



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR  
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik  
Universität Stuttgart

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

in Kooperation mit



# Prüfbericht

## Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

*Test Report*  
*Durability, Reliability and Thermal Performance*  
*of a Solar Collector*

nach EN 12975-2: 2001

*according to EN 12975-2:2001*

**Prüfbericht-Nr.: 06COL482/2OEM07**

*Test Report No.: 06COL482/2OEM07*

**Stuttgart, den 26. Februar 2008**

*Stuttgart, February 26<sup>th</sup>, 2008*

**Hersteller:**

*manufacturer:*

**SOLFEX LTD Hillthorpe  
Knoll Lane, Little Hoole,  
Preston, Lancashire UK PR4 4TB**

**Typ:**

*brand name:*

**ORC2.1**  
*ORC2.1*

**Herstelljahr:**

*year of production:*

**2006**

## Inhaltsverzeichnis

### *Table of Contents*

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Innendruckprüfung des Absorbers .....	7
	<i>Internal Pressure Test for Absorber</i>	
3	Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit.....	7
	<i>High Temperature Resistance</i>	
4	Expositionstest.....	8
	<i>Exposure</i>	
5	Schneller äußerer Temperaturwechsel .....	8
	<i>External Thermal Shock</i>	
6	Schneller innerer Temperaturwechsel.....	9
	<i>Internal Thermal Shock</i>	
7	Berechnungsprüfung .....	9
	<i>Rain Penetration</i>	
8	Mechanische Belastung.....	10
	<i>Mechanical Load Test</i>	
9	Stagnationstemperatur .....	11
	<i>Stagnation Temperature</i>	
10	Endkontrolle .....	11
	<i>Final Inspection</i>	
11	Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen.....	12
	<i>Summary of Reliability Tests</i>	
12	Prüfergebnisse Wärmeleistung .....	13
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
13	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors .....	14
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
14	Prüfverfahren .....	14
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage .....	15
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte.....	17
	<i>Annex B: Measured Data</i>	
	Anhang C: Leistungskurve .....	18
	<i>Annex C: Power Curve</i>	
	Anhang D: Nomenklatur .....	19
	<i>Annex D: Symbols and Units</i>	

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

<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	SOLFEX LTD Hillthorpe Knoll Lane, Little Hoole, Preston, Lancashire UK PR4 4TB
<b>Ansprechpartner:</b> <i>contact person:</i>	Stuart Cooper Tel.: +44 1772 613 844 email: stuartcooper@solfex.co.uk
<b>Typ:</b> <i>type:</i>	ORC2.1 <i>ORC2.1</i>
<b>Herstellernummer:</b> <i>serial no.:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
<b>Serienprodukt oder Prototyp:</b> <i>serial product or prototype:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
<b>Herstelljahr:</b> <i>year of production:</i>	2006 <i>2006</i>

<b>Bezugsflächen</b> <i>Dimensions of collector unit</i>	
<b>Bruttofläche:</b> <i>gross area:</i>	2.05 m <sup>2</sup> <i>2.05 m<sup>2</sup></i>
<b>Aperturfläche:</b> <i>aperture area:</i>	1.91 m <sup>2</sup> <i>1.91 m<sup>2</sup></i>
<b>Absorberfläche:</b> <i>absorber area:</i>	1.91 m <sup>2</sup> <i>1.91 m<sup>2</sup></i>

<b>Kollektor/Gehäuse</b> <i>Technical figures</i>	
<b>Bauart:</b> <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
<b>Länge:</b> <i>length:</i>	1991 mm <i>1991 mm</i>
<b>Breite:</b> <i>width:</i>	1030 mm <i>1030 mm</i>
<b>Höhe:</b> <i>height:</i>	98 mm <i>98 mm</i>
<b>Material:</b> <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
<b>Gewicht:</b> <i>weight:</i>	39 kg <i>39 kg</i>
<b>Dichtungsmaterialien:</b> <i>sealing material:</i>	Silikon, 2 Komponenten-Kleber <i>silicone, 2 component glue</i>
<b>Einbauweise:</b> <i>collector mounting:</i>	Indach, Aufdach <i>in roof, on roof</i>

