



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

Professor Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

in Kooperation mit



Prüfbericht

Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

(Dieser Prüfbericht ersetzt Prüfbericht 08COL696 vom 14. Juni 2008)

Test Report

Durability, Reliability and Thermal Performance of a Solar Collector

(This test report substitutes test report no. 08COL696 of June 14th, 2008)

nach EN 12975-2: 2006

according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 08COL696/1

Test Report No.: 08COL696/1

Stuttgart, den 10.12.2008

Stuttgart, December 10th, 2008

Auftraggeber:

client:

**SOLIMPEKS SOLAR ENERGY CORP.
Konsan Özel Organize Sanayi Bölgesi
Hilal Sokak No: 20
42300 Karatay-Konya
TURKEY**

Hersteller:

manufacturer:

SOLIMPEKS SOLAR ENERGY CORP.

Typ:

brand name:

WUNDER CNP 1808

Herstelljahr:

year of production:

2007

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Innendruckprüfung des Absorbers	9
	<i>Internal Pressure Test for Absorber</i>	
3	Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit.....	9
	<i>High Temperature Resistance</i>	
4	Expositionstest.....	9
	<i>Exposure</i>	
5	Schneller äußerer Temperaturwechsel	10
	<i>External Thermal Shock</i>	
6	Schneller innerer Temperaturwechsel.....	10
	<i>Internal Thermal Shock</i>	
7	Berechnungsprüfung	11
	<i>Rain Penetration</i>	
8	Mechanische Belastung	11
	<i>Mechanical Load Test</i>	
9	Stagnationstemperatur	12
	<i>Stagnation Temperature</i>	
10	Endkontrolle.....	12
	<i>Final Inspection</i>	
11	Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen.....	13
	<i>Summary of Reliability Tests</i>	
12	Prüfergebnisse Wärmeleistung	14
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
13	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	16
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
14	Prüfverfahren	16
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	17
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...	19
	<i>Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Leistungskurven	22
	<i>Annex C: Power Curves</i>	
	Anhang D: Nomenklatur	25
	<i>Annex D: Symbols and Units</i>	

1 Allgemeine Angaben (gemäß Herstellerangaben) *General Specifications (acc. to manufacturer)*

Hersteller <i>Manufacturer</i>	SOLIMPEKS SOLAR ENERGIE CORP. Konsan Özel Organize Sanayi Bölgesi 42300 Karatay-Konya / TURKEY
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Faruk Dag Tel.: + 90 332 444 06 02 Fax: + 90 332 444 06 08 email: info@solimpeks.com
Typ: <i>type:</i>	Wunder CNP 1808 <i>Wunder CNP 1808</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	071130 1 / 080725013 <i>071130 1 / 080725013</i>
Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i>	C696A / C756B <i>C696A / C756B</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i>	Serienprodukt <i>mass product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2007 <i>2007</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	1.79 m ² <i>1.79 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.62 m ² <i>1.62 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.59 m ² <i>1.59 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Länge: <i>length:</i>	1929 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1929 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	928 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>928 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	92 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>92 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	31.4 kg <i>31.4 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	EPDM + Silikon <i>EPDM + silicon</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach, dachintegriert <i>On roof, flat roof, in roof</i>

Absorber

Absorber

Material: <i>material:</i>	Kupfer <i>Copper</i>
Verbindung Absorber-Fluidkanäle: <i>Joint absorber-risers:</i>	Ultraschall geschweißt <i>ultrasonic welded</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	0.12 mm <i>0.12 mm</i>
Oberflächenbehandlung: <i>surface treatment:</i>	Schwarz lackiert <i>black paint</i>
Absorptionsgrad: <i>absorptance:</i>	0.94 <i>0.94</i>
Emissionsgrad: <i>emittance:</i>	0.30 <i>0.30</i>
Wärmeträgerinhalt: <i>heat transfer fluid content:</i>	1.07 Liter <i>1.07 liters</i>
Durchströmungsform: <i>flow pattern:</i>	parallel <i>parallel</i>
Abmessungen Absorberrohre: <i>dimension absorber tubes:</i>	8 x 0.45 mm <i>8 x 0.45 mm</i>
Anzahl Absorberrohre: <i>no. of absorber tubes:</i>	8 <i>8</i>
Abstand der Absorberrohre: <i>distance between absorber tubes:</i>	110 mm <i>110 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr: <i>dimension of the header:</i>	18 x 0.7 mm <i>18 x 0.7 mm</i>
Anzahl Anschlüsse: <i>no. of connections:</i>	4 <i>4</i>
Ausführung Anschlüsse: <i>realisation of connections:</i>	3/4" Außengewinde <i>3/4" outer thread</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl: <i>number:</i>	1 <i>1</i>
Material: <i>material:</i>	Gehärtetes Glas <i>Normal iron tempered glass</i>
Hersteller: <i>manufacturer:</i>	TRAKYA CAM SAN. AS <i>TRAKYA CAM SAN. AS</i>
Produktbezeichnung: <i>brand name:</i>	HIGH TRANSMISSION COLLECTOR GLASS <i>HIGH TRANSISSION COLLECTOR GLASS</i>
Transmissionsgrad: <i>transmittance:</i>	0.88 <i>0.88</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	4 mm <i>4 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

