



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.: 10COL934/3OEM16

Test Report No.: 10COL934/3OEM16

Stuttgart, den 22.12.2016

Stuttgart, December 22nd, 2016

Auftraggeber:

client:

THERMIC LTD.

26th Old National Road Athens-Thiva

Mandra Attika 19600

Greece

Hersteller:

manufacturer:

THERMIC LTD.

Typ:

type:

THERMIC DELTA 2.5

Herstelljahr:

year of production:

2010

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung	8
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
3	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	10
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
4	Prüfverfahren	10
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	11
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte	13
	<i>Annex B: Measured Data</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	14
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

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

Hersteller <i>Manufacturer</i>	THERMIC LTD. 26th Old National Road Athens-Thiva Mandra Attika 19600 Greece
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Alkis Metzaliss Tel.: +30 6944 33 55 00 Fax: +30 210 5555668 mailto:alkis.metzalis@thermicsol.com
Typ: <i>type:</i>	THERMIC DELTA 2.5 <i>THERMIC DELTA 2.5</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	keine Angaben <i>not specified</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C934AS <i>C934AS</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2010 <i>2010</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.52 m ² <i>2.52 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	2.31 m ² <i>2.31 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	2.30 m ² <i>2.30 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Länge: <i>length:</i>	2006 mm <i>2006 mm</i>
Breite: <i>width:</i>	1257 mm <i>1257 mm</i>
Höhe: <i>height:</i>	85 mm <i>85 mm</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	38 kg <i>38 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	EPDM + Silikon <i>EPDM + silicon</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach <i>On roof, flat roof</i>

Absorber

Absorber

Material:	Aluminiumblech und Kupferregister
<i>material:</i>	<i>aluminium sheet and copper piping</i>
Verbindung Absorber-Fluidkanäle:	lasergeschweißt
<i>Joint absorber-risers:</i>	<i>laser welded</i>
Dicke:	0.4 mm
<i>thickness:</i>	<i>0.4 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	Mirotherm
<i>surface treatment:</i>	<i>Mirotherm</i>
Absorptionsgrad:	0.95
<i>absorptance:</i>	<i>0.95</i>
Emissionsgrad:	0.05
<i>emittance:</i>	<i>0.05</i>
Wärmeträgerinhalt:	1.9 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.9 litres</i>
Durchströmungsform:	Parallel, Harfe
<i>flow pattern:</i>	<i>Parallel, harp</i>
Abmessungen Absorberrohre:	8 x 0.4 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>8 x 0.4 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	11
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>11</i>
Abstand der Absorberrohre:	100 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>100 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	22 x 0.7 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>22 x 0.7 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	4
<i>number of connections:</i>	<i>4</i>
Ausführung Anschlüsse:	22 mm Kupfer-Rohr
<i>realisation of connections:</i>	<i>22 mm Cu-Tube</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl:	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
Material:	Gehärtetes Solarglas
<i>material:</i>	<i>Tempered solar glass</i>
Hersteller:	Keine Angabe
<i>manufacturer:</i>	<i>not specified</i>
Produktbezeichnung:	Keine Angabe
<i>brand name:</i>	<i>not specified</i>
Transmissionsgrad:	0.91
<i>transmittance:</i>	<i>0.91</i>
Dicke:	4 mm
<i>thickness:</i>	<i>4 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