## Absorber

### *Absorber*

<b>Material:</b>	Kupferharfe und Aluminiumblech lasergeschweißt
<i>material:</i>	<i>copper harp and aluminium plate laser welded</i>
<b>Dicke:</b>	0.5 mm
<i>thickness:</i>	<i>0.5 mm</i>
<b>Oberflächenbehandlung:</b>	Alanod mirotherm
<i>surface treatment:</i>	<i>Alanod mirotherm</i>
<b>Absorptionsgrad:</b>	0.94
<i>absorptance:</i>	<i>0.94</i>
<b>Emissionsgrad:</b>	0.05
<i>emittance:</i>	<i>0.05</i>
<b>Wärmeträgerinhalt:</b>	1.11 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.11 liters</i>
<b>Durchströmungsform:</b>	Harfe
<i>flow pattern:</i>	<i>harp</i>
<b>Abmessungen Absorberrohre:</b>	8 x 0.5 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>8 x 0.5 mm</i>
<b>Anzahl Absorberrohre:</b>	10
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>10</i>
<b>Abstand der Absorberrohre:</b>	94 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>94 mm</i>
<b>Abmessungen Sammlerrohr:</b>	18 x 1 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>18 x 1 mm</i>
<b>Anzahl Anschlüsse:</b>	2
<i>no. of connections:</i>	<i>2</i>
<b>Ausführung Anschlüsse:</b>	18 mm Kupfer Rohr
<i>realisation of connections:</i>	<i>18 mm copper tube</i>

## Transparente Abdeckung

### *Transparent cover:*

<b>Anzahl:</b>	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
<b>Material:</b>	ESG Float
<i>material:</i>	<i>ESG Float</i>
<b>Hersteller:</b>	Lang / Pilkington
<i>manufacturer:</i>	<i>Lang / Pilkington</i>
<b>Produktbezeichnung:</b>	Optifloat Farbwechsel
<i>brand name:</i>	<i>Optifloat colour change</i>
<b>Transmissionsgrad:</b>	0.87 – 0.90
<i>transmittance:</i>	<i>0.87 – 0.90</i>
<b>Dicke:</b>	4 mm
<i>thickness:</i>	<i>4 mm</i>

## Wärmedämmung

### *Thermal insulation:*

<b>Material:</b> <i>material:</i>	Steinwolle <i>stone wool</i>
<b>Wärmeleitfähigkeit:</b> <i>thermal conductivity:</i>	0.04 W/(mK) <i>0.04 W/(mK)</i>
<b>Wärmekapazität:</b> <i>heat capacity:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
<b>Dichte:</b> <i>density:</i>	40 kg/m <sup>3</sup> <i>40 kg/m<sup>3</sup></i>
<b>Dicke:</b> <i>thickness:</i>	50 mm <i>50 mm</i>

## Grenzdaten

### *Limitations:*

<b>Stillstandstemperatur:</b> <i>stagnation temperature:</i>	202 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>202 °C (determined by test laboratory)</i>
<b>max. zul. Betriebsüberdruck:</b> <i>max. operation pressure:</i>	6 bar <i>6 bar</i>
<b>Zulässiger Wärmeträger:</b> <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Propylenglykol 40 % <i>propylene glycol 40 %</i>
<b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b> <i>nominal flow rate per collector:</i>	500 kg/h <i>500 kg/h</i>

## Feststellung des Kollektors

### *Collector identification:*

<b>Zeichnungssatz:</b> <i>construction characteristics:</i>	Der Zeichnungssatz enthält alle nach EN 12975-1:2001 Kapitel 7.1 geforderten Angaben: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Rahmenkollektor SFK21, Hochformat, Serie 2005, Profilart KPV - Zeichnungsnr. SFK21_Schnitt - Datum: 24.03.2006</li><li>▪ Rahmenkollektor SFK21, Hochformat, Profilart KPV - Zeichnungsnr. SFK2101_00 - Datum: 18.10.2005</li><li>▪ Absorber SFK21 HVO Solution – Zeichnungsnummer. VFA2105_04 – Datum: 21.03.2006</li></ul> <p><i>The construction characteristics include all, according to EN 12975-1:2001 chapter 7.1 required information:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Rahmenkollektor SFK21, Hochformat, Serie 2005, Profilart KPV - drawing no. SFK21_Schnitt - date: 24.03.2006</i></li><li>▪ <i>Rahmenkollektor SFK21, Hochformat, Profilart KPV - drawing no. SFK2101_00 - date: 18.10.2005</i></li><li>▪ <i>Absorber SFK21 HVO Solution – drawing no. VFA2105_04 – date: 21.03.2006</i></li></ul>
--	--

