

KTB Nr.: 2012-03

**Testbericht zur Messung nach
EN 12975-1,2:2006+A1:2010**

***Report of measurement according to
EN 12975-1,2:2006+A1:2010***

für/*for:* isomorph Deutschland GmbH , Deutschland

Kollektorbezeichnung/*brand name:*

LinearSpiegel

Ausstellungsdatum/*date of issue:*

18th May 2012

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany

T +49 (0)761-4588-5354

F +49 (0)761-4588-9000

testlab-sts@ise.fraunhofer.de

www.kollektortest.de

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Accredited according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005



Registriernummer:
DAP-PL-3926.00

Anerkanntes Prüflaboratorium

Contents

1	Überblick der Ergebnisse - <i>Result overview</i>	4
1.1	Vorbemerkung - <i>Preliminary remark</i>	4
1.2	Leistung je Kollektormodul - <i>power output per collector</i>	4
1.3	Wirkungsgradkennlinienparameter - <i>efficiency curve parameters</i>	4
1.4	Einfallswinkelkorrekturfaktor - <i>Incident angle modifier</i>	5
1.5	Wärmekapazität des Kollektors - <i>Thermal capacity of the collector</i>	5
1.6	Gesamtergebnis - <i>Overall result</i>	5
1.7	Ablauf der Messungen - <i>Schedule of the measurements</i>	6
2	Hersteller/Anbieter - <i>Manufacturer/Provider</i>	7
3	Beschreibung des Kollektors - <i>Description of the collector</i>	7
3.1	Allgemeines - <i>Prephase</i>	7
3.1.1	Technische Darstellung des Kollektors - <i>construcional illustration of the collector</i>	8
3.1.2	Foto des Kollektors - <i>Picture of the collector</i>	9
3.2	Absorber - <i>Absorber</i>	10
3.2.1	Technische Darstellung des Absorbers - <i>construcional illustration of the absorber</i>	11
3.3	Wärmeträger - <i>Heat transfer fluid</i>	12
3.4	Spiegel - <i>Mirrors</i>	12
3.5	Gehäuse - <i>Casing</i>	12
3.6	Gestell - <i>Frame</i>	13
3.7	Schaltschränke - <i>Control box</i>	13
3.8	Stellmotoren - <i>Actuators</i>	13
3.9	Temperatursensoren - <i>Temperature sensors</i>	13
3.10	Drucksensoren - <i>pressure sensors</i>	14
3.11	Steuerprogramm - <i>control program</i>	14
3.12	Grenzwerte - <i>Limitations</i>	14
4	Dokumentation des Kollektors - <i>Documentation of the collector</i>	15
4.1	Typenschild - <i>Type plate</i>	15
4.2	Installationsanleitung - <i>Installation guidelines</i>	16
4.3	Konstruktionszeichnungen - <i>Constructional drawings</i>	17
5	Wareneingangskontrolle - <i>Incoming Inspection</i>	18

6	Innendruckprüfung des Absorbers - <i>Internal pressure test</i>	18
7	Expositionsprüfung - <i>Exposure test</i>	19
8	Prüfung der Frostbeständigkeit - <i>Freeze resistance test</i>	21
9	Mechanische Belastungsprüfung - <i>Mechanical load test</i>	22
10	Aktive und passive Sicherheitseinrichtungen - <i>Active and passive safety installations</i>	23
11	Leistungsermittlung - <i>Performance measurement</i>	24
11.1	Prüfverfahren - <i>Test procedure</i>	24
11.2	Prüfbedingungen - <i>Test conditions</i>	24
11.3	Berechnung der Nutzwärmeleistung - <i>Kollektor output calculation</i>	24
11.4	Parameteridentifikation - <i>Parameter identification</i>	25
11.5	Leistung je Kollektormodul - <i>Power output per collector module</i>	26
12	Wirkungsgradkennlinie - <i>Efficiency curve</i>	27
12.1	Umrechnung der Wirkungsgradkennlinienparameter - <i>Conversion of efficiency curve parameters</i>	28
13	Einfallswinkelkorrekturfaktoren - <i>Incidence angle modifier (IAM)</i>	29
14	Effektive Wärmekapazität - <i>Effective thermal capacity</i>	30
15	Endkontrolle - <i>Final inspection</i>	31
16	Anmerkung zum Prüfbericht - <i>Annotation to the test report</i>	32
A	Grafische Darstellung der Messdaten- <i>Graphical presentation of measurement data</i>	I
A.1	$(t_m - t_a)$ als Funktion von G^* - <i>$(t_m - t_a)$ as a function of G^*</i>	I
A.2	G_b als Funktion von θ - <i>G_b as a function of θ</i>	II
A.3	G_d als Funktion von G^* - <i>G_d as a function of G^*</i>	III
B	Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - <i>Schematic of the testing loop</i>	IV

1 Überblick der Ergebnisse - *Result overview*

1.1 Vorbemerkung - *Preliminary remark*

Die Messungen wurden nach EN 12975-1,2:2006+A1:2006 durchgeführt.
The measurements have been performed according to EN 12975-1,2:2006+A1:2006.

Die Messungen wurden unter Einhaltung der SolarKeymark Scheme Rules (Version 13.01 vom Januar 2012) durchgeführt.
The measurements have been performed in accordance with the SolarKeymark scheme rules (version 13.01 of January 2012)

1.2 Leistung je Kollektormodul - *power output per collector*

$t_m - t_a$ [K]	400 [W/m ²]	700 [W/m ²]	1000 [W/m ²]
0	1947	3407	4867
10	1880	3340	4800
30	1745	3205	4665
50	1611	3071	4531
70	1476	2936	4396
Spitzenleistung je Kollektormodul bei $G = 1000 \text{ W/m}^2$ <i>Maximum power output per collector module</i>			4867 W

Table 1: Leistung je Kollektormodul; gültig für die globale hemisphärische Bestrahlungsstärke - *power output per collector module; valid for global hemispherical irradiance*

1.3 Wirkungsgradkennlinienparameter - *efficiency curve parameters*

Die dargestellten Leistungsparameter beziehen sich auf folgende Flächen:
The calculated efficiency parameters are based on following areas:

Aperturfläche

aperture area

$$A_a = 7,363 \text{ m}^2$$

$$\eta_{0a} = 0,661$$

$$a_{1a} = 0,913 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Bruttofläche

gross area

$$A_G = 13,89 \text{ m}^2$$

$$\eta_{0G} = 0,350$$

$$a_{1G} = 0,484 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1.4 Einfallswinkelkorrekturfaktor - *Incident angle modifier*

θ :	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - 50°	50° - 60°	60° - 70°
$K_{\theta T}$:	0,99	1,00	1,04	1,11	1,21	1,28	1,32
$K_{\theta L}$:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Table 2: IAM Werte für die globale hemisphärische Bestrahlungsstärke -
IAM values for global hemispherical solar irradiance

1.5 Wärmekapazität des Kollektors - *Thermal capacity of the collector*

Effektive thermische Kapazität: <i>Effective thermal capacity:</i>	14,10 kJ/K
Spezifische effektive thermische Kapazität: <i>Specific effective thermal capacity:</i>	1,91 kJ/K m ² A _a

1.6 Gesamtergebnis - *Overall result*

Während der Messungen trat kein Fehler nach
 EN12975-1,2:2006+A1:2010 auf.
*No failure according to EN12975-1,2:2006+A1:2010 occurred while performing
 the measurements.*