	Rückseite <i>back side</i>	seitlich <i>sideways</i>
Material: <i>material:</i>	Glass mineral wool <i>Glass mineral wool</i>	Glass mineral wool <i>Glass mineral wool</i>
Hersteller: <i>manufacturer:</i>	Knauf Insulation <i>Knauf Insulation</i>	Knauf Insulation <i>Knauf Insulation</i>
Produktbezeichnung: <i>Product name:</i>	Glass Mineral Wool <i>Glass Mineral Wool</i>	Glass Mineral Wool <i>Glass Mineral Wool</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	0.67 kJ/(kgK) <i>0.67 kJ/(kgK)</i>	0.67 kJ/(kgK) <i>0.67 kJ/(kgK)</i>
Dichte: <i>density:</i>	30 kg/m ³ <i>30 kg/m³</i>	30 kg/m ³ <i>30 kg/m³</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	30 mm <i>30 mm</i>	15 mm <i>15 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	199 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>199 °C (determined by test laboratory)</i>
max. zul. Betriebsdruck: <i>max. operation pressure:</i>	10 bar <i>10 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Antifreeze / water - mixture <i>Antifreeze / water - mixture</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010▪ <i>COLLECTOR ENERGY EVO 2,5m² SA, Drawing Number 001 - Date: 11-01-2010</i>
Datenblätter: <i>technical data sheets:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ ITW Datenblatt Kollektor Energy EVO 2,5m² SA▪ alanod SOLAR, Inspection certificate▪ Qualitäts-Zertifikat Solarglas QING0811100SGZ▪ KNAUF INSULATION, Glass Mineral Wool▪ <i>ITW data sheet collector Energy EVO 2,5m² SA</i>▪ <i>alanod SOLAR, Inspection certificate</i>▪ <i>Quality-certificate solar glass QING0811100SGZ</i>▪ <i>KNAUF INSULATION, Glass Mineral Wool</i>

Kennzeichnung: <i>labelling:</i>	<p>Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben: <i>The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required data:</i></p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><i>ja</i> <i>yes</i></th> <th style="text-align: center;"><i>nein</i> <i>no</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Kollektortyp <i>collector type</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Seriennummer <i>serial number</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Herstellungsjahr <i>year of production</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Brutto-Kollektorfläche <i>gross area of collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Maße des Kollektors <i>dimensions of collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Volumen des Wärmeträgermediums <i>volume of heat transfer fluid</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Leergewicht des Kollektors <i>weight of empty collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Hergestellt in: <i>made in:</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p>Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei und enthält alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben. Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein. <i>The collector label was attached as a specimen and it includes all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2, required information.</i> <i>According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame.</i></p>		<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>	Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kollektortyp <i>collector type</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Seriennummer <i>serial number</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Herstellungsjahr <i>year of production</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Brutto-Kollektorfläche <i>gross area of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maße des Kollektors <i>dimensions of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stagnationstemperatur bei 1000 W/m ² und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volumen des Wärmeträgermediums <i>volume of heat transfer fluid</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Leergewicht des Kollektors <i>weight of empty collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hergestellt in: <i>made in:</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>																																			
Name des Herstellers <i>name of manufacturer</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Kollektortyp <i>collector type</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Seriennummer <i>serial number</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Herstellungsjahr <i>year of production</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Brutto-Kollektorfläche <i>gross area of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Maße des Kollektors <i>dimensions of collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Maximaler Betriebsdruck <i>maximum operation pressure</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Stagnationstemperatur bei 1000 W/m ² und 30°C <i>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Volumen des Wärmeträgermediums <i>volume of heat transfer fluid</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Leergewicht des Kollektors <i>weight of empty collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Hergestellt in: <i>made in:</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
Installationsanweisung: <i>instructor installation manual :</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technical installation manual for the solar System ▪ <i>technical installation manual for the solar System</i> <p>Die Installationsanweisung(en) enthalten folgende nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben: <i>The installer instruction manual(s) contain the following according to EN 12975-1:2006 chapter 7.3 required information:</i></p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><i>ja</i> <i>yes</i></th> <th style="text-align: center;"><i>nein</i> <i>no</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i></td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>	Maße und Gewicht des Kollektors <i>dimensions and weight of the collector</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																														
	<i>ja</i> <i>yes</i>	<i>nein</i> <i>no</i>																																			
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

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp THERMIC DELTA 2.5 mit 4 mm und 3.2 mm dicker Glasscheibe.
The test report is valid for collector type THERMIC DELTA 2.5 as specified above with 4 mm and 3.2 mm thickness of glass pane.

