



# 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.: 12COL1114**

*Test Report No.: 12COL1114*

**Stuttgart, den 04.10.2012**

*Stuttgart, October 4<sup>th</sup>, 2012*

**Auftraggeber:**

*client:*

**Solimpeks Solar Energy Corp.**

**Fevzi Çakmak Mah. 10753 Sk. No:3**

**Karatay 42050 Konya**

**TURKEY**

**Hersteller:**

*manufacturer:*

**Solimpeks Solar Energy Corp.**

**Typ:**

*type:*

**Wunder ALS 2510 DRAIN**

**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)*

<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Solimpeks Solar Energy Corp. Fevzi Çakmak Mah. 10753 Sk. No:3 Karatay 42050 Konya TURKEY
<b>Ansprechpartner:</b> <i>contact person:</i>	Yusuf Akay Tel.: +90 4440602 Fax: +90 4440608 email: yusuf.akay@solimpeks.com
<b>Typ:</b> <i>type:</i>	Wunder ALS 2510 DRAIN <i>Wunder ALS 2510 DRAIN</i>
<b>Herstellernummer:</b> <i>serial no.:</i>	120723015 <i>120723015</i>
<b>Interne Kennzeichnung des Prüflabors:</b> <i>internal identification of test laboratory:</i>	C1114A <i>C1114A</i>
<b>Serienprodukt oder Baumuster:</b> <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
<b>Herstelljahr:</b> <i>year of production:</i>	2012 <i>2012</i>

<b>Bezugsflächen</b> <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
<b>Bruttofläche:</b> <i>gross area:</i>	2.43 m <sup>2</sup> <i>2.43 m<sup>2</sup></i>
<b>Aperturfläche:</b> <i>aperture area:</i>	2.23 m <sup>2</sup> <i>2.23 m<sup>2</sup></i>
<b>Absorberfläche:</b> <i>absorber area:</i>	2.23 m <sup>2</sup> <i>2.23 m<sup>2</sup></i>

<b>Kollektor/Gehäuse</b> <i>Technical figures</i>	
<b>Bauart:</b> <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate</i>
<b>Länge:</b> <i>length:</i>	1991mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1991 mm (determined by test laboratory)</i>
<b>Breite:</b> <i>width:</i>	1221 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1221 mm (determined by test laboratory)</i>
<b>Höhe:</b> <i>height:</i>	92 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>92 mm (determined by test laboratory)</i>
<b>Material:</b> <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
<b>Gewicht:</b> <i>weight:</i>	44 kg <i>44 kg</i>
<b>Dichtungsmaterialien:</b> <i>sealing material:</i>	EPDM + Silikon <i>EPDM + silicon</i>
<b>Einbauweise:</b> <i>collector mounting:</i>	Aufdach, dachintegriert, Flachdach <i>On roof, in roof, flat roof</i>

## Absorber

*Absorber*

<b>Material:</b> <i>material:</i>	Aluminiumblech und Kupferregister <i>aluminium sheet and copper piping</i>
<b>Verbindung Absorber-Fluidkanäle:</b> <i>Joint absorber-risers:</i>	lasergeschweißt <i>laser welded</i>
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	0.4 mm <i>0.4 mm</i>
<b>Oberflächenbehandlung:</b> <i>surface treatment:</i>	Almeco – Tinox Al Selective Coating <i>Almeco – Tinox Al Selective Coating</i>
<b>Absorptionsgrad:</b> <i>absorptance:</i>	0.95 <i>0.95</i>
<b>Emissionsgrad:</b> <i>emittance:</i>	0.03 <i>0.03</i>
<b>Wärmeträgerinhalt:</b> <i>heat transfer fluid content:</i>	1.3 Liter <i>1.3 litres</i>
<b>Durchströmungsform:</b> <i>flow pattern:</i>	Mäander <i>meander</i>
<b>Abmessungen Absorberrohre:</b> <i>dimension absorber tubes:</i>	10 x 0.45 mm <i>10 x 0.45 mm</i>
<b>Anzahl Absorberrohre:</b> <i>number of absorber tubes:</i>	1 <i>1</i>
<b>Abstand der Absorberrohre:</b> <i>distance between absorber tubes:</i>	92 mm <i>92 mm</i>
<b>Abmessungen Sammlerrohr:</b> <i>dimension of the header:</i>	18 x 0.7 mm <i>18 x 0.7 mm</i>
<b>Anzahl Anschlüsse:</b> <i>number of connections:</i>	4 <i>4</i>
<b>Ausführung Anschlüsse:</b> <i>realisation of connections:</i>	3/4“ Außengewinde <i>3/4“ outer threat</i>

