



Fraunhofer
Institut
Solare Energiesysteme

KTB Nr.: 2008-21-a

Testbericht zur Messung nach EN 12975-1,2:2006

Report of measurement according to EN 12975-1,2:2006

für/*for*: Changzhou Sunpower Solar Water Heater Co. Ltd. , China, Jiangsu

Kollektorbezeichnung/*brand name*:

SPA-H47/1500-20

Ausstellungsdatum/*date of issue*:

9th June 2008

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany

T +49 (0)761-4588-5354

F +49 (0)761-4588-9000

pzts@ise.fraunhofer.de

www.kollektortest.de

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Accredited according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005



Anerkanntes Prüflaboratorium

Registriernummer:

DAP-PL-3926.00



Contents

1	Überblick - <i>Overview</i>	4
1.1	Vorbemerkung - <i>Preliminary remark</i>	4
1.2	Ablauf der Messungen - <i>Schedule of the measurements</i> . . .	4
1.3	Zusammenfassung - <i>Summary statement</i>	5
2	Hersteller/Anbieter - <i>Manufacturer/Provider</i>	6
2.1	Effektive Wärmekapazität - <i>Effective thermal capacity</i>	7
2.2	Winkelkorrekturfaktor - <i>Incidence angle modifier (IAM)</i>	8
3	Leistungsermittlung - <i>Performance measurement</i>	9
3.1	Berechnungsverfahren - <i>Calculation method</i>	9
3.2	Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - <i>Schematic of the testing loop</i>	10
3.3	Leistungsmessung - <i>Measurement of power output</i>	11
4	Beschreibung des Kollektors - <i>Description of the collector</i>	13
5	Fotografie des Kollektors - <i>Photography of the collector</i>	16
6	Dokumentation des Kollektors - <i>Documentation of the collector</i>	17
6.1	Typenschild - <i>Type plate</i>	17
6.2	Installationsanleitung - <i>Installation guidelines</i>	18
6.3	Konstruktionszeichnungen - <i>Constructional drawings</i>	19
7	Innendruckprüfung des Absorbers - <i>Internal pressure test</i>	20
8	Hochtemperaturbeständigkeit - <i>High temperature resistance test</i>	21
9	Expositionsprüfung - <i>Exposure test</i>	22
10	Äußere Temperaturwechselprüfung - <i>External thermal shock tests</i>	28
11	Innere Temperaturwechselprüfung - <i>Internal thermal shock tests</i>	29



12	Prüfung auf eindringendes Regenwasser - <i>Rain penetration test</i>	30
13	Mechanische Belastungsprüfung - <i>Mechanical load test</i>	31
14	Prüfung der Frostbeständigkeit - <i>Freeze resistance test</i>	33
15	Maximale Stagnationstemperatur - <i>max. stagnation temperature</i>	34
16	Endkontrolle - <i>Final inspection</i>	35
17	Anmerkung zum Prüfbericht - <i>Annotation to the test report</i>	36

1 Überblick - *Overview*

1.1 Vorbemerkung - *Preliminary remark*

Die Messungen wurden nach EN 12975-1,2:2006 durchgeführt.
The measurements have been performed according to EN 12975-1,2:2006.

Die Messungen wurden unter Einhaltung der SolarKeymark Scheme Rules (Version 8.0 vom Januar 2003) durchgeführt.
The measurements have been performed in accordance with the SolarKeymark scheme rules (version 8.0 of January 2003)

1.2 Ablauf der Messungen - *Schedule of the measurements*

Position Item	Datum Date	Satus Status
Anlieferung <i>Delivery</i>	08.10.2008	in Ordnung <i>okay</i>
1. Innendruckprüfung des Absorbers <i>1st internal pressure test</i>	20.02.2008	in Ordnung <i>okay</i>
Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung <i>High temperature resistance test</i>	05.05.2008	in Ordnung <i>okay</i>
Expositionsprüfung <i>Exposure test</i>	08.10.07 - 06.05.08	in Ordnung <i>okay</i>
1. Äussere Temperaturwechselprüfung <i>1st external thermal shock test</i>	02.05.08	in Ordnung <i>okay</i>
2. Äussere Temperaturwechselprüfung <i>2nd external thermal shock test</i>	05.05.08	in Ordnung <i>okay</i>
1. Innere Temperaturwechselprüfung <i>1st internal thermal shock test</i>	16.10.07	in Ordnung <i>okay</i>
2. Innere Temperaturwechselprüfung <i>2nd internal thermal shock test</i>	05.12.07	in Ordnung <i>okay</i>
Prüfung auf eindringendes Regenwasser <i>Rain penetration test</i>	17.04.08	in Ordnung <i>okay</i>
Prüfung der Frostbeständigkeit <i>Freeze resistance test</i>		nicht erforderlich <i>not relevant</i>
Mechanische Belastungsprüfung <i>Mechanical load test</i>	15.05.08	in Ordnung <i>okay</i>
Stagnationstemperatur <i>Stagnation temperature</i>		231 °C <i>231 °C</i>

siehe auch nächste Seite
please, see also next page

Position <i>Item</i>	Datum <i>Date</i>	Satus <i>Status</i>
Endkontrolle <i>Final inspection</i>	22.05.08	in Ordnung <i>okay</i>
Dokumentation des Kollektors <i>Documentation of the collector</i>		in Ordnung <i>okay</i>
Leistungsparameter <i>Performance parameters and incidence angle modifier</i>	07.11.07	abgeschlossen <i>done</i>
Effektive thermische Kapazität <i>Effective thermal capacity</i>		abgeschlossen <i>done</i>

1.3 Zusammenfassung - *Summary statement*

Während der Messungen traten keine Komplikationen auf.
No complications occurred while performing the measurements.



2 Hersteller/Anbieter - *Manufacturer/Provider*

Hersteller/Anbieter:
Manufacturer/Provider: Changzhou Sunpower Solar Water Heater Co. Ltd.
69 South Airport Road
Changzhou, Luoxi Town
China, Jiangsu
Tel: +86 (0)519 850 833 11
E-mail: townway@sunpower-solar.com

2.1 Effektive Wärmekapazität - *Effective thermal capacity*

Die Wärmekapazität des Sonnenkollektors wurde nach Kapitel 6.1.6.2 von EN 12975-2:2006 berechnet. Als Wärmeträgermedium wurde ein Wasser/Glykolgemisch im Verhältnis von 2/1 bei 50°C zugrunde gelegt.
The effective thermal capacity of the collector is calculated according to section 6.1.6.2 of EN 12975-2:2006. For the heat transfer fluid a mixture 2/1 of water/propylenglycol at a temperature of 50° C has been chosen.

