



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart



Prüfbericht

Wärmeleistung und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance and Durability
of a Solar Collector

nach SRCC Standard 100-08
according to SRCC Standard 100-08

Prüfbericht-Nr.: 10COL941S
Test Report No.: 10COL941S

Stuttgart, den 8. August 2011
Stuttgart, 8.08.2011

Auftraggeber:
Client:

Solimpeks Solar Corp.
Ankara yolu 10. Km Hilal sk. No:20
42300 Karatay Konya
Türkei

Hersteller:
Manufacturer:

Solimpeks Solar Corp.

Typ:
Type:

Wunder CLSF 1808
Wunder CLSF 1808

Herstellungsjahr:
Year of production:

2010
2010

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt3 <i>General specifications determined by test laboratory</i>
2	Eingangsprüfung.....6 <i>Receiving inspection</i>
3	Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition)6 <i>Static pressure test (prior exposure)</i>
4	Expositionstest.....6 <i>Exposure test</i>
5	Schneller äußerer Temperaturwechsel7 <i>Thermal shock / water spray test</i>
6	Schneller innerer Temperaturwechsel.....8 <i>Thermal shock / cold fill test</i>
7	Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)8 <i>Static pressure test (after exposure)</i>
8	Druckverlust.....9 <i>Pressure drop test</i>
9	Kollektorzeitkonstante.....10 <i>Collector time constant</i>
10	Wärmeleistung.....11 <i>Thermal performance test</i>
11	Einfallswinkelkorrekturfaktor12 <i>Incident angle modifier</i>
12	Endkontrolle12 <i>Disassembly and final inspection</i>
13	Prüfverfahren13 <i>Test methods</i>
	Anhang A: Darstellung der Aufgenommenen Messwerte14 <i>Measured Data</i>
	Anhang B: Nomenklatur15 <i>Symbols and Units</i>

1. Allgemeine Angaben vom Prüflabor bestimmt

General Specifications determined by test laboratory

*) Separat gekennzeichnete Angaben sind Herstellerangaben
*) *Separately marked specifications are according to the manufacturer*

Hersteller <i>Manufacturer</i>	Solimpeks Solar Corp. Ankara yolu 10. Km Hilal sk. No:20 42300 Karatay Konya Türkei
Ansprechpartner: <i>Contact person:</i>	Faruk Dag Tel.: +90 332 444 0602 Fax: +90 332 444 0608 E-Mail: info@solimpeks.com
Typ: <i>Type:</i>	Wunder CLSF 1808 <i>Wunder CLSF 1808</i>
Herstellernummer: <i>Serial no.:</i>	100810002 <i>100810002</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>Internal identification of test laboratory:</i>	C941S <i>C941S</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>		
Bruttofläche: <i>Gross area:</i>	1929 mm * 930 mm <i>1929 mm * 930 mm</i>	Fläche: 1.79 m ² <i>Area: 1.79 m²</i>
Aperturfläche: <i>Aperture area:</i>	1867 mm * 870 mm <i>1867 mm * 870 mm</i>	Fläche: 1.62 m ² <i>Area: 1.62 m²</i>
Absorberfläche: <i>Absorber area:</i>	1867 mm * 870 mm <i>1867 mm * 870 mm</i>	Fläche: 1.62 m ² <i>Area: 1.62 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Enclosure</i>		
Bauart: <i>Collector type:</i>	Abgedeckter Flachkollektor für Betrieb mit flüssigem Wärmeträgerfluid <i>Glazed flat plate collector for operation with liquid heat transfer medium</i>	
Gesamtmasse Kollektor ohne Fluid: <i>Dry weight:</i>	34 kg ^{*)} <i>34 kg ^{*)}</i>	
Volumen Wärmeträgerflüssigkeit: <i>Fluid Capacity:</i>	2360 cm ³ ^{*)} <i>2360 cm³ ^{*)}</i>	
Tiefe des Gehäuses: <i>Depth of the collector enclosure:</i>	90 mm <i>90 mm</i>	
Material Gehäuserahmen: <i>Enclosure side material:</i>	Aluminium <i>Aluminium</i>	
Material Rückwand: <i>Enclosure back material:</i>	Aluminium <i>Aluminium</i>	
Gehäuse Konstruktion: <i>Frame fastening methods:</i>	Click-fit Methode ^{*)} <i>click-fit method ^{*)}</i>	