1.7 Ablauf der Messungen - *Schedule of the measurements*

Position Item	Datum	Status Status
Anlieferung <i>Delivery</i>	27.06.2011	in Ordnung <i>okay</i>
Innendruckprüfung des Absorbers <i>Internal pressure test</i>	07.07.2011	in Ordnung <i>okay</i>
Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung <i>High temperature resistance test</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
Expositionsprüfung <i>Exposure test</i>	01.09. - 28.10.2011	in Ordnung <i>okay</i>
1. Äußere Temperaturwechselprüfung <i>1st external thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
2. Äußere Temperaturwechselprüfung <i>2nd external thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
1. Innere Temperaturwechselprüfung <i>1st internal thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
2. Innere Temperaturwechselprüfung <i>2nd internal thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
Prüfung auf eindringendes Regenwasser <i>Rain penetration test</i>	-	nicht erforderlich, unabgedeckter Kollektor <i>not relevant, uncovered collector</i>
Prüfung der Frostbeständigkeit <i>Freeze resistance test</i>		nicht erforderlich <i>not relevant</i>
Mechanische Belastungsprüfung <i>Mechanical load test</i>	17.04.2012	in Ordnung <i>okay</i>
Stagnationstemperatur <i>Stagnation temperature</i>	-	nicht erforderlich, siehe Überprüfung der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>not relevant, see active and passive controls test</i>
Kontrolle der aktiven und passiven Schutzeinrichtungen <i>Active and passive controls test</i>	10.04.2012	in Ordnung <i>okay</i>
Endkontrolle <i>Final inspection</i>	17.04.2012	ausstehend <i>pending</i>
Dokumentation des Kollektors <i>Documentation of the collector</i>	geprüft <i>checked</i>	vollständig <i>complete</i>
Leistungsparameter und Winkelkorrekturfaktor <i>Performance parameters and incidence angle modifier</i>	22.09. - 27.10.2011	abgeschlossen <i>done</i>
Effektive thermische Kapazität <i>Effective thermal capacity</i>	berechnet <i>determined</i>	abgeschlossen <i>done</i>

2 Hersteller/Anbieter - *Manufacturer/Provider*

Hersteller/Anbieter - <i>Manufacturer/Provider</i>	
	isomorph Deutschland GmbH
	Benzstraße 6
	Bamberg
	Deutschland

3 Beschreibung des Kollektors - *Description of the collector*

3.1 Allgemeines - *Prephase*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Kollektortyp: <i>Collector technology:</i>	konzentrierender, 2-Achsig nachgeführter, unabgedeckter Kollektor <i>concentrating, 2-axis tracking, uncovered collector</i>
Bruttofläche [B x T] <i>Total area [W x d]</i>	4,60 x 3,02 = 13,89 m ² *
Höhe <i>height</i>	2,75 mm *
Aperturfläche [projizierte Spiegelfläche bei symmetrischer Ausrichtung] <i>Aperture area [projected mirror area with sym- metrical alignment]</i>	7,363 m ² *
Absorberfläche [L x B] <i>Absorber area [l x w]</i>	0,533 m ² *
Ident.-Nr.-Funktionsprüfungen: <i>Ident-no.-function tests:</i>	222-KT-120-01-062011
Ident.-Nr.-Leistungsprüfung: <i>Ident-no.-efficiency tests:</i>	222-KT-120-01-062011

3.1.1 Technische Darstellung des Kollektors - *construcional illustration of the collector*

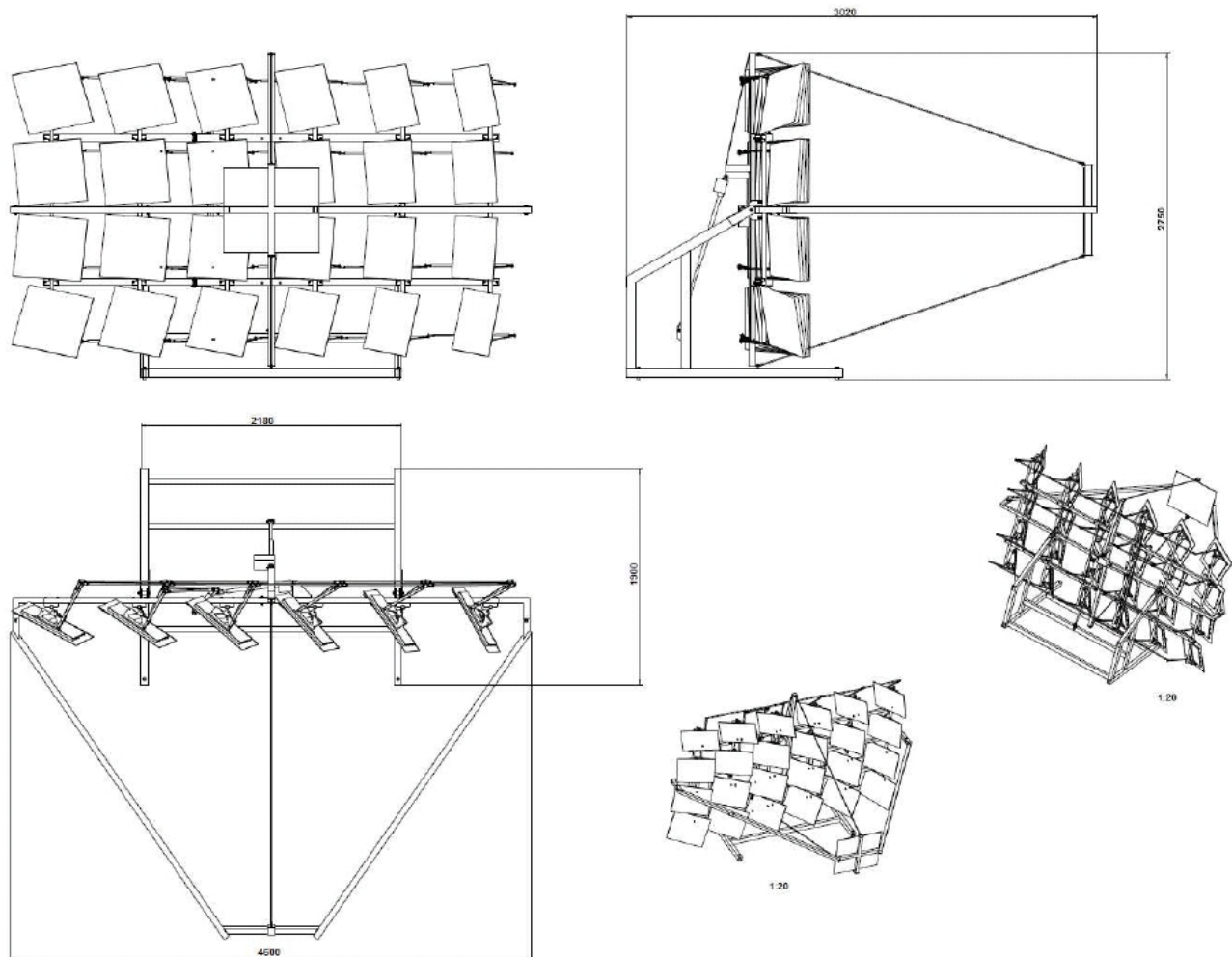


Figure 1: Abbildung des Kollektors in (a) Vorderansicht, (b) Seitenansicht, (c) Draufsicht - *Picture of the collector (a) front view, (b) side view, (c) top view*

3.1.2 Foto des Kollektors - *Picture of the collector*



Figure 2: Fotografie des Kollektors während der Testphase - *Picture of the collector while testing*