Effektive thermische Kapazität: <i>Effective thermal capacity:</i>	13.56 kJ/K
Spezifische effektive thermische Kapazität: <i>Specific effective thermal capacity:</i>	10.86kJ/K m ² A _a

2.2 Winkelkorrekturfaktor - *Incidence angle modifier (IAM)*

θ :	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$K_{\theta T}$:	1.00	1.02	1.06	1.15	1.31	1.50	1.50	1.20	0.70	0.00
$K_{\theta L}$:	1.00	1.00	0.99	0.97	0.93	0.93	0.85	0.71	0.46	0.00

Table 3: IAM Werte - *IAM data*

Hinweise - *Annotation:*

Der Winkelkorrekturfaktor ist der Faktor, mit dem die Abhängigkeit der Kollektorleistung vom Einstrahlwinkel der Solarstrahlung berücksichtigt wird.

The IAM is the factor that describes the dependence of the collector output on the incidence angle of the solar radiation.

Der IAM wurde für fett gedruckten Winkel gemessen. Alle anderen Winkel zur Bestimmung des IAM, wie sie in Tabelle 3 angegeben sind wurden berechnet.

The IAM was measured for the bold printed angles. All other angles for the IAM in table 3 were calculated.

3 Leistungsermittlung - *Performance measurement*

3.1 Berechnungsverfahren - *Calculation method*

Die funktionale Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den meteorologischen und den systemtechnischen Betriebsgrößen kann durch folgende mathematische Beziehung dargestellt werden:

The functional dependence of the collector efficiency on the meteorological and system operation values can be represented by the following equation:

$$\eta_{(G,(t_m-t_a))} = \eta_0 - a_{1a} \frac{t_m - t_a}{G} - a_{2a} \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$$

(a = bzgl. der Aperturfläche - *based on aperture area*)

$$t_m = \frac{t_e + t_{in}}{2}$$

mit - *where:*

G = Globalstrahlung in Kollektorebene - *Global irradiation* (W/m²)

t_{in} = Kollektoreinlasstemperatur - *Collector inlet temperature* (°C)

t_e = Kollektorauslasstemperatur - *Collector outlet temperature* (°C)

t_a = Umgebungstemperatur - *Ambient temperature* (°C)

Die Koeffizienten η_0 , a_{1a} und a_{2a} haben folgende Bedeutung:

The coefficients η_0 , a_{1a} and a_{2a} have the following meaning:

η_0 : Wirkungsgrad ohne thermische Verluste, d.h. bei mittlerer Wärmeträgertemperatur gleich Umgebungslufttemperatur:

η_0 : Efficiency without heat losses, which means that the mean collector fluid temperature is equal to the ambient temperature:

$$t_m = t_a$$

Die Koeffizienten a_{1a} und a_{2a} beschreiben den Wärmeverlust des Kollektors. Die auf die Aperturfläche bezogenen thermischen Gesamtverluste des Kollektors werden durch die folgende Gleichung beschrieben:

The coefficients a_{1a} and a_{2a} describe the heat loss of the collector. The temperature dependency of the collector heat loss is described by:

$$a_{1a} + a_{2a} * (t_m - t_a)$$

3.2 Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - *Schematic of the testing loop*

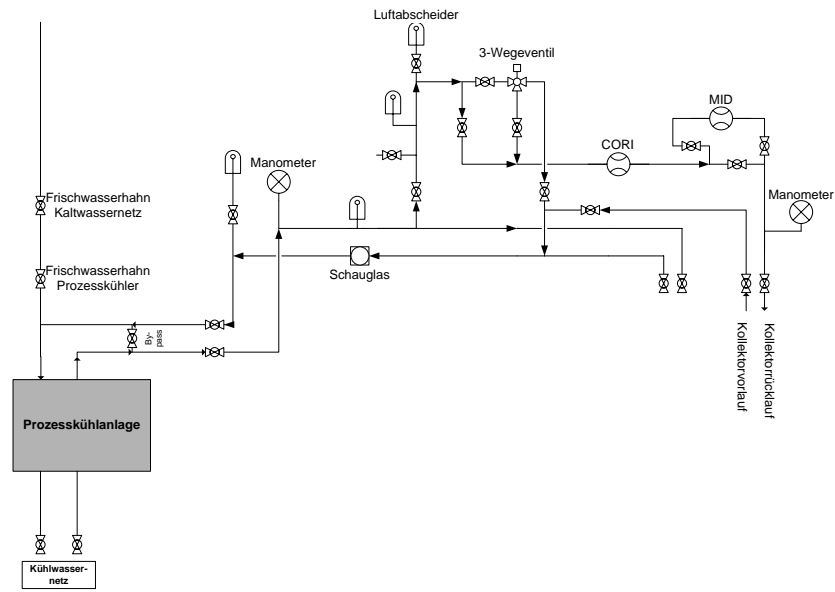


Figure 1: Schematische Darstellung des Prüfkreislaufs - *schematic of the testing loop*

3.3 Leistungsmessung - *Measurement of power output*

Die Wärmeleistung wurde nach folgendem Prüfverfahren geprüft:

The power output measurement has been performed:

Im Raum - Verfahren unter stationären Bedingungen

indoors at stationary conditions

mittlere solare Bestrahlungsstärke <i>mean radiation in the testing area</i>	950
Lampentyp <i>kind of lamps</i>	MHG4000
Schutz vor langwelliger Strahlung <i>filter for long wave radiation</i>	ja <i>yes</i>
Ausrichtung der Absorberröhrchen während der Prüfung <i>orientation of the riser tubes while testing</i>	vertikal <i>vertical</i>

Leistungsparameter - *efficiency parameter*

Die dargestellten Parameter beziehen sich auf folgende Flächen:

