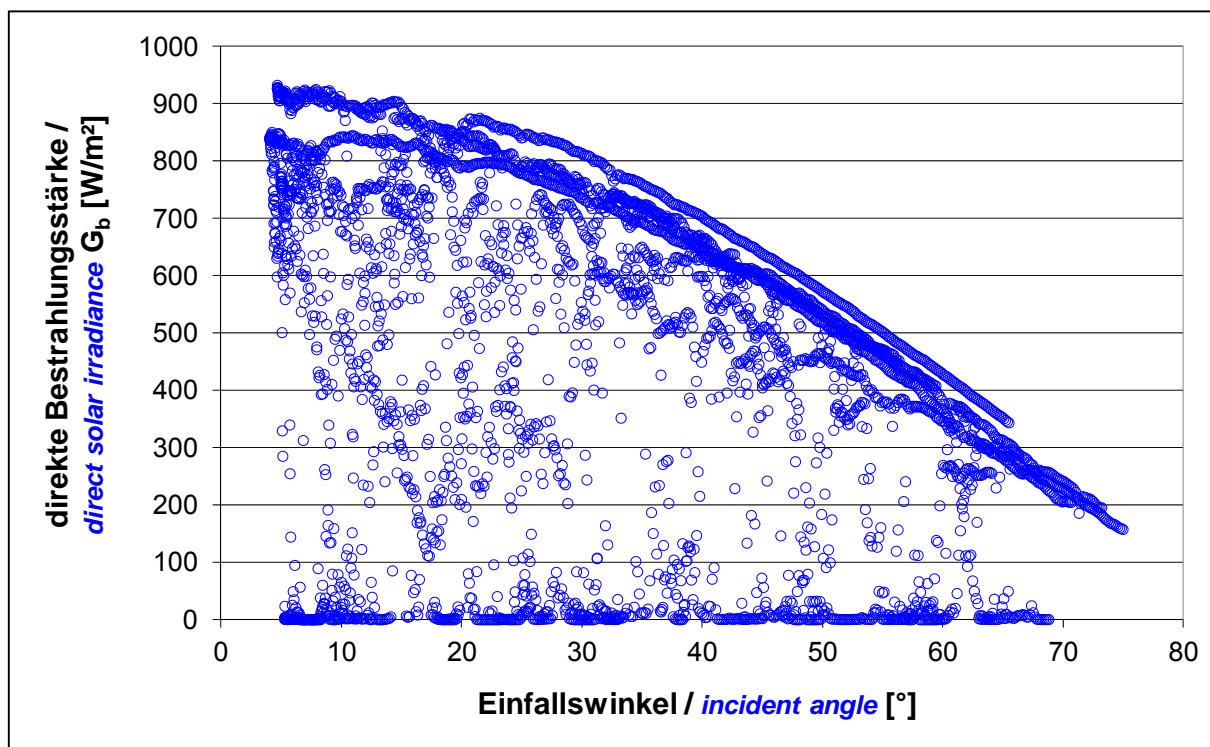


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

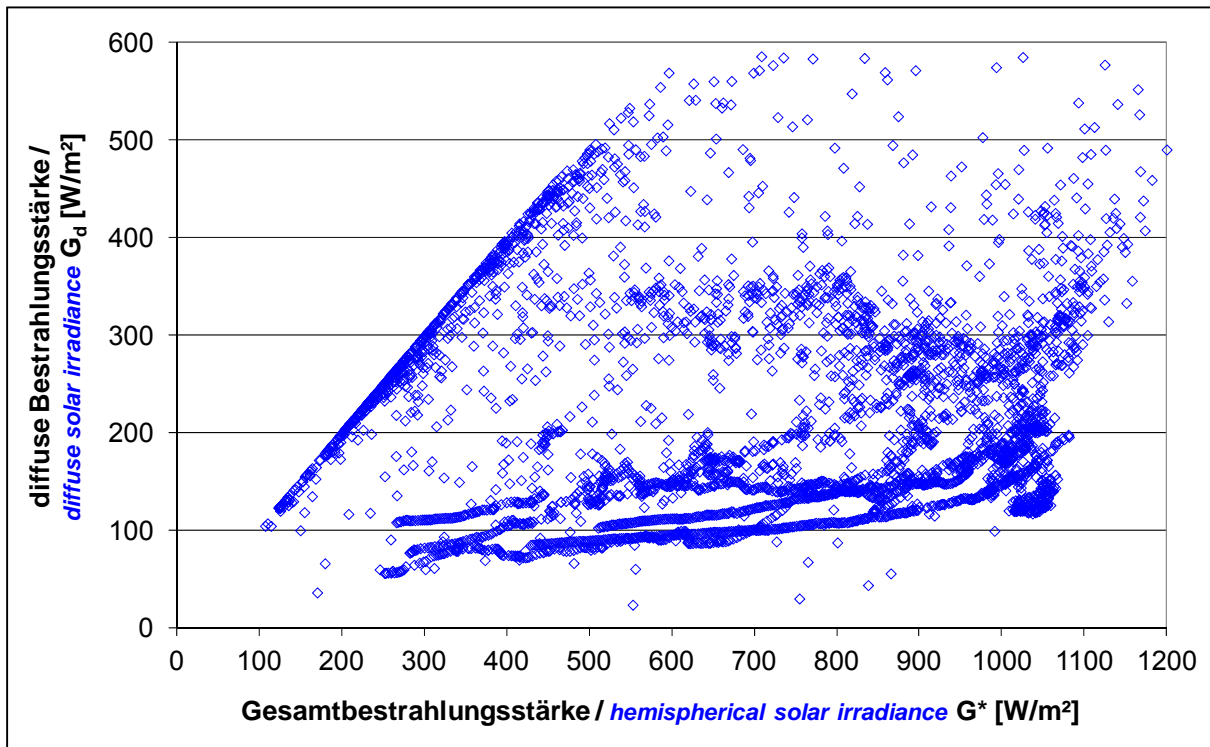


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