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

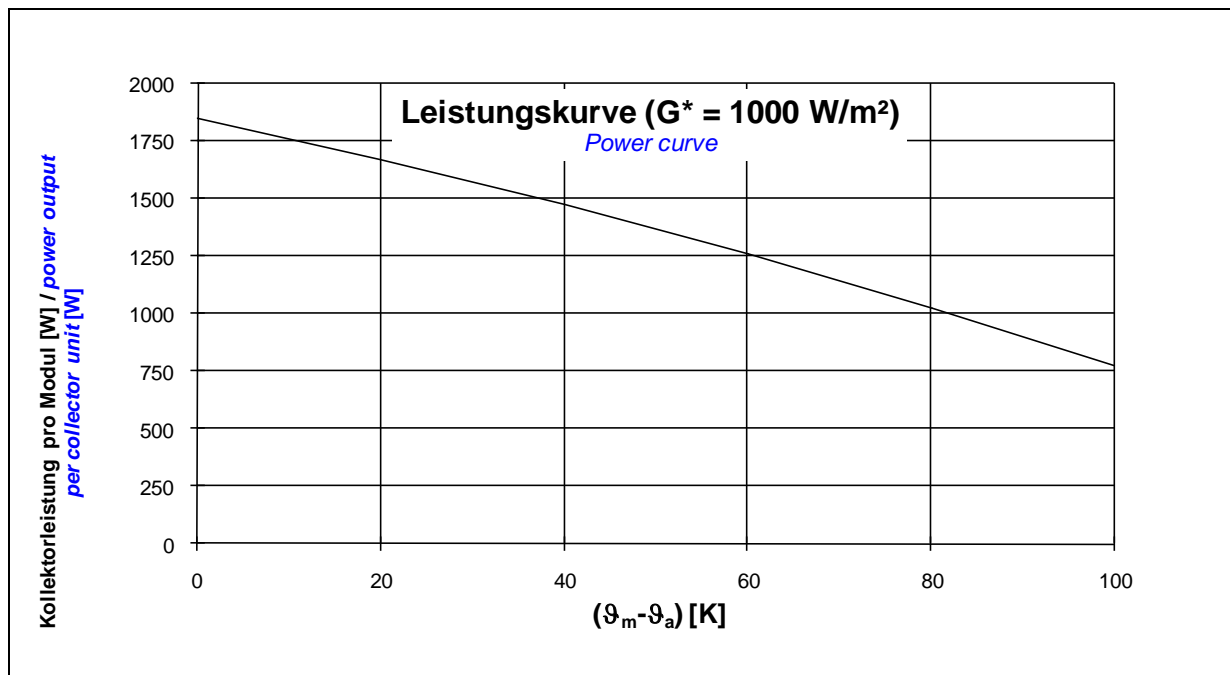
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

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

Konversionsfaktor η_0 [-] <i>conversion factor</i>	0.801
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	3.653
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.010
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-] <i>incidence angle modifier</i>	0.919
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	14.440
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flow rate</i>	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	2.31
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) <i>peak power [$W_{peak}$] per collector unit ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$)</i>	1850



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

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	740	1295	1850
20	562	1117	1672
40	366	921	1476
60	151	706	1261
80	0 ^{*)}	472	1027
100	0 ^{*)}	220	775

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

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

3 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten

nothing particular

4 Prüfverfahren

Test Methods

Die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte im Innentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen.

Die Bestimmung des Konversionsfaktors, des Einfallwinkelkorrekturfaktors und der effektiven Wärmekapazität 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 determination of the heat loss coefficients was carried out indoors under steady state conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods."
The determination of the conversion factor, incident angle modifier and effective heat capacity was carried out outdoors 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: 29.07.2010

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 05.08. – 13.01.2011

Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. C. Zimmermann, M. Wild,

Test engineer: Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

Stuttgart, den 22.12.2016



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>			
$\eta_0 = 0.801$		$a_1 = 3.653 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ $a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				$c = 14.440 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>incidence angle modifier</i>									
θ	0	20	30	40	50	60	70	90	
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.99	0.98	0.96	0.92	0.85	0.72	0	

Berechnungsergebnisse			
<i>calculation results</i>			
Standort / <i>location</i>	Hannover	Würzburg	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m ² a)] <i>radiation</i>	1022	1212	1354
Aperturfläche [m ²] <i>aperture area</i>	Jährlicher Kollektorertrag ¹⁾ [kWh/(m ² a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	475	571	623
4	424	521	567
5	397	473	513
6	366	431	463

