TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
Solar Energy

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.: 21219030_EN_P_155V

Cologne, 24 May 2012

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11120-01-01

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 Werbezwecken, 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 Energie und Umwelt GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln, Germany, Tel.: +49 221 806-2477, Fax: +49 221 806-1350

TÜVRheinland®
Precisely Right.

Report-No.: 21219030_EN_P_155V

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	Vaillant GmbH Berghauser Str. 40 42859 Remscheid Germany
TÜV Quotation No.: Angebotsnummer	435/ 1420120012
TÜV Order No.: Auftragsnummer	21219030
Order of: Datum der Beauftragung	30 January 2012
Date of Receipt of Test Item: Anlieferdatum Prüfmuster	08 March 2012
Commencement of Test: Testbeginn	22 March 2012
TÜV Client No.: Kundennummer	90191
Inspector: Prüfer	J. Sommer (Tel.: +49 221 806-2021)
Business Field: Geschäftsfeld	Solar Energy
No of Pages: Seitenzahl	23
Appendix: Anhang	19 to 23

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 12

6.1 Visual inspection; Sichtprüfung 12

7 Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren 13

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

8 General remarks; Bemerkungen 18

List of Contents – Appendix

Inhaltsverzeichnis - Anhang

Appendix 1: Thermal performance test results 19

Appendix 2: Photo documentation 23

TÜVRheinland®
Precisely Right.

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 : Vaillant GmbH
Hersteller

Berghauser Str. 40
42859 Remscheid
Germany

Brand : auroTHERM plus
Handelsname

Collector type : VFK 155 V
Kollektortyp

Basis of testing : DIN EN 12975-2:2006
Prüfgrundlage

Test	Date		Summary of main test results Zusammenfassung der Hauptergebnisse
	Start	End	
Thermal performance Wärmeleistung	15 April 2012	25 April 2012	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, 24 May 2012

Responsible for collector testing

Dipl.-Ing. J. Sommer

Director Technical Competence Center Solar Thermal

Dipl.-Ing. U. Fritzsche

TÜVRheinland®
Precisely Right.

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

Manufacturer Hersteller	Vaillant GmbH
Brand Handelsname	auroTHERM plus
Collector type Kollektortyp	VFK 155 V
Year of manufacture Herstellungsjahr	2012

Length Länge	2033 mm	Absorber area Absorberfläche	2.330 m²
Width Breite	1233 mm	Aperture area Aperturfläche	2.352 m²
Height Höhe	80 mm	Gross area Bruttofläche	2.507 m²
Weight (empty) Gewicht (leer)	38 Kg	Mass flow Massenstrom	0.022 kg/(m²s)
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	0.858	0.850
Heat transfer coefficient a_1 Wärmedurchgangskoeffizient	3.805	3.770
Temperature dependent heat transfer coefficient a_2 Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.015	0.015

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

	Irradiation Einstrahlung		
$T_m - T_a$ in K	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
10	708	1308	1908
30	503	1103	1703
50	270	870	1470

(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 Vaillant GmbH collector VFK 155 V should be performed with the aim of Solar Keymark certification.

Es soll ein Kollektortest des Vaillant GmbH Kollektors VFK 155 V 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”*

TÜVRheinland®
Precisely Right.

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	◙
Random selection of test samples acc. to SRCC scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der SRCC Regeln	○

5 Description of the collector construction
Beschreibung der Kollektorkonstruktion

Manufacturer Hersteller	Vaillant GmbH
Brand name Handelsname	auroTHERM plus
Collector Type Kollektortyp	VFK 155 V
Category Kategorie	Coverd flat plate
Date of manufacture Produktionsdatum	2012
Serial number Seriennummer	211209001001317300060050 05N9 (20120001421)
Drawing numbers Zeichnungsnummern	0010010034Rev10.0; 0020039013Rev7.0; 0020039004Rev7.0; 0020039010Rev8.0;; 0020039027Rev12.0; 0020100698Rev.5.0; 0020039042Rev3.0; 0020039039Rev6.0; 0020144126Rev3.0; Spec. 0020148305Rev0.0

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

TÜVRheinland®
Precisely Right.