## Transparente Abdeckung

*Transparent cover:*

<b>Anzahl:</b> <i>number:</i>	1 <i>1</i>
<b>Material:</b> <i>material:</i>	Eisenarmes gehärtetes Glas <i>Low Iron Tempered Glass</i>
<b>Hersteller:</b> <i>manufacturer:</i>	Guangfeng Glass Co., Ltd. <i>Guangfeng Glass Co., Ltd.</i>
<b>Produktbezeichnung:</b> <i>brand name:</i>	keine Angaben <i>not specified</i>
<b>Transmissionsgrad:</b> <i>transmittance:</i>	0.94 <i>0.94</i>
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	4 mm <i>4 mm</i>

## Wärmedämmung

*Thermal insulation:*

	Rückseite <i>back side</i>	seitlich <i>sidewards</i>
<b>Material:</b> <i>material:</i>	Steinwolle <i>rock wool</i>	Glasswolle <i>glass wool</i>
<b>Hersteller:</b> <i>manufacturer:</i>	IZOCAM <i>IZOCAM</i>	IZOCAM <i>IZOCAM</i>
<b>Produktbezeichnung:</b> <i>Product name:</i>	Industrial Board SL 2 <i>Industrial Board SL 2</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
<b>Wärmeleitfähigkeit:</b> <i>thermal conductivity:</i>	0.037 W/(mK) <i>0.037 W/(mK)</i>	0.04 W/(mK) <i>0.04 W/(mK)</i>
<b>Wärmekapazität:</b> <i>heat capacity:</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>
<b>Dichte:</b> <i>density:</i>	52 kg/m <sup>3</sup> <i>52 kg/m<sup>3</sup></i>	14 kg/m <sup>3</sup> <i>14 kg/m<sup>3</sup></i>
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	50 mm <i>50 mm</i>	20 mm <i>20 mm</i>

## Grenzdaten

*Limitations:*

<b>Stillstandstemperatur:</b> <i>stagnation temperature:</i>	192 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>192 °C (determined by test laboratory)</i>
<b>max. zul. Betriebsüberdruck:</b> <i>max. operation pressure:</i>	10 bar <i>10 bar</i>
<b>Zulässiger Wärmeträger:</b> <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Flüssigkeit (Frostschutzmittel und Wasser) <i>Liquid (antifreeze + water)</i>
<b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b> <i>nominal flow rate per collector:</i>	120 kg/h <i>120 kg/h</i>

## Feststellung des Kollektors

*Collector identification:*

<b>Zeichnungssatz:</b> <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Wunder ALS SERPANTIN 2510 CEBRI SISTEM - Zeichnung Nr. MWAS-2519F – Blatt 1 - 3 Datum: 12.07.2012</li><li>▪ Panel, Selektiv, ALS, W2519, Cebri Sistem, 0,40mm - Zeichnung Nr. YPS-163 - Datum: 21.06.2012</li><li>▪ Cam, DD, Temperli 25XX, 1961 X 1191 X 4 mm - Zeichnung Nr. HCA-001 - Datum: 10.11.2010</li><li>▪ Profil, Kasa, M25xx, Kod4525, 3292mm, 2,75Kg - Zeichnung Nr. HKP-001 - Datum: 04.02.2008</li><li>▪ <i>Wunder ALS SERPANTIN 2510 CEBRI SISTEM – drawing no. MWAS-2519F – Blatt 1 – 3 date: 12.07.2012</i></li><li>▪ <i>Panel, Selektiv, ALS, W2519, Cebri Sistem, 0,40mm - drawing no. YPS-163 - date:21.06.2012</i></li><li>▪ <i>Cam, DD, Temperli 25XX, 1961 X 1191 X 4 mm - drawing no. HCA-001 - date: 10.11.2010</i></li><li>▪ <i>Profil, Kasa, M25xx, Kod4525, 3292mm, 2,75Kg - drawing no. HKP-0001 - date: 04.02.2008</i></li></ul>
--	---

