

## **Test Report**

Prüfbericht

**Qualification of a Solar Collector in accordance with**  
Qualifizierung eines Solarkollektors nach

**DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006**

**TÜV Report No.: 21218491\_EN\_P\_FK500P**

**Cologne, 21 September 2012**



**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 Werbezwecken, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der TÜV Rheinland Group zulässig.

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

**Report-No.: 21218491 EN P FK500P**

on

**Qualification of a Solar Collector in accordance with**

Qualifizierung eines Solarkollektors nach

**DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006**

**Client:**  
Kunde

Solfex Ltd.  
Energy Arena,  
Units 3 - 5 Charnley Fold Industrial Estate,  
Bamber Bridge  
PR5 6PS Preston  
United Kingdom

**TÜV Quotation No.:**  
Angebotsnummer

435/ 1420120131

**TÜV Order No.:**  
Auftragsnummer

21218491

**Order of:**  
Datum der Beauftragung

17 September 2012

**Date of Receipt of Test Item:**  
Anlieferdatum Prüfmuster

16 December 2011

**Commencement of Test:**  
Testbeginn

22 December 2011

**TÜV Client No.:**  
Kundennummer

3199004

**Inspector:**  
Prüfer

J. Sommer (Tel.: +49 221 806-2021)

**Business Field:**  
Geschäftsfeld

Solar Energy

**No of Pages:**  
Seitenzahl

22

**Appendix:**  
Anhang

19 to 22

## List of Contents

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Summary of test results Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Setting of tasks; Aufgabenstellung</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Basis of testing; Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Sampling; Probenahme</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Description of the collector construction; Beschreibung der Kollektorkonstruktion</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Execution and evaluation; Durchführung und Auswertung</b> .....	<b>12</b>
6.1	Visual inspection; Sichtprüfung .....	12
<b>7</b>	<b>Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren</b> .....	<b>13</b>
7.1	Test method according to DIN EN 12975-2:2006 chapter 6.1; Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1 .....	13
7.2	Test conditions; Prüfbedingungen .....	13
7.3	Measuring results of time constant testing; Prüfergebnisse der Ermittlung der Zeitkonstante .....	15
7.4	Calculated effective thermal capacity ; Berechnete effektive Wärmekapazität....	16
7.5	Collector incident angle modifier; Prüfergebnisse der Ermittlung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors .....	17
<b>8</b>	<b>General remarks; Bemerkungen</b> .....	<b>18</b>

## List of Contents – Appendix

### Inhaltsverzeichnis - Anhang

Appendix 1:	Thermal performance test results	19
Appendix 2:	Photo documentation	22

# 1 Summary of test results

Zusammenfassung

## Qualification of a Solar Collector in accordance with

Qualifizierung eines Solarkollektors nach

**DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006**

**Manufacturer**

Hersteller

: Solfex Ltd.

Energy Arena,  
 Units 3 - 5 Charnley Fold Industrial Estate,  
 Bamber Bridge  
 PR5 6PS Preston  
 United Kingdom

**Brand**

Handelsname

: Solfex

**Collector type**

Kollektortyp

: FK500P

**Basis of testing**

Prüfgrundlage

: DIN EN 12975-2:2006

Test	Date		Summary of main test results Zusammenfassung der Hauptergebnisse
	Start	End	
Thermal performance Wärmeleistung	29 Dec 2011	29 Dec 2011	No visual damages

All above listed tests of the standard DIN EN 12975-2:2006 were passed successfully in accordance with the criteria.

Alle oben aufgeführten Tests der DIN EN 12975-2:2006 wurden entsprechend der Kriterien bestanden.

Cologne, 21 September 2012

Responsible for collector testing



Dipl.-Ing. J. Sommer

Director Technical Competence Center  
 Solar Thermal



Dipl.-Ing. U. Fritzsche

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

Manufacturer Hersteller	Solfex Ltd.
Brand Handelsname	Solfex
Collector type Kollektortyp	FK500P
Year of manufacture Herstellungsjahr	2011

Length Länge	2148 mm	Absorber area Absorberfläche	2.335 m <sup>2</sup>
Width Breite	1175 mm	Aperture area Aperturfläche	2.346 m <sup>2</sup>
Height Höhe	83 mm	Gross area Bruttofläche	2.51 m <sup>2</sup>
Weight (empty) Gewicht (leer)	36 Kg	Mass flow Massenstrom	0.021 kg/(m <sup>2</sup> s)
Heat transfer medium Prüfwärmeträger	Water	Test pressure: Prüfdruck	150 kPa