Collector & construction:
Kollektor & Konstruktion

Gross dimensions l x w x t [mm] Bruttofläche l x b x h	2033 x 1233 x 80 ②
Normative Absorber dimensions l x w [mm] x no. Normative Absorberfläche l x b x Anzahl	1978 x 1178 x 1 ②
Physical Absorber dimensions l x w [mm] x no. Physikalische Absorberfläche l x b x Anzahl	1978 x 1178 x 1 ②
Aperture dimensions l x w [mm] x no. Aperturfläche l x b x Anzahl	1985 x 1185 x 1 ②
Gross/ Aperture/ Absorber area [m²] Brutto-/ Apertur-/ Absorberfläche	2.507 ② / 2.352 ② / 2.330 ②
Weight empty [kg] Leergewicht	38 ②
Fluid content [l] Flüssigkeitsinhalt	1.85 ②

Absorber:
Absorber

Construction type Bauart	flat plate absorber
Absorber Material Absorber Werkstoff	aluminium
Absorber Grid Absorber Geometrie	serpentine
Absorber thickness [mm] Absorberdicke	0.50
Effective Surface Effektive Oberfläche	one side
Surface treatment Oberflächenbehandlung	Mirotherm ③
Absorptance [ ] Absorptionsgrad	0.94 ③
Emittance [ ] Emissionsgrad	0.05 ③

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

TÜVRheinland®
Precisely Right.

Absorber Piping:
Absorber Verrohrung

Collector connection type / dimension / numbers Kollektoranschluss- Art / Durchmesser / Anzahl	3/4 " / rapid connection / 4 ②
Header tube material / dimension Material / Dimension der Sammelleitung	copper ② / 19 mm * 0.8 mm ②
Riser tube-header connection Steigrohr - Sammlerverbindung	brazed
Riser tube-Absorber connection Steigleitung- Absorber Verbindung	laser-welded
Riser tube material / dimension / thickness Steigrohrmaterial / Durchmesser / Stärke	copper / 10 mm / 0.4 mm ②
Number and Distance [mm] of riser tubes or fins: Anzahl und Abstand der Steigrohre bzw. Finnen	1 / 95

Cover:
Abdeckung

Number of covers Anzahl der Abdeckungen	1
Glazing to absorber space Abstand zwischen Glas und Absorber	20 (measured on one point) ③
Length / width / thickness [mm] Länge / Breite / Dicke	2016 / 1216 / 3.2 ②
Material / surface and coating Material / Struktur und Beschichtung	Solar glass / Anti reflex coating ③
Transmittance factor [ ] Transmissionsgrad	0.96 ③

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

TÜVRheinland®
Precisely Right.

Casing:
Gehäuse

Enclosure L x W x T [mm] Gehäusemaße	2033 / 1233 / 80 ②	
Enclosure material Gehäusematerial	aluminium alloy / plastics ②	
Enclosure backside material Rückseitenmaterial des Gehäuses	aluminium alloy / plastics ②	
Frame fastening method Gehäuseverbindungstechnik	stuck together with corner brackets ②	
Insulation Rückseitendämmung	Primary Material	Secondary Material
Material Material	Rock wool ②	not part of construction
Thickness [mm] Stärke	40 ②	
Material thermal conductivity [W/Km²] Leitfähigkeit des Materials	0,035 ③	
Lateral insulation Seitenisolierung	Primary Material	Secondary Material
Material Material	Basotec	not part of construction
Thickness [mm] Dicke / Maße / Stärke / Schicht	4 ②	
Material thermal conductivity [W/Km²] Leitfähigkeit des Materials	0.04 ③	

Sealing`s:
Dichtungen

Frame - Cover Rahmen – Abdeckung	Silicon base ②
Frame Corner or side caps Rahmenecke oder Seitenkappen	not part of construction
Frame - back sheet Rahmen – Rückseitenblech	Silicon base ②
Grommet header tube Rohrdurchführung am Gehäuse	EPDM base ②

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

TÜVRheinland®
Precisely Right.

Limit values (given by manufacturer):
Grenzwerte

Max. operating temperature [℃] Maximale Betriebstemperatur	200 ①
Maximum operating pressure [kPa] Maximaler Betriebsdruck	1000 ③
Recommended Heat transfer medium Empfohlener Wärmeträger	Water Glycol mixture ③
Recommended operating mass Flow [l/(m²h)] Betriebsmassenstrom	75 ③
Tilt angle limits [°] Aufstellwinkel	15 to 75 ③
Collector mounting Montagearten	wall , in roof , on roof and flat roof mounting in vertical position is possible ③
Other limitations Weitere Einschränkungen	./. ③

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	20 February 2012	Inspector Prüfer	Kottwitz

Internal barcode no. Interne Barcode Nummer	Serial no. Seriennummer	Description of defects Beschreibung der Schäden
20120001421	211209001001317300060 05005N9	No visual damages

Fig. 1: test sample label (random selection)

TÜVRheinland®
Precisely Right.