<p><b>Datenblätter:</b> <i>technical data sheets:</i></p> <p><b>Kennzeichnung:</b> <i>collector label:</i></p> <p><b>Installationsanweisung:</b> <i>installer instruction manual:</i></p>	<p>ITW Datenblatt Kollektor <i>ITW data sheet collector</i></p> <p>Stückliste 15352 <i>Parts list 15352</i></p> <p>Das Typenschild sollte gut sichtbar und haltbar angebracht sein und muss zusätzlich folgende Angaben enthalten: - Maße des Kollektors - Leergewicht des Kollektors - Hergestellt in:</p> <p><i>The collector label shall carry a visible and durable label and shall contain the following additional information:</i> <i>- dimensions of collector</i> <i>- weight of empty collector</i> <i>- made in:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ DBB 0, UNISOL 20cc, Aufdach parallel mit Dachbügeln und Querprofil RQT RQT – Version 02/2007</li><li>▪ SSB 0, UNISOL 20cc, Aufdach parallel mit Stockschrauben und Querprofil RQT RQT – Version 02/2007</li><li>▪ DBB 20 &amp; 45, UNISOL 27, UNISOL 27 L, Aufdach angehoben mit Dachbügeln und Querprofil RQT – Version 02/2007</li><li>▪ Inbetriebnahme- und Wartungshandbuch Ihrer SOLution Solaranlage – Version August V02-2007</li><li>▪ Datenblatt Kollektor UNISOL 27</li><li>▪ Datenblatt Kollektor UNISOL 27L</li><li>▪ Datenblatt Kollektor UNISOL 20cc</li></ul> <p>In der Installationsanweisung muss die Angabe der zulässigen Wind- und Schneelast enthalten sein.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>DBB 0, UNISOL 20cc, Aufdach parallel mit Dachbügeln und Querprofil RQT</i></li><li>▪ <i>SSB 0, UNISOL 20cc, Aufdach parallel mit Stockschrauben und Querprofil RQT</i></li><li>▪ <i>DBB 20 &amp; 45, UNISOL 27, UNISOL 27 L, Aufdach angehoben mit Dachbügeln und Querprofil RQT – Version 02/2007</i></li><li>▪ <i>Inbetriebnahme- und Wartungshandbuch Ihrer SOLution Solaranlage – Version August V02-2007</i></li><li>▪ <i>Datenblatt Kollektor UNISOL 27</i></li><li>▪ <i>Datenblatt Kollektor UNISOL 27L</i></li><li>▪ <i>Datenblatt Kollektor UNISOL 20cc</i></li></ul> <p><i>Maximum wind and snow load shall be indicated in the installer instruction manual.</i></p>
---	--

**Gültigkeit**  
*Validity:*

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ORC2.1.

*The test report is valid for collector type ORC2.1.*

## 2 Innendruckprüfung des Absorbers

### *Internal Pressure for Absorber*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.2.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.2.*

1. Prüfung: 17.03.2006

1. *Test:*

max. Betriebsdruck <i>max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>test duration</i> [min]
6	9	20

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1*

2. Prüfung: 30.05.2006

2. *Test:*

max. Betriebsdruck <i>max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>test duration</i> [min]
6	9	20

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit

### *High Temperature Resistance*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.3.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.3.*

Datum: 22.03.2006

*date:*

Prüfdauer <i>test duration</i> [min]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m <sup>2</sup> ]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
60	1053	26

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 4 Expositionstest

### *Exposure*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.4.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.4.*

Expositionsdauer: 17.03.2006 - 19.03.2006 indoor 66 Tage  
*Duration of exposure:* 28.03.2006 - 29.05.2006 outdoor *66 days*

<b>Einstrahlungssumme in Kollektorebene</b> <i>Sum of global irradiation</i> [MJ/m <sup>2</sup> ]	<b>Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m<sup>2</sup></b> <i>Number of days with more than 14 MJ/m<sup>2</sup></i> [d]	<b>Niederschlags-summe</b> <i>Sum of rainfall</i> [l/m <sup>2</sup> ]	<b>Anzahl Stunden über 850 W/m<sup>2</sup></b> <i>Number of hours with more than 850 W/m<sup>2</sup></i> [h]
<b>938</b>	<b>35</b>	<b>667</b>	<b>62</b>