Absorber

Absorber

Material:	Kupfer ^{*)}
<i>Material:</i>	<i>Copper ^{*)}</i>
Absorberbeschichtung:	Tinox ^{*)}
<i>Absorber coating:</i>	<i>Tinox ^{*)}</i>
Prüfdruck:	15 bar
<i>Test Pressure:</i>	<i>15 bar</i>
Durchströmungsform:	Parallel
<i>Flow pattern:</i>	<i>Parallel</i>
Länge * Breite * Dicke:	1868 mm * 884 mm * 0.2 mm
<i>Length * Width * Thickness:</i>	<i>1868 mm * 884 mm * 0.2 mm</i>
Abstand Absorber - transp. Abdeckung:	10 mm
<i>Glazing to absorber air space thickness:</i>	<i>10 mm</i>
Außendurchmesser und Wandstärke Sammlerrohr:	18 x 0.8 mm
<i>Header tube outside diameter and wall thickness:</i>	<i>18 x 0.8 mm</i>
Außendurchmesser und Wandstärke Absorberrohr:	8 x 0.5 mm
<i>Riser tube outside diameter and wall thickness:</i>	<i>8 x 0.5 mm</i>
Länge Absorberrohr zwischen Sammelrohren:	1832 mm
<i>Length of riser tube between headers:</i>	<i>1832 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	8
<i>Number of riser tubes:</i>	<i>8</i>
Abstand der Absorberrohre:	110 mm
<i>Spacing between riser tubes:</i>	<i>110 mm</i>
Verbindung Absorber- und Sammelrohr	Hartgelötet mit Silber und Kupfer ^{*)}
<i>riser tube to header connection method:</i>	<i>soldering silver and copper mixed^{*)}</i>
Verbindung zwischen Absorber und Absorberrohr	Ultraschall geschweißt
<i>Bond between riser and fin / plate:</i>	<i>ultrasonic welded</i>
Min. Dicke Verbindung Absorber Rohr	0 mm (kein zusätzlicher Materialeintrag, da Ultraschall geschweißt)
<i>Minimum thickness of bond material between the fin / plate and the riser tube:</i>	<i>0 mm (no additional material used due to ultrasonic welding)</i>
Breite Verbindung Absorber Rohr:	2 mm
<i>Bond width:</i>	<i>2 mm</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl Abdeckungen: 1
Number of covers: 1

Oberflächen Charakteristik: strukturiert
Surface characteristics: structured

Material: Eisenarmes getempertes Glass
Material: Low iron tempered glass

Länge * Breite * Dicke: 1900 mm * 900 mm * 4 mm
*Length * Width * Thickness:* 1900 mm * 900 mm * 4 mm

Wärmedämmung

Thermal insulation:

	Rückseite <i>Back side</i>	Seitlich <i>Sidwards</i>
Material: <i>Material:</i>	Steinwolle ^{*)} rock wool ^{*)}	Glaswolle ^{*)} glass wool ^{*)}
Hersteller: <i>Manufacturer:</i>	IZOCAM A.S ^{*)} IZOCAM A.S ^{*)}	IZOCAM A.S ^{*)} IZOCAM A.S ^{*)}
Dicke: <i>Thickness:</i>	42 mm 42 mm	24 mm 24 mm

Dichtungen

Sealants:

Dichtung transparente Abdeckung: EPDM ^{*)}
Glazing gasket: EPDM ^{*)}

Dichtung Gehäuse Durchführung: EPDM ^{*)}
Inlet / outlet tube gasket: EPDM ^{*)}

Grenzwerte

Limitations:

Maximale Betriebstemperatur: 203 °C ^{*)}
Max. temperature of operation: 203 °C ^{*)}

sonstige Beschränkungen: -
Other limitations: -

Gültigkeit

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp Wunder CLSF 1808, sowie für die baugleichen Kollektoren Wunder CLSF 2510 und Wunder CLSF 2108.

The test report is valid for collector type Wunder CLSF 1808 as specified above as well as for the collectors Wunder CLSF 2510 and Wunder CLSF 2108, identical in construction.

2. Eingangsprüfung

Receiving inspection

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.2
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.2.