3.2 Absorber - *Absorber*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller <i>Manufacturer</i>	Energie Solaire
Typ <i>type</i>	AS
Hydraulische Anordnung: <i>Hydraulic design</i>	flächig durchströmter Stahlkissenabsorber * <i>fully irrigated stainless steel absorber *</i>
Werkstoff des Absorberblechs: <i>Material of the absorber plate:</i>	Edelstahl * <i>sainless steel</i>
Anschlüsse <i>connectors</i>	ISO G 3/8" *
Maximale Betriebstemperatur <i>maimum operating temperature</i>	300 °C *
Maximale Betriebsdruck <i>maximum operating pressure</i>	3 bar *
Volumen <i>volume</i>	2,52 l *
Absorberbeschichtung: <i>Kind of absorber coating:</i>	Selektive Beschichtung AS C2-80 * <i>selective coating AS C2-80 *</i>
Absorptionsgrad, α <i>Absorption coefficient</i>	94 $\pm$ n.s. % *
Emissionsgrad, ε <i>Emission coefficient</i>	18 $\pm$ n.s. % *

3.2.1 Technische Darstellung des Absorbers - *construcional illustration of the absorber*

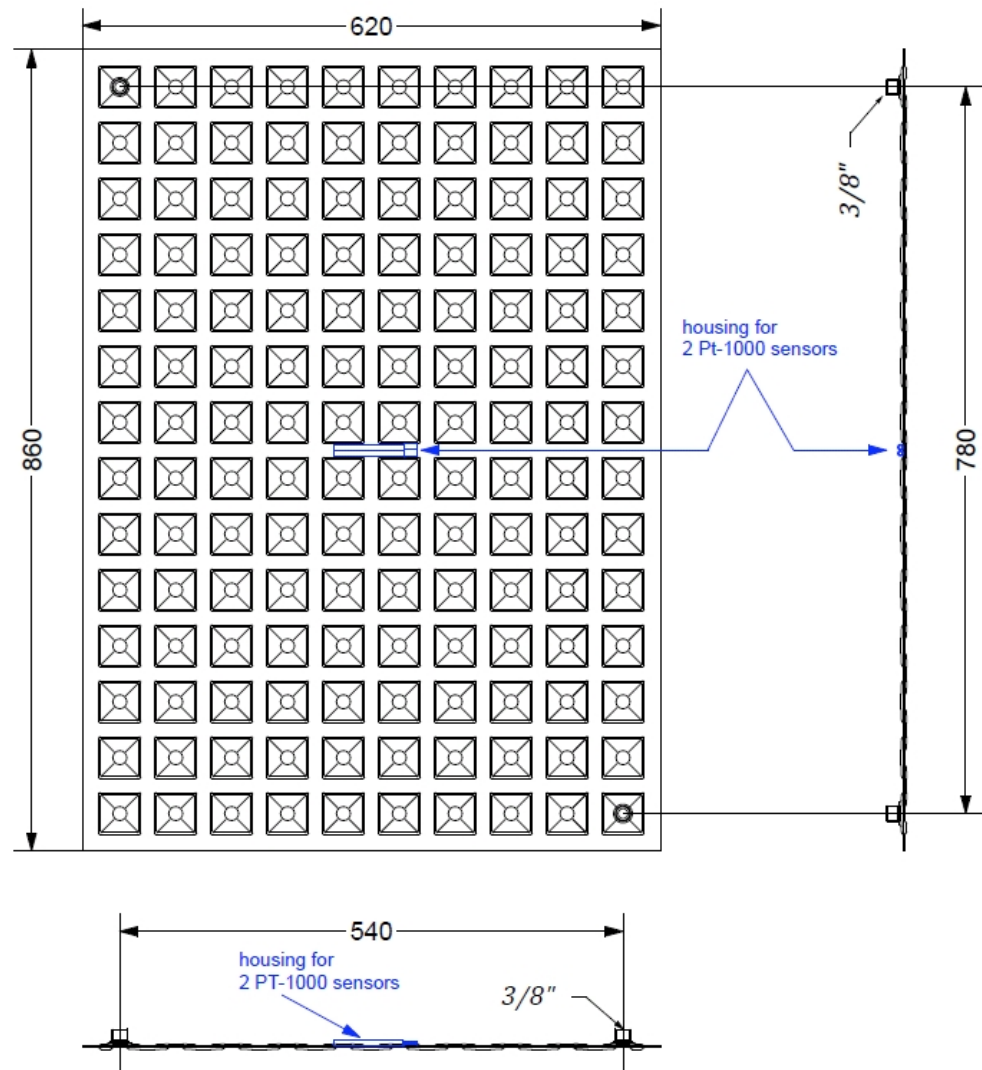


Figure 3: Abbildung des Absorbers - *Picture of the absorber*

3.3 Wärmeträger - *Heat transfer fluid*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Typ: <i>Type</i>	Solarflüssigkeit * <i>solar fluid</i> *
Spezifikationen (Additive usw.): <i>Specification</i>	n.s. * <i>n.s.</i> *

3.4 Spiegel - *Mirrors*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller <i>Manufacturer</i>	Alanod *
Produktname <i>Brand name</i>	Mirro-Sun *
Typ/Spezifikationen <i>Type/Specifications</i>	n.s. *
Anzahl der Spiegel: <i>Number of mirrorscovers</i>	24
Werkstoff: <i>Material:</i>	Aluminium * <i>aluminium</i> *
Oberflächenbeschaffenheit: <i>Surface treatment:</i>	n.s. *
Beschichtung: <i>Coating:</i>	n.s. *
Reflexionsgrad: <i>reflection coefficient:</i>	92 % $\pm$ n.s. *
Abmessungen: <i>Dimensions:</i>	620 mm x 520 mm *
Dicke: <i>Thickness:</i>	0,2 mm *

3.5 Gehäuse - *Casing*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Bieber * <i>Bieber</i>
Gehäusewerkstoff: <i>Material of the casing</i>	AlMg3 *

Oberfläche: <i>Surface</i>	unbehandelt * <i>untreated *</i>
-------------------------------	-------------------------------------

3.6 Gestell - *Frame*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	KA Metall * <i>KA Metall *</i>
Werkstoff: <i>Material</i>	Stahl * <i>Steel *</i>
Oberfläche: <i>Surface</i>	verzinkt * <i>zinc coated *</i>

3.7 Schaltschränke - *Control box*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Wieland * <i>Wieland *</i>
Spezifikation: <i>Specification</i>	IP65* <i>IP65 *</i>

3.8 Stellmotoren - *Actuators*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Phönix Mecano / Rose und Krieger * <i>Phönix Mecano / Rose und Krieger *</i>
Typ: <i>Type</i>	LBM6.3 ; LBM18.3 * <i>LBM6.3 ; LBM18.3 *</i>

3.9 Temperatursensoren - *Temperature sensors*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Honeywell * <i>Honeywell *</i>
Typ: <i>Type</i>	PT1000 * <i>PT1000 *</i>
Spezifikation: <i>Specification</i>	T7425B * <i>T7425B *</i>

3.10 Drucksensoren - *pressure sensors*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Danfoss * <i>Danfoss *</i>
Typ: <i>Type</i>	KP35 * <i>KP35 *</i>
Spezifikation: <i>Specification</i>	0,5 - 0,7 bar * <i>0,5 - 0,7 bar *</i>

3.11 Steuerprogramm - *control program*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Name: <i>name</i>	Linmirror * <i>Linmirror *</i>
Typ: <i>Type</i>	C++ * <i>C++ *</i>
Version: <i>Version</i>	Revision 5 * <i>Revision 5 *</i>

