



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.: 11COL1017

Test Report No.: 11COL1017

Stuttgart, den 12.01.2012

Stuttgart, January 12th, 2012

Auftraggeber:

client:

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

Hersteller:

manufacturer:

CAMEL SOLAR LTD

Typ:

type:

Vacuum CS 15

Herstelljahr:

year of production:

2011

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: Nomenklatur	16
	<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>	Vacuum CS 15 <i>Vacuum CS 15</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	No 11206 <i>No 11206</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C1017A <i>C1017A</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2011 <i>2011</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.35 m ² <i>2.35 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.42 m ² <i>1.42 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.21 m ² <i>1.21 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor <i>evacuated tubular collector with direct flow</i>
Länge: <i>length:</i>	1990 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1990 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1180 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1180 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	158 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>158 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium Rahmen + Sammlerkasten <i>aluminium frame + manifold</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	45 kg <i>45 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	Gummi <i>rubber</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach <i>On roof, flat roof</i>

Absorber

Absorber

Material:	Glas
<i>material:</i>	<i>glass</i>
Verbindung Absorber-Fluidkanäle:	Aluminium Wärmeleitblech
<i>Joint absorber-risers:</i>	<i>aluminium heat transfer sheet</i>
Dicke:	1.5 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.5 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	CU/SS-ALN(H) / SS-ALN(L)ALN
<i>surface treatment:</i>	<i>CU/SS-ALN(H) / SS-ALN(L)ALN</i>
Absorptionsgrad:	0.92 – 0.96
<i>absorptance:</i>	<i>0.92 – 0.96</i>
Emissionsgrad:	0.04 – 0.06
<i>emittance:</i>	<i>0.04 – 0.06</i>
Wärmeträgerinhalt:	2.95 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>2.95 litres</i>
Durchströmungsform:	parallel
<i>flow pattern:</i>	<i>parallel</i>
Abmessungen Absorberrohre:	8 x 0.4 mm (U-Rohr)
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>8 x 0.4 mm (U pipe)</i>
Anzahl Absorberrohre:	15
<i>number of absorber tubes:</i>	<i>15</i>
Abstand der Absorberrohre:	75 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>75 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	22 x 0.8 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>22 x 0.8 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	2
<i>number of connections:</i>	<i>2</i>
Ausführung Anschlüsse:	Kupferrohr Ø 22 mm
<i>realisation of connections:</i>	<i>Copper pipe Ø 22 mm</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 3.3 Glas
<i>material:</i>	<i>high borosilicate 3.3 glass</i>
Hersteller:	HAINING BAOGUANG HEAT COLLECTION TUBES CO.; LTD - China
<i>manufacturer:</i>	<i>HAINING BAOGUANG HEAT COLLECTION TUBES CO.; LTD - China</i>
Produktbezeichnung:	Three target vacuum tube
<i>brand name:</i>	<i>Three target vacuum tube</i>
Transmissionsgrad:	0.92
<i>transmittance:</i>	<i>0.92</i>
Dicke:	1.5 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.5 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

Sammler
header

Material: Steinwolle
material: *rockwool*

Hersteller: Febran, Greece
manufacturer: *Febran, Greece*

Produktbezeichnung: Geolan B-001
product name: *Geolan B-001*

Wärmeleitfähigkeit: 0.035 W/mK
thermal conductivity: *0.035 W/mK*

Wärmekapazität: keine Angabe
heat capacity: *not specified*

Dichte: 100 kg/m³
density: *100 kg/m³*

Dicke: 20 mm
thickness: *20 mm*

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: 250 °C (von Prüflabor bestimmt)
stagnation temperature: *250 °C (determined by test laboratory)*

max. zul. Betriebsüberdruck: 10 bar
max. operation pressure: *10 bar*

Zulässiger Wärmeträger: Glykol-Wassermischung
allowed heat transfer fluid: *Glycol/water mixture*