The calculated parameters are based on following areas:

aperture area of 1.248 m²: absorber area of 1.058 m²:

$$\eta_{0a} = 0.613$$

$$\eta_{0A} = 0.723$$

$$a_{1a} = 1.3809 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$a_{1A} = 1.629 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$a_{2a} = 0.0094 \text{ W/m}^2\text{K}^2$$

$$a_{2A} = 0.0111 \text{ W/m}^2\text{K}^2$$

Die Berechnung der Standardabweichung wurde gemäß ENV 13025:1999 (GUM) durchgeführt. Basierend auf dieser Berechnung beträgt die Standardunsicherheit der ermittelten Wirkungsgrade 0,02. Die angegebene Unsicherheit ist eine erweiterte Unsicherheit, die auf einer Standardunsicherheit von 0,01 multipliziert mit einem Erweiterungsfaktor k=2 basiert, was ein Vertrauensniveau von ca. 95 % ergibt. (EAL-G23, 08/96 Rev01)

The determination of the standard deviation was performed according to ENV 13025:1999 (GUM). Based on this calculation method the standard uncertainty of measured efficiency values results to 0.02. This uncertainty is an expanded measurement uncertainty. It is calculated using the standard uncertainty of 0.01 multiplied with the expansion factor of k=2. This results in a confidence range of about 95%. (EAL-G23, 08/96 Rev01)

Leistung je Kollektormodul - *power output per collector modul*

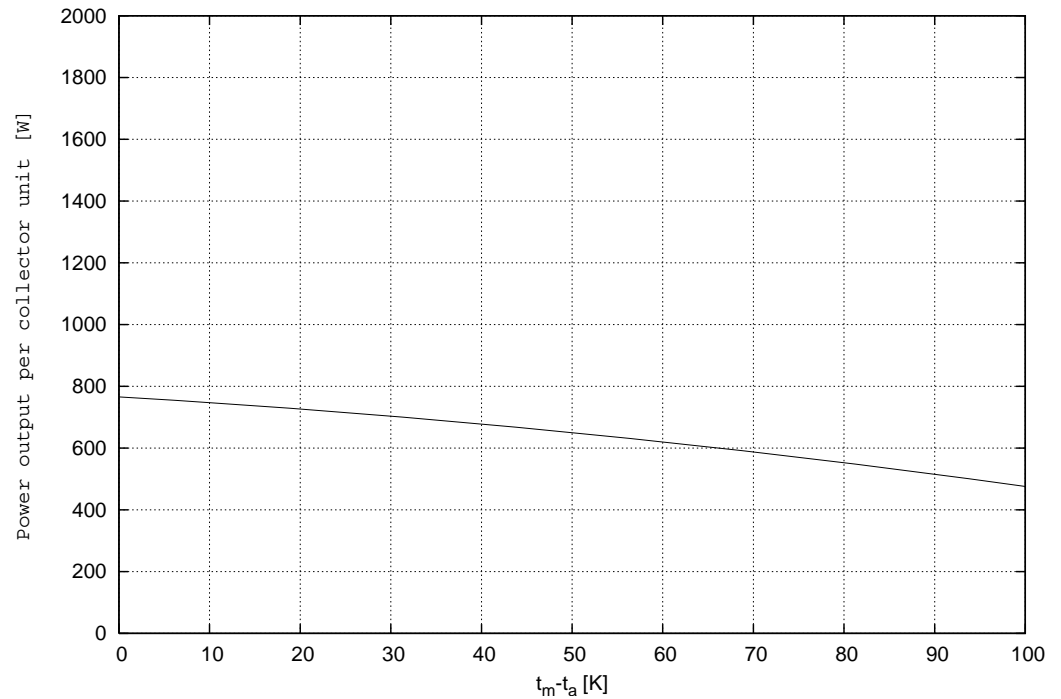


Figure 2: Leistungskurve des Moduls- *power output curve of SPA-H47/1500-20*

$t_m - t_a$ [K]	400 [W/m ²]	700 [W/m ²]	1000 [W/m ²]
0	306	536	765
10	288	517	747
30	244	473	703
50	191	420	650
Spitzenleistung (G = 1000 W/m ²) je Kollektormodul			765
<i>maximum power output per collector modul</i>			

Anmerkung: Die angegebenen Werte gelten für senkrechte Solarstrahlung
Annotaion: The values given are valid for radiation at normal incidence

4 Beschreibung des Kollektors - *Description of the collector*

Allgemeines - Preface	
Kollektortyp <i>Collector technology</i>	Vakuurröhrenkollektor <i>Evacuated tube collector</i>
Absorber - Absorber	
Absorberfläche [L x B] <i>Absorber area [l x w]</i>	1.058 m ²
Werkstoff des Absorbers <i>Material of the absorber</i>	besputterte Glasröhre <i>sputtered glass tube</i>
Stärke der inneren Glasröhre <i>Thickness of the inner glass tube</i>	1.65 mm
Außendurchmesser der Innenröhre <i>Outer diameter of the inner glass tube</i>	37 mm
Absorberbeschichtung <i>Kind of absorber coating</i>	selektive Beschichtung <i>selective coating</i>
Absorptionsgrad, α <i>absorption coefficient</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Emissionsgrad, ε <i>thermal emission coefficient</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Anzahl der Steigrohre <i>Number of riser tubes</i>	20
Hydraulische Anordnung <i>Hydraulic design</i>	heat pipe <i>heat pipe</i>
Abstand zwischen zwei Röhren <i>Distance between two tubes</i>	75 mm*
Außendurchmesser der Steigrohre <i>Outer diameter of riser tubes</i>	8 mm
Innendurchmesser der Steigrohre <i>Thickness of the wall of riser tubes</i>	7.2 mm
Außendurchmesser der Sammelrohre <i>Outer diameter of manifold tube</i>	22 mm
Innendurchmesser der Sammelrohre <i>Thickness of the wall of manifold tubes</i>	19.4 mm
Stärke des Wärmeleitblechs <i>Thickness of the heat contact sheet</i>	0.2 mm
Länge des Wärmeleitblechs <i>Length of the heat contact sheet</i>	340 mm x 4