3.12 Grenzwerte - *Limitations*

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

Maximale Betriebstemperatur: <i>Max. service temperature</i>	110 °C *
Maximaler Betriebsdruck: <i>Max. operation pressure</i>	3 kPa *
Maximale Windlast: <i>Max. wind load</i>	150 km/h *
Empfohlener Volumenstrom: <i>Recommended flow range</i>	40 l/m ² h *

4 Dokumentation des Kollektors - *Documentation of the collector*

4.1 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 <i>Item</i>	Angabe <i>Specification</i>	Status <i>Status</i>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	isomorph Deutschland GmbH	+
Kollektorbezeichnung <i>Brand name</i>	LinearSpiegel	+
Seriennummer <i>Serial number</i>	2222-2011	+
Herstellungsjahr <i>Year of production</i>	2011	+
Bruttofläche [L x B] <i>Cross area [l x w]</i>	13,89 m ²	+
max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i>	3 bar	+
Stagnationstemperatur bei <i>Stagnation temperature at</i> $G_{glob} = 1000 \text{ W/m}^2$, $t_{amb} = 30 \text{ °C}$	100 °C	+
Absorbervolumen <i>Volume of absorber</i>	1,34 l	+
Leergewicht <i>Weight (empty)</i>	370 kg	+
Hergestellt in <i>Made in</i>	Deutschland	+

(+) = in Ordnung - *okay*

(-) = unzureichend - *not sufficient*

4.2 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 Kollektorgruppen 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 m²</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>	+

(+) = in Ordnung - *okay*

(-) = unzureichend - *not sufficient*

Hinweis: Die gesamte Dokumentation des Kollektors ist dem Verbraucher in seiner Landessprache zur Verfügung zustellen.

Annotation: Documentation concerning personal safety, maintenance and handling of the product shall be made available to the customer in his national language

4.3 Konstruktionszeichnungen - *Constructional drawings*

Baugruppe <i>Assembly</i>	Zeichnungsnummer <i>Drawing number</i>	Status <i>Status</i>
Kollektor <i>Collector</i>	9900-3000-0001	+
Absorber <i>absorber</i>	PL-ABS-AS_ 160611	+
Gestell <i>Frame</i>	9900-5000-0010	+
Spiegel <i>transparent cover</i>	9900-5000-0097	+
Gehäuse <i>Casing</i>	01-04-00030	+
Stellmotoren <i>Actuators</i>	LBM0603 ; LBM1803	+

5 Wareneingangskontrolle - *Incoming Inspection*

Eine Wareneingangskontrolle wurde durchgeführt.
 Der Kollektor LinearSpiegel wies keine Beschädigungen auf.
An incoming inspection was performed. No damages were detected at the collector LinearSpiegel .

6 Innendruckprüfung des Absorbers - *Internal pressure test*

Prüfbedingungen: <i>Test conditions:</i>	
Max. Betriebsdruck: <i>Max. pressure:</i>	3 kPa
Prüftemperatur: <i>Testing temperature:</i>	24,1 °C
Prüfdruck: <i>Testing pressure:</i>	4,5 kPa
Prüfdauer: <i>Testing duration:</i>	15 min

Ergebnis - *Result:*

Während und nach dem Test konnten keine Undichtigkeiten, Ausbauchungen und Verwindungen festgestellt werden.
During and after the test no leakage, swelling or distortion was observed or measured.

7 Expositionsprüfung - *Exposure test*

Tabelle 15 zeigt die Daten aller Testtage der Expositionsprüfung.

Table 15 shows all test days of the exposure test.

Ergebnis - *Result:*

Die Anzahl der Testtage, an denen die Einstrahlungssumme größer 14 MJ/m²d gemessen wurde, betrug 37 Tage. Die Summe der Zeitabschnitte, bei denen die Einstrahlung G höher als 850 W/m² und die Umgebungstemperatur t_a über 10 °C lag, betrug 78,1 Stunden.

The number of days when the daily global irradiance was more than 14 MJ/m²d was 37. The periods when the global irradiance G was higher than 850 W/m² and the ambient air temperature t_a was higher than 10 °C was 78,1 h.

Die Bewertung findet in Kapitel 15 "Endkontrolle" statt.

The evaluation is described in the chapter 15 "Final inspection".

H :	Tägliche Einstrahlungssumme <i>Sum of daily global irradiation</i>
gültiger Abschnitt: <i>valid period:</i>	Abschnitt, wenn die Einstrahlung G höher als 850 W/m ² und die Umgebungslufttemperatur t_a höher als 10 °C war <i>Periods when the global irradiance G is higher than 850 W/m² and the ambient air temperature t_a is higher than 10 °C</i>
t_a :	Umgebungslufttemperatur <i>Ambient air temperature</i>
Regen: <i>rain:</i>	Tägliche Regenmenge [mm] <i>Daily rain [mm]</i>

Date	H [MJ/m ²]	valid period [h]	t_a [°C]	rain [mm]
01.09.2011	17,3	1,0	20,0	0,0
02.09.2011	15,9	0,0	22,3	0,0
03.09.2011	13,7	0,0	23,4	12,4
04.09.2011	2,7	0,0	20,8	7,3
05.09.2011	12,7	0,0	18,2	2,5
06.09.2011	24,2	1,4	17,8	0,0
07.09.2011	5,9	0,0	17,9	1,5
08.09.2011	11,4	0,0	18,0	0,0
09.09.2011	9,1	0,0	21,2	0,0
10.09.2011	25,3	2,9	23,3	0,0
11.09.2011	17,6	0,0	23,2	2,5
12.09.2011	18,4	0,0	20,0	0,0
13.09.2011	12,9	0,0	21,3	0,0
14.09.2011	19,3	0,6	17,2	5,3
15.09.2011	24,7	4,0	15,4	0,0
16.09.2011	20,2	2,1	17,1	0,2
17.09.2011	11,0	0,6	19,7	0,4
18.09.2011	4,4	0,0	13,5	8,1

19.09.2011	7,8	0,0	12,6	5,5
20.09.2011	25,3	2,8	14,2	0,0
21.09.2011	25,5	2,9	15,0	0,0
22.09.2011	21,8	2,1	15,8	0,0
23.09.2011	23,0	1,5	16,0	0,0
24.09.2011	24,7	3,8	16,8	0,0
25.09.2011	22,3	0,9	18,7	0,0
26.09.2011	23,7	3,3	19,2	0,0
27.09.2011	23,1	2,8	19,2	0,0
28.09.2011	21,8	3,2	18,4	0,0
29.09.2011	22,5	2,8	19,0	0,0
30.09.2011	23,5	3,1	17,9	0,0
01.10.2011	23,9	2,8	17,9	0,0
02.10.2011	23,5	3,3	18,5	0,0
03.10.2011	23,0	3,0	18,7	0,0
04.10.2011	24,0	3,6	19,1	0,0
05.10.2011	6,1	0,0	18,3	0,0
06.10.2011	13,3	0,0	16,4	15,1
07.10.2011	9,6	0,0	10,1	5,2
08.10.2011	3,6	0,0	8,5	10,9
09.10.2011	20,4	2,5	10,7	4,0
10.10.2011	12,8	0,0	15,5	5,1
11.10.2011	21,2	3,6	15,4	0,0
12.10.2011	3,8	0,0	14,4	0,0
13.10.2011	2,0	0,0	12,6	1,8
14.10.2011	24,6	4,0	11,8	0,0
15.10.2011	22,4	1,6	7,4	0,0
16.10.2011	22,4	2,8	9,1	0,0
17.10.2011	18,9	3,1	11,4	0,0
18.10.2011	16,7	1,9	16,0	0,0
19.10.2011	1,0	0,0	6,2	16,5
20.10.2011	14,2	0,0	7,0	0,0
21.10.2011	2,1	0,0	2,8	0,0
22.10.2011	14,0	0,0	4,1	0,0
23.10.2011	19,6	0,0	4,0	0,0
24.10.2011	6,2	0,0	4,4	0,0
25.10.2011	2,7	0,0	8,2	0,0
26.10.2011	21,9	3,4	12,3	0,0
27.10.2011	15,7	0,9	8,2	0,0
28.10.2011	14,3	0,0	8,5	0,0

 Table 15: Tab. Expositionstage - *Exposure days*

8 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 an application of the collector only with a freeze resistance fluid.