Nenndurchfluss pro Kollektor: 90 kg/h
nominal flow rate per collector: *90 kg/h*

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

- Zeichnungssatz:**
construction characteristics:
- Vacuum collector CS15 - Zeichnung Nr. CS15-9 - Datum: 08.2011
 - Vacuum collector CS15 side view - Zeichnung Nr. CS15-10 - Datum: 08.2011
 - Vacuum tube - Zeichnung Nr. CS15-6 - Datum: 08.2011
 - Manifold - Zeichnung Nr. CS15-3 - Datum: 08.2011
 - Copper pipe 830 - Zeichnung Nr. CS15-2/1 - Datum: 08.2011
 - Copper pipe 710 - Zeichnung Nr. CS15-2/2 - Datum: 08.2011
 - Heat transfer sheet - Zeichnung Nr. CS15-1 - Datum: 08.2011
 - Copper pipe for the absorber - Zeichnung Nr. CS15-5 - Datum: 08.2011

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Vacuum collector CS15 - drawing no. CS15-9 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Vacuum collector CS15 side view - drawing no. CS15-10 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Vacuum tube - drawing no. CS15-6 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Manifold - drawing no. CS15-3 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Copper pipe 830 - drawing no. CS15-2/1 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Copper pipe 710 - drawing no. CS15-2/2 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Heat transfer sheet - drawing no. CS15-1 - date: 08.2011</i> ▪ <i>Copper pipe for the absorber - drawing no. CS15-5 - date: 08.2011</i> 																																				
<p>Datenblätter: <i>technical data sheets:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ITW Datenblatt Kollektor Vacuum CS 15 ▪ Vacuum CS15 – Material, Doc.n.: 7.1/1 ▪ BAOGUANG Heat Collection Tubes Co., Ltd. Three-target vacuum tube performance and specification ▪ Fibron EC Declaration of Conformity, stone wool ▪ <i>ITW data sheet collector Vacuum CS 15</i> ▪ <i>Vacuum CS15 – Material, Doc.n.: 7.1/1</i> ▪ <i>BAOGUANG Heat Collection Tubes Co., Ltd. Three-target vacuum tube performance and specification</i> ▪ <i>Fibron EC Declaration of Conformity, stone wool</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%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">ja <i>yes</i></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">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>		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>	<p>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></p>		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ INSTALLATION MANUAL – for installers – camel solar – CS VACUUM -10 – CS VACUUM -15 ▪ <i>INSTALLATION MANUAL – for installers – camel solar – CS VACUUM -10 – CS VACUUM -15</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>		
		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"/>
	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 Vacuum CS 15. <i>The test report is valid for collector type Vacuum CS 15 as specified above as.</i>
---------------------------------------	--