Abdeckung - Cover	
Aperturfläche [L x B] <i>Aperture area [l x w]</i>	1.248 m ²
Werkstoff der Abdeckung <i>Material of the cover</i>	Glasröhre <i>glas tube</i>
Außendurchmesser Außenröhre <i>Outer diameter of the outer glass tube</i>	47 mm
Stärke der Außenröhre <i>Thickness of the cover tube</i>	1.65 mm
Länge der Außenröhre <i>Length of the outer glass tube</i>	1500 mm
Transmission der Abdeckung <i>Transmission of the cover</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Wärmeträger - Heat transfer fluid	
Typ <i>Type</i>	Wasser/Glycol <i>water/glycole</i>
Spezifikationen (Additive usw.) <i>Specification</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Gehäuse - Casing	
Gehäusewerkstoff <i>Material of the casing</i>	Stahl <i>high-grade steel*</i>
Tiefe <i>Depth</i>	160 mm
Werkstoff der seitlichen Abdeckung <i>Material of the sidewise cover</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Dichtungsmaterial <i>Sealing material</i>	Silikon <i>silicon</i>



Wärmedämmung - <i>Thermal insulation</i>	
Dicke der Wärmedämmung im Sammlerkasten <i>Thickness of the insulation in the header</i>	55 mm front /65 mm back
Material der Wärmedämmung <i>Material of insulation</i>	Glaswolle <i>glas wool</i>
Grenzwerte - <i>Limitations</i>	
Maximale Betriebstemperatur <i>Max. operation temperature</i>	125 °C
Maximaler Betriebsdruck <i>Max. operation pressure</i>	800 kPa
Maximale Windlast <i>Max. wind load</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Empfohlener Anstellwinkel <i>Recommended tilt angle</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Empfohlener Volumenstrom <i>Recommended flow range</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Kollektorbefestigung - <i>Collector mounting</i>	
Flachdach - Aufständering <i>Flat roof - angular rack</i>	+*
Geneigtes Dach - Aufdach <i>Sloped roof - on roof</i>	+*
Geneigtes Dach - Indach <i>Sloped roof - integrated in roof</i>	-*
Fassade <i>Facade</i>	-*

* = Herstellerangabe - *manufacturers specification*

5 Fotografie des Kollektors - *Photography of the collector*

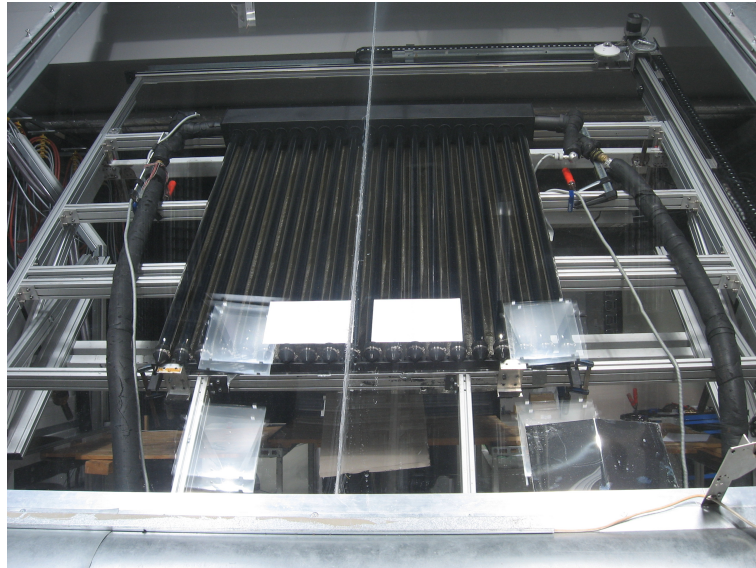


Figure 3: Foto des Kollektors SPA-H47/1500-20 - *Photography of the collector SPA-H47/1500-20*

6 Dokumentation des Kollektors - *Documentation of the collector*

6.1 Typenschild - *Type plate*

Hinweis: Das Typenschild des Kollektors wurde auf Übereinstimmung mit den nach EN 12975-1, Kap 7.2 geforderten Angaben überprüft.

Annotation: The type plate of the collector was checked for conformity with the requirements given in EN 12975-1, Chap. 7.2.

Position Item	Angabe Specification	Status Status
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Changzhou Sunpower Solar Water Heater co. ltd.	+
Kollektorbezeichnung <i>Brand name</i>		-
Seriennummer <i>Serial number</i>		+
Herstellungsjahr <i>Year of production</i>	2007	+
Bruttofläche [L x B] <i>Cross area [l x w]</i>		-
max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i>	6 kPa	+
Stagnationstemperatur bei <i>Stagnation temperature at</i> $G_{glob} = 1000W/m^2,$ $t_{amb} = 30\text{ °C}$	250 °C	231 °C
Absorbervolumen <i>Volume of absorber</i>	0.01 l	-
Leergewicht <i>Weight (empty)</i>	60 kg	47 kg
Hergestellt in <i>Made in</i>	China	+

6.2 Installationsanleitung - *Installation guidelines*

Hinweis: Die Installationsanleitung des Kollektors wurde auf Übereinstimmung mit den nach EN 12975-1, Kap 7.3 geforderten Angaben überprüft.

Annotation: The installation guidelines were checked for conformity with the requirements given in EN 12975-1, Chap. 7.3.

Position Item	Status Status
Maße und Gewicht des Kollektors <i>Dimensions and weight of the collector</i>	-
Beschreibung des Montageverfahrens <i>Description of mounting</i>	-
Empfehlung zum Blitzschutz <i>Recommendation on lightning protection</i>	-
Anweisung zur Verbindung der Kollektoren untereinander und für den Anschluss eines Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf, sowie die Maße für Rohranschlüsse bei Kollektorguppen bis $20m^2$ <i>Instructions about the coupling of the collectors to one another and the connection of the collector field to the heat transfer circuit, including dimensions of pipe connections for collector arrays up to $20 m^2$</i>	-
Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien, sowie Vorsichtsmaßnahmen beim Füllen, Betrieb und Wartung <i>Recommendations about the heat transfer media which may be used and precautions to be taken during filling, operation and service</i>	-
Max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i>	-
Druckabfall <i>Pressure losses</i>	-
Max. und min. Neigungswinkel <i>Max. and min. mounting angle</i>	-
Max. Wind und Schneelast <i>Max. wind or snow load</i>	-
Wartungsanforderungen <i>Requirements for maintainance</i>	-



6.3 Konstruktionszeichnungen - *Constructional drawings*

Position <i>Item</i>	Status <i>Status</i>
Zeichnungsnummern <i>Number of constructional drawings</i>	-

Hinweis:

Es lagen keinerlei Dokumentationen zum Kollektor vor.
Die gesamte Dokumentation des Kollektors ist dem
Verbraucher in seiner Landessprache zur Verfügung zustellen.

