

Test Report

Prüfbericht

Thermal performance characterisation of a Solar

Collector in accordance with

Thermische Leistungscharakterisierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-2: 2006

TÜV Report No.: 21209610_12

Cologne, 2008-10-22



DAT-P-226/06-01

Publication or distribution of this report to third parties is only permissible in its complete and unabridged form. Publication or dissemination of extracts, appraisals or any other revision and adaptation hereof, in particular for advertising purposes, is only permissible on receipt of prior written agreement by the TÜV Rheinland Group.

The test results presented in this report refer only to the test item.

Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte ist nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezecken, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der TÜV Rheinland Group zulässig.

Die in diesem Bericht dargestellten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.

TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, 51101 Köln
D – 51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel.: ++49-221/806-2477, Fax: ++49-221/806-1350

Report-No.: 21209610 12

on

Thermal performance characterisation of a Solar Collector in accordance with

Thermische Leistungscharakterisierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-2: 2006Client:
KundeTaizhou Free-energy Development Co.,Ltd
Xiazhuanlu Village
Tongyu, Luqiao, Taizhou, Zhejiang
ChinaTÜV Quotation No.:
Angebotsnummer

435/148862

TÜV Order No.:
Auftragsnummer

21209610_12

Order of:
Datum der Beauftragung

2008-05-10

Date of Receipt of Test Item:
Anlieferdatum Prüfmuster

2008-06-25

Commencement of Test:
Testbeginn

2008-07-29

TÜV Client No.:
Kundennummer

3080061

Inspector:
Prüfer

Dipl.-Ing. U. Fritzsche (Tel.: +49 221 806-4105)

Business Field:
Geschäftsfeld

Renewable Energies

No of Pages:
Seitenzahl

18

Appendix:
Anhang

5

List of Contents

Inhaltsverzeichnis

1	Summary of test results; Zusammenfassung	4
2	Setting of tasks; Aufgabenstellung.....	6
3	Basis of testing; Grundlagen.....	6
4	Sampling; Probenahme	7
5	Description of the collector construction; Beschreibung der Kollektorkonstruktion	7
6	Execution and evaluation; Durchführung und Auswertung.....	10
6.1	Visual inspection; Sichtprüfung	10
7	Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren.....	11
7.1	Test method according to DIN EN 12975-2:2006; Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006	11
7.2	Test conditions; Prüfbedingungen	11
7.3	Test results thermal performance; Prüfergebnisse Wärmeleistung	12
8	General remarks; Bemerkungen	13

List of Contents – Appendix

Inhaltsverzeichnis - Anhang

Appendix 1:	Reports	14
Appendix 2:	Photo documentation	18

1 Summary of test results

Zusammenfassung

Thermal performance characterisation of a Solar Collector in accordance with

Thermische Leistungscharakterisierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-2: 2006

Manufacturer

Hersteller

: Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd
 Xiazhuanglu Village
 Tongyu, Luqiao, Taizhou, Zhejiang
 China

Brand

Handelsname

: Free-J-58/1800-12

Basis of testing

Prüfgrundlage

DIN EN 12975-2:2006

Test	Date		Summary of main test results Zusammenfassung der Haupt- ergebnisse
	Start	End	
Internal pressure Innendruck			
High-temperature resistance Hochtemperaturbeständigkeit			
Exposure Exposition			
External thermal shock Schneller Temperaturwechsel, außen	1.		
	2.		
Internal thermal shock Schneller Temperaturwechsel, innen	1.		
	2.		
Rain penetration Eindringender Regen			
Freeze resistance Frostbeständigkeit			
Mechanical load Mechanische Belastung			
Thermal performance Wärmeleistung	2008-07-29	2008-08-04	
Impact resistance (optional) Schlagfestigkeit (wahlweise)			
Final inspection Endüberprüfung	2008-08-20		

All tests of the standard DIN EN 12975-2:2006 were passed successfully in accordance with the criteria. Alle Tests der DIN EN 12975-2:2006 wurden entsprechend der Kriterien bestanden.