Datum: 10. September 2010
Date: 10.09.2010

Ergebnis: Kollektor unbeschädigt
Conclusion: Collector is not damaged

3. Innendruckprüfung des Absorbers (vor der Exposition)

Static pressure test (prior to exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 10. September 2010
Date: 10.09.2010

Max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>Test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>Test duration</i> [min]
10	15	10

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

4. Expositionstest

Exposure test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.4
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.4

Expositionsdauer: 11.09. - 07.11.2010 (Stuttgart, Deutschland, outdoor)
11.03. - 10.04.2011 (Stuttgart, Deutschland, outdoor) 89 Tage
Duration of exposure: 89 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene <i>Sum of hemispherical irradiation</i> [MJ/m ²]	Anzahl Tage mit mehr als 17 MJ/m ² <i>Number of days with more than 17 MJ/m²</i> [d]	Niederschlagssumme <i>Sum of rainfall</i> [l/m ²]
1135	33	108.8

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.1

5. Schneller äußerer Temperaturwechsel

Thermal shock / water spray test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.5
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.5

1. Prüfung: 22. September 2010
1. Test: 22.09.2010

Volumenstrom <i>Volume flow rate</i>	Fluidtemperatur <i>Fluid temperature</i>	Mittlere Bestrahlungsstärke <i>Mean irradiance</i>	Mittlere Umgebungstemperatur <i>Mean ambient temperature</i>
[l/(m ² min)]	[°C]	[W/m ²]	[°C]
3.7	14	1028	21.5

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

2. Prüfung: 29. Juli 2011
2. Test: 29.07.2011

Volumenstrom <i>Volume flow rate</i>	Fluidtemperatur <i>Fluid temperature</i>	Mittlere Bestrahlungsstärke <i>Mean irradiance</i>	Mittlere Umgebungstemperatur <i>Mean ambient temperature</i>
[l/(m ² min)]	[°C]	[W/m ²]	[°C]
2.2	18	979	25

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

Schneller innerer Temperaturwechsel

Thermal shock / cold fill test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.6
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.6

Datum: 07. April 2011
Date: 07.04.2011

Volumenstrom <i>Volume flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>Fluid temperature</i> [°C]	Mittlere Bestrahlungsstärke <i>Mean irradiance</i> [W/m ²]
4.9	12	1043

Absorbtemperatur Anfang <i>Absorber temperature beginning</i> [°C]	Absorbtemperatur Ende <i>Absorber temperature end</i> [°C]	Mittlere Umgebungstemperatur <i>Mean ambient temperature</i> [°C]
Wurde nicht gemessen <i>Not measured</i>	Wurde nicht gemessen <i>Not measured</i>	25

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

6. Innendruckprüfung des Absorbers (nach der Exposition)

Static pressure test (after exposure)

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.3
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.3.

Datum: 26. Mai 2011
Date: 26.05.2011

Max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>Test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>Test duration</i> [min]
10	15	10

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

7. Druckverlust

Pressure drop test

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.8
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.8

Datum: 26. Mai 2011
 Date: 26.05.2011

Bestimmung des Druckverlusts: <i>Determination of the pressure drop</i>	$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$
a [(mbar h ²)/l ²]	0.00005278
b [(mbar h)/l]	0.01273229

(Wassertemperatur / *water temperature* $\vartheta = 20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$)