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 5 Schneller äußerer Temperaturwechsel

### *External thermal shock*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.5.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.5.*

1. Prüfung: 24.04.2006

1. *Test:*

<b>Volumenstrom</b> <i>flow rate</i> [l/(m <sup>2</sup> min)]	<b>Fluidtemperatur</b> <i>temperature</i> [°C]	<b>mittlere Bestrahlungsstärke</b> <i>mean irradiance</i> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>mittlere Umgebungstemperatur</b> <i>mean ambient temperature</i> [°C]
<b>2.8</b>	<b>&lt; 25</b>	<b>921</b>	<b>17.8</b>

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

2. Prüfung: 03.05.2006

2. *Test:*

<b>Volumenstrom</b> <i>flow rate</i> [l/(m <sup>2</sup> min)]	<b>Fluidtemperatur</b> <i>temperature</i> [°C]	<b>mittlere Bestrahlungsstärke</b> <i>mean irradiance</i> [W/m <sup>2</sup> ]	<b>mittlere Umgebungstemperatur</b> <i>mean ambient temperature</i> [°C]
<b>2.8</b>	<b>&lt; 25</b>	<b>920</b>	<b>22.0</b>

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 6 Schneller innerer Temperaturwechsel

### *Internal thermal shock*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.6.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.6.*

1. Prüfung: 22.03.2006  
*1. test*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m <sup>2</sup> min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m <sup>2</sup> ]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
1.4	< 25	915	26.0

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

2. Prüfung: 22.03.2006  
*2. test*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m <sup>2</sup> min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m <sup>2</sup> ]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
1.4	< 25	920	24.0

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 7 Berechnungsprüfung

### *Rain penetration*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.7.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.*

Datum: 23.05.2006  
*Date:*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m <sup>2</sup> min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	Prüfdauer <i>test duration</i> [h]
3.2	15	4

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 8 Mechanische Belastung

### *Mechanical load test*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.*

### 8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung

#### *Positive pressure test of the collector cover*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.1.*

Datum: 30.05.2006  
*Date:*

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 1000 Pa belastet.  
*The collector cover was charged with a max. pressure of 1000 Pa.*

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

### 8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse

#### *Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.2.*

Datum: 30.05.2006  
*Date:*

Die Kollektorbefestigung wurde mit einem maximalen Zug von 1000 Pa belastet.  
*The collector mountings were charged with a max. tension of 1000 Pa.*

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

### 8.3 Unterdruckprüfung der Kollektorbefestigungen

#### *Negative pressure test of collector mountings*

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.3.  
*Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.3.*

Datum: 30.05.2006  
*Date:*

Die Kollektorbefestigung wurde mit einem maximalen Zug von 1000 Pa belastet.  
*The collector mountings were charged with a max. tension of 1000 Pa.*

**Ergebnis:** kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1  
*Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2001, chapter 5.3.1*

## 9 Stagnationstemperatur

*Stagnation temperature*

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Anhang C.  
*Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, Annex C.*

Datum: 22.03.2006  
*Date:*

mittlere Bestrahlungsstärke $G_m$ <i>mean irradiance</i>	mittlere Absorbertemperatur $\vartheta_{sm}$ <i>mean absorber temperature</i>	mittlere Umgebungstemperatur $\vartheta_{am}$ <i>mean ambient temperature</i>
[W/m <sup>2</sup> ]	[°C]	[°C]
1053	207	26

**Ergebnis:** Die Stagnationstemperatur  $\vartheta_{stg}$  für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von  $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$  und  $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$  ergibt sich nach

*Conclusion: The stagnation temperature  $\vartheta_{stg}$  for the required ambient conditions  $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$  and  $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$  is calculated according*

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m} (\vartheta_{sm} - \vartheta_{am})$$

zu  $\vartheta_{stg} = 202 \text{ °C}$   
*to*

## 10 Endkontrolle

*Final inspection*

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2001 – 5.11.

*Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2001 – 5.11.*

Datum: 08.06.2006  
*Date:*

**Ergebnis:** Die optische Begutachtung der Wärmedämmung, der Absorberbeschichtung, der Verbindung zwischen Absorberrohr und Absorberblech sowie der transparenten Abdeckung des Kollektors ergab keine Auffälligkeiten oder Abnormalitäten.