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)
stationär, im freien

◙ indoor steady state (6.1.5)
stationär, indoor

Serial no. Seriennummer	2112090010013173000600500 5N9	
Date (Start/End) Datum (Start/Ende)	16 April 2012	17 April 2012
Inspector Prüfer	Sommer	

7.2 Test conditions
Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	indoor
Longitude [°] Geographische Länge	indoor
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	45
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	indoor
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	See Appendix 2 Photo documentation
Mass flow [kg/(m²s)] Massenstrom	0.022
Aperture area A_a [m²] Aperturfläche	2.352

TÜVRheinland®
Precisely Right.

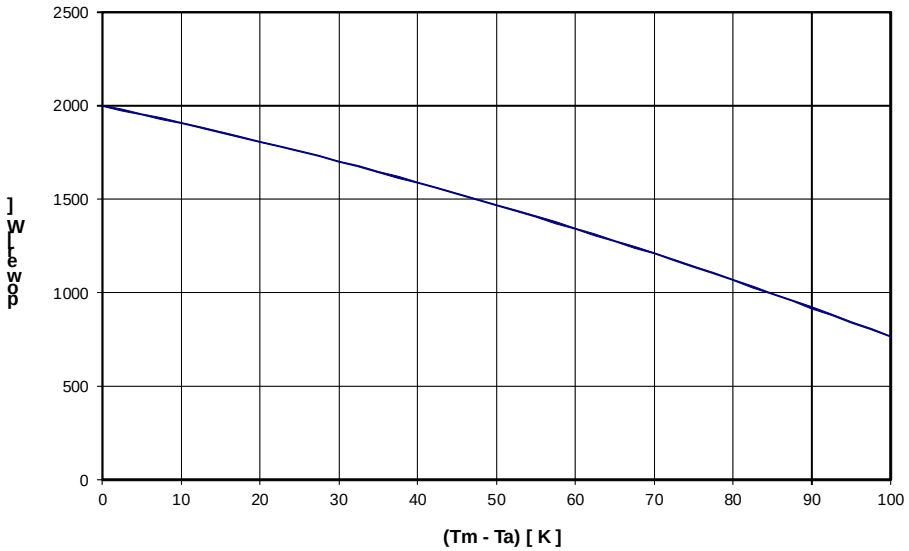
7.2.1 Test results thermal performance
Prüfergebnisse Wärmeleistung

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 η_{0a} [ ] Konversionsfaktor	0.850 ± 0.001 (based on aperture area)
Heat transfer coefficient a_{1a} [W/(m²K)] Wärmedurchgangskoeffizient	3.770 ± 0.034 (based on aperture area)
Temp. dependent heat transfer coefficient a_{2a} [W/(m²K²)] Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.015 ± 0.000 (based on aperture area)

Power curve *per collector unit (for G = 1000 W/m²)*
Leistungskurve *pro Kollektormodul*



Maximum power [W_{peak}] **Spitzenleistung** (G=1000 W/m²) per collector unit/ pro Kollektormodul	**2000**

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.

TÜVRheinland®
Precisely Right.

7.3 Measuring results of time constant testing
Prüfergebnisse der Ermittlung der Zeitkonstante

○ Outdoor
im freien

◙ Indoor
indoor

Serial no. Seriennummer	211209001001317300060050 05N9
Date Datum	16 April 2012
Inspector Prüfer	Sommer

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 Photo documentation
Mass flow [kg/(m²s)] Massenstrom	0.021
Aperture area A_a [m²] Aperturfläche	2.352

7.3.2 Test results
Prüfergebnisse

1st Time constant τ_1 [s]	85.0
Collector Time constant τ_c [s] **Kollektorzeitkonstante**	**85.0**