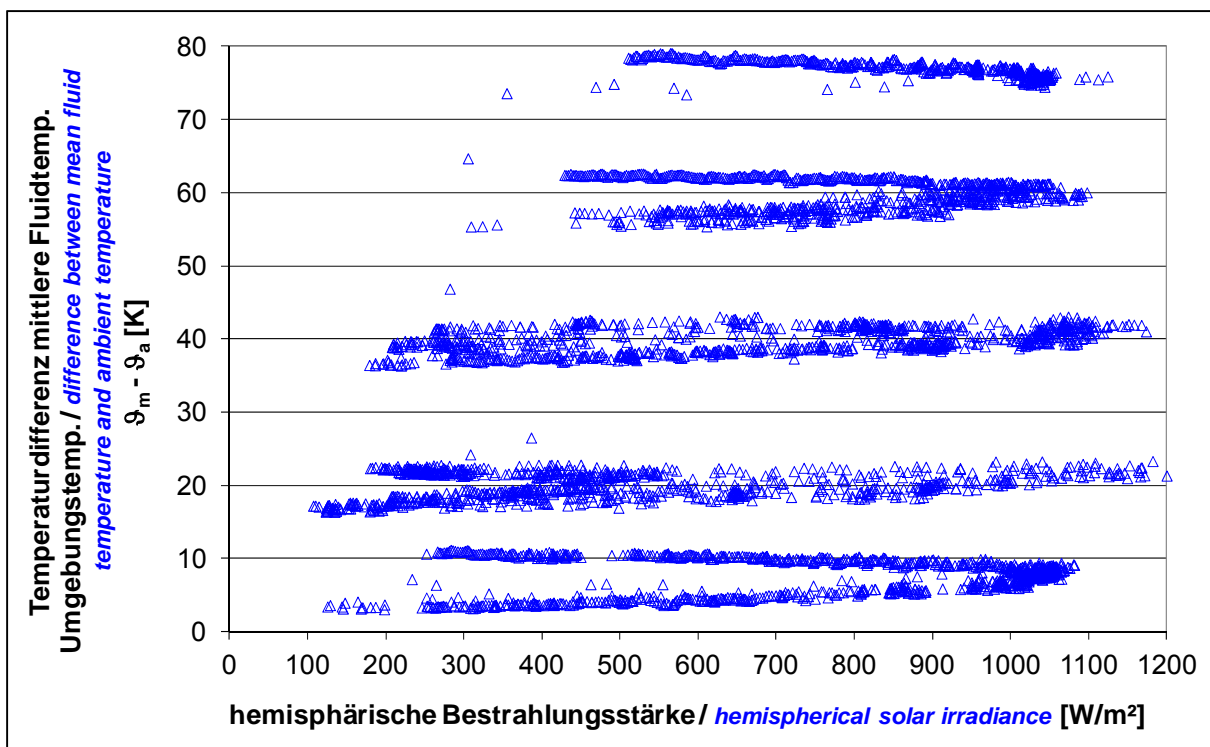


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

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>