*Conclusion: The optical expertise of insulation, absorber coating, joint between absorber tube and absorber plate as well as the optical expertise of the transparent collector cover did not result in any abnormalities.*

## 11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen

### *Summary of Reliability Tests*

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2001 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods". Die Zuverlässigkeitsprüfungen wurden an einem in Bezug auf die Prüfungsanforderungen baugleichen Kollektor, Typ SFK27 (Artikel Nr. 14314) durchgeführt.

*The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2001 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“. The reliability tests were carried out with a in respect to the test requirements comparable collector type SFK27 (item no. 14314).*

### 11.1 Prüfungen

#### *Tests*

1. Innendruckprüfung des Absorbers <i>Internal pressure for absorber</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit <i>High temperature resistance</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
3. Expositionstest <i>Exposure</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel <i>External shock</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
5. Schneller innerer Temperaturwechsel <i>Internal shock</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
6. Beregnungsprüfung <i>Rain penetration</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
7. Mechanische Belastung <i>Mechanical load test</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
8. Endkontrolle <i>Final inspection</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>

### 11.2 Sicherheit

#### *Safety*

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 202 °C.

*The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup> and an ambient temperature of 30 °C reaches 202 °C.*

### 11.3 Feststellung des Kollektors

#### *Collector identification*

**Installationsanweisung und Kollektorkennzeichnung:** Die dem Prüflaboratorium zur Verfügung gestellte Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2001 Kapitel 7.1 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

**Construction characteristics and collector label:** *The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2001 chapter 7.1 required information (see 1 General Specification).*

## 12 Prüfergebnisse Wärmeleistung

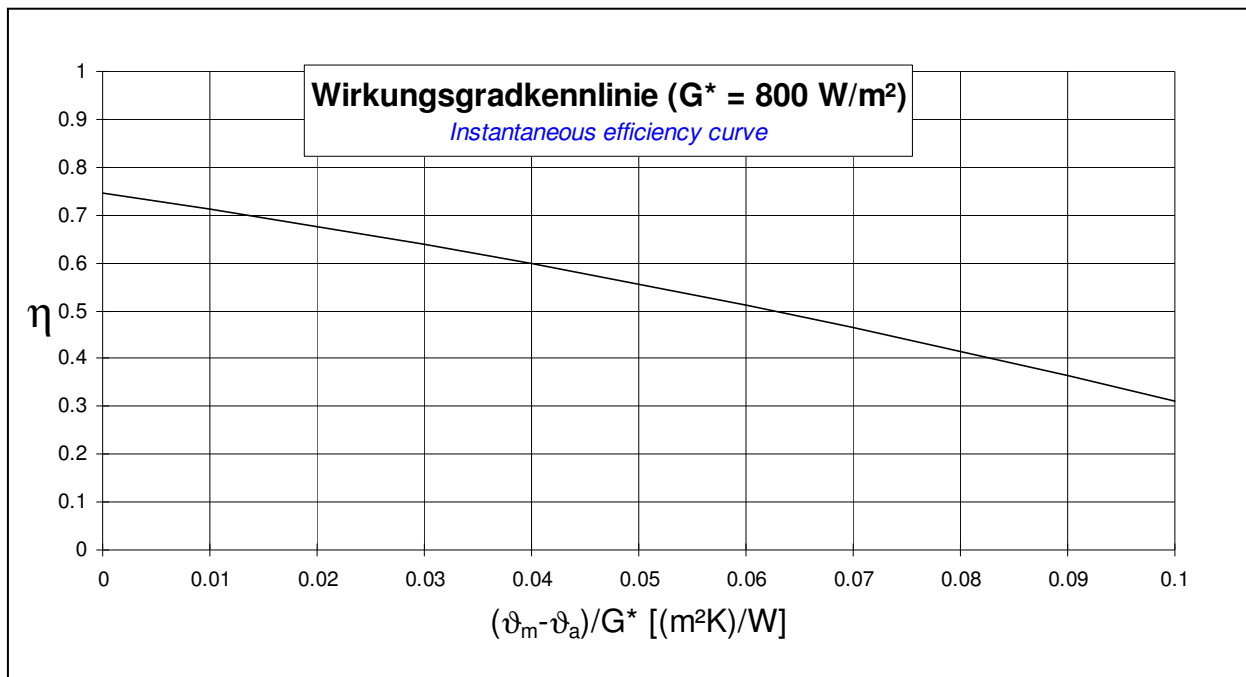
### *Test Results Thermal Performance*

**Bestimmung des Wirkungsgrades:**  
*Determination of efficiency:*

(Bezug: Aperturfläche)  
*(based on aperture area)*

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \cdot \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*}$$