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 m² aperture area
Thermal capacity of the Absorber [kJ/K] Wärmekapazität des Absorber	3.98	1.69
Thermal capacity of the heat transfer fluid [kJ/K] Wärmekapazität des Wärmeträgers	7.75	3.29
Thermal capacity of the Isolation [kJ/K] Wärmekapazität des Isolierung	1.76	0.75
Thermal capacity of the external glazing [kJ/K] Wärmekapazität der äußere Verglasung	1.23	0.53
Effective Thermal capacity of the collector **Effektive Wärmekapazität des Kollektors**	**14.72 kJ/K**	**6.26 kJ/(K*m²)**

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	211209001001317300060050 05N9	
Date (Start/ End) Datum (Start/ Ende)	15 April 2012	25 April 2012
Inspector Prüfer	Sommer	

7.5.2 Test conditions

Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	43°28’
Longitude [°] Geographische Länge	13°04’
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	40
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	0
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	See Appendix 2 Photo documentation
Mass flow [kg/(m²s)] Massenstrom	0.020
Aperture area A_a [m²] Aperturfläche	2.352

7.5.3 Quasi-dynamic test results

Quasi-dynamische Prüfergebnisse

Angle [°]	10	20	30	40	50	60	70
$K_{\theta b IAM}$ () [ ]	1.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.87	0.75
Incidence angle modifier K_θ (50) [ ] **Einstrahlwinkel-Korrekturfaktor**	**0.93** (based on aperture area)						

<u>Requisite additional information for incident angle modifier:</u>

Erforderliche Zusatzinformationen zu dem Einfallswinkel-Korrekturfaktor:

Outdoor measurement

For more details about detection of incident angle modifier 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:

$\eta \leq \pm 2.8$ % (for irradiation levels above 700 W/m²)

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

$\eta \leq \pm 2$ %

TÜVRheinland®
Precisely Right.

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_d	EL	t_a	U	$\dot{m}$	t_{in}	t_m	t_m-t_a	T^*m	$\dot{Q}$	η_a
YYYY-MM-DD	hh:mm	W/m²	%	W/m²	°C	m/s	kg/s	°C	°C	K	m²K/W	W	%
2012-04-17	00:09	867	0.00	-	22.41	3.0	0.0497	19.00	23.15	0.74	0.00086	1727	0.847
2012-04-17	00:39	867	0.00	-	22.32	3.0	0.0498	18.97	23.11	0.79	0.00091	1726	0.846
2012-04-16	19:48	867	0.00	-	22.92	3.0	0.0507	88.73	91.00	68.08	0.07853	970	0.476
2012-04-16	20:03	867	0.00	-	22.94	3.0	0.0507	88.74	91.01	68.07	0.07851	971	0.476
2012-04-16	21:14	867	0.00	-	22.78	3.0	0.0513	70.60	73.37	50.59	0.05835	1192	0.585
2012-04-16	21:29	867	0.00	-	22.68	3.0	0.0513	70.58	73.35	50.67	0.05844	1195	0.586
2012-04-16	22:28	867	0.00	-	22.47	3.0	0.0507	42.98	46.52	24.05	0.02774	1503	0.737
2012-04-16	22:43	867	0.00	-	22.50	3.0	0.0506	42.99	46.53	24.03	0.02772	1502	0.737