Annotation:

*Not any documentation on the collector was available.
Documentation concerning personal safety, maintenance and
handling of the product shall be made available to the customer in his
national language*

7 Innendruckprüfung des Absorbers - *Internal pressure test*

Max. Betriebsdruck: <i>Max. pressure:</i>	800 kPa
Prüftemperatur: <i>Testing temperature:</i>	10 °C
Prüfdruck: <i>Testing pressure:</i>	1200 kPa (1,5-facher max. Druck) <i>(1.5 times max. pressure)</i>
Prüfzeitdauer: <i>Testing duration:</i>	15 min

Ergebnis - *Result:*

Während und nach dem Test konnten keine Undichtigkeiten Ausbauchungen, Verbiegungen oder sonstige Schäden festgestellt werden.

During and after the test no leakage, swelling or distortion was observed or measured.

8 Hochtemperaturbeständigkeit - *High temperature resistance test*

Testmethode: <i>Method:</i>	Außenprüfung <i>Outdoor testing</i>
Kollektoranstellwinkel: <i>Collector tilt angle:</i>	45°
Mittlere Einstrahlung: <i>Average irradiance during test:</i>	1032 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur: <i>Average ambient air temperature:</i>	23 °C
Mittlere Windgeschwindigkeit: <i>Average ambient air speed:</i>	< 0,5 m/s
Mittlere Absorbtemperatur: <i>Average absorber temperature:</i>	193 °C
Dauer der Prüfung: <i>Duration of test:</i>	1 h

Ergebnis - *Result:*

Am Kollektor konnten keine besonderen Alterungserscheinungen, Verwerfungen, Ausgasungen oder unzulässige Formänderungen festgestellt werden.

No degradation, distortion, shrinkage or outgassing was observed or measured at the collector.

9 Expositionsprüfung - *Exposure test*

Der Kollektoranstellwinkel war 45° , die Kollektorausrichtung Süden.
Tabelle 9 zeigt die Daten aller Testtage der Expositionsprüfung.
The collector tilt angle was 45° facing south. Table 9 shows all test days of the exposure test.

Ergebnis - *Result:*

Die Anzahl der Testtage, an denen die Einstrahlungssumme größer $14 \text{ MJ/m}^2\text{d}$ gemessen wurde, waren 65 Tage. Die Summe der Zeitabschnitte, bei denen die Einstrahlung G höher als 850 W/m^2 und die Umgebungstemperatur t_a über 10°C lag, waren 101.1 Stunden.
The number of days when the daily global irradiance was more than $14 \text{ MJ/m}^2\text{d}$ was 65. The periods when the global irradiance G was higher than 850 W/m^2 and the surrounding air temperature t_a was higher than 10°C was 101.1 h.

Die Bewertung findet in Kapitel 16 "Endkontrolle" statt.
The evaluation is described in the chapter 16 "Final inspection".

<i>H:</i>	Tägliche Einstrahlungssumme <i>Sum of daily global irradiation</i>
<i>gültiger Abschnitt:</i>	Abschnitt, wenn die Einstrahlung G höher als 850 W/m^2 und die Umgebungslufttemperatur t_a höher als 10°C war
<i>valid period:</i>	<i>Periods when the global irradiance G is higher than 850 W/m^2 and the ambient air temperature t_a is higher than 10°C</i>
<i>t_a:</i>	Umgebungslufttemperatur <i>Surrounding air temperature</i>
<i>Regen:</i>	Tägliche Regenmenge [mm]
<i>rain:</i>	<i>Daily rain [mm]</i>

Date	H [MJ/m ²]	valid period [h]	t _a [°C]	rain [mm]
20071008	21.2	2.8	12.4	0
20071009	17.8	2.1	11.7	0
20071010	14.4	0.7	13	0
20071011	16.7	1.8	10.2	0
20071012	14.1	0	11	0
20071013	22.1	2.8	13.3	0
20071014	22.2	2.9	10.8	0
20071015	22.2	2.7	13.4	0
20071016	20.9	2	15.6	0
20071016	20.9	2	15.6	0
20071017	13.5	1	16.4	0
20071018	10.9	1	9.7	0
20071019	5.8	0	6	0
20071020	21.7	0	4.8	0
20071021	5.4	0	3.4	0
20071022	10.9	0	4.4	0



20071023	12	0	5.7	0
20071024	12.4	0	7.3	0
20071025	5	0	8.9	0
20071026	8.2	0	9	0
20071027	2.1	0	9	0
20071028	8	0	7.6	0
20071029	14.9	0	9.6	0
20071030	2	0	9.1	0
20071031	19.8	0	5.2	0
20071101	3.4	0	2.7	0
20071102	8.8	0	4.9	0
20071103	13.7	0.7	9	0
20071104	9.7	0.8	10.2	0
20071105	19.5	1.3	6.8	0
20071106	2	0	6.5	0
20071107	2.7	0	6.4	0
20071108	4.9	0	8.5	0
20071109	1.1	0	5.5	0
20071110	0.6	0	4.1	0
20071111	1.1	0	8.1	0
20071112	7.4	0	4.6	0
20071113	8.9	0	3.9	0
20071114	1.2	0	2.3	0
20071115	1.4	0	-0.1	4.7
20071116	15.1	0	-0.5	0
20071117	11.8	0	-0.3	0
20071118	2.9	0	-0.6	0
20071119	2.7	0	0.3	0
20071120	4.2	0	2.8	0
20071121	2.9	0	6.5	0
20071122	2.1	0	9.4	0
20071123	0.7	0	8.3	0
20071124	0.8	0	4.5	0
20071125	1.1	0	4.3	0
20071126	3.2	0	4.9	0
20071127	9.7	0	4	0
20071128	16.1	0	0.7	0
20071129	3.3	0	0.4	0
20071130	2.7	0	7.7	0
20071201	0.7	0	8.8	0
20071202	1	0	9.6	0
20071203	3.6	0	7.9	0
20071204	3.2	0	6.8	0
20071205	15.4	0	10.7	0
20071206	3.3	0	9.9	0