$\eta_0$ [-]	0.746
$a_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	3.232
$a_2$ [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]	0.014
<b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor <math>K_\theta(50^\circ)</math> [-]</b> <i>incidence angle</i>	0.915
<b>flächenbezogene Wärmekapazität <math>c</math> [kJ/(m<sup>2</sup>K)]</b> <i>area related heat capacity</i>	10.280
<b>Volumenstrom [l/(m<sup>2</sup>h)]</b> <i>volume flowrate</i>	233
<b>verwendeter Wärmeträger</b> <i>used heat carrier</i>	Wasser



**Wirkungsgradtabelle ( $G^* = 800 \text{ W/m}^2$ )**  
*Instantaneous efficiency curve*

$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$ [(m <sup>2</sup> K)/W]	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
$\eta$	0.746	0.712	0.677	0.639	0.599	0.556	0.512	0.465	0.416	0.365	0.312

## 13 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

### *Test Occurrences and Operating Behaviour*

keine Auffälligkeiten.  
*nothing particular.*

## 14 Prüfverfahren

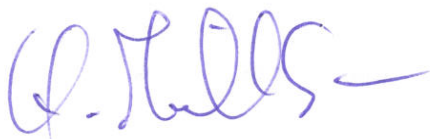
### *Test Methods*

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Innentest nach der EN 12975-2:2001 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet. Die Bestimmung des Einfallswinkelkorrekturfaktors erfolgte im Außentest.

*The indoor test of the collector was carried out under steady state conditions according to EN 12975-2:2001 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods." Water was used as heat transfer fluid. The determination of the incidence angle modifier was carried out in an outdoor test.*

<b>Eingang Prüfling:</b> <i>Arrival of test sample:</i>	22.02.2006
<b>Prüfzeitraum:</b> <i>Test duration:</i>	17.03.2006 – 08.06.2006
<b>Prüfer:</b> <i>Test engineer:</i>	Dipl.-Ing. S. Fischer / M. Wild

Stuttgart, den 26.02.2008



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

## 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> <b><math>\eta_0 = 0.746</math></b>	effektiver Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i> <b><math>a_1 = 3.232 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></b> <b><math>a_2 = 0.014 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)</math></b>				flächenbezogene Wärmekapazität <i>area related heat capacity</i> <b><math>c = 10.280 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})</math></b>				
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>									
<b><math>\theta</math></b>	0	10	20	30	40	50	60	70	90
<b><math>K_{\text{ob}}(\theta)</math></b>	1.000	1.000	0.996	0.986	0.962	0.915	0.831	0.684	0.000

<b>Berechnungsergebnisse</b>			
<i>calculation results</i>			
Standort / <i>location</i>	Hannover	<b>Würzburg</b>	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 Kollektorsertrag <sup>1)</sup> [kWh/(m <sup>2</sup> a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	455	548	598
4	417	502	547
<b>5</b>	384	<b>459</b>	498
6	355	420	452

<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>	
<i>Dachausrichtung:</i> <i>roof orientation:</i>	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad <i>south; tilt angle equal to latitude</i>
<i>Kollektoranbindung:</i> <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>
<i>Speicher:</i> <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 temperatur 15 °C</i> <i>volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C</i> <i>stratification number 100; effective vertical heat conductivity <math>2 \lambda_{\text{water}}</math></i>
<i>Wärmeübertrager:</i> <i>heat:</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];</i> <i><math>(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}</math></i> <i>with <math>A_c</math>: apterure area [m<sup>2</sup>]</i> <i><math>\vartheta_m</math>: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]</i>
<i>Warmwasser- verbrauch:</i> <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);</i> <i>cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C</i> <i>annual consumption: 2936 kWh/a</i>