Cologne, 2008-10-22

Responsible for collector testing



Dipl.-Ing. U. Fritzsche

**Business field manager
Renewable Energies**



Dipl.-Ing. W. Vaaßen

Summary of collector performance test results:
Zusammenfassung der Ergebnisse der Leistungsprüfung

Manufacturer Hersteller	Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd		
Collector designation Produktbezeichnung	Free-J-58/1800-12		
Collector type Kollektortyp	Evacuated tube-collector with reflector		
Year of manufacture Herstellungsjahr	2008		
Length Länge	1988 mm	Absorber area Absorberfläche	0.979 m ²
Width Breite	1000 mm	Aperture area Aperturfläche	1.395 m ²
Height Höhe	130 mm	Gross area Bruttofläche	1.988 m ²
Weight (empty) Gewicht (leer)	42.5 kg	Mass flow Massenstrom	0.038 kg/s
Heat transfer medium Prüfwärmeträger	Water	Test pressure: Prüfdruck	150 kPa

Thermal performance
Thermische Leistungsfähigkeit

	Absorber area (x _A)	Aperture area (x _a)
Conversion factor η_0 Konversionsfaktor	0.925	0.649
Heat transfer coefficient a_1 Wärmedurchgangskoeffizient	2.714 W/(m ² K)	1.905 W/(m ² K)
Temperature dependent heat transfer coefficient a_2 Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0 W/(m ² K ²)	0 W/(m ² K ²)

Output power per collector unit in W:
Ausgangsleistung pro Kollektormodul in W:

	Irradiation Einstrahlung		
T _m – T _a in K	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10	335.5	607.1	878.6
30	282.3	553.9	825.5
50	229.2	500.7	772.3

(at normal incidence angle
(bei senkrechter Einstrahlung))

2 Setting of tasks

Aufgabenstellung

A collector performance test in accordance with DIN EN 12975-2:2006 of the Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd collector Free-J-58/1800-12 should be performed with the aim of Solar Keymark certification.

Es soll ein Kollektorleistungstest des Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd Kollektors Free-J-58/1800-12 entsprechend DIN EN 12975-2:2006 mit dem Ziel der Solarkeymark Zertifizierung durchgeführt werden.

3 Basis of testing

Grundlagen

DIN EN 12975-1:2006 „*Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile- Kollektoren- Teil 1: Allgemeine Anforderungen*“

DIN EN 12975-1:2006 “Thermal solar systems and components - Collectors - Part 1: General requirements”

DIN EN 12975-2:2006 „*Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile- Kollektoren- Teil 2: Prüfverfahren*“

DIN EN 12975-2:2006 “Thermal solar systems and components - Collectors - Part 2: Test procedure”

Solar Keymark – Specific Scheme Rules Final Version 8.00 January 2003: “*Specific CEN Keymark Scheme Rules for Solar Thermal Products*”

4 Sampling

Probenahme

Prototype samples Prototyp	☐
Samples from pilot production Prüfmuster aus der Pilotfertigung	☐
Samples from serial production Prüfmuster aus der Serienproduktion	☒
Selection of test samples acc. to Solar Keymark scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der Solar Keymark Regeln	☒

5 Description of the collector construction

Beschreibung der Kollektorkonstruktion

Manufacturer Hersteller	Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd
Brand name Handelsname	Free-J-58/1800-12
Category Kategorie	Evacuated tube-collector with reflector
Date of manufacture Produktionsdatum	2008-03-05
Serial number Seriennummer	21209610-1
Drawing number Zeichnungsnummer	12-q30; 12-q31; 12-q32; 12-q33; 12-q34; 12-q35; q23;

Collector & construction:

Kollektor & Konstruktion

Gross dimensions l x w x t [mm] Bruttofläche l x b x h	1988 x 1000 x 130 (Determined by test laboratory)
Absorber dimensions l x w x no [mm] Absorberfläche l x b x Anzahl	1725 x 47.3 x 12 (Determined by test laboratory)
Aperture dimensions l x w x no [mm] Aperturfläche l x b x Anzahl	1725 x 55.5 x 12 + reflector (Determined by test laboratory)
Gross/ aperture/ absorber area [m²] Brutto-/ Apertur-/ Absorberfläche	1.988 / 1.395 / 0.979 (Determined by test laboratory)
Weight empty [kg] Leergewicht	42.5
Fluid content [l] Flüssigkeitsinhalt	0.8l