**Thermal performance**
**Thermische Leistungsfähigkeit**

	Absorber area (x <sub>A</sub> )	Aperture area (x <sub>a</sub> )
Conversion factor $\eta_0$ Konversionsfaktor	0.812	0.808
Heat transfer coefficient $a_1$ Wärmedurchgangskoeffizient	3.762	3.745
Temperature dependent heat transfer coefficient $a_2$ Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.010	0.010

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

T <sub>m</sub> – T <sub>a</sub> in K	Irradiation Einstrahlung		
	400 W/m <sup>2</sup>	700 W/m <sup>2</sup>	1000 W/m <sup>2</sup>
10	668	1236	1805
30	473	1042	1610
50	260	828	1397

(at normal incidence angle  
bei senkrechter Einstrahlung)

## 2 Setting of tasks Aufgabenstellung

A complete collector test in accordance with DIN EN 12975-2:2006 of the Solfex Ltd. collector FK500P should be performed with the aim of Solar Keymark certification.

Es soll ein Kollektortest des Solfex Ltd. Kollektors FK500P entsprechend DIN EN 12975-2:2006 mit dem Ziel der Solar Keymark 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 11.04 December 2009: “*Specific CEN Keymark Scheme Rules for Solar Thermal Products*”

## 4 Sampling

### Probenahme

Prototype samples Prototyp	<input type="radio"/>
Samples from pilot production Prüfmuster aus der Pilotfertigung	<input checked="" type="radio"/>
Samples from serial production Prüfmuster aus der Serienproduktion	<input type="radio"/>
Selection of test samples acc. to Solar Keymark scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der Solar Keymark Regeln	<input checked="" type="radio"/>
Random selection of test samples acc. to SRCC scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der SRCC Regeln	<input type="radio"/>

## 5 Description of the collector construction

### Beschreibung der Kollektorkonstruktion

Manufacturer Hersteller	Solfex Ltd.
Brand name Handelsname	Solfex
Collector Type Kollektortyp	FK500P
Category Kategorie	Covered flat plate
Date of manufacture Produktionsdatum	2011
Serial number Seriennummer	11/480008, 11/480012
Drawing numbers Zeichnungsnummern	ENG-035389; ENG-034502; ENG-035319; ENG-034513; ENG-035489; ENG-034526; ENG030764; ENG-035571; ENG-003931

- 
- ① Determinate by test laboratory
  - ② reviewed manufacturer information
  - ③ according to manufacturer information

**Collector & construction:**

Kollektor &amp; Konstruktion

Gross dimensions l x w x t [mm] no. Bruttofläche l x b x h	2148 x 1168 x 83 <sup>②</sup>
Normative Absorber dimensions l x w [mm] no. Normative Absorberfläche l x b x Anzahl	2094 x 1115 x 1 <sup>②</sup>
Physical Absorber dimensions l x w [mm] no. Physikalische Absorberfläche l x b x Anzahl	2094 x 1115 x 1 <sup>②</sup>
Aperture dimensions l x w [mm] no. Aperturfläche l x b x Anzahl	2098 x 1118 x 1 <sup>②</sup>
Gross/ Aperture/ Absorber area [m <sup>2</sup> ] Brutto-/ Apertur-/ Absorberfläche	2.51 <sup>②</sup> / 2.346 <sup>②</sup> / 2.335 <sup>②</sup>
Weight empty [kg] Leergewicht	36 <sup>③</sup>
Fluid content [l] Flüssigkeitsinhalt	1.41 <sup>③</sup>

**Absorber:**

Absorber

Construction type Bauart	flat plate absorber <sup>②</sup>
Absorber Material Absorber Werkstoff	aluminium <sup>②</sup>
Absorber Grid Absorber Geometrie	Meander <sup>②</sup>
Absorber thickness [mm] Absorberdicke	0.40 <sup>②</sup>
Effective Surface Effektive Oberfläche	one side <sup>②</sup>
Surface treatment Oberflächenbehandlung	Selective coated <sup>②</sup>

- 
- ① Determinate by test laboratory  
 ② reviewed manufacturer information  
 ③ according to manufacturer information



**Absorber Piping:**

Absorber Verrohrung

Collector connection type / dimension / numbers Kollektorschluss- Art / Durchmesser / Anzahl	3/4 " / rapid connection / 4 <sup>②</sup>
Header tube material / dimension Material / Dimension der Sammelleitung	copper <sup>②</sup> / 18/22 mm <sup>②</sup>
Riser tube-header connection Steigrohr - Sammlerverbindung	brased <sup>②</sup>
Riser tube-Absorber connection Steigleitung- Absorber Verbindung	laser-welded <sup>②</sup>
Riser tube material / dimension / thickness Steigrohrmaterial / Durchmesser / Stärke	copper / 8 mm / 0.4 <sup>②</sup>
Number and Distance [mm] of riser tubes or fins: Anzahl und Abstand der Steigrohre bzw. Finnen	20 / 96 <sup>②</sup>