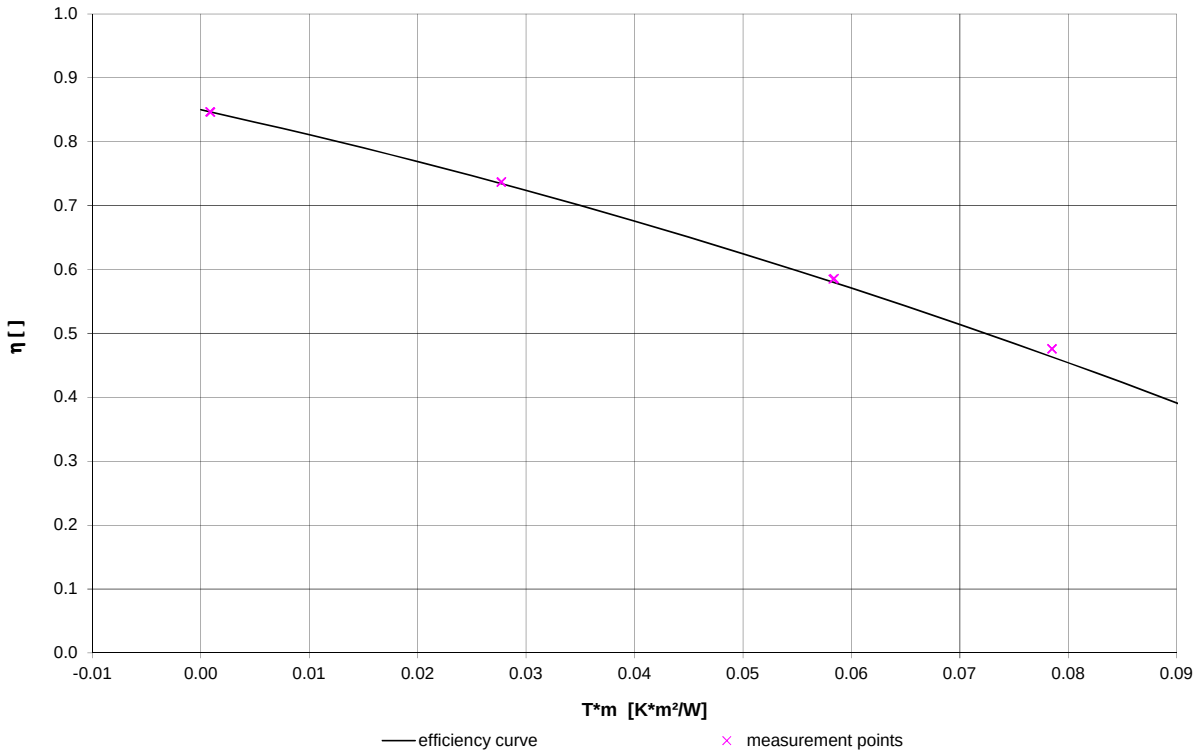


Figure A1.1: efficiency curve over reduced temperature difference at 1000W/m² irradiation

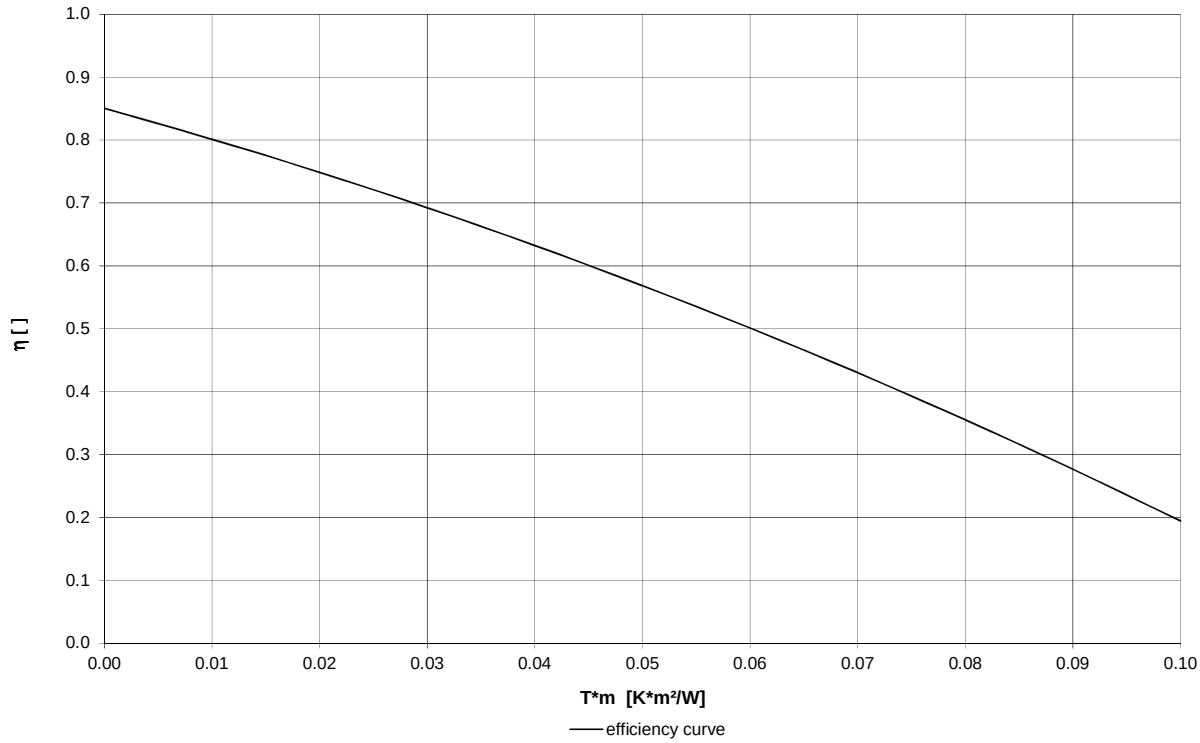


Figure A1.2: efficiency curve over reduced temperature difference at 800W/m² irradiation