Collector type Kollektortyp	Evacuated tube-collector with reflector	
Absorber grid Absorbergeometrie	Heat-pipe with Sydney-Glasstube	
Number and diameter of tubes or channels and distance [mm] Anzahl und Durchmesser der Glas- oder Absorberrohre sowie der Rohrabstand	12 x 8	80
Number of covers and thickness Anzahl der Abdeckungen und Dicke	1	1.5 mm
Cover material Material der Abdeckung	Glass	
Cover thickness [mm] Dicke der Abdeckung	1.5	

Header/ connections:
Sammelleitung/ Anschlüsse

Dimensions of header [mm] Dimension der Sammlerleitung	35
No. and dimensions of connections Anzahl und Dimension der Anschlüsse	2 x 1/2"

Absorber:
Absorber

Construction type Bauart	Heat-pipe
Material Werkstoff	copper
Absorber thickness Absorberdicke	1.5 mm
Surface treatment Oberflächenbehandlung	Selective surface

Thermal insulation and casing:

Casing material Material des Gehäuses	Aluminium with plastic parts (ABS)
Sealing Dichtung	Silicon
Thermal insulation thickness [mm] Dicke der Isolierung	35
Insulation material Material der Isolierung	Rockwool
Thermal conductivity and density Wärmeleitwert und Dichte	Not specified

Limit values:

Grenzwerte

Max. operating temperature [°C] Maximale Betriebstemperatur	160°
Maximum pressure [kPa] Maximaler Betriebsdruck	600
Heat transfer medium Wärmeträger	Glycol water mix
Other limitations Weitere Einschränkungen	
Collector mounting Montagearten	Flat roof/ on roof vertical mounting of tubes possible

<u>Instruction/installation manual:</u> <u>Betriebs- bzw. Installationsanleitung</u>	In accordance with DIN EN 12975-1:2006																						
<u>Collector type plate:</u> <u>Kollektortypenschild</u>	Layout of type-plate in accordance with DIN EN 12975-1:2006 FR-J12 <table border="1"> <tr> <td>name of manufacturer</td><td>Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd.</td></tr> <tr> <td>type</td><td>Heat pipe solar collector (12 tubes)</td></tr> <tr> <td>serial number</td><td>FR-J12- 0805018</td></tr> <tr> <td>year of production</td><td>2008</td></tr> <tr> <td>gross area of collector</td><td>2.53 m²</td></tr> <tr> <td>dimension of collector</td><td>1990*1082*125mm</td></tr> <tr> <td>maximum operation pressure</td><td>6bar</td></tr> <tr> <td>stagnation temperature at 1000 W/m² and 30</td><td>230 °C</td></tr> <tr> <td>Volume of the heat transfer fluid</td><td>0.8L</td></tr> <tr> <td>Weight of empty collector</td><td>42.5kg</td></tr> <tr> <td>Made in</td><td>Xiazhuang Village, Tongyu, Luqiao, Taizhou, Zhejiang, China</td></tr> </table>	name of manufacturer	Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd.	type	Heat pipe solar collector (12 tubes)	serial number	FR-J12- 0805018	year of production	2008	gross area of collector	2.53 m ²	dimension of collector	1990*1082*125mm	maximum operation pressure	6bar	stagnation temperature at 1000 W/m ² and 30	230 °C	Volume of the heat transfer fluid	0.8L	Weight of empty collector	42.5kg	Made in	Xiazhuang Village, Tongyu, Luqiao, Taizhou, Zhejiang, China
name of manufacturer	Taizhou Free-energy Development Co.,Ltd.																						
type	Heat pipe solar collector (12 tubes)																						
serial number	FR-J12- 0805018																						
year of production	2008																						
gross area of collector	2.53 m ²																						
dimension of collector	1990*1082*125mm																						
maximum operation pressure	6bar																						
stagnation temperature at 1000 W/m ² and 30	230 °C																						
Volume of the heat transfer fluid	0.8L																						
Weight of empty collector	42.5kg																						
Made in	Xiazhuang Village, Tongyu, Luqiao, Taizhou, Zhejiang, China																						