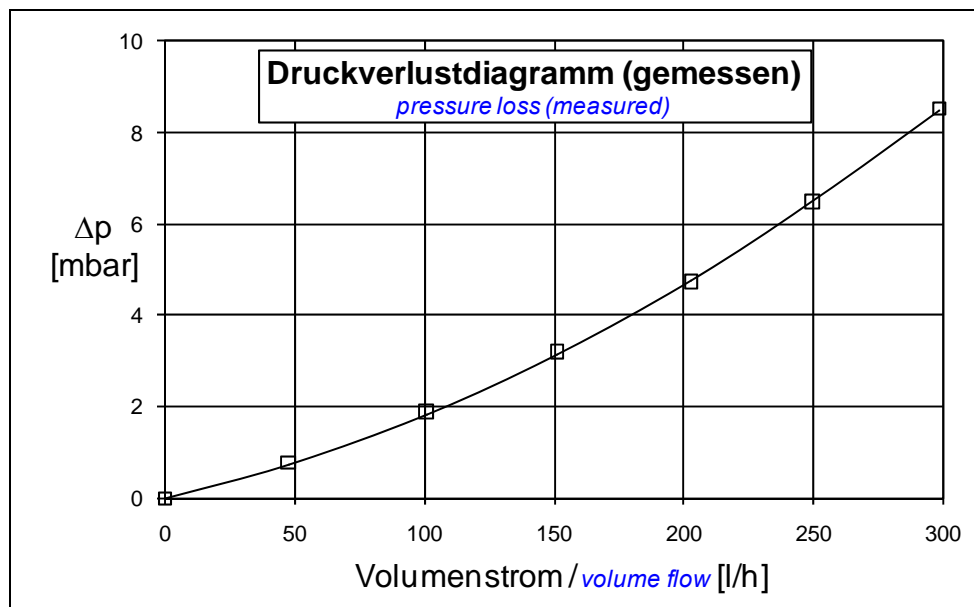


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

Volumenstrom [l/h] <i>Volume flow rate</i>	0.0	48.3	101.3	151.2	202.8	250.4	289.5
Druckverlust [mbar] <i>Pressure drop</i>	0.0	0.8	1.8	3.2	4.7	6.5	8.5

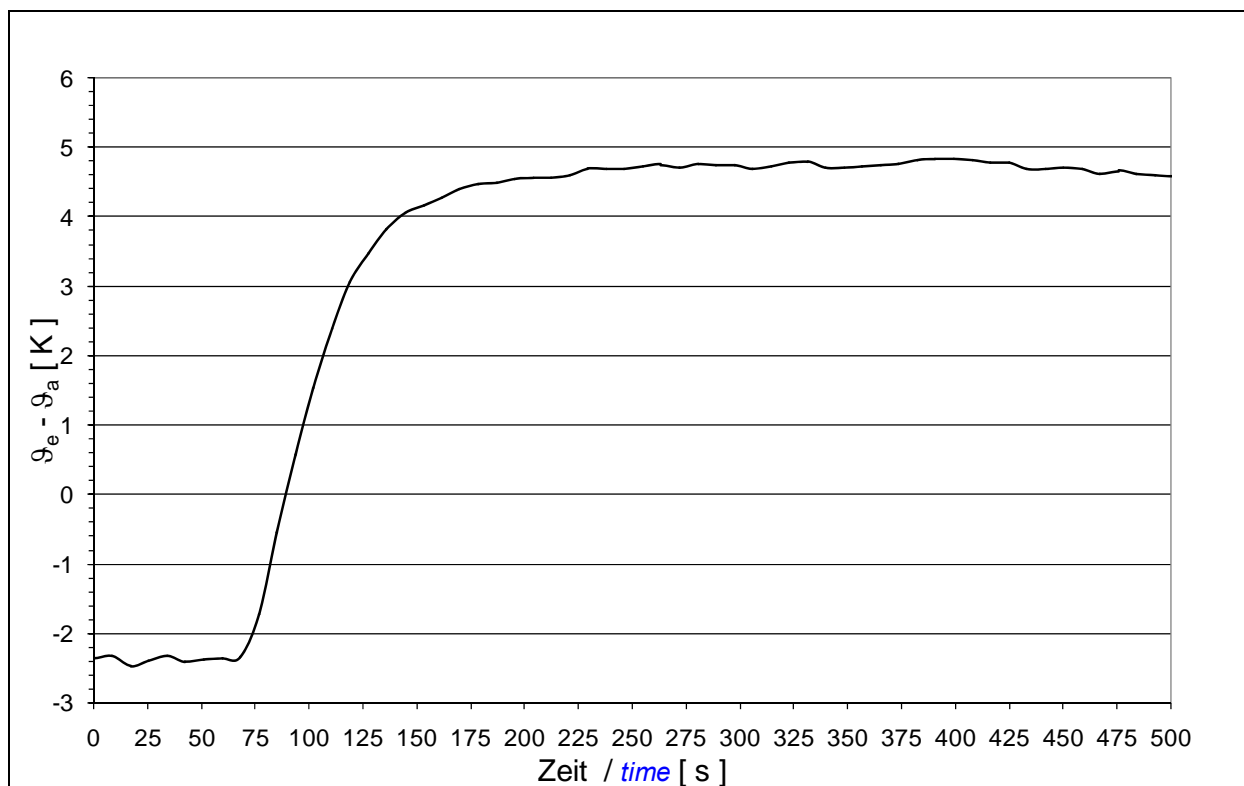
8. Kollektorzeitkonstante

Collector time constant

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.9
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.9