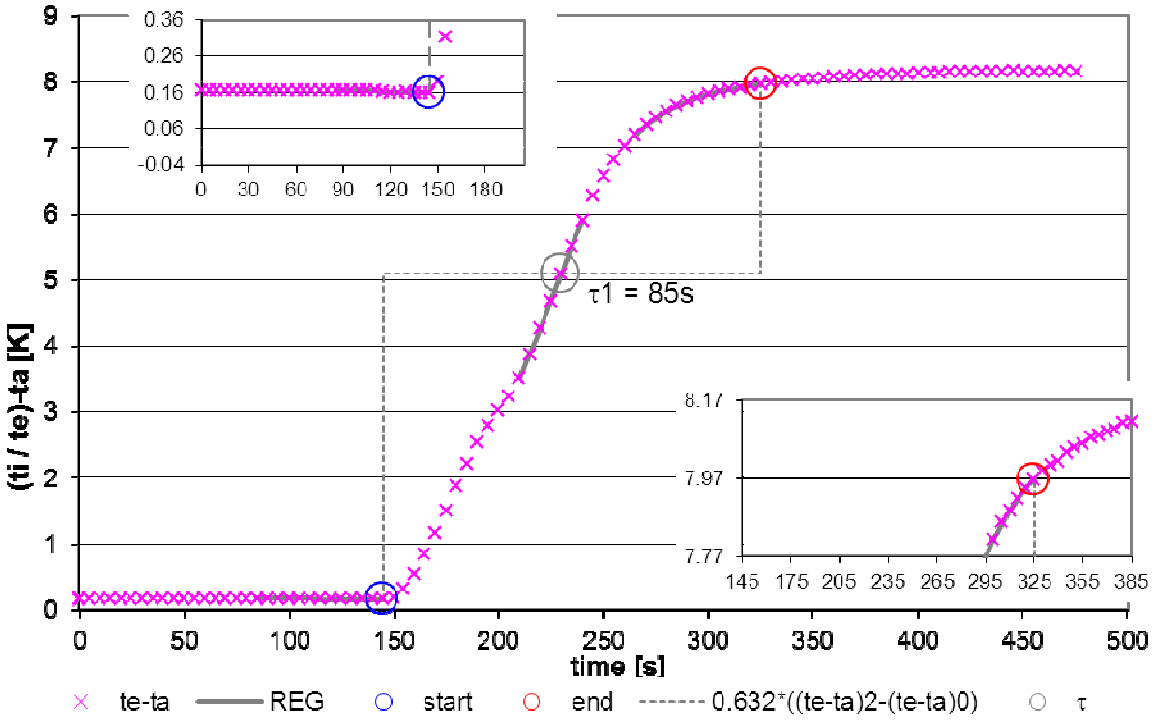


Figure A1.3: Thermal Time Constant

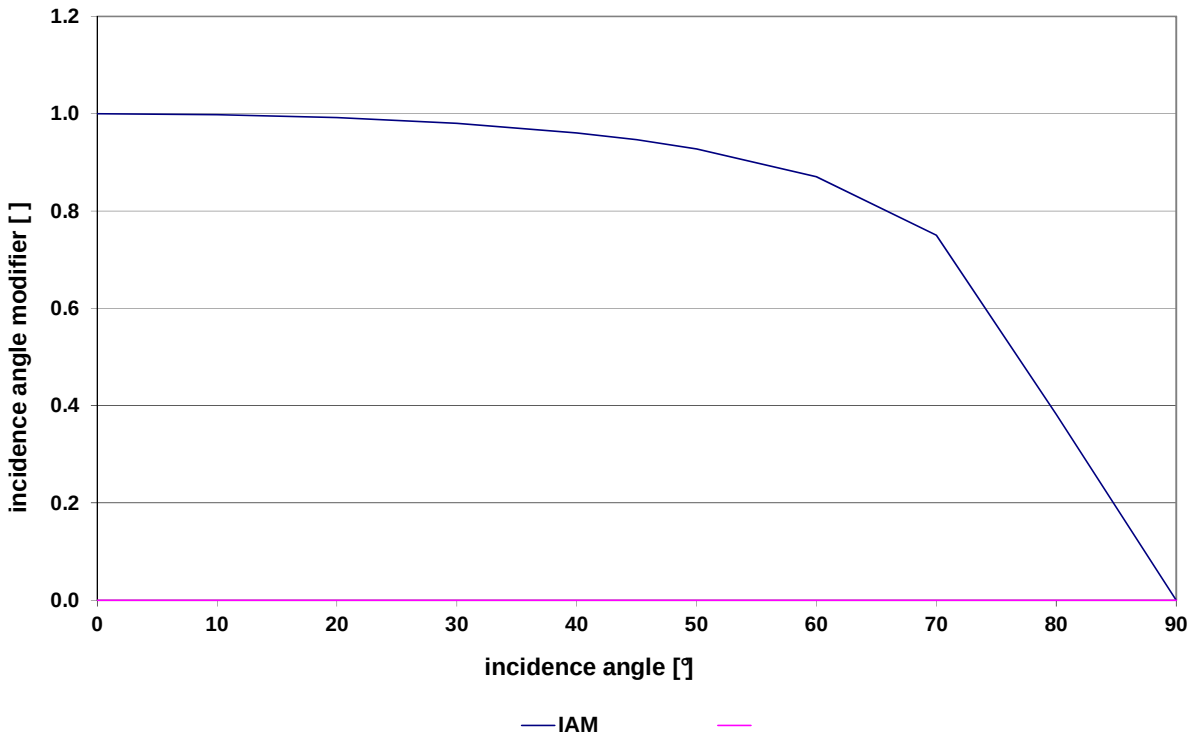


Figure A1.4: incidence angle modifier over