20071207	0.9	0	10.9	0
20071208	7.5	0	6	0
20071209	4.1	0	8.9	0
20071210	1	0	6.6	0
20071211	0.4	0	4.1	0
20071212	0.6	0	3.5	0
20071213	2.7	0	4.4	0
20071214	10.1	0	0.6	0
20071215	14.8	0	-0.1	0
20071216	5	0	-1.4	0
20071217	5.8	0	-0.4	0
20071218	8.7	0	-4.3	0
20071219	14	0	-3.5	0
20071220	10.7	0	-3.8	0
20071221	9.9	0	-4.2	0
20071222	8.2	0	-5.4	0
20071223	4.4	0	-6.4	0
20071224	3.9	0	-6.8	0
20071225	2.9	0	-7.1	0
20071226	0.5	0	-2.5	0
20071227	3.7	0	-0.6	0
20071228	3.4	0	-1.2	0
20071229	11.2	0	5.3	0
20071230	1.5	0	4.8	0
20071231	2.5	0	2	0
20080101	1.3	0	0.2	0
20080102	10.2	0	-2.3	0
20080103	3.4	0	-1	0
20080104	1.1	0	-1.1	0
20080105	0.7	0	8	0
20080106	10.8	0	7.6	0
20080107	10.6	1.1	10	0
20080108	13.1	0	6.2	0
20080109	1.5	0	8.2	0
20080110	9.3	0.2	10.3	0
20080111	7.7	0.2	12.2	0
20080112	1	0	5.7	0
20080113	16.7	0	2.5	0
20080114	3.2	0	4	0
20080115	8.2	0	9.3	0
20080116	8.8	0	8.9	0
20080117	7.2	0	7.8	0
20080118	3.6	0	9.7	0
20080119	8.5	1.4	12.4	0
20080120	4.2	0	10.9	0



20080121	8.7	0	8.1	0
20080122	3.4	0	6.8	0
20080123	18.7	0	2.7	0
20080124	13.9	0	4	0
20080125	13.3	0	5.4	0
20080126	14	0	1.3	0
20080127	5.5	0	5.2	0
20080128	16.9	0	4	0
20080129	13	0	2.2	0
20080130	1.1	0	2.8	0
20080131	8	0	1.7	0
20080201	1.1	0	8	0
20080202	14.5	0	3.4	0
20080203	20.2	0	0.6	0
20080204	2.1	0	4	0
20080205	2.4	0	7.1	0
20080206	4.9	0	10.4	0
20080207	20.4	0	6.2	0
20080208	20.7	0	2.9	0
20080209	20.3	0	3.3	0
20080210	19.6	0	3.6	0
20080211	20	0	5.1	0
20080212	16.9	0	4.1	0
20080213	19.1	0	2.1	0
20080214	16.8	0	-0.7	0
20080215	4	0	0.5	0
20080216	23.3	0	2.3	0
20080217	23.3	0	0	0
20080218	22.8	0	2	0
20080219	22.4	0	3	0
20080220	5.9	0	5.6	0
20080221	4.5	0	9	0
20080222	8.5	0	10.7	0
20080223	20	1.6	11.9	0
20080224	23.5	3.4	11.7	0
20080225	14.1	0	12.4	0
20080226	8.7	0	11.5	0
20080227	9.7	1	9.3	0
20080228	12.8	0	7.5	0
20080229	2.7	0	11.9	0
20080301	7.5	0.5	12.1	0
20080302	2.2	0	10.7	0
20080303	6.9	0.7	9.1	0
20080304	3.8	0	2.7	0
20080305	17.7	0	0.9	0



20080306	25	0	0.8	0
20080307	12.2	0	3.1	0
20080308	5.1	0	5.9	0
20080309	16.5	0	8.4	0
20080310	5.7	0	9.4	0
20080311	11	0.9	8.8	0
20080312	7.6	0.9	11	0
20080313	3.3	0	8.1	0
20080314	3.8	0	11.5	0
20080315	18	1.4	12.9	0
20080316	8	0	10.9	0
20080317	3	0	6.7	0
20080318	19.8	0	4.2	0
20080319	12.4	0	1.7	0
20080320	9.8	0	3	0
20080321	1.9	0	3.5	0
20080322	6.5	0	3.2	0
20080323	4.3	0	0.7	0
20080324	9.7	0	-0.1	0
20080325	9.2	0	1.1	0
20080326	6.3	0	4.6	0
20080327	7.2	0	5.4	0
20080328	24.3	3.1	8.2	0
20080329	25.6	4	10.2	0
20080330	23.6	3.5	13.5	0
20080331	10.3	0.5	10	0
200080401	23.4	4.3	11.5	0
200080402	6.2	0	11	0
200080403	6	0	7.9	0
200080404	9.2	0	7.6	0
200080405	12.4	1.3	9.6	0
200080406	9	0	5.5	0
200080407	7.2	0	2.9	0
200080408	5	0	2.1	0
200080409	5.1	0	5.9	9
200080410	2.8	0	7	11.9
200080411	6.4	0	8.2	16.4
200080412	21.5	2.1	10.2	0
200080413	24.5	3.6	11.9	0
200080414	9.8	0	8.4	5
200080415	6.7	0	5.9	4.2
200080416	15.9	0	5.2	2.1
200080417	20.7	1.8	6.1	0.8
200080418	20.9	3.5	10.6	0.3
200080419	14.4	1.4	11.9	8.1