¹⁾ Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung	
<i>System data of the ITW reference solar hot water system</i>	
<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, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$, 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 temperature 15 °C</i> <i>volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C</i> <i>stratification number 100; effective vertical heat conductivity $2 \lambda_{\text{water}}$</i>
<i>Wärmeübertrager:</i> <i>heat exchanger:</i>	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K]; $(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c : Aperturfläche [m ²] ϑ_m : Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] <i>immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K];</i> <i>$(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$</i> <i>with A_c: aperture area [m²]</i> <i>ϑ_m: 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 ⁰⁰ : 80 l; 12 ⁰⁰ : 40 l; 19 ⁰⁰ : 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a <i>200 l/day (7⁰⁰: 80 l; 12⁰⁰: 40 l; 19⁰⁰: 80 l);</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

	G^*	m	ϑ_{in}	ϑ_e	$\vartheta_e - \vartheta_{in}$	ϑ_m	ϑ_a	$\vartheta_m - \vartheta_a$	$(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$	η
Nr	[W/m ²]	[kg/h]	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	[(m ² K)/W]	[-]
1	777.51	164.93	20.88	28.31	7.43	24.59	23.09	1.50	0.0019	0.7923
2	773.63	164.98	20.88	28.30	7.43	24.59	23.45	1.14	0.0015	0.7963
3	751.06	164.70	20.89	28.13	7.24	24.51	23.32	1.19	0.0016	0.7977
4	784.04	168.66	38.67	45.21	6.55	41.94	22.92	19.02	0.0243	0.7081
5	788.90	168.76	38.69	45.27	6.58	41.98	23.10	18.88	0.0239	0.7079
6	795.84	168.97	38.74	45.40	6.65	42.07	23.29	18.78	0.0236	0.7102
7	773.47	171.38	57.38	62.87	5.49	60.12	23.59	36.54	0.0472	0.6130
8	770.66	171.28	57.40	62.87	5.47	60.13	23.52	36.62	0.0475	0.6134
9	770.79	171.23	57.41	62.86	5.45	60.13	23.27	36.87	0.0478	0.6105
10	785.52	172.87	76.22	80.77	4.56	78.50	23.80	54.69	0.0696	0.5075
11	784.03	173.26	76.23	80.78	4.54	78.51	23.83	54.67	0.0697	0.5082
12	782.93	172.97	76.24	80.79	4.54	78.52	23.93	54.59	0.0697	0.5082
13	786.94	174.48	94.96	98.49	3.53	96.73	23.96	72.76	0.0925	0.3987
14	788.41	174.17	94.98	98.53	3.55	96.75	24.15	72.60	0.0921	0.3995
15	797.76	174.56	94.99	98.62	3.63	96.81	24.30	72.51	0.0909	0.4048

Tabelle B.1: Messwerte

Table B.1: Measured values

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

A	[m ²]	Aperturfläche / <i>aperture area</i>
a	[(mbar h ²)/l ²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
a₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
a₂	[W/(m ² K ²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
b₀	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / <i>factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance</i>
c	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
c₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
c₂	[W/(m ² K ²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
c₅	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
F'(τα)_{en}	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>conversion factor of the beam irradiance</i>
G*	[W/m ²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>
G_b	[W/m ²]	direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>
G_d	[W/m ²]	diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>
K_θ(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
K_{θb}(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
K_{θd}	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the diffuse solar irradiance</i>
(kA)_{WT}	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers <i>heat transfer capacity of the solar heat exchanger</i>
\dot{m}	[l/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
\dot{Q}	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
\dot{q}	[W/m ²]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
Δp	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
η	[-]	Wirkungsgrad / <i>collector efficiency</i>
η₀	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>conversion factor</i>
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / <i>heat conductivity</i>
ϑ	[°C]	Temperatur / <i>temperature</i>
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke <i>incidence angle of the beam solar irradiance</i>