**Cover:**

Abdeckung

Number of covers Anzahl der Abdeckungen	1 <sup>②</sup>	
Glazing to absorber space Abstand zwischen Glas und Absorber	20 (measured on one point) <sup>①</sup>	
	Glas 1	Glas 2
Length / width / thickness [mm] Länge / Breite / Dicke	2120 / 1140 / 3.2 <sup>②</sup>	not part of construction
Material / surface and coating Material / Struktur und Beschichtung	Solar glass / clear glass <sup>③</sup>	not part of construction
Transmittance factor [ ] Transmissionsgrad	0.895 <sup>③</sup>	-

- 
- ① Determinate by test laboratory  
 ② reviewed manufacturer information  
 ③ according to manufacturer information

Casing:

## Gehäuse

Enclosure L x W x T [mm] Gehäuseabmessungen	2148 / 1168 / 83 <sup>②</sup>	
Enclosure material Gehäusematerial	aluminium alloy <sup>②</sup>	
Enclosure backside material Rückseitenmaterial des Gehäuses	aluminium alloy <sup>②</sup>	
Frame fastening method Gehäuseverbindungstechnik	glued <sup>②</sup>	
Insulation Rückseitendämmung	Primary Material	Secondary Material
Material Material	Rock wool <sup>②</sup>	not part of construction
Thickness [mm] Stärke	40 <sup>②</sup>	-
Material thermal conductivity [W/Km <sup>2</sup> ] Leitfähigkeit des Materials	0.035 <sup>③</sup>	-
Lateral insulation Seitenisolierung	Primary Material	Secondary Material
Material Material	not part of construction	not part of construction
Thickness [mm] Dicke / Maße / Stärke / Schicht	-	-
Material thermal conductivity [W/Km <sup>2</sup> ] Leitfähigkeit des Materials	-	-

Sealing`s:

## Dichtungen

Frame - Cover Rahmen – Abdeckung	Silicon base <sup>③</sup>
Frame Corner or side caps Rahmenecke oder Seitenkappen	Silicon base <sup>③</sup>
Frame - back sheet Rahmen – Rückseitenblech	Silicon base <sup>③</sup>
Grommet header tube Rohrdurchführung am Gehäuse	EPDM base <sup>③</sup>
Grommet evacuated tube Vakuurröhre - Gehäuse	not part of construction
Evacuated tube closure Vakuurröhrenverschluss	not part of construction

- ① Determinate by test laboratory  
 ② reviewed manufacturer information  
 ③ according to manufacturer information

Limit values (given by manufacturer):

Grenzwerte

<b>Max. operating temperature [°C]</b> Maximale Betriebstemperatur	203 <sup>①</sup>
<b>Maximum operating pressure [kPa]</b> Maximaler Betriebsdruck	1000 <sup>③</sup>
<b>Recommended Heat transfer medium</b> Empfohlener Wärmeträger	Water Glycol mixture <sup>③</sup>
<b>Recommended operating mass Flow [l/(m<sup>2</sup>h)]</b> Betriebsmassenstrom	30 <sup>③</sup>
<b>Tilt angle limits [°]</b> Aufstellwinkel	15 to 90 <sup>③</sup>
<b>Collector mounting</b> Montagearten	Wall, in roof, on roof, flat roof mounting in vertical direction is possible <sup>③</sup>
<b>Other limitations</b> Weitere Einschränkungen	not mentioned <sup>③</sup>

COPY

- 
- ① Determinate by test laboratory
  - ② reviewed manufacturer information
  - ③ according to manufacturer information

## 6 Execution and evaluation

Durchführung und Auswertung

### 6.1 Visual inspection

Sichtprüfung

Date Datum	22 Dec 2011	Inspector Prüfer	Kottwitz
---------------	-------------	---------------------	----------

Internal barcode no. Interne Barcode Nummer	Serial no. Seriennummer	Description of defects Beschreibung der Schäden
20120000338	11/480008	No visual damages
TEU111208	11/480012	No visual damages



Solfex Limited  
 Energy Arena  
 Units 3-5, Chamley Industrial Estate  
 Bamber Bridge - Preston

Hersteller Datum/  
 Manufacture Date: 12/35 0015

Hergestellt in Österreich /  
 Made in Austria

Flachkollektor / Flat plate collector  
**Type/Model: FK 500 P**

690xxxx

Bruttofläche/Gross Area: **2,50 m<sup>2</sup>**  
 Aperturfläche/Apertur: **2,35 m<sup>2</sup>**  
 Nettofläche/Net Area Area: **2,34 m<sup>2</sup>**  
 Dimensionen/Dimensions: **2148x1168x83 mm**  
 Gewicht/Weight: **38 kg**  
 Stillstandstemperatur/  
 Stagnation Temperature: **203 °C**  
 Max. Betriebsdruck/Max. Pressure: **10 bar**  
 Inhalt/Content: **1,40 l**