<p><b>Datenblätter:</b> <i>technical data sheets:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ITW Datenblatt Kollektor Wunder ALS 2510 DRAIN</li> <li>▪ GUANGFENG SOLAR GLASS CO., LTD. – Specification Solar Glass</li> <li>▪ TiNOX energy, Product specifications</li> <li>▪ Izocam Rock Wool, Thermal and Sound Insulation</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>ITW data sheet collector Wunder ALS 2510 DRAIN</i></li> <li>▪ <i>GUANGFENG SOLAR GLASS CO., LTD. – Specification Solar Glass</i></li> <li>▪ <i>TiNOX energy, Product specifications</i></li> <li>▪ <i>Izocam Rock Wool, Thermal and Sound Insulation</i></li> </ul>																																				
<p><b>Kennzeichnung:</b> <i>labelling:</i></p>	<p>Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben:</p> <p><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/m<sup>2</sup> und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m<sup>2</sup> 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 ist gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 gut sichtbar und haltbar angebracht.</p> <p><i>The label is according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 visible and durable attached to the collector label.</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 <sup>2</sup> und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m<sup>2</sup> 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"/>																																			

**Installationsanweisung:**  
*instructor installation manual :*

- COLLECTOR INSTRUCTIONS MANUAL WUNDER ALS 2108 & 2510 DRAIN models - SOLIMPEKS Solar Energy Corp.
- *COLLECTOR INSTRUCTIONS MANUAL WUNDER ALS 2108 & 2510 DRAIN models - SOLIMPEKS solar Energy Corp.*

Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:

*The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:*

	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 <sup>2</sup> <i>dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m<sup>2</sup></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 Wunder ALS 2510  
DRAIN.

*The test report is valid for collector type  
Wunder ALS 2510 DRAIN as specified above.*