6 Execution and evaluation

Durchführung und Auswertung

6.1 Visual inspection

Sichtprüfung

Date Datum	2008-07-29	Inspector Prüfer	Kottwitz
---------------	------------	---------------------	----------

Internal barcode no. Interne Barcode Nummer	Serial no. Seriennummer	Description of defects Beschreibung der Schäden
21209610-1	21209610-1	-

7 Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren

7.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006; Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006

☐ outdoor steady state (6.1) stationär, im freien
☐ indoor steady state (6.2) stationär, indoor
☒ outdoor quasi-dynamic (6.3) quasidynamisch; im freien

Serial no. Seriennummer	21209610-1
Date (Start/End) Datum (Start/Ende)	2008-07-29 / 2008-08-04
Inspector Prüfer	Kottwitz

7.2 Test conditions Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	43°28'
Longitude [°] Geographische Länge	13°04'
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	35
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	0
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	vertical
Mass flow [kg/s] Massenstrom	0.038
Aperture area A_a [m²] Aperturfläche	1.395

7.3 Test results thermal performance

Prüfergebnisse Wärmeleistung

Second order fit to data

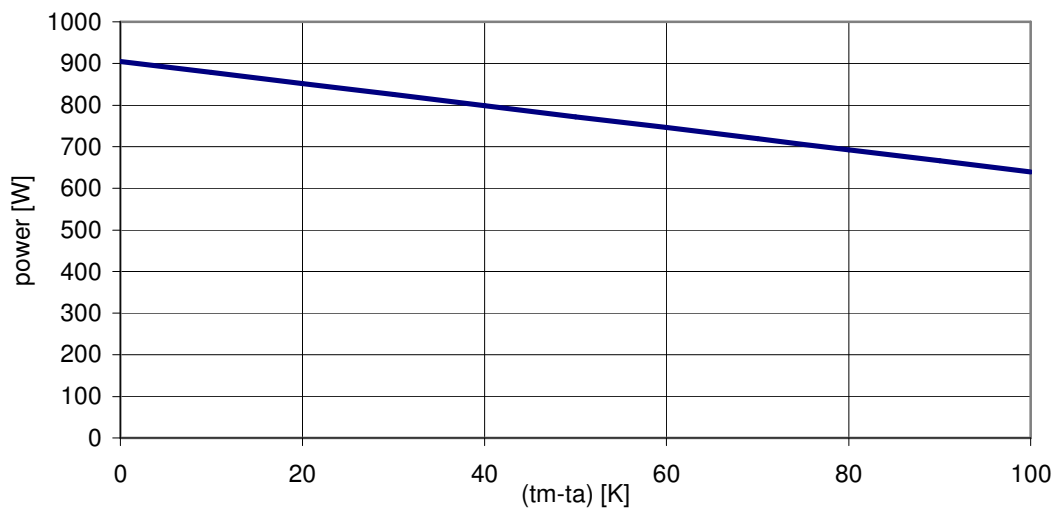
Ausgleichskurve 2. Ordnung für die Messwerte

$$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a \frac{(t_m - t_a)}{G^*} - a_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G^*} \right)$$

Conversion factor η_{0a} [] Konversionsfaktor	0.649 (based on aperture area)
Heat transfer coefficient a_{1a} [W/(m²K)] Wärmedurchgangskoeffizient	1.905 (based on aperture area)
Temp. dependent heat transfer coefficient a_{2a} [W/(m²K²)] Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0 (based on aperture area)
Incidence angle modifier K_θ (40°/40°) [] Einstrahlwinkel-Korrekturfaktor	1.10
Effective heat capacity c [kJ/(m²K)] Effektive Wärmekapazität	73.78 (based on aperture area)
Time constant τ_c [s] Zeitkonstante	Not necessary for quasi-dynamic test method

Power curve per collector unit (for $G = 1000 \text{ W/m}^2$)

Leistungskurve pro Kollektormodul



Maximum power [W_{peak}] Spitzenleistung (G=1000 W/m²) per collector unit/ pro Kollektormodul	905
---	------------

Details of any damage and problems which according to 5.3.1 of EN 12975-1:2006 are to be classified as “severe”: Einzelheiten hinsichtlich vorhandener Fehler, die nach 5.3.1 von EN 12975-2:2006 als “größerer Fehler” bezeichnet werden.