**ACHTUNG: Nur frostgeschützt füllen! /**  
**ATTENTION: Use only anti-freeze!**

Fig. 1: test sample label (random selection)

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

### 7.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 chapter 6.1 Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1

- outdoor steady state (6.1.4)       indoor steady state (6.1.5)  
 stationär, im freien                      stationär, indoor

Serial no. Seriennummer	11/480008	
Date (Start/End) Datum (Start/Ende)	29 Dec 2011	29 Dec 2011
Inspector Prüfer	Kottwitz	

### 7.2 Test conditions Prüfbedingungen

Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	45
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	0
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	<i>See Appendix 2 Fig. 2</i>
Mass flow [kg/(m <sup>2</sup> s)] Massenstrom	0.021
Aperture area A <sub>a</sub> [m <sup>2</sup> ] Aperturfläche	2.346

### 7.2.1 Test results thermal performance

Prüfergebnisse Wärmeleistung

#### Second order fit to data

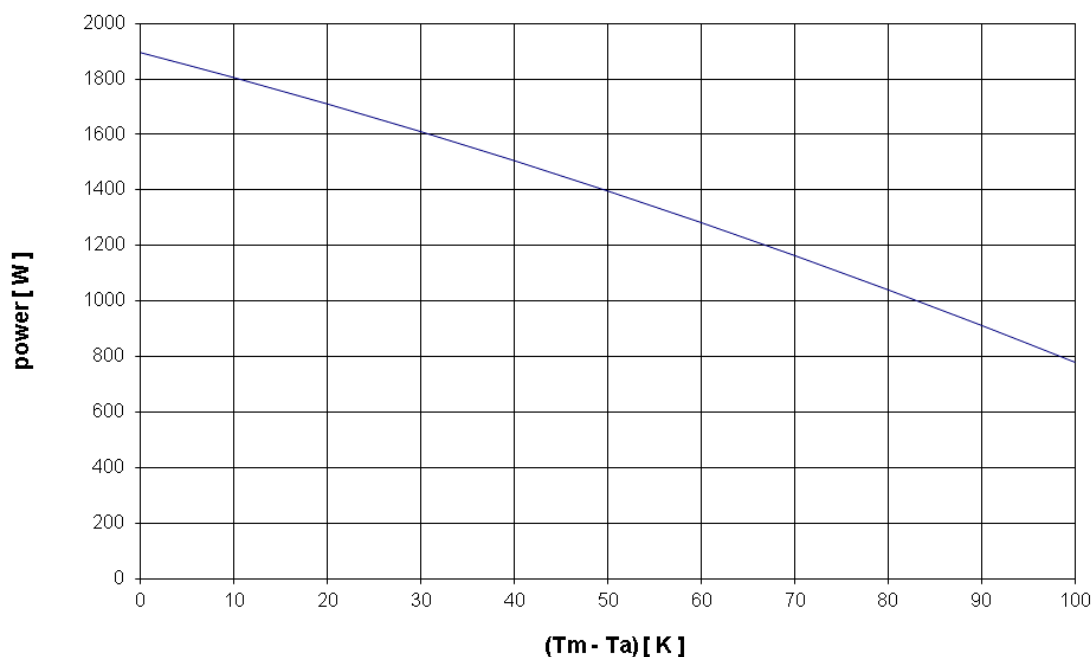
Ausgleichskurve 2. Ordnung für die Messwerte

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

Conversion factor $\eta_{0a}$ [ ] Konversionsfaktor	0.808 ± 0.001 (based on aperture area)
Heat transfer coefficient $a_{1a}$ [ W/(m <sup>2</sup> K) ] Wärmedurchgangskoeffizient	3.745 ± 0.049 (based on aperture area)
Temp. dependent heat transfer coefficient $a_{2a}$ [ W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) ] Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.010 ± 0.001 (based on aperture area)

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

Leistungskurve pro Kollektormodul



<b>Maximum power [W<sub>peak</sub>]</b> Spitzenleistung (G=1000 W/m <sup>2</sup> ) per collector unit/ pro Kollektormodul	<b>1895</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

Details of any damage and problems: Einzelheiten hinsichtlich vorhandener Fehler.

No visual damages

For more details about thermal performance test see Appendix 1: Thermal performance test results.