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

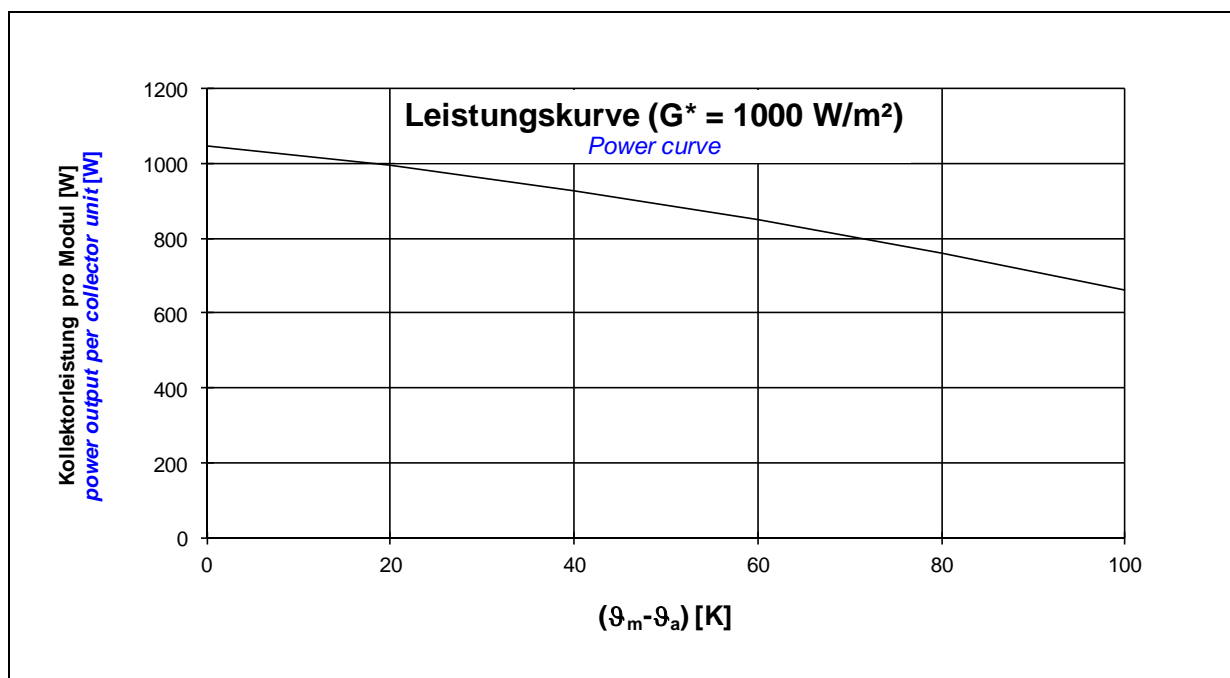
Test Results Thermal Performance

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>	0.738
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	1.725
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.010
Einfallswinkel-Korrekturfaktor K_θ (50°) [-] <i>incidence angle modifier</i>	siehe Seite: 13 <i>see page: 13</i>
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	58.407
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>	1048



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	419	734	1048
20	365	679	993
40	298	613	927
60	221	535	850
80	132	447	761
100	32	347	661

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: <i>Arrival of test sample:</i>	03.08.2011
Prüfzeitraum: <i>Test period:</i>	12.08. – 07.11.2011
Prüfer: <i>Test engineer:</i>	M. Wild

Stuttgart, den 12.01.2012



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>	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i>			flächenbezogene Wärmekapazität <i>area related heat capacity</i>					
$\eta_0 = 0.738$	$a_1 = 1.725 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$			$c = 58.407 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$					
			$a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$						
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>									
		θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d} = 1.20$	$K_{\theta b}(\theta_i)$		1.00	1.00	1.00	0.96	0.84	0.65	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$		1.00	1.07	1.39	1.62	1.63	1.60	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	632	766	838
4	571	680	737
5	515	594	639
6	464	521	557

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>	
$F'(\tau\alpha)_{en}$:	0.695 [-]
$K_{\Theta d}$:	1.203 [-]
c_1 :	1.725 [W/(m ² K)]
c_2 :	0.010 [W/(m ² K ²)]
c_5 :	58.407 [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	1.00	0.96	0.84	0.65	0.00
$K_{\Theta b}(\theta_t)$:	1.00	1.07	1.39	1.62	1.63	1.60	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)*