No visual damage detected

For more details about thermal performance test see Appendix 2.

8 General remarks

Bemerkungen

All results only refer to the test samples that were subjected to testing.

The extended total measuring uncertainty for the outdoor performance test is:

$$\eta \leq \pm 2.8 \% \text{ (for irradiation levels above } 700 \text{ W/m}^2\text{)}$$

COPY

Appendix 1: Reports

Evaluation of quasi-dynamic collector test based on aperture area and mean temperature of heat transfer fluid (multi linear regression/ simulation)

Based on aperture area:		
Aperture collector area used for curve:	1.395 m²	
The quasi-dynamic collector model is defined by		
$Q/A_a = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d}(\theta) G_d - c_6 u G^* - c_1(t_m - t_a) - c_2(t_m - t_a)^2 - c_3 u(t_m - t_a) - c_4(E_L - \sigma T_a^4) - c_5 dt_m/dt$		
Mass flow during test [kg/s]	0.038	
Operating pressure during test [kPa]	150	
Based on aperture area		
	Value	Unit
$F'(\tau\alpha)_{en}$	0.636	[]
$K_{\theta d}$	1.154	[]
$b_0(\theta)$	0.159	[]
c_1	1.905	[W/(m²K)]
c_2	0	[W/(m²K²)]
c_3	not determined	[J/(m³K)]
c_4	not determined	[W/(m²K)]
c_5	73.78	[kJ/(m²K)]
c_6	not determined	[s/m]

Incidence angle modifier:							
Angle [°]	10	20	30	40	50	60	70
$K_{\theta b \text{ longitudinal}}(\theta)$ []	1.0	0.99	0.98	0.95	0.91	0.84	0.69
$K_{\theta b \text{ transversal}}(\theta)$ []	1.0	1.01	1.01	1.15	1.27	1.37	1.55

Comparison between measurement and regression (see Figure A1.4):

Total energy deviation [%]	-0.34
Objective [%]	5.41

The “objective” describes the ratio of the integrated absolute energy difference between measurement and simulation/ regression to the total measured energy during the complete test sequence.

Calculation of collector parameters

Conversion factor η_0	$= F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta_{l,i}=15.0^\circ) 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d}(\theta) 0.15$
Heat transfer coefficient a_1	$= c1$
Temperature dependent heat transfer coefficient a_2	$= c2$
Effective heat capacity c	$= c5$

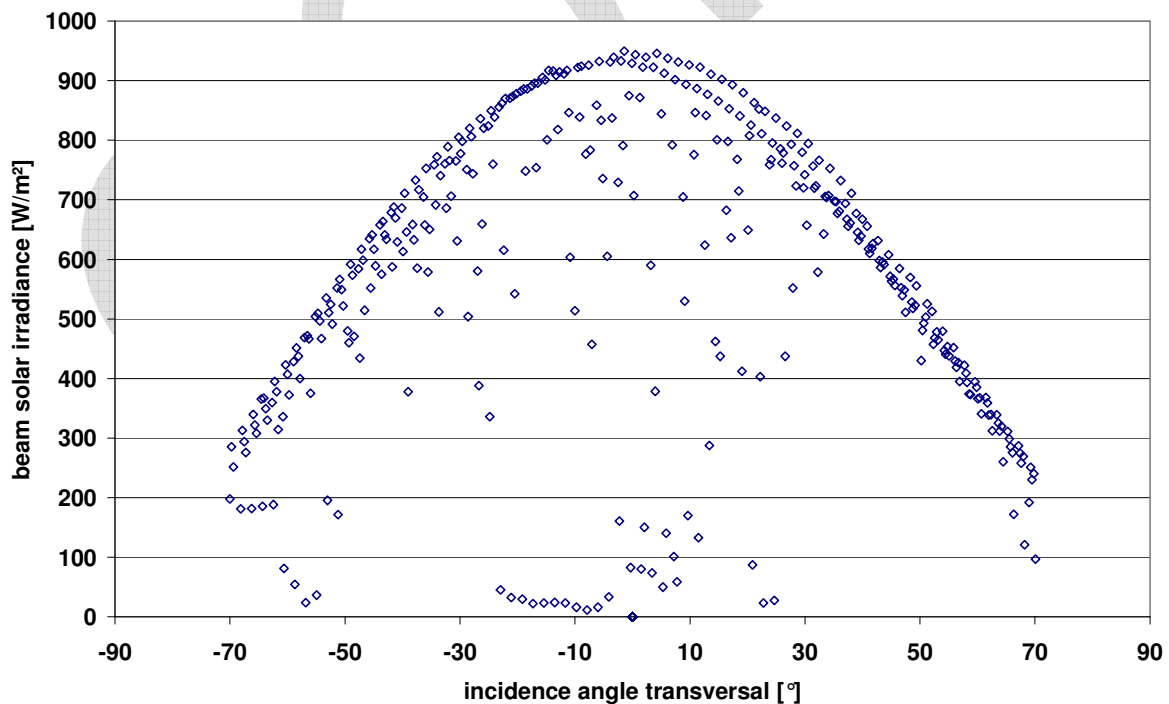
Presentation of the used data set for regression