### 7.3 Measuring results of time constant testing

#### Prüfergebnisse der Ermittlung der Zeitkonstante

Outdoor  
 im freien

Indoor  
 indoor

Serial no. Seriennummer	11/480008
Date Datum	2011-12-29
Inspector Prüfer	Kottwitz

#### 7.3.1 Test conditions

##### Prüfbedingungen

Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	45
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	See Appendix 2 Fig. 3
Mass flow [kg/(m <sup>2</sup> s)] Massenstrom	0.020
Aperture area A <sub>a</sub> [m <sup>2</sup> ] Aperturfläche	2.346

#### 7.3.2 Test results

##### Prüfergebnisse

Collector Time constant $\tau_c$ [s] Kollektorzeitkonstante	80.9
----------------------------------------------------------------	------

For more details about time constant test see Appendix 1: Thermal performance test results.

## 7.4 Calculated effective thermal capacity

### Berechnete effektive Wärmekapazität

7.4.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 Chapter 6.1.6  
 Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1.6

	Per collector unit	Per m <sup>2</sup> aperture area
Thermal capacity of the Absorber [kJ/K] Wärmekapazität des Absorber	3.24	1.38
Thermal capacity of the heat transfer fluid [kJ/K] Wärmekapazität des Wärmeträgers	5.90	2.52
Thermal capacity of the Isolation [kJ/K] Wärmekapazität des Isolierung	0.95	0.41
Thermal capacity of the external glazing [kJ/K] Wärmekapazität der äußere Verglasung	1.22	0.52
Thermal capacity of the second glazing [kJ/K] Wärmekapazität der zweiten Verglasung		
<b>Effective Thermal capacity of the collector</b> <b>Effektive Wärmekapazität des Kollektors</b>	<b>11.31 kJ/K</b>	<b>4.82 kJ/(K*m<sup>2</sup>)</b>



## 7.5 Collector incident angle modifier

### Prüfergebnisse der Ermittlung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors

#### 7.5.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 Chapter 6.1.7

Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1.7

Serial no. Seriennummer	11/480038	
Date (Start/ End) Datum (Start/ Ende)	2012-03-02	2012-03-02
Inspector Prüfer	Witt	

#### 7.5.2 Test conditions

Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	33.45
Longitude [°] Geographische Länge	111.95
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	45.5
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	0
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	See Appendix 2 Fig. 4
Mass flow [kg/(m <sup>2</sup> s)] Massenstrom	0.020
Aperture area A <sub>a</sub> [m <sup>2</sup> ] Aperturfläche	2.346

#### 7.5.3 Quasi-dynamic test results

Quasi-dynamische Prüfergebnisse

Angle [°]	10	20	30	40	50	60	70
K <sub>θ IAM</sub> ( ) [ ]	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.88
<b>Incidence angle modifier K<sub>θ</sub>(50) [ ]</b> Einstrahlwinkel-Korrekturfaktor	<b>0.96</b> (based on aperture area)						

Requisite additional information for incident angle modifier:

Erforderliche Zusatzinformationen zu dem Einfallswinkel-Korrekturfaktor:

--

For more details about time constant test see Appendix 1: Thermal performance test results

## 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:

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

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

$$\eta \leq \pm 2 \%$$

The following tests were performed at TUV Rheinland PTL and documented in report RK-1 TEU111208-0838, March 2012:

- Incident angle modifier detection

The IAM detection was made with the nearly similar collector model FK8250.

All results are related to 21218491\_EN\_P\_FK8257N4M-FL (2012-03-20).

## Appendix 1: Thermal performance test results

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

Performance results, measured and derived data													
Date	UTC	G	G/G <sub>d</sub>	EL	t <sub>a</sub>	U	$\dot{m}$	t <sub>in</sub>	t <sub>m</sub>	t <sub>m</sub> -t <sub>a</sub>	T* <sub>m</sub>	Q̇	η <sub>a</sub>
YYYY-MM-DD	hh:mm	W/m <sup>2</sup>	%	W/m <sup>2</sup>	°C	m/s	kg/s	°C	°C	K	m <sup>2</sup> K/W	W	%
2011-12-29	19:27	948	0.00	-	22.63	3.5	0.0453	16.84	21.60	-1.02	-0.00108	1807	0.812
2011-12-29	19:42	948	0.00	-	22.71	3.5	0.0456	16.71	21.44	-1.26	-0.00133	1806	0.812
2011-12-29	15:50	948	0.00	-	23.51	3.5	0.0514	90.28	92.77	69.26	0.07303	1078	0.484
2011-12-29	15:35	948	0.00	-	23.50	3.5	0.0513	90.26	92.74	69.24	0.07301	1077	0.484
2011-12-29	16:36	948	0.00	-	23.30	3.5	0.0497	71.63	74.69	51.39	0.05419	1280	0.575
2011-12-29	16:51	948	0.00	-	23.28	3.5	0.0497	71.63	74.69	51.41	0.05421	1278	0.575
2011-12-29	17:35	948	0.00	-	22.97	3.5	0.0481	43.48	47.39	24.42	0.02575	1573	0.707
2011-12-29	17:50	948	0.00	-	22.96	3.5	0.0481	43.46	47.36	24.41	0.02573	1571	0.706