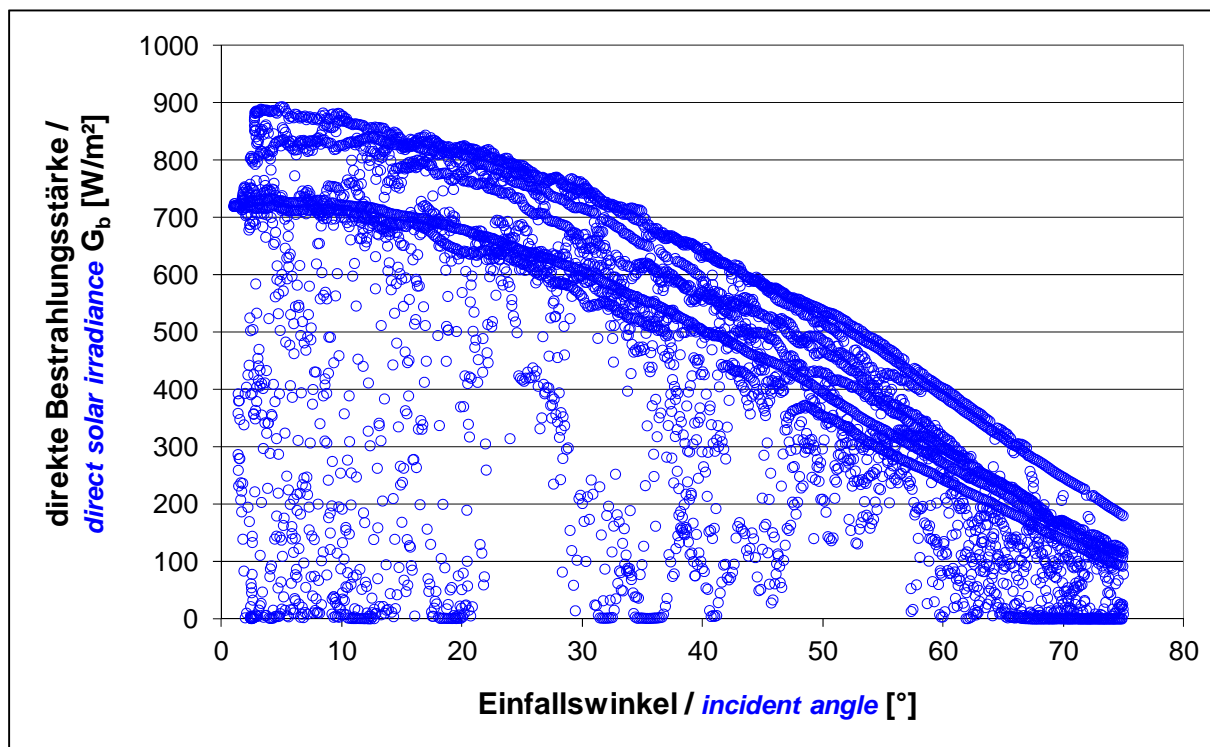


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

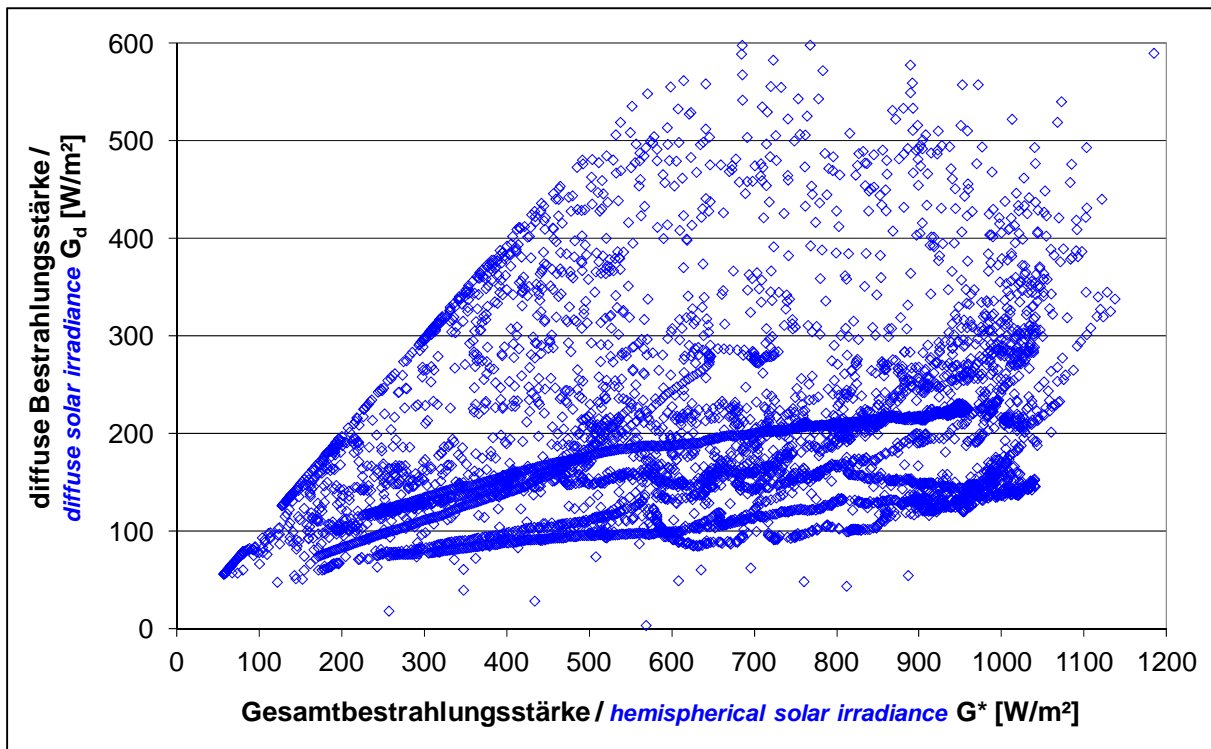


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

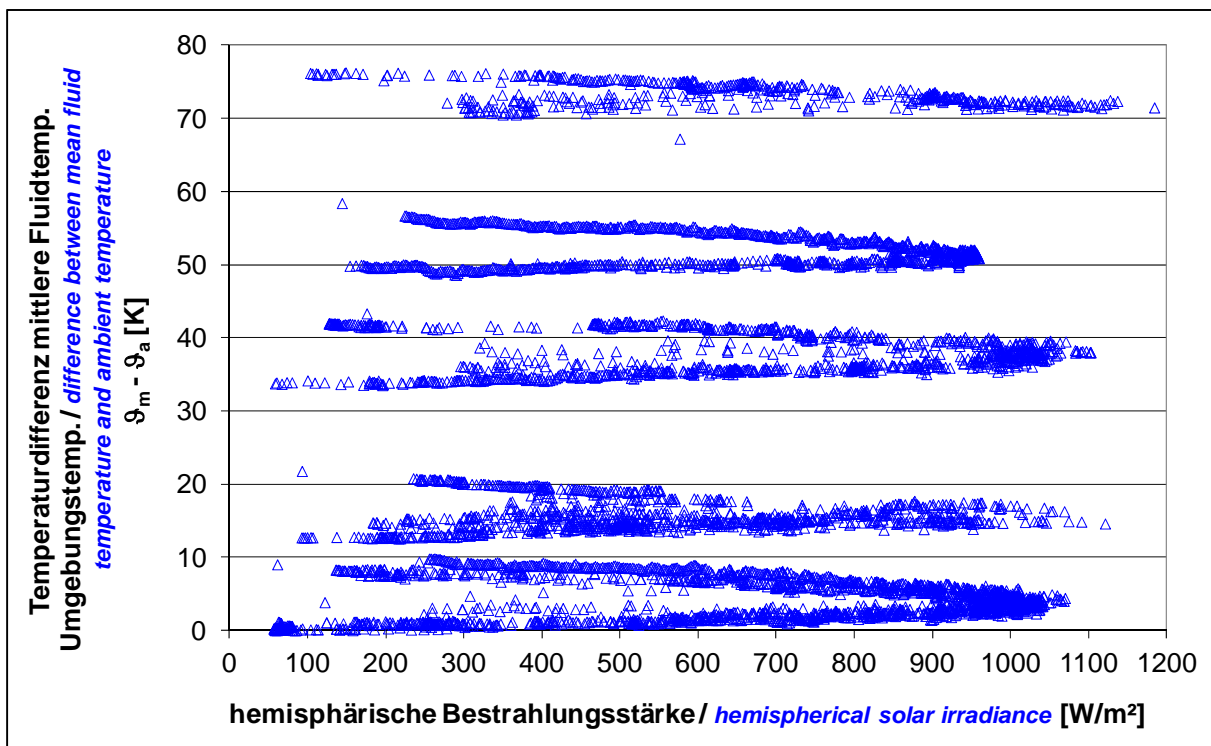


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

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)	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
K_{θb}(θ)	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
K_{θd}	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor 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>