9 Mechanische Belastungsprüfung - *Mechanical load test*

Überdruckprüfung der Spiegel

Positive pressure test of the mirrors

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.

Maximale Druckbelastung: <i>Maximum pressure load:</i>	1000 Pa
---	---------

Ergebnis - *Result:*

Nach Beendigung der Prüfung konnten keine Schäden an der Kollektorabdeckung festgestellt werden.

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

Unterdruckprüfung der Befestigung zwischen Spiegel und Kollektorgestell

Negative pressure test of fixings between the mirrors and the frame

Der negative Druck (entsprechend einer durch Wind hervorgerufenen Saugwirkung) wurde in Schritten von 250 Pa bis zur maximalen Druckbelastung gesteigert.

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

Maximale Druckbelastung: <i>Maximum pressure load:</i>	1000 Pa
---	---------

Ergebnis - *Result:*

Nach Beendigung der Prüfung konnten keine Schäden an der Kollektorabdeckung oder der Abdeckungsbefestigung festgestellt werden.

During and after the test no damage at the cover or at the cover fixings of the collector was observed.

10 Aktive und passive Sicherheitseinrichtungen - *Active and passive safety installations*

Die in Tabelle 16 beschriebenen Sicherheitseinrichtungen wurden auf ihre Funktionalität überprüft. Das Ergebnis der Prüfung ist ebenfalls in Tabelle 16 angegeben.

The functionality of the safety installations as described in table 16 were checked. The results are also given within table 16

Sicherheitseinrichtung <i>Safety installation</i>	Beschreibung der Funktionsweise <i>operation mode description</i>	Status <i>Status</i>
Übertemperaturschutz des Absorbers <i>over heating protection of the absorber</i>	Temperatursensor (PT1000) rückseitig am Absorber montiert. Bei Überschreitung der Grenztemperatur (110 °C) defokussiert der Kollektor in seiner Ruheposition <i>Temperature sensor (PT1000) on the rear side of the absorber. Defocusing of the collector in its rest position at a limiting temperature of 110 °.</i>	in Ordnung <i>okay</i>
Übertemperaturschutz des Absorbers <i>over heating protection of the absorber</i>	Differenzdrucksensor im Fluidkreis. Voreingestellter Differenzdruck 0,5 - 0,7 bar. Bei Verlust des Solarfluid defokussiert der Kollektor in seiner Ruheposition. <i>Difference pressure sensor in the fluid circuit. Preset differential pressure 0.5 - 0.7 bar. Defocusing of the collector in its rest position in case of loss of the solar collector fluid.</i>	in Ordnung <i>okay</i>
Notaus des gesamten Systems <i>Emergency shutdown of the entire system</i>	LinearSpiegel verharrt in seiner derzeitigen Position <i>Linear mirror remains in its current position</i>	in Ordnung <i>okay</i>

Table 16: Aktive und passive Sicherheitseinrichtungen - *Active and passive safety installations*

Anmerkung: Im geprüften Solarkreis befanden sich keine weiteren Sicherheitseinrichtungen wie Membranausdehnungsgefäß, Überdruckventil, o.a..

Annotation: No further safety equipments (e.g. expansion tank, pressure control valve, or similar) were installed in the solar circuit while testing

11 Leistungsermittlung - *Performance measurement*

11.1 Prüfverfahren - *Test procedure*

Die Wärmeleistung wurde im Freien unter quasi-dynamischen Bedingungen geprüft:

The measurement of thermal performance has been performed outdoors under quasi-dynamic-conditions:

11.2 Prüfbedingungen - *Test conditions*

Geographische Breite <i>Latitude</i>	48.0°
Geographische Länge <i>Longitude</i>	7.8°
Kollektorazimut <i>Azimuth of collector</i>	nachgeführt <i>tracked</i>
Anstellwinkel <i>tilt angle</i>	nachgeführt <i>tracked</i>
Mittlere Durchströmung <i>Mean flow rate</i>	150 kg/h
Art des Wärmeträgers <i>Heat transfer fluid</i>	Wasser <i>Water</i>

11.3 Berechnung der Nutzwärmeleistung - *Kollektor output calculation*

Die flächenbezogenen Kollektorleistung kann, wie in EN12975-2:2006, Kapitel 6.3.4.8.2 dargestellt, durch folgende mathematische Beziehung beschrieben werden.

The area specific collector power output can be represented by the following equation according to EN12975-2:2006, chapter 6.3.4.8.2:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} = F'(\tau\alpha)_{e\theta} G_b(\theta) + F'(\tau\alpha)_e (0^\circ - 10^\circ) K_{\theta d} G_d - c_1(t_m - t_a) - c_5 \frac{dt_m}{dt} - c_6 u G^* - c_3 u (\vartheta_m - \vartheta_a) \quad (1)$$

mit - *where:*

$\dot{q}$	spezifische Nutzwärmeleistung des Kollektors (W/m ²) <i>usefull specific power extract from collector</i>
$\dot{Q}$	Nutzwärmeleistung des Kollektors (W) <i>usefull power extract from collector</i>
A_a	Aperturfläche des Kollektors (m ²) <i>aperture area of the collector</i>
A_A	Absorberfläche des Kollektors (m ²) <i>absorber area of the collector</i>
$F'(\tau\alpha)_{e\theta}$	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke bei Einfallswinkel θ <i>conversion factor of the beam radiation at angle of incidence θ</i>

$K_{\theta b}$	Einfallswinkel-Korrekturfaktor für die direkte Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the direkt radiation</i>
$K_{\theta d}$	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the diffuse radiation</i>
c_1	Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i>
c_5	effektive Wärmekapazität des Kollektors bezogen auf die Aperturfläche <i>effective thermal capacity of the collector based on aperture area</i>
c_6	windabhängiger Konversionsfaktor <i>wind depending conversion factor</i>
c_3	windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>wind depending heat transfer coefficient</i>
G_b	direkte solare Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene (W/m ²) <i>direct solar irradiance (beam irradiance)</i>
G_d	diffuse solare Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene (W/m ²) <i>diffuse solar irradiance</i>
t_{in}	Kollektoreinlasstemperatur (°C) <i>Collector inlet temperature</i>
t_e	Kollektorauslasstemperatur (°C) <i>Collector outlet temperature</i>
t_m	Aritmetische Kollektormitteltemperatur (°C) <i>Ambient temperature</i>
t_a	Umgebungstemperatur (°C) <i>Ambient temperature</i>

11.4 Parameteridentifikation - *Parameter identification*

Die Berechnung der auf die Aperturfläche bezogenen Kollektorparameter erfolgte, wie in EN12975-2:2006, Kapitel 6.3.4.8.1 beschrieben, mittels erweiterter Multi-Linearer-Regression. Die dargestellten Kollektorparameter beziehen sich auf die Aperturfläche A_a des Kollektors.