Datum: 30. Mai 2011
Date: 30.05.2011

Volumenstrom [l/(m²h)] <i>Volume flow rate</i>	72
Kollektorzeitkonstante t_c [s] <i>Collector time constant</i>	51



9. Wärmeleistung

Thermal performance test

Bestimmung des Wirkungsgrades bezogen auf die Aperturfläche:
Determination of instantaneous efficiency based on aperture area:

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

Konversionsfaktor η_0 [-]
Conversion factor

0.777

Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)]
Heat transfer coefficient

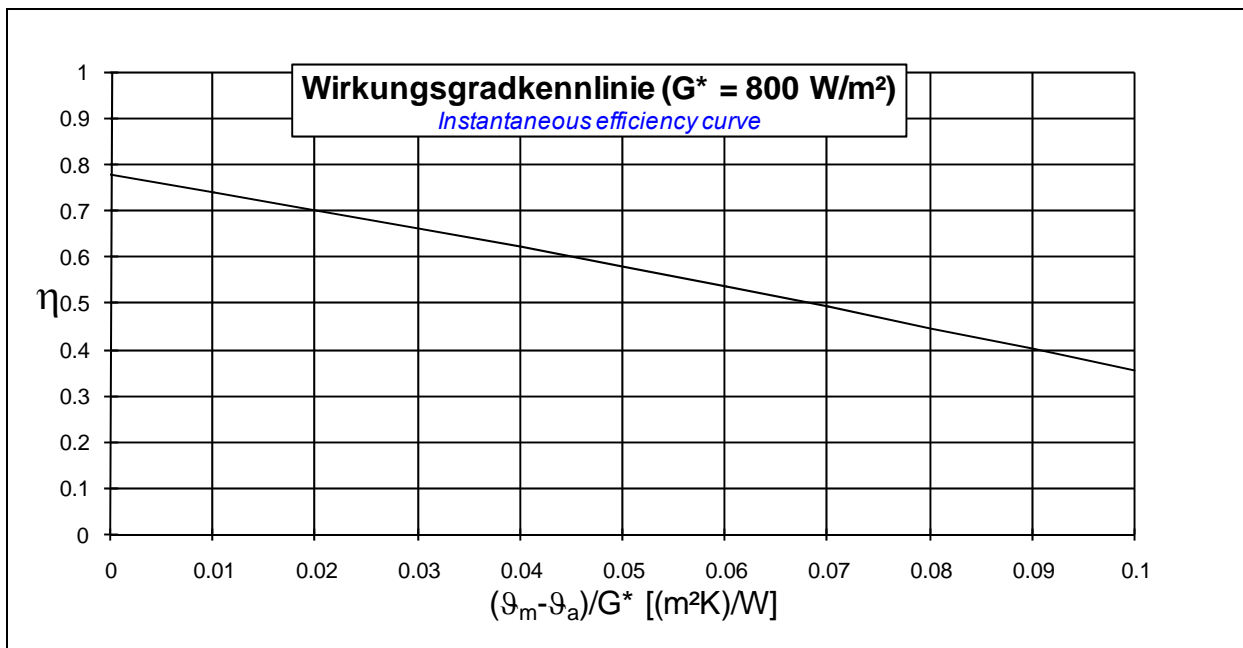
3.678

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)]
Temperature depending heat transfer coefficient

0.007

Volumenstrom [l/(m²h)]
Volume flow rate

72



$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.777	0.740	0.701	0.662	0.621	0.579	0.536	0.492	0.447	0.401	0.353

10. Einfallswinkelkorrekturfaktor

Collector incident angle modifier

Durchführung und Randbedingungen nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.11
Execution and boundary conditions acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 5.11

Datum: 14. – 20. April 2011
 Date: 14. - 20.04.2011

Tabelle der Einfallswinkelkorrekturfaktoren der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Table of the incidence angle modifiers of the hemispherical solar irradiance

Einfallswinkel θ <i>Incident angle θ</i>	0	30	45	60	70
$K_{\theta}(\theta)$:	1.00	0.98	0.94	0.86	0.72

11. Endkontrolle

Disassembly and final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß SRCC Standard 100-08, Kapitel 5.12.