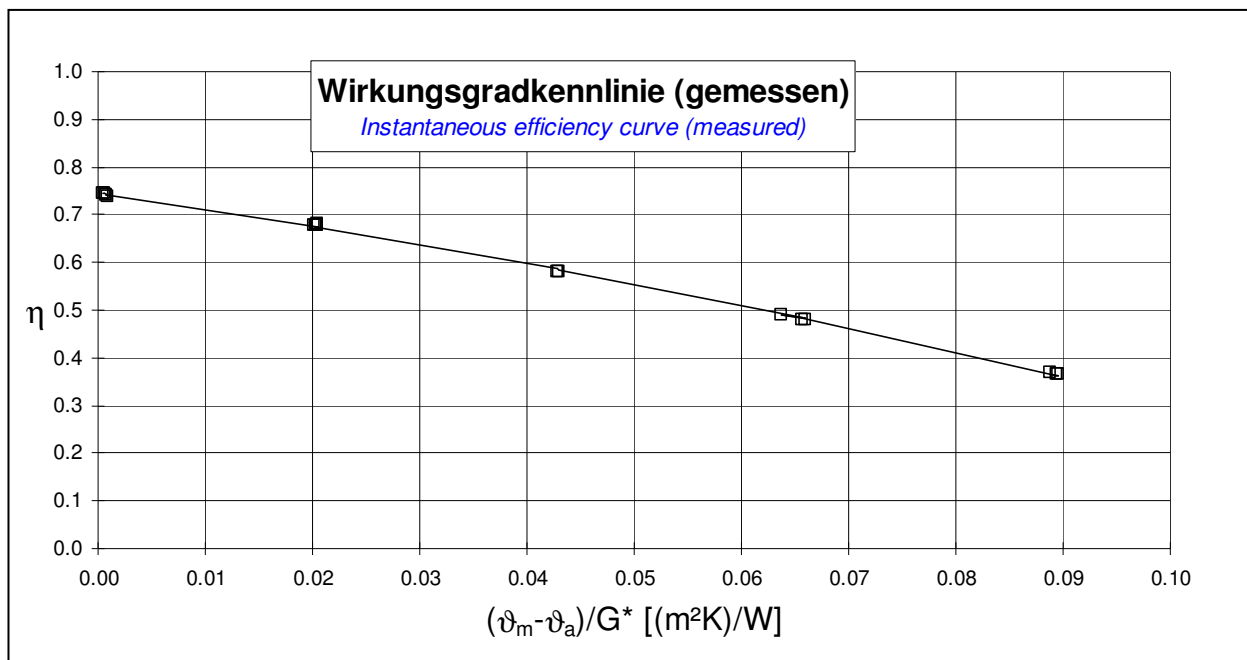
## Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

### *Annex B: Measured Data*

Nr	$G^*$ [W/m <sup>2</sup> ]	$m$ [kg/h]	$\vartheta_{in}$ [°C]	$\vartheta_e$ [°C]	$\vartheta_e - \vartheta_{in}$ [K]	$\vartheta_m$ [°C]	$\vartheta_a$ [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$ [(m <sup>2</sup> K)/W]	$\eta$ [ ]
1	853.34	439.92	22.83	25.17	2.34	24.00	23.54	0.46	0.0005	0.7441
2	853.88	439.76	22.83	25.18	2.35	24.00	23.51	0.50	0.0006	0.7444
3	856.93	434.96	23.10	25.47	2.36	24.29	23.51	0.77	0.0009	0.7388
4	841.71	433.88	23.11	25.44	2.34	24.27	23.59	0.68	0.0008	0.7411
5	840.49	434.51	23.12	25.45	2.33	24.28	23.56	0.72	0.0008	0.7408
6	850.41	441.74	39.93	42.06	2.13	41.00	23.59	17.40	0.0205	0.6803
7	844.95	440.73	39.94	42.05	2.11	40.99	23.72	17.28	0.0204	0.6788
8	854.90	441.53	39.94	42.07	2.13	41.00	23.59	17.41	0.0204	0.6789
9	859.37	444.52	40.03	42.16	2.13	41.09	23.65	17.44	0.0203	0.6773
10	864.20	444.23	40.03	42.17	2.14	41.10	23.68	17.42	0.0202	0.6769
11	850.08	442.00	59.45	61.26	1.81	60.36	23.94	36.42	0.0428	0.5812
12	847.54	441.25	59.47	61.27	1.81	60.37	23.92	36.45	0.0430	0.5811
13	845.11	438.22	79.02	80.52	1.50	79.77	24.10	55.67	0.0659	0.4809
14	873.31	438.66	79.03	80.59	1.57	79.81	24.16	55.65	0.0637	0.4883
15	846.80	438.31	79.03	80.52	1.50	79.77	24.10	55.67	0.0657	0.4812
16	838.37	436.12	98.71	99.84	1.12	99.28	24.36	74.91	0.0894	0.3643
17	837.08	437.04	98.71	99.83	1.12	99.27	24.32	74.95	0.0895	0.3653
18	843.78	437.37	98.72	99.85	1.14	99.28	24.37	74.91	0.0888	0.3677