The determination of the collector parameters based on the aperture area were done using an extended multi-linear-regression as described in EN12975-2:2006, chapter 6.3.4.8.1. The calculated parameters are based on the aperture area A_a of the collector

Ergebnisse der Regression - *Results of the regression*

$F'(\tau\alpha)_e(0^\circ - 10^\circ) = 0,741$	$K_{\theta d} = 0,194$
$F'(\tau\alpha)_e(10^\circ - 20^\circ) = 0,753$	$c_1 = 0,913 \text{ W/m}^2\text{K}$
$F'(\tau\alpha)_e(20^\circ - 30^\circ) = 0,787$	$c_5 = 1925 \text{ J/m}^2\text{K}$
$F'(\tau\alpha)_e(30^\circ - 40^\circ) = 0,841$	$c_6 = 0,008 \text{ s/m}$
$F'(\tau\alpha)_e(40^\circ - 50^\circ) = 0,917$	$c_3 = 0,357 \text{ J/m}^3\text{K}$
$F'(\tau\alpha)_e(50^\circ - 60^\circ) = 0,970$	
$F'(\tau\alpha)_e(60^\circ - 70^\circ) = 1,005$	
$F'(\tau\alpha)_e(70^\circ - 80^\circ) = 0,000$	
$F'(\tau\alpha)_e(80^\circ - 90^\circ) = 0,000$	

11.5 Leistung je Kollektormodul - *Power output per collector module*

Figure 4 stellt die Prüfergebnisse in Form einer Leistungskurve als Funktion der Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur des Wärmeträgers und der Umgebungstemperatur dar. Die dargestellte Kennlinie bezieht sich auf eine globale hemisphärische Bestrahlungsstärke von 1000 W/m^2 bei einem Diffusstrahlungsanteil von 15 %.

Figure 4 shows the results in form of a power curve as a function of the temperature difference between the mean fluid temperature and the ambient temperature. The shown power curve is valid for global hemispherical solar irradiance of 1000 W/m^2 at 15 % diffuse solar irradiance.

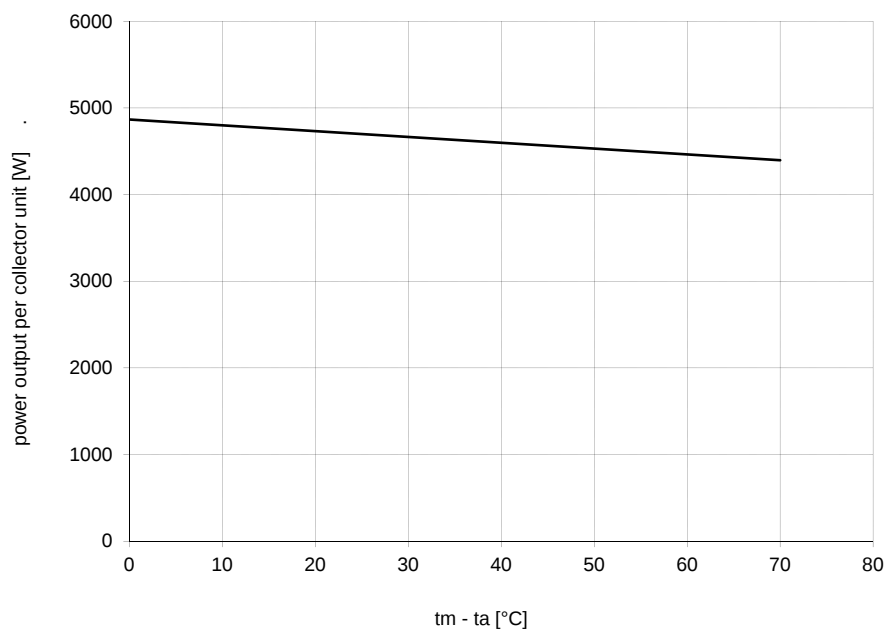


Figure 4: Leistungskurve des Moduls LinearSpiegel bei 1000 W/m^2 -
Power output curve of the module LinearSpiegel at 1000 W/m^2

$t_m - t_a$ [K]	400 [W/m^2]	700 [W/m^2]	1000 [W/m^2]
0	1947	3407	4867
10	1880	3340	4800
30	1745	3205	4665
50	1611	3071	4531
70	1476	2936	4396
Spitzenleistung je Kollektormodul bei $G = 1000 \text{ W/m}^2$ <i>Maximum power output per collector module</i>			4867 W

Table 18: Leistung je Kollektormodul; gültig für die globale hemisphärische Bestrahlungsstärke - *power output per collector module; valid for global hemispherical irradiance*

12 Wirkungsgradkennlinie - *Efficiency curve*

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:

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

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

$$t_m = \frac{t_e + t_{in}}{2} \quad (3)$$

mit - *where:*

G	hemisphärische solare Bestrahlungsstärke (W/m^2) <i>hemispherical solar irradiance</i>
t_{in}	Kollektoreinlasstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) <i>Collector inlet temperature</i>
t_e	Kollektorauslasstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) <i>Collector outlet temperature</i>
t_a	Umgebungstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) <i>Ambient temperature</i>

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

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

η_0 :	Wirkungsgrad ohne thermische Verluste, d.h. bei mittlerer Wärmeträgertemperatur gleich Umgebungslufttemperatur: <i>Efficiency without heat losses, which means that the mean collector fluid temperature is equal to the ambient temperature:</i>
a_{1a} :	Aperturflächenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient <i>aperture area based heat loss coefficient</i>

12.1 Umrechnung der Wirkungsgradkennlinienparameter - *Conversion of efficiency curve parameters*

Die Wirkungsgradparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messung unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.
The efficiency parameters were derived from the collector parameters determined from measurements under quasy-dynamic-conditions according to EN12975-2:2006.

$$\eta_0 = F'(\tau\alpha)_e(10^\circ - 20^\circ) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_e(0^\circ - 10^\circ) K_{\Theta d} \cdot 0.15 \quad (4)$$

$$a_{1a} = c_1 \quad (5)$$

Ergebnis - *Results*

Die dargestellten Leistungsparameter beziehen sich auf folgende Flächen:
The calculated efficiency parameters are based on following areas:

Aperturfläche

aperture area

$$A_a = 7,363 \text{ m}^2$$

$$\eta_{0a} = 0,661$$

$$a_{1a} = 0,913 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Bruttofläche

gross area

$$A_G = 13,89 \text{ m}^2$$

$$\eta_{0G} = 0,350$$

$$a_{1G} = 0,484 \text{ W/m}^2\text{K}$$

mit - *where:*

A_G Bruttofläche des Kollektors

gross area of the collector

A_a Aperturfläche des Kollektors

aperture area of the collector

η_0 Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke bei $t_m - t_a = 0$

conversion factor of the global radiation at $t_m - t_a = 0$

a_1 Wärmedurchgangskoeffizient

heat loss coefficient

13 Einfallswinkelkorrekturfaktoren - *Incidence angle modifier (IAM)*

Der Winkelkorrekturfaktor ist der Faktor, mit dem die Abhängigkeit der Kollektorleistung vom Einstrahlwinkel der Solarstrahlung berücksichtigt wird. Die in Tabelle 19 angegebenen IAM-Werte gelten für die direkte solare Bestrahlungsstärke G_b . Die Berechnung der in Tabelle 19 enthaltenen $K_{\theta b}(\theta_t)$ -Werte erfolgte dabei nach Gleichung 6. Die $K_{\theta b}(\theta_l)$ -Werte wurden zu 1 gesetzt da der Anstellwinkel des Kollektors über den Tagesverlauf vollständig nachgeführt wird und damit der Verlauf der Sonnenbahn immer in der longitudinalen Ebene des Kollektors liegt.