Disassembling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to SRCC Standard 100-08, chapter 5.12.

Datum: 02. August 2011
 Date: 02.08.2011

Kollektor Komponente <i>Collector component</i>	Potenzieller Fehler <i>Potential problem</i>	Ergebnis <i>Evaluation</i>
Gehäuse, Befestigungen <i>Collector box, fasteners</i>	Rissbildung, Krümmung, Korrosion, Wassereintritt <i>Cracking, warping, corrosion, rain penetration</i>	0
Montageset <i>Mountings, structure</i>	Stabilität, Sicherheit <i>Strength, safety</i>	0
Dichtungen <i>Seals, gaskets</i>	Rissbildung, Anhaftungen, Elastizität <i>Cracking, adhesion, elasticity</i>	0
Abdeckung, Reflektor <i>Cover, reflector</i>	Rissbildung, Kratzer, Beulen, Ablösung, Krümmung, ausgasen <i>Cracking, crazing, buckling, delaminating, warping, out gassing</i>	0
Absorberbeschichtung <i>Absorber coating</i>	Rissbildung, Kratzer, Blasenbildung <i>Cracking, crazing, blistering</i>	0
Absorberrohre <i>Absorber tubes and headers</i>	Deformation, Korrosion, Undichtigkeit, Verbindung <i>Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding</i>	1
Absorberbefestigung <i>Absorber mounting</i>	Deformation, Korrosion <i>Deformation, corrosion</i>	0
Wärmedämmung <i>Thermal insulation</i>	Wassereintrag, Ausgasen, Zersetzung <i>Water retention, out gassing, degradation</i>	0

Ergebnis: kein Fehler nach SRCC Standard 100-08, Kapitel 6
Conclusion: no failure acc. to SRCC Standard 100-08, chapter 6

0 – Kein Fehler
0 – No problem

1 – Kleiner Fehler
1 – Minor problem

2 – Erstharter Fehler
2 – Severe problem

* - Untersuchung nicht möglich
** - Inspection not possible*

12. Prüfverfahren

Test methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

The test of the collector was performed according to SRCC Standard 100-08 "Test methods and minimum standard for certifying solar collectors". Water was used as heat transfer fluid.

Die Messdaten zur Ermittlung der Wärmeleistung und der Kollektorzeitkonstante wurden in einem Sonnensimulator ermittelt, die zur Ermittlung des Einfallswinkelkorrekturfaktors (IAM) im Außentest.

The measurements for the determination of the thermal performance and the collector time constant were performed in a solar simulator, the measurements for the incident angle modifier were performed outdoors.

Eingang Prüfling: 10.09.2010

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 10.09.2010 – 02.08.2011

Date of measurements:

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

Persons making measurements: Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy, Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Stuttgart, den 8. August 2011