**Tabelle B.1:** Messwerte

*Table B.1: Measured values*



**Abbildung B.1:** Messpunkte und Regression des Wirkungsgrads über dem Betriebskoeffizienten

*Figure B.1: Measured and calculated efficiency*

## Anhang C: Leistungskurve

### *Annex C: Power curve*

**Bestimmung der Kollektorleistung:**  
*Determination of power per collector unit:*

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

mit / *with*:

Aperturfäche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

$A = 1.91 \text{ m}^2$

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.746$

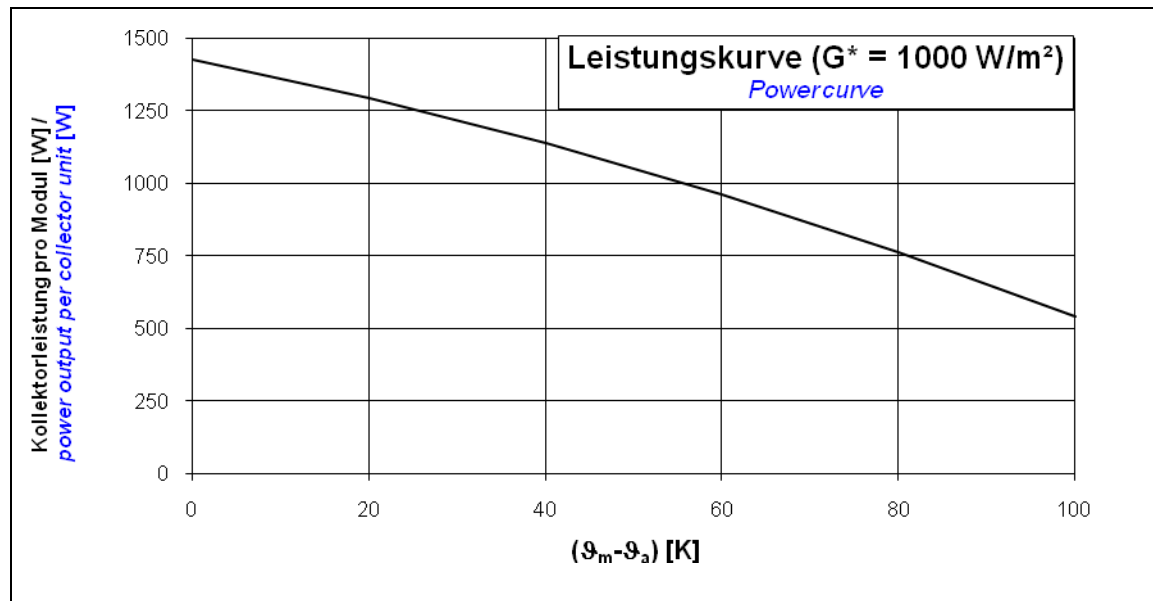
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 3.232 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /  
*temperature depending heat transfer coefficient*

$a_2 = 0.014 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung  $W_{\text{peak}}$  ( $G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ,  $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ) pro Kollektormodul: **1425 W**  
*Peak Power  $W_{\text{peak}}$  ( $G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$ ,  $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ) per collector unit: **1425 W***



**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	570	997	1425
10	506	933	1360
30	361	788	1216
50	194	622	1049

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

## Anhang D: Nomenklatur

### *Annex D: 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>Q̇</b>	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
<b>q̇</b>	[W/m <sup>2</sup> ]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
<b>V̇</b>	[l/h]	Volumenstrom / <i>volume flow</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>