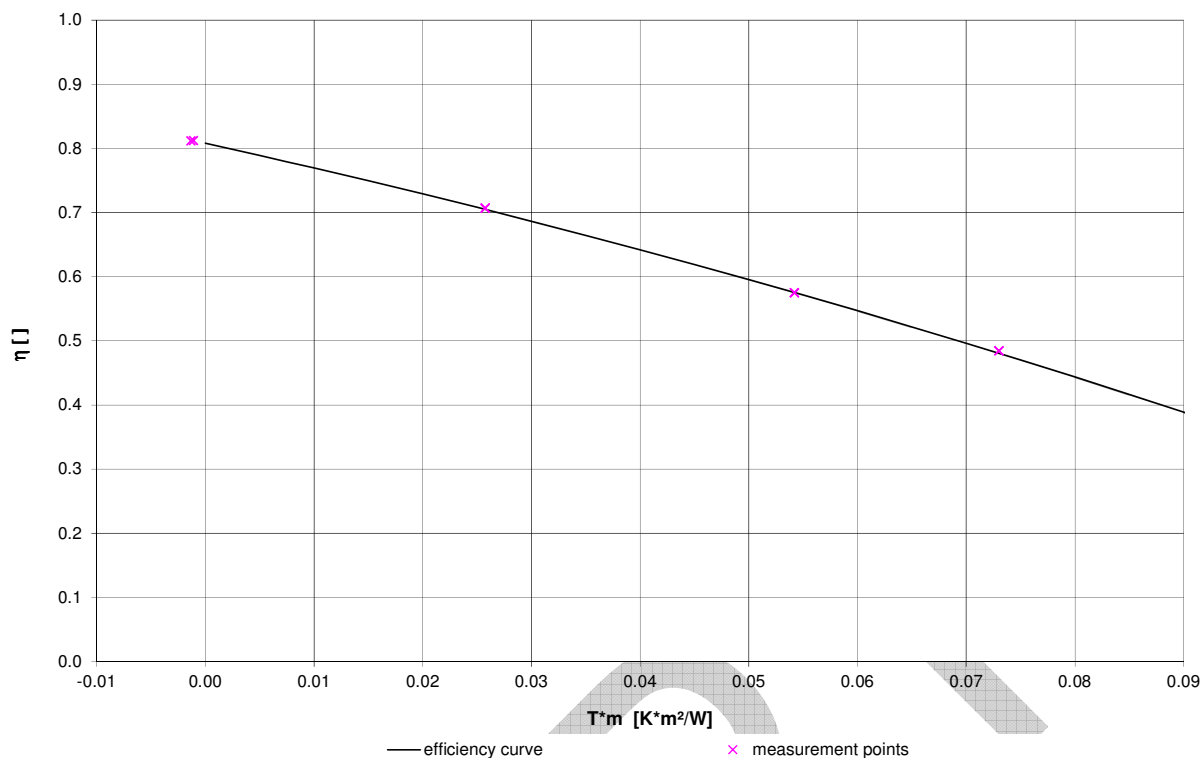


Figure A1.1: efficiency curve over reduced temperature difference at 1000W/m<sup>2</sup> irradiation