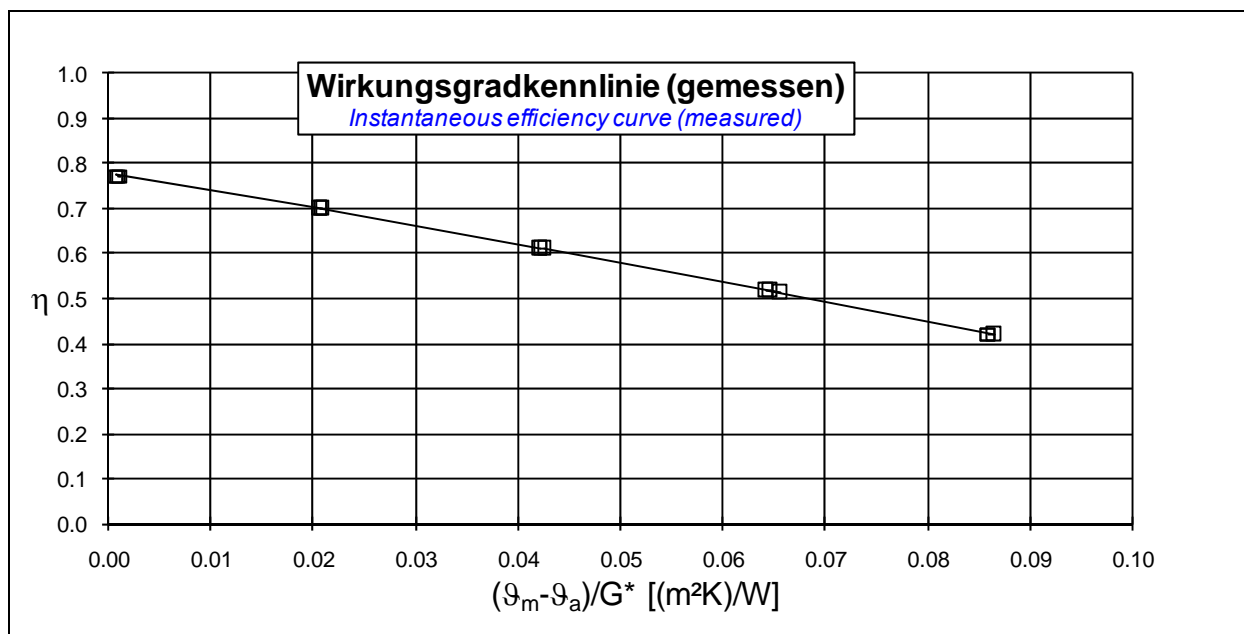
Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Measured Data

Nr	G^* $\left[\frac{W}{m^2}\right]$	\dot{m} $\left[\frac{kg}{h}\right]$	ϑ_{in} [°C]	ϑ_e [°C]	$\vartheta_{in} - \vartheta_e$ [K]	ϑ_m [°C]	ϑ_a [°C]	$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	$\frac{\vartheta_m - \vartheta_a}{G^*}$ $\left[\frac{m^2K}{W}\right]$	η [-]
1	801.93	118.16	23.02	30.34	7.31	26.68	25.87	0.81	0.0010	0.7725
2	798.11	118.26	23.02	30.29	7.28	26.66	25.72	0.93	0.0012	0.7729
3	806.44	118.06	23.05	30.40	7.36	26.72	26.06	0.67	0.0008	0.7721
4	803.87	120.58	38.61	45.11	6.50	41.86	25.08	16.78	0.0208	0.6993
5	808.61	120.73	38.63	45.16	6.53	41.90	25.10	16.80	0.0207	0.6990
6	809.31	120.73	38.67	45.21	6.53	41.94	25.14	16.80	0.0206	0.6991
7	800.98	122.84	56.89	62.44	5.55	59.67	25.71	33.96	0.0422	0.6113
8	805.81	122.76	57.00	62.58	5.58	59.79	25.64	34.15	0.0421	0.6113
9	799.15	122.77	57.01	62.54	5.53	59.77	25.59	34.19	0.0425	0.6108
10	793.97	123.73	75.36	79.93	4.56	77.64	25.29	52.36	0.0656	0.5131
11	803.47	124.02	75.39	80.03	4.63	77.71	25.47	52.24	0.0646	0.5163
12	806.15	123.97	75.41	80.07	4.66	77.74	25.61	52.13	0.0643	0.5177
13	802.04	125.12	93.70	97.41	3.71	95.55	25.79	69.77	0.0865	0.4200
14	806.46	125.14	93.72	97.45	3.74	95.58	25.80	69.78	0.0860	0.4209
15	807.60	124.87	93.72	97.46	3.75	95.59	25.79	69.80	0.0859	0.4209

Tabelle A.1: Messwerte
Table A.1: Measured values



Anhang B: Nomenklatur

Symbols and Units

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>
G*	[W/m ²]	Hemisphärische Bestrahlungsstärke <i>Hemispherical solar irradiance</i>
K_θ(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>Incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
ṁ	[kg/h]	Massenstrom <i>Mass flow rate</i>
Δp	[mbar]	Druckverlust <i>Pressure drop</i>
t_c	[s]	Kollektor Zeitkonstante <i>Collector time constant</i>
V̇	[l/h]	Volumenstrom <i>Volume flow rate</i>
η	[-]	Wirkungsgrad <i>Collector efficiency</i>
η₀	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>Conversion factor</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 hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>Incidence angle of the hemispherical solar irradiance</i>