Figure A1.1: Direct solar irradiance over its incidence angle

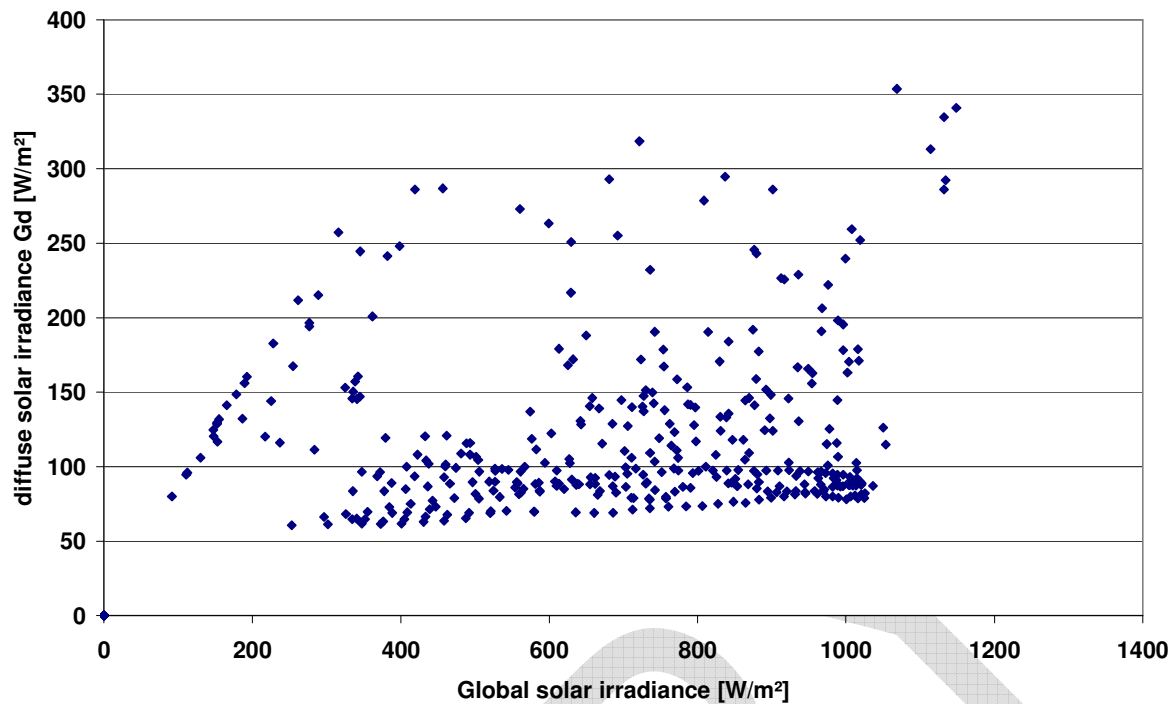


Figure A1.2: Diffuse solar irradiance over global irradiance

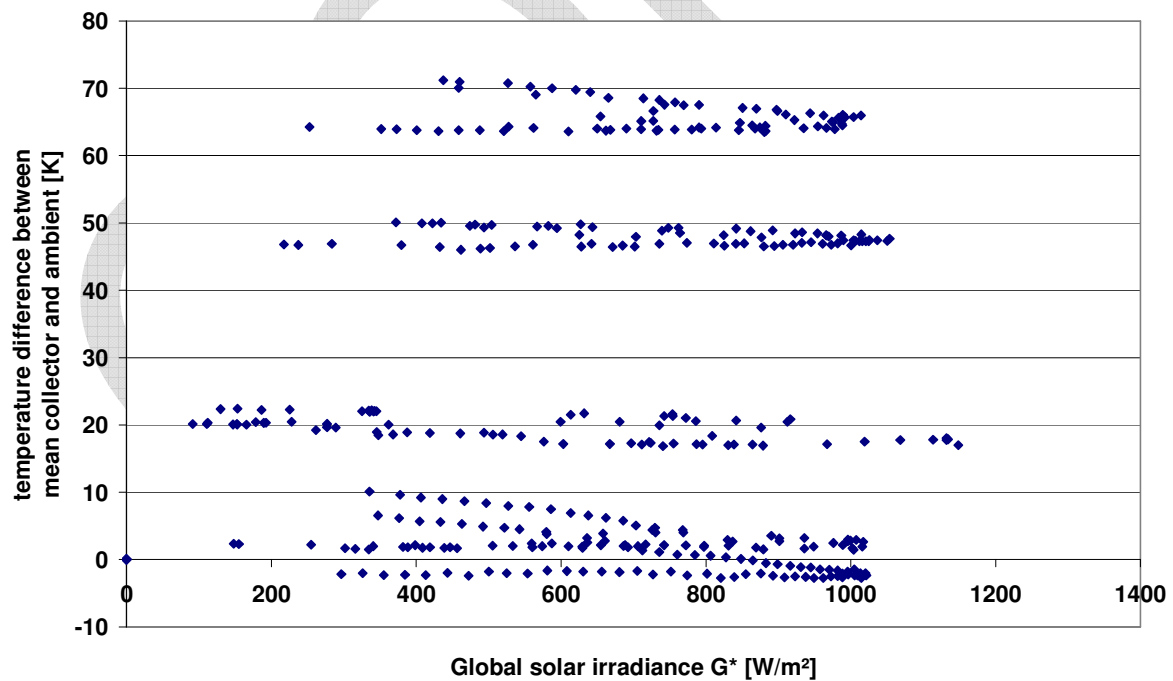


Figure A1.3: Temperature difference between mean collector and ambient temperature over global irradiance