incidence angle quasi-dynamic

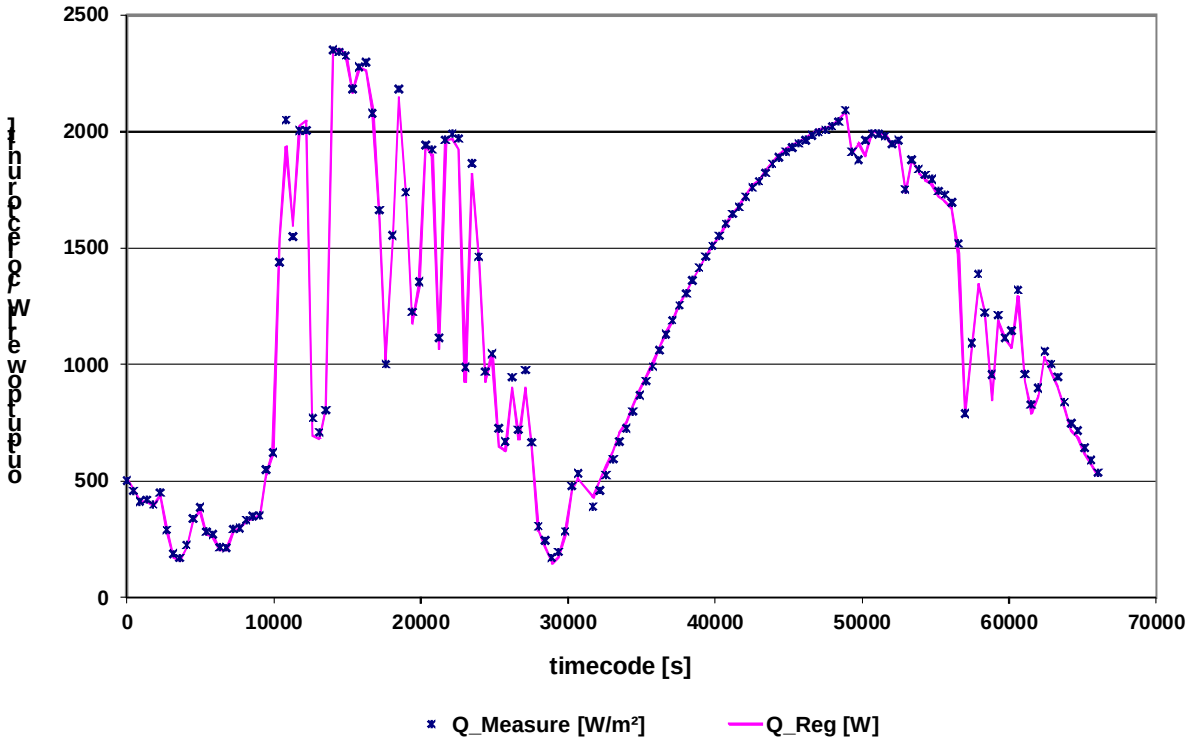


Figure A1.5: measured and simulated power during incidence angel determination