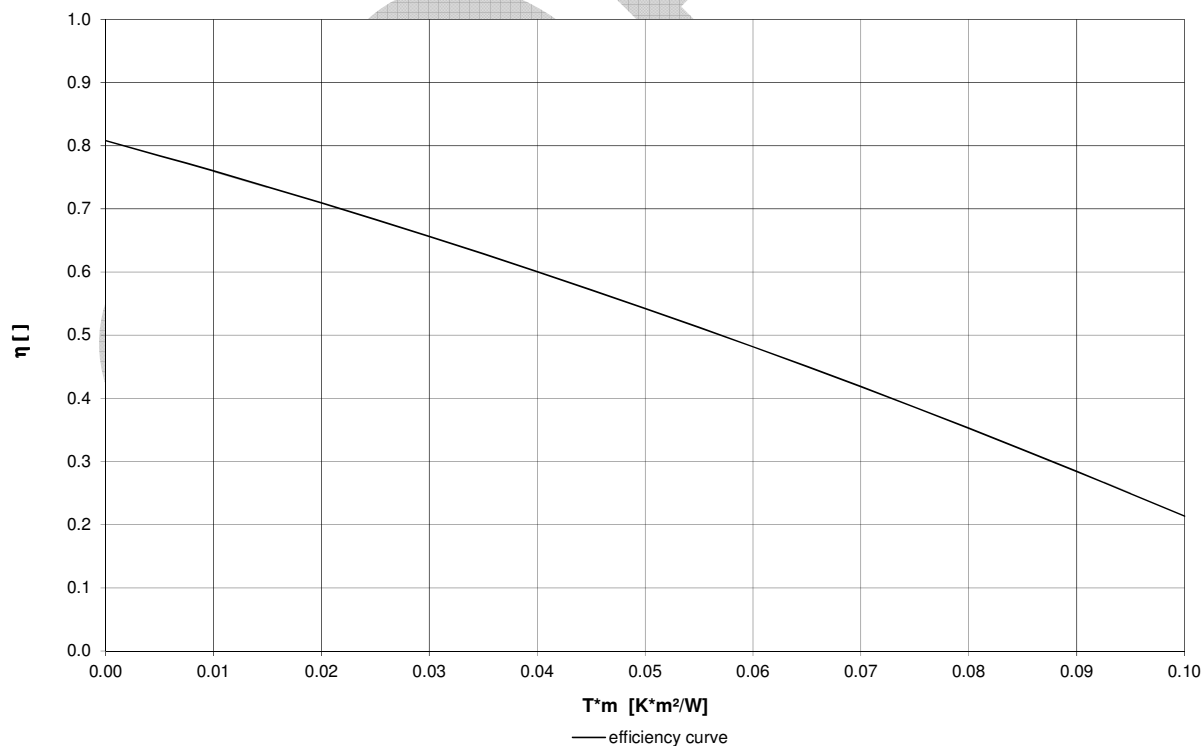


Figure A1.2: efficiency curve over reduced temperature difference at 800W/m<sup>2</sup> irradiation