20080420	11.8	0	10.1	0
20080421	3.9	0	9.9	12.7
20080422	0.8	0	9.6	35.4
20080423	6.7	0	12	1.8
20080424	17.8	2	14.7	0.1
20080425	13.5	0.5	13.6	0.1
20080426	27.7	4.6	14	0
20080427	24.2	2.6	17.1	0
20080428	9.2	0	15.3	1.4
20080429	26.5	4.1	12.8	1.4
20080430	7.2	0	10.7	2
20080501	25.8	3.4	13.3	0
20080502	20.6	2.2	14.9	0
20080503	24.3	2.4	16	0
20080504	26.8	3.5	17	0
20080505	28.4	4.5	18.2	0
20080506	27.8	4.2	19.3	0

10 Äußere Temperaturwechselprüfung - *External thermal shock tests*

Prüfbedingungen: <i>Test conditions:</i>	1. Test <i>1st test</i>	2. Test <i>2nd test</i>
Außenprüfung: <i>Outdoors:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
Prüfung kombiniert mit Expositionsprüfung: <i>Combined with exposure test:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
Prüfung kombiniert mit Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung: <i>Combined with high temperatur resistance test:</i>	nein <i>no</i>	nein <i>no</i>
Neigungswinkel des Kollektors: <i>Collector tilt angle:</i>	45°	45°
Mittlere Bestrahlungsstärke während der Prüfung: <i>Average irradiance:</i>	1083 W/m ²	1045 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur während der Prüfung: <i>Average ambient air temperature:</i>	19 °C	22 °C
Zeitdauer, während der vor dem äußeren Temperaturwechsel stationäre Bedingungen eingehalten wurden: <i>Period during which the required operating conditions were met prior to external thermal shock:</i>	1 h	1 h
Volumendurchfluss des Sprühwassers: <i>Flowrate of spraying water:</i>	0,05 l/m ² s	0,05 l/m ² s
Temperatur des Sprühwassers: <i>Temperature of spraying water:</i>	14 °C	14 °C
Sprühdauer: <i>Duration of spraying water:</i>	15 min	15min
Absorbtemperatur unmittelbar vor dem Besprühen: <i>Absorber temperature immediately prior to spraying water:</i>	193 °C	192 °C

Ergebnis - *Result:*

Während oder nach den Prüfungen konnten keinerlei Risse
Verdrehungen, Kondensation oder eindringendes Regenwasser
festgestellt werden.

*No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed
or measured at the collector.*

11 Innere Temperaturwechselprüfung - *Internal thermal shock tests*

Prüfbedingungen <i>Test conditions</i>	1. Test <i>1st test</i>	2. Test <i>2nd test</i>
Außenprüfung: <i>Outdoors:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
Prüfung kombiniert mit Expositionsprüfung: <i>Test combined with exposure test:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
Prüfung kombiniert mit Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung: <i>Test combined with high temperature resistance test:</i>	nein <i>no</i>	nein <i>no</i>
Neigungswinkel des Kollektors: <i>Collector tilt angle:</i>	45°	45°
Mittlere Bestrahlungsstärke während der Prüfung: <i>Average irradiance during test:</i>	904 W/m ²	906 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur während der Prüfung: <i>Average ambient air temperature during test:</i>	21 °C	12 °C
Zeitdauer, während der vor dem inneren Temperaturwechsel stationäre Bedingungen eingehalten wurden: <i>Period during which the required operating conditions were maintained prior to internal thermal shock:</i>	1 h	1 h
Massendurchfluss des Wärmeträgerfluids: <i>Flowrate of heat transfer fluid:</i>	0,02 kg/m ² s	0,02 kg/m ² s
Temperatur des Wärmeträgerfluids: <i>Temperature of heat transfer fluid:</i>	14 °C	14 °C
Strömungsdauer des Wärmeträgerfluids: <i>Duration of heat transfer fluid flow:</i>	5 min	5 min
Absorbertemperatur unmittelbar vor dem Durchfluss des Wärmeträgerfluids: <i>Absorber temperature immediately prior to heat transfer fluid flow:</i>	202 °C	194 °C

Ergebnis - *Result:*

Während oder nach den Prüfungen konnte keinerlei Rissbildung, Verdrehung oder Verformung festgestellt werden.
No cracking, distortion or condensation was observed or measured at the collector.



12 Prüfung auf eindringendes Regenwasser - *Rain penetration test*

Kollektor befestigt auf: <i>Collector mounted on:</i>	offenem Rahmen <i>Open frame</i>
Zum Warmhalten des Absorbers angewandetes Verfahren: <i>Method to keep the absorber warm:</i>	Exposition des Kollektors unter Sonnenstrahlung <i>Exposure of collector to solar radiation</i>
Volumendurchfluss des Sprühwassers: <i>Flowrate of water spray:</i>	0,05 l/m ² s
Sprühdauer: <i>Duration of water spraying:</i>	4 h
Beurteilung: <i>Evaluation</i>	Kondensationsgradverfahren <i>Visual check</i>

Ergebnis - *Result:*

Während oder nach den Prüfungen konnten keinerlei Kondensation oder eindringendes Regenwasser festgestellt werden.

No water penetration was observed or measured at the collector.

13 Mechanische Belastungsprüfung - *Mechanical load test*

Überdruckprüfung der Kollektorabdeckung *Positive pressure test of the collector cover*

Der Druck (entsprechend einer positiven Druckbelastung durch Schnee oder Wind) wurde in Schritten von 250 Pa bis zur maximalen Druckbelastung gesteigert.

The positive pressure (according to a positive pressure load caused by snow or wind) was increased in steps of 250 Pa up to the maximum pressure load.

Verfahren zur Druckübertragung: <i>Method used to apply pressure:</i>	Sandsäcke & Brett <i>sand back & board</i>
Maximale Druckbelastung: <i>Maximum pressure load:</i>	1232 Pa

Ergebnis - *Result:*

Nach Beendigung der Prüfung konnten keinerlei Schäden am Kollektor festgestellt werden.

During and after the test no damage at the collector was observed.

Unterdruckprüfung der Befestigung zwischen Abdeckung und Gehäuse

Negative pressure test of fixings between the cover and the casing

Dieser Test wurde nicht durchgeführt, da eine Soglast auf Grund des Kollektoraufbaus nicht erwartet wird. Der Kollektor wurde unter dem Gesichtspunkt leichter Soglasten in Augenschein genommen.

This test was not performed, because negative pressure load is not expected at this kind of collector construction. The collector was observed from a technical point of view concerning small negative pressure loads.