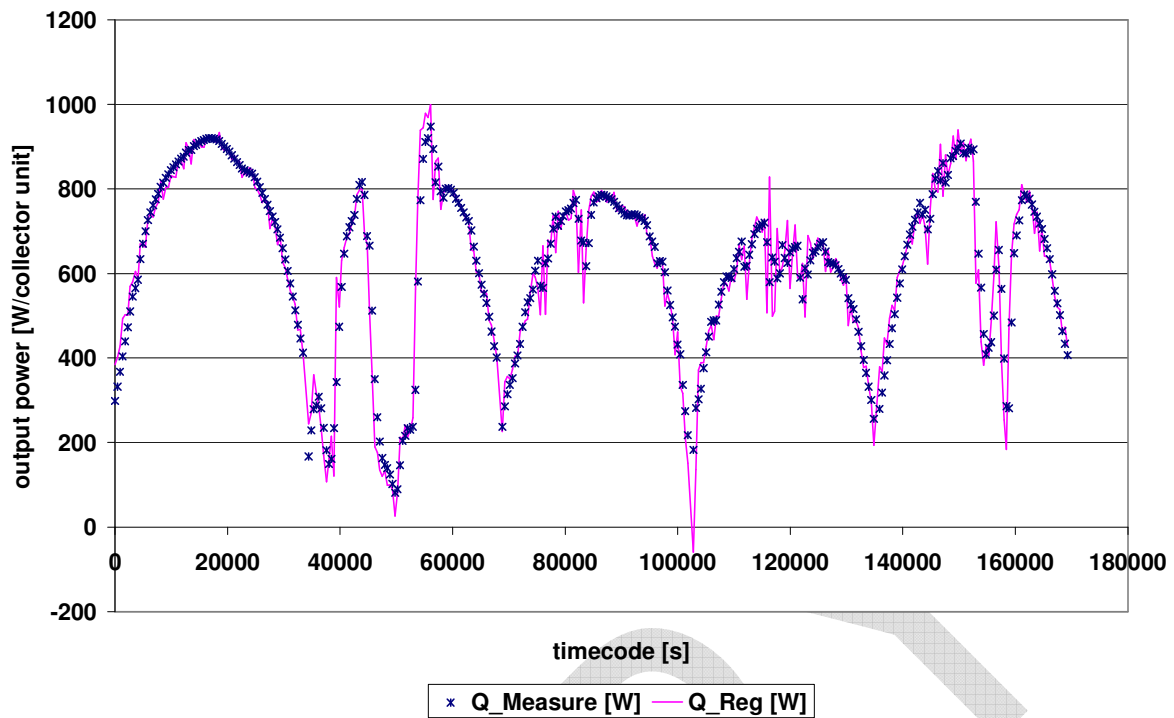


Figure A1.4: Measured and calculated power over time (full data set)

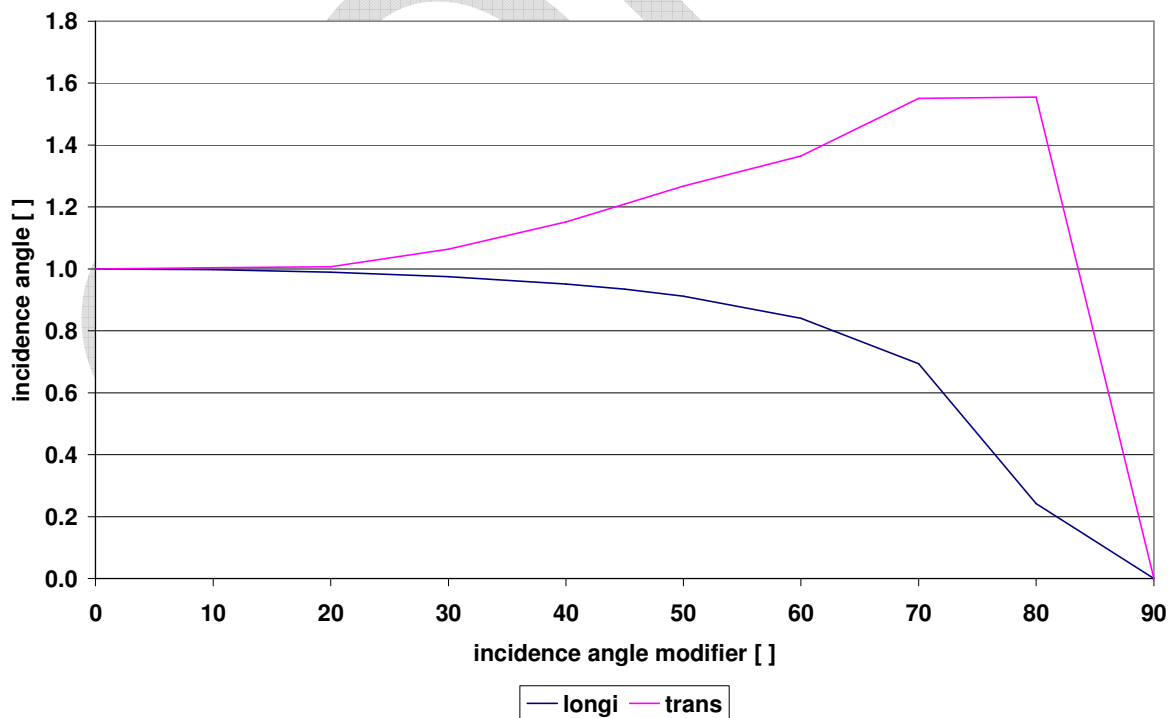


Figure A1.5: incidence angle modifier over incidence angle

Appendix 2: Photo documentation



Fig. 1: performance test



Fig. 2: TÜV- marking