The IAM is the factor that describes the dependence of the collector output on the incidence angle of the solar radiation. The iam-values given in table 19 are valid for direct solar irradiance G_b . The $K_{\theta b}(\theta_t)$ -values were calculated according to equation 6. The $K_{\theta b}(\theta_l)$ -values were set to 1 due to the reason that the tilt angle of the collector is fully tracked throughout the day and thus the sun-path lies always in the longitudinal plane of the collector.

$$K_{\theta b}(\theta_t) = \frac{F'(\tau\alpha)_{e\theta}}{F'(\tau\alpha)_{e(10^\circ - 20^\circ)}} \quad (6)$$

θ :	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - 50°	50° - 60°	60° - 70°
$K_{\theta b}(\theta_t)$:	1,00	1,00	1,05	1,12	1,22	1,29	1,34
$K_{\theta b}(\theta_l)$:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Table 19: IAM Werte für die direkte Bestrahlungsstärke - *IAM values for direct solar irradiance*

Der auf die globale hemisphärische Bestrahlungsstärke bezogenen IAM $K_{\theta G}(\theta)$ berechnet sich, nach EN12975-2:2006, aus $K_{\theta b}(\theta)$. Die Werte für $K_{\theta G}(\theta)$ sind in Tabelle 20 angegeben.

According to EN12975-2:2006 the global irradiance based IAM $K_{\theta G}(\theta)$ can be calculated from $K_{\theta b}(\theta)$ by the following equation. The values are given in table 20

$$K_{\theta G}(\theta) = \frac{K_{\theta b}(\theta) \cdot 0,85 + K_{\theta d} \cdot 0,15}{1 - 0,15 + K_{\theta d} \cdot 0,15} \quad (7)$$

θ :	0° - 10°	10° - 20°	20° - 30°	30° - 40°	40° - 50°	50° - 60°	60° - 70°
$K_{\theta G}(\theta_t)$:	0,99	1,00	1,04	1,11	1,21	1,28	1,32
$K_{\theta G}(\theta_l)$:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Table 20: IAM Werte für die globale hemisphärische Bestrahlungsstärke - *IAM values for global hemispherical solar irradiance*

14 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/Glykologemisch 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>	14,10 kJ/K
Spezifische effektive thermische Kapazität: <i>Specific effective thermal capacity:</i>	1,91 kJ/K m ² A _a

15 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>	0
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>	0
Absorberbefestigung <i>Absorber mountings</i>	Verformung/Korrosion <i>Deformation/corrosion</i>	0
Wärmedämmung <i>Insulation</i>	Wasseraufnahme/Ausgasen <i>Water retention/outgassing</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

16 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, 18th May 2012

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



Dipl.-Ing. (FH) K. Kramer
Prüfstellenleiter
Head of TestLab
Solar Thermal Systems



Dipl.-Ing. (FH) S. Mehnert
stellv. Prüfstellenleiter
Vice-Head of TestLab
Solar Thermal Systems

A Grafische Darstellung der Messdaten- *Graphical presentation of measurement data*