Ergebnis - *Result:*

Der Kollektor zeigt eine Ausführungsqualität, die eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen leichte Soglasten als gegeben erscheinen lässt.

The collector construction seems to be adequate to withstand small negative pressure load.



Unterdruckprüfung der Kollektorbefestigung
Negative pressure test of mountings

Dieser Test wurde nicht durchgeführt, da eine Soglast auf Grund des Kollektoraufbaus nicht erwartet wird. Der Kollektor wurde unter dem Gesichtspunkt leichter Soglasten in Augenschein genommen.

This test was not performed, because negative pressure load is not expected at this kind of collector construction. The collector was observed from a technical point of view concerning small negative pressure load.

Ergebnis - *Result:*

Der Kollektor zeigt eine Ausführungsqualität, die eine ausreichende Widerstandsfähigkeit gegen leichte Soglasten als gegeben erscheinen lässt.

The collector construction seems to be adequate to withstand small negative pressure load.



14 Prüfung der Frostbeständigkeit - *Freeze resistance test*

Die Prüfung der Frostbeständigkeit ist nicht erforderlich, da der Hersteller den Einsatz des Kollektors mit einem Frostschutzmittel vorschreibt.

The freeze resistance test is not relevant, because the manufacturer suggests a application of the collector only with a freeze resistance fluid.

15 Maximale Stagnationstemperatur - *max. stagnation temperature*

Die Stagnationstemperatur wurde im Außenverfahren bestimmt. Dabei wurde der Kollektor gemäß EN 12975-2 unbefüllt einer Einstrahlung von $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$ ausgesetzt. Die gemessenen Daten sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Zur Bestimmung der Stagnationstemperatur, für die Randbedingungen von einer Einstrahlung von 1000 W/m^2 und einer Umgebungstemperatur von 30 °C , gilt folgende Formel:
The max. stagnation temperature was measured outdoors. The collector was therefor exposed to an irradiance of $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$. The collector was empty and the absorber prevented against cooling by circulation. The measured data are shown in the table below. To determine the stagnation temperature, these data were extrapolated to an irradiance of 1000 W/m^2 and an ambient temperature of 30 °C . The calculation is as follows:

$$t_s = t_{as} + \frac{G_s}{G_m} * (t_{sm} - t_{am}) \quad (1)$$

t_s : max. Stagnationstemperatur - *max. stagnation temperature*

t_{as} : 30 °C

G_s : 1000 W/m^2

G_m : gemessene Einstrahlung in Kollektorebene -
measured solar irradiance on collector plane

t_{sm} : gemessene Absorbentemperatur - *measured absorber temperature*

t_{am} : gemessene Umgebungstemperatur - *measured surrounding air temperature*

Einstrahlung <i>Irradiance</i>	Umgebungs- temperatur <i>Surrounding air temperature</i>	Absorber- temperatur <i>Absorber temperature</i>
[W/m^2]	[°C]	[°C]
989	23.6	218.7
943	24.1	217.7
1024	23.6	217
1020	24.1	217.2
1007	24	217.6

Die resultierende maximale Stillstandstemperatur ist:
The resulting max. stagnation temperature is:

231 °C

16 Endkontrolle - *Final inspection*

Die folgende Tabelle gibt Informationen über die Beobachtungen während der Endkontrolle.

The following table shows an overview of the result of the final inspection.

Kollektorbauteil <i>Collector component</i>	Mögliches Problem <i>Potential problem</i>	Bewertung <i>Evaluation</i>
Gehäuse/ Befestigung <i>Collector casing/ fasteners</i>	Rissbildung/Verwerfung/ eindringendes Regenwasser <i>Cracking/ wrapping/ corrosion/ rain penetration</i>	1
Montageelemente/Tragwerk <i>Mountings/ supporting</i>	Festigkeit/Sicherheit <i>Strength/ safety</i>	0
Verschlüsse/Dichtungen <i>Seals/ gaskets</i>	Rissbildung/Haftung/Elastizität <i>Cracking/ adhesion/ elasticity</i>	0
Abdeckung/Reflektor <i>Cover/ reflector</i>	Rissbildung/Haarrisse/Ausbeulen <i>Cracking/ crazing/ buckling/ delamination/ wrapping/ outgassing</i>	0
Absorberbeschichtung <i>Absorber coating</i>	Rissbildung/Haarrisse/Blasenbildung <i>Cracking/ crazing/ blistering</i>	0
Absorberrohre und Sammelrohre <i>Absorber tubes and headers</i>	Verformung/Korrosion/ Undichtigkeit/sich lösende Verbindung <i>Deformation/ corrosion/ leakage/ loss of bonding</i>	1
Absorberbefestigung <i>Absorber mountings</i>	Verformung/Korrosion <i>Deformation/ corrosion</i>	0
Wärmedämmung <i>Insulation</i>	Wasseraufnahme/Ausgasen <i>Water retention/ outgassing/ degradation</i>	0

- 0: kein Problem - *No problem*
- 1: geringes Problem - *Minor problem*
- 2: schweres Problem - *Severe problem*
- x: Überprüfung war nicht möglich
Inspection was not possible

Ergebnis - *Result:*

Die Gehäuselackierung zeigte Verfärbungen und leichte Schadstellen.

Dies wurde als geringes Problem beurteilt.

Die heatpipe konnte nicht aus dem Sammelrohr gelöst werden.

Dies wurde als geringes Problem beurteilt.

The painting of the casing showed discoloring and small damaged spots.

This was assessed as a minor problem.

It was impossible to remove the heat pipe from the manifold.

This was assessed as a minor problem.



17 Anmerkung zum Prüfbericht - *Annotation to the test report*

Die im Prüfbericht dargestellten Prüfergebnisse beziehen sich auf den Testkollektor. Eine auszugsweise Vervielfältigung oder Kopie des Prüfberichts ist nicht gestattet.

*The results described in this test report refer only to the tested collector.
It is not allowed to make extract copies of this test report.*

Freiburg, 9th June 2008

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE

Dipl.-Phys. M. Rommel
Leiter des PZTS
Head of PZTS

Dipl.-Ing. (FH) K.Kramer
Prüfingenieur
Testing engineer