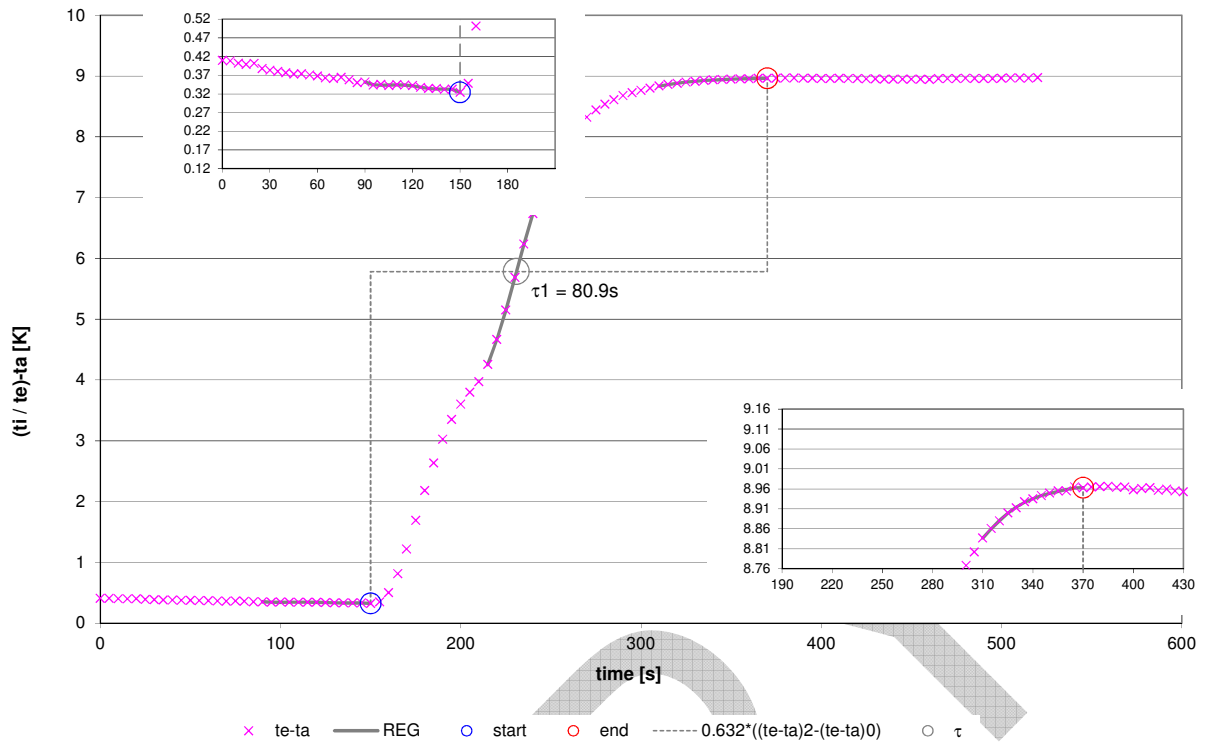


Figure A1.5: Thermal Time Constant

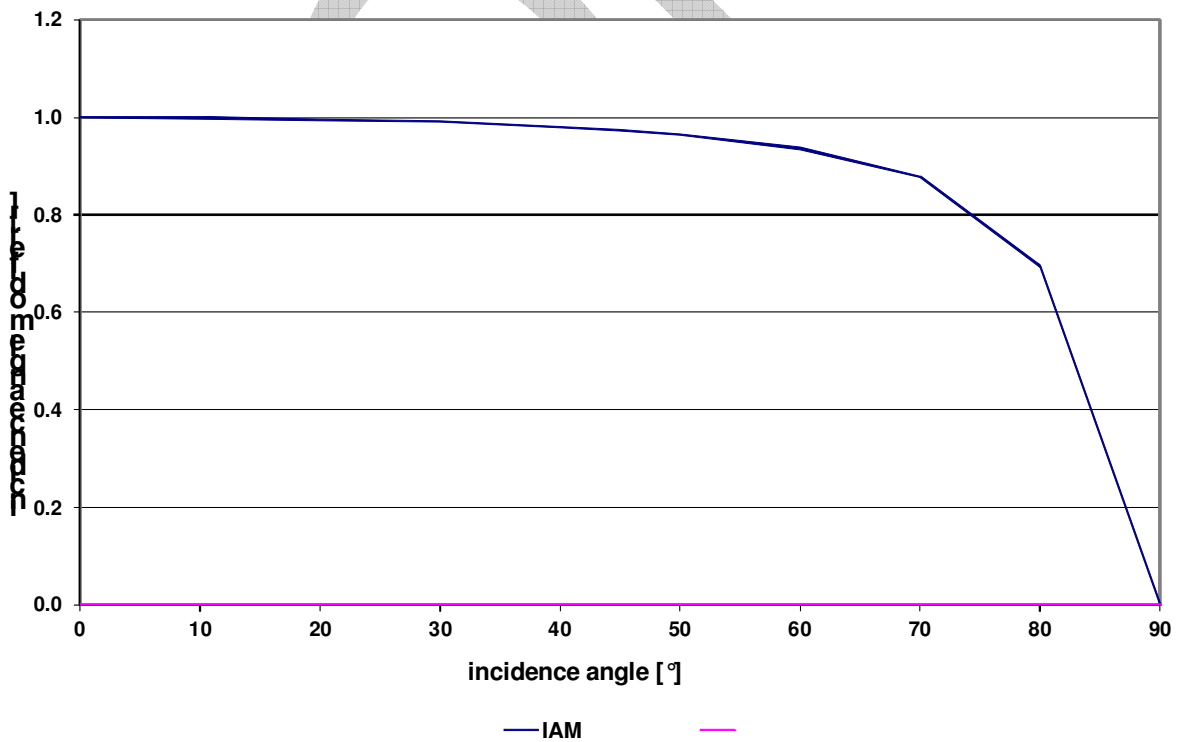
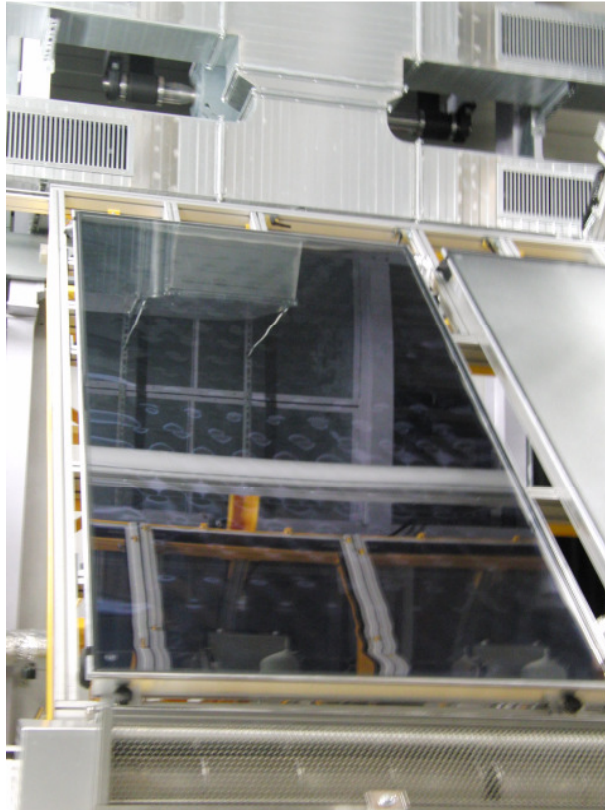


Figure A1.3: incidence angle modifier over incidence angle

## Appendix 2: Photo documentation



*Fig. 5: performance test*