## 2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

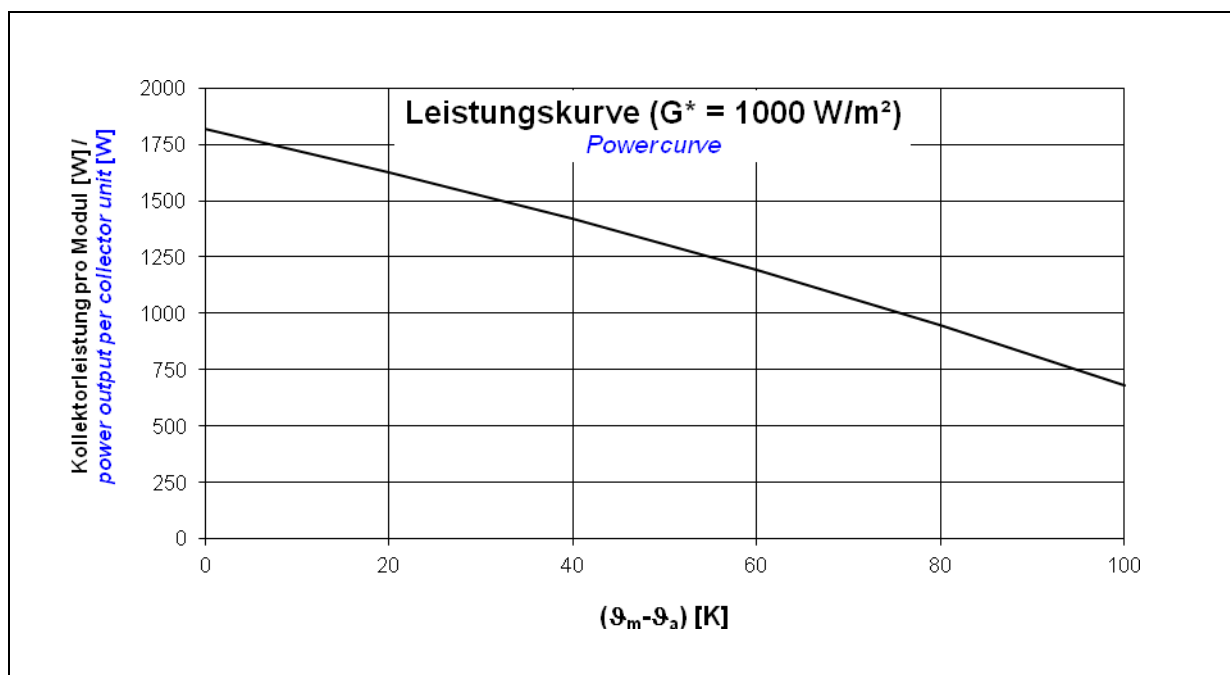
### *Test Results Thermal Performance*

#### Bestimmung der Kollektorleistung:

*Determination of power per collector unit:*

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

<b>Konversionsfaktor <math>\eta_0</math> [-]</b> <i>conversion factor</i>	0.816
<b>Wärmedurchgangskoeffizient <math>a_1</math> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b> <i>heat transfer coefficient</i>	4.096
<b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <math>a_2</math> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.010
<b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor <math>K_\theta(50^\circ)</math> [-]</b> <i>incidence angle modifier</i>	0.957
<b>flächenbezogene Wärmekapazität <math>c</math> [kJ/(m<sup>2</sup>K)]</b> <i>area related heat capacity</i>	10.63
<b>Volumenstrom [l/(m<sup>2</sup>h)]</b> <i>volume flow rate</i>	72
<b>Aperturfläche pro Kollektormodul <math>A</math> [m<sup>2</sup>]</b> <i>aperture area per collector unit</i>	2.23
<b>Peakleistung [<math>W_{peak}</math>] pro Kollektormodul</b> <b>(<math>G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (T_m - T_a) = 0</math>)</b> <i>peak power [<math>W_{peak}</math>] per collector unit (<math>G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (T_m - T_a) = 0</math>)</i>	1820



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

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m <sup>2</sup>	700 W/m <sup>2</sup>	1000 W/m <sup>2</sup>
0	728	1274	1820
20	536	1082	1628
40	327	873	1419
60	100	645	1191
80	0 <sup>*)</sup>	400	946
100	0 <sup>*)</sup>	137	683

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

<sup>\*)</sup> Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

<sup>\*)</sup> *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:** 03.08.12  
*Arrival of test sample:*  
**Prüfzeitraum:** 03.08. – 17.08.2012  
*Test period:*  
**Prüfer:** Dr.-Ing. S. Fischer, Dipl.-Ing. M. Herr, M. Wild  
*Test engineer:*

Stuttgart, den 04.10.2012



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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).*

<b>Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)</b>								
<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>			
$\eta_0 = 0.816$	$a_1 = 4.096 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				$c = 10.63 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
				$a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>incidence angle modifier</i>								
$\theta$	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.99	0.97	0.95	0.91	0.82	0

<b>Berechnungsergebnisse</b>			
<i>calculation results</i>			
Standort / <i>location</i>	Hannover	Würzburg	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m <sup>2</sup> a)] <i>radiation</i>	1022	<b>1212</b>	1354
Aperturfläche [m <sup>2</sup> ] <i>aperture area</i>	Jährlicher Kollektorertrag <sup>1)</sup> [kWh/(m <sup>2</sup> a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	492	592	644
4	446	536	582
5	407	<b>484</b>	524
6	374	438	471

<sup>1)</sup> 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, <math>\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}</math>, 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 <math>2 \lambda_{\text{water}}</math></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 <sup>2</sup> ] $\vartheta_m$ : Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C]  <i>immersed heat exchanger, heat transfer capacity <math>(kA)_{\text{WT}}</math> in [W/K]; <math>(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}</math> with <math>A_c</math>: aperture area [m<sup>2</sup>] <math>\vartheta_m</math>: 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 <sup>00</sup> : 80 l; 12 <sup>00</sup> : 40 l; 19 <sup>00</sup> : 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a  <i>200 l/day (7<sup>00</sup>: 80 l; 12<sup>00</sup>: 40 l; 19<sup>00</sup>: 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>	
<b>F'(\tau\alpha)<sub>en</sub>:</b>	0.819 [-]
<b>b<sub>0</sub>:</b>	0.091 [-]
<b>K<sub>\theta d</sub>:</b>	0.995 [-]
<b>c<sub>1</sub>:</b>	4.096 [W/(m²K)]
<b>c<sub>2</sub>:</b>	0.010 [W/(m²K²)]
<b>c<sub>5</sub>:</b>	10.63 [kJ/(m²K)]

### Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

*Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance*

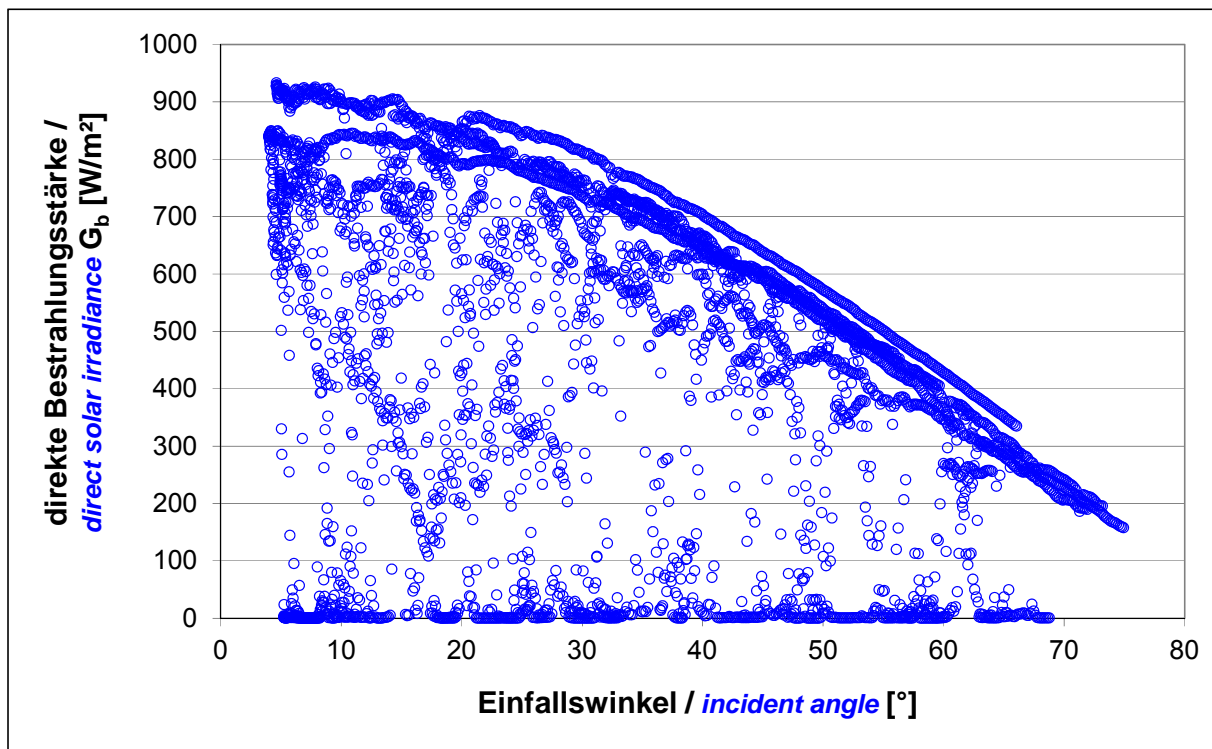
<b>Einfallswinkel \theta</b> <i>incident angle \theta</i>	0	20	30	40	50	60	70	90
<b>K<sub>\theta b</sub>(\theta):</b>	1	0.99	0.99	0.97	0.95	0.91	0.82	0

**Berechnung der Kollektorparameter**  
*Calculation of the collector parameters*

$\eta_0$ :	Konversionsfaktor / <i>zero-loss collector efficiency</i> ( $\eta_0$ 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 <sup>2</sup> K)] $a_1 = c_1$
$a_2$ :	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependence of the heat loss coefficient</i> [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$ :	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 <sup>2</sup> K)] $c = c_5$

**Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)**

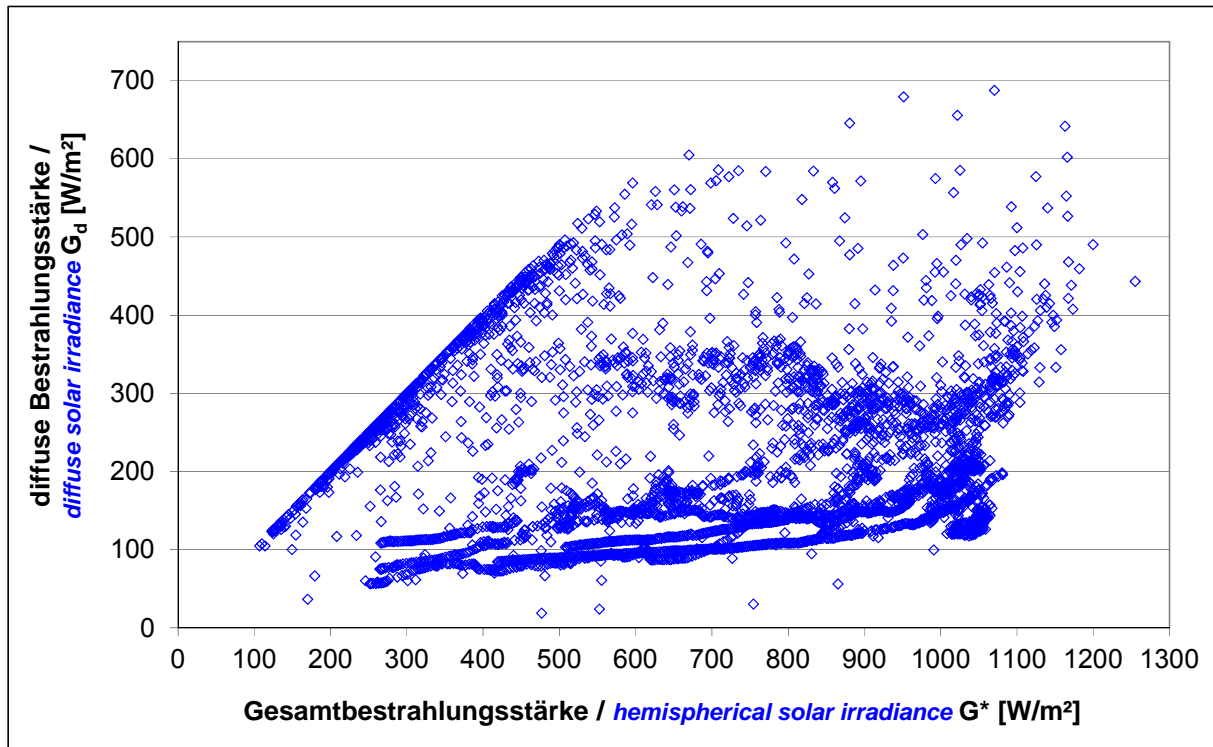
*Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)*