Appendix 2: Photo documentation

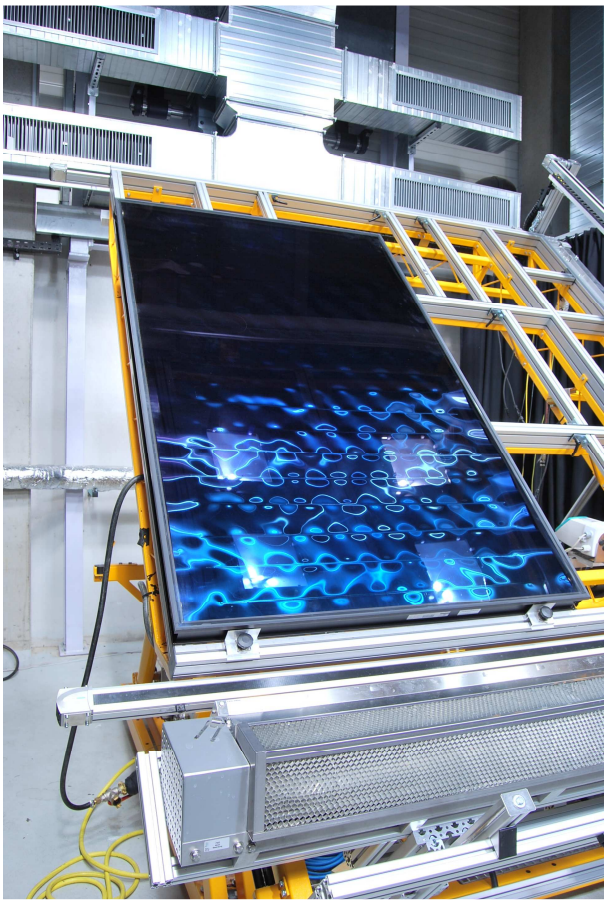


Fig. 2: performance test

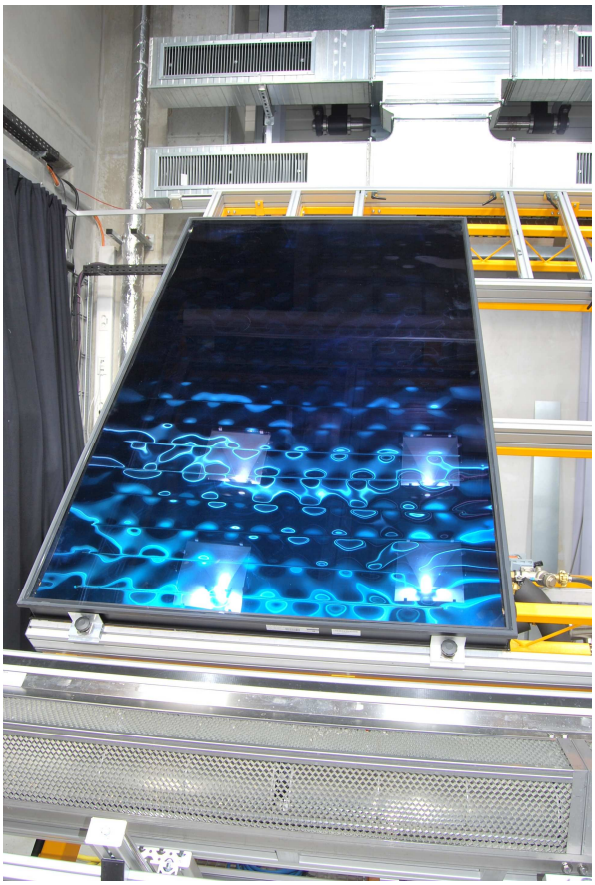


Fig. 3: performance test