A.1 $(t_m - t_a)$ als Funktion von G^* - *$(t_m - t_a)$ as a function of G^**

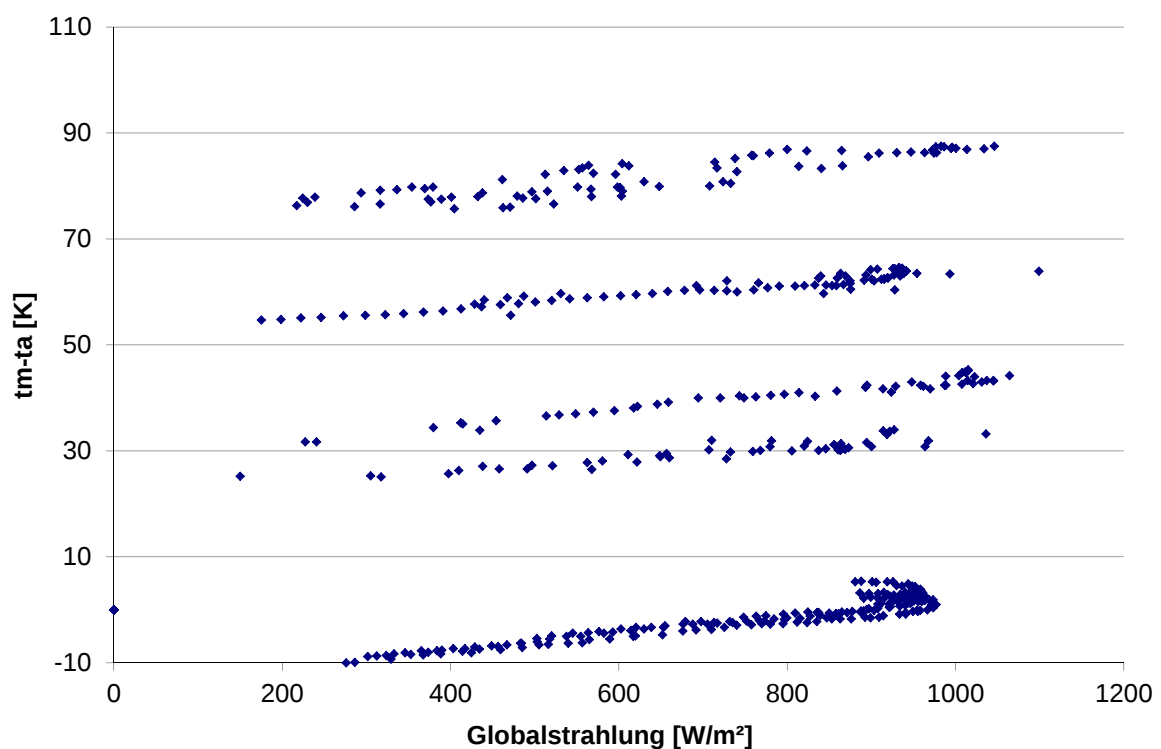


Figure 5: $t_m - t_a$ als Funktion von G^* - *$t_m - t_a$ as a function of G^**

A.2 G_b als Funktion von θ - G_b as a function of θ

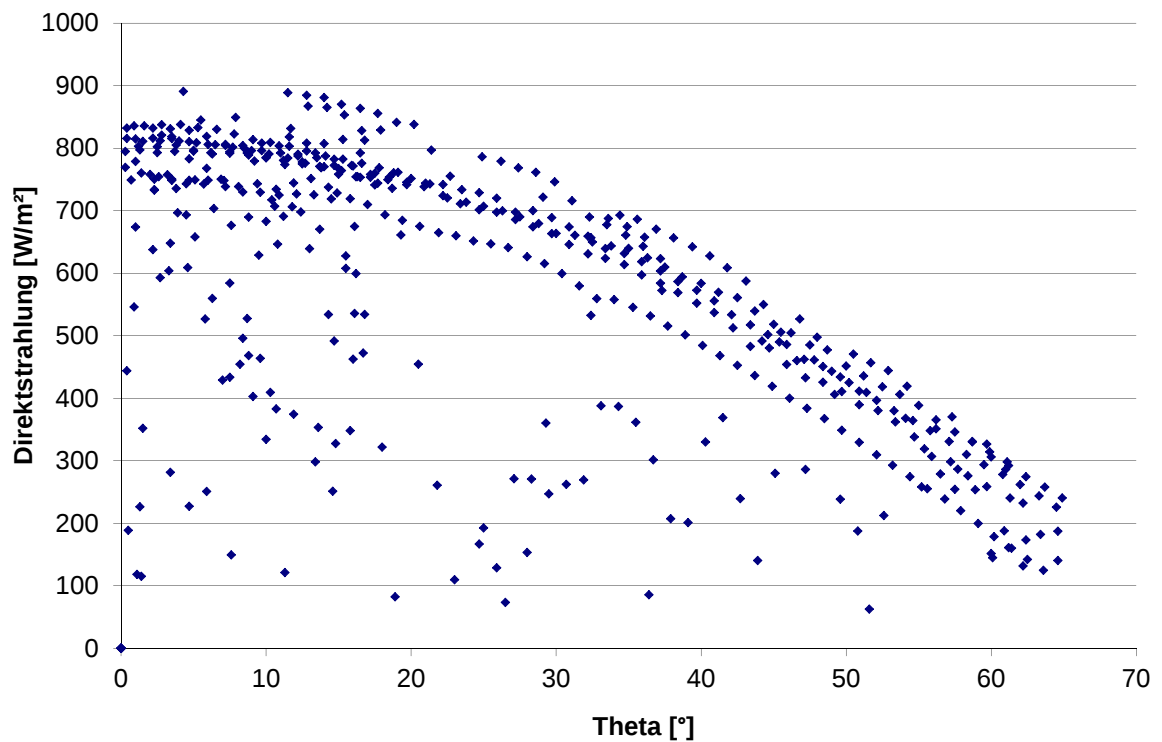


Figure 6: G_b als Funktion von θ - G_b as a function of θ

A.3 G_d als Funktion von G^* - G_d as a function of G^*

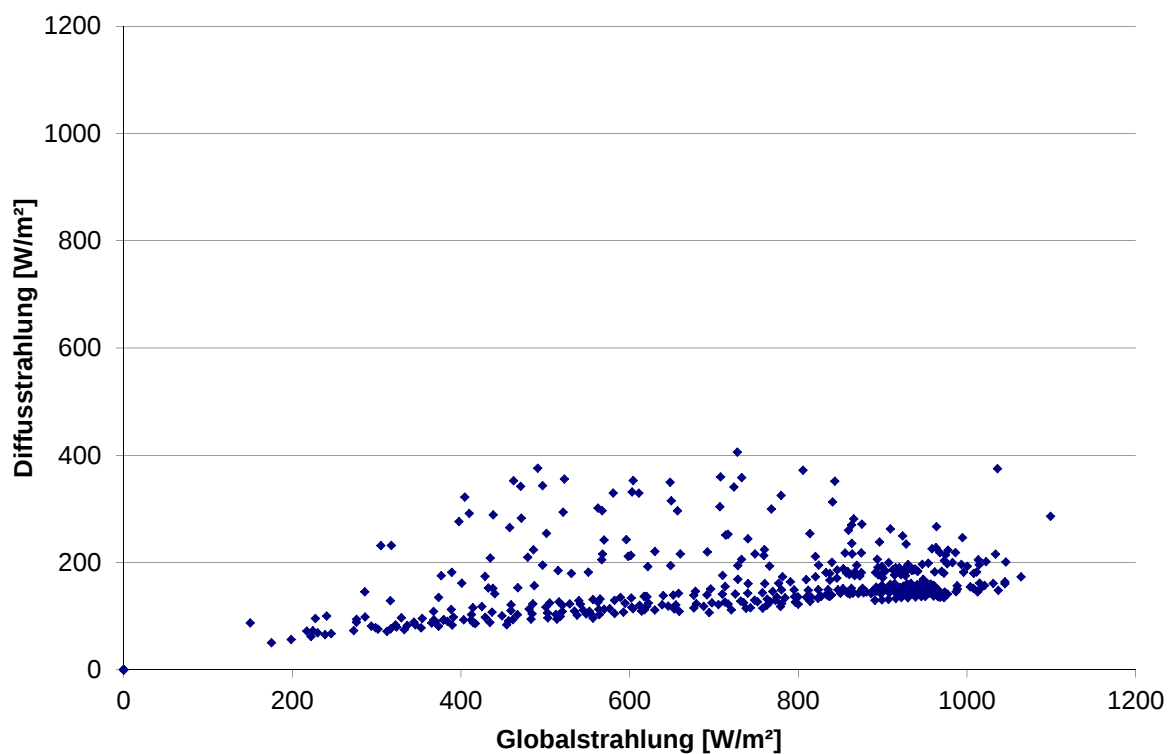


Figure 7: G_d als Funktion von G^* - G_d as a function of G^*

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

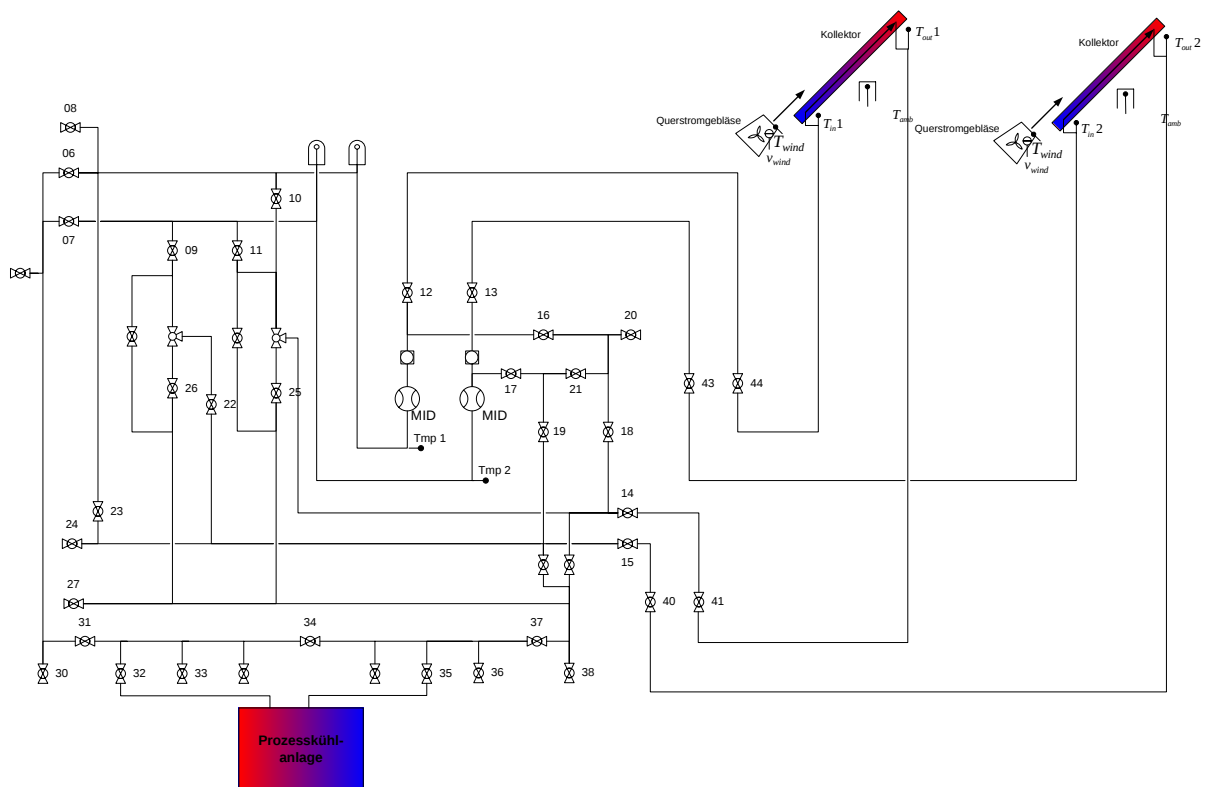


Figure 8: Schematische Darstellung des Prüfkreislaufs - *schematic of the testing loop*