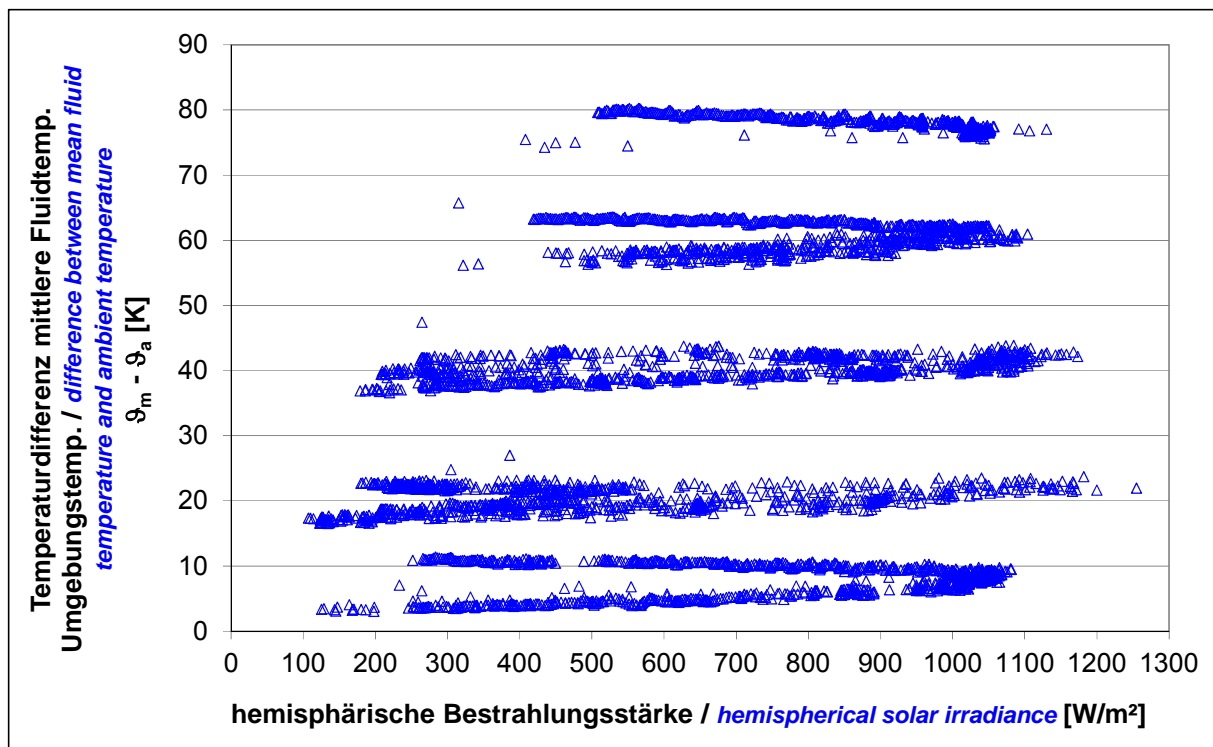
**Abbildung B.1:** Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

*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*

<b>A</b>	[m <sup>2</sup> ]	Aperturfläche / <i>aperture area</i>
<b>a</b>	[(mbar h <sup>2</sup> )/l <sup>2</sup> ]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
<b>a<sub>1</sub></b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
<b>a<sub>2</sub></b>	[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
<b>b</b>	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
<b>b<sub>0</sub></b>	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / <i>factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance</i>
<b>c</b>	[kJ/(m <sup>2</sup> K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
<b>c<sub>1</sub></b>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
<b>c<sub>2</sub></b>	[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
<b>c<sub>5</sub></b>	[kJ/(m <sup>2</sup> K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
<b>F'(τ<math>\alpha</math>)<sub>en</sub></b>	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>conversion factor of the beam irradiance</i>
<b>G*</b>	[W/m <sup>2</sup> ]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>
<b>G<sub>b</sub></b>	[W/m <sup>2</sup> ]	direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>
<b>G<sub>d</sub></b>	[W/m <sup>2</sup> ]	diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>
<b>K<sub>θ</sub>(θ)</b>	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
<b>K<sub>θb</sub>(θ)</b>	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
<b>K<sub>θd</sub></b>	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the diffuse solar irradiance</i>
<b>(kA)<sub>WT</sub></b>	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers <i>heat transfer capacity of the solar heat exchanger</i>
<b><math>\dot{m}</math></b>	[l/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
<b><math>\dot{Q}</math></b>	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
<b><math>\dot{q}</math></b>	[W/m <sup>2</sup> ]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
<b>Δp</b>	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
<b>η</b>	[-]	Wirkungsgrad / <i>collector efficiency</i>
<b>η<sub>0</sub></b>	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>conversion factor</i>
<b>λ</b>	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / <i>heat conductivity</i>
<b>ϑ</b>	[°C]	Temperatur / <i>temperature</i>
<b>ϑ<sub>a</sub></b>	[°C]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
<b>ϑ<sub>e</sub></b>	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>
<b>ϑ<sub>in</sub></b>	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>
<b>ϑ<sub>m</sub></b>	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>
<b>θ</b>	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke <i>incidence angle of the beam solar irradiance</i>