	Rückseite <i>back side</i>	seitlich <i>sidewards</i>
Material: <i>material:</i>	Glaswolle <i>glass wool</i>	Glaswolle <i>glass wool</i>
Hersteller: <i>manufacturer:</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Produktbezeichnung: <i>Product name:</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.040 W/(mK) <i>0.040 W/(mK)</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Dichte: <i>density:</i>	14 kg/m ³ <i>14 kg/m³</i>	Keine Angabe <i>not specified</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	50 mm <i>50 mm</i>	20 mm <i>20 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	135 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>135 °C (determined by test laboratory)</i>
max. zul. Betriebsüberdruck: <i>max. operation pressure:</i>	10 bar <i>10 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Frostschutz + Wasser <i>Antifreeze + water</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	100 kg/h <i>100 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Wunder CNP 1808 Collector 18x8 - Datum: 04.02.2008▪ YPB-010 Panel, Black Painted, W18xx, Forced System, 0,12 mm - Datum: 04.02.2008▪ Wunder CNP 1808 Collector 22x10 - Datum: 04.02.2008▪ YPS Panel, Black Painted, W1808, 22x10 - Datum: 04.02.2008▪ Wunder CNP 1808 Collector 24x12,7 - Datum: 04.02.2008▪ YPS Panel, Black Painted, W1808, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008
--	--

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Wunder 2008 Collector - Datum: 04.02.2008
- YPB Panel, Black Painted, W2008, 18x8 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2008, 22x10 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2008, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008
- Wunder 2108 Collector 18x8 - Datum: 04.02.2008
- YPB Panel, Black Painted, W2108, 18x8 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2108, 22x10 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2108, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008
- Wunder CNP 2510 Collector - Datum: 04.02.2008
- YPB Panel, Black Painted, W2510, 18x8 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2510, 22x10 - Datum: 04.02.2008
- YPS Panel, Black Painted, W2510, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008

- *Wunder CNP 1808 Collector 18x8 - Datum: 04.02.2008*
- *YPB-010 Panel, Black Painted, W18xx, Forced System, 0,12 mm - Datum: 04.02.2008*
- *Wunder CNP 1808 Collector 22x10 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W1808, 22x10 - Datum: 04.02.2008*
- *Wunder CNP 1808 Collector 24x12,7 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W1808, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008*
- *Wunder 2008 Collector - Datum: 04.02.2008*
- *YPB Panel, Black Painted, W2008, 18x8 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2008, 22x10 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2008, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008*
- *Wunder 2108 Collector 18x8 - Datum: 04.02.2008*
- *YPB Panel, Black Painted, W2108, 18x8 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2108, 22x10 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2108, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008*
- *Wunder CNP 2510 Collector - Datum: 04.02.2008*
- *YPB Panel, Black Painted, W2510, 18x8 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2510, 22x10 - Datum: 04.02.2008*
- *YPS Panel, Black Painted, W2510, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008*

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- MATERIAL LIST OF WUNDER COLLECTOR
- *ITW data sheet collector*
- MATERIAL LIST OF WUNDER COLLECTOR

Kennzeichnung:
collector label:

Das Typenschild muss nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 zusätzlich folgende Angaben enthalten:

- Stagnationstemperatur bei 1000 W/m² und 30°C
- Volumen des Wärmeträgermediums

Acc. to EN 12975-1:2006, chapter 7.2, the collector label shall contain following additional information:

- *stagnation temperature at 1000 W/m² and 30°C*
- *volume of heat transfer fluid*

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

- Flat-roof Manual und onto-roof Mounting Kit manual
- *Flat-roof Manual and onto –roof Mounting Kit Manual*

Die Installationsanweisung muss zusätzlich die folgenden Angaben beinhalten:

- Maße und Gewicht des Kollektors
- Anweisung für dessen Transport und Handhabung
- Empfehlungen für den Blitzschutz
- Anweisungen für die Verbindung der Kollektoren untereinander
- Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf
- Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m²
- Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien
- Vorsichtsmassnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind
- maximaler Betriebsdruck
- Druckabfall
- größter und kleinster Neigungswinkel
- Maximal zulässigen Schnee- und Windlast
- Wartungsanforderungen

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

The installer instruction manual shall contain additionally the the following information:

- dimensions and weight of the collector*
- instructions about the transport and handling of the collector*
- recommendations about lightning protection*
- instructions about coupling of the collectors to one another*
- instructions about the connection for collector field to the heat transfer circuit*
- dimensions of pipe connection for collector arrays up to 20 m²*
- recommendation about the heat transfer media which may be used*
- precautions to be taken during filling, operating and service*
- maximum operation pressure*
- pressure drop*
- maximum and minimum tilt angle*
- indication of the maximum wind and snow load.*
- maintenance requirements*

Gültigkeit

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp WUNDER CNP 1808 18 mm/8 mm (Außendurchmesser Sammler/Außendurchmesser Absorberrohre) sowie die Untertypen

WUNDER CNP 1808 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 1808 24 mm/12.7 mm

WUNDER CNP 2008 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2008 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2008 24 mm/12.7 mm

WUNDER CNP 2108 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2108 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2108 24 mm/12.7 mm

WUNDER CNP 2510 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2510 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2510 24 mm/12.7 mm

The test report is valid for collector type WUNDER CNP1808 18 mm/8 mm (outer diameter manifold/outer diameter riser tubes) and the sub types

*WUNDER CNP 1808 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 1808 24 mm/12.7 mm*

*WUNDER CNP 2008 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2008 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2008 24 mm/12.7 mm*

*WUNDER CNP 2108 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2108 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2108 24 mm/12.7 mm*

*WUNDER CNP 2510 18 mm/8 mm
WUNDER CNP 2510 22 mm/10 mm
WUNDER CNP 2510 24 mm/12.7 mm*

2 Innendruckprüfung des Absorbers

Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.2.

Datum: 02.12.2008
date:

max. Betriebsdruck <i>max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>test duration</i> [min]
10	15	15

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit

High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 09.09.2008
date:

Prüfdauer <i>test duration</i> [min]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
60	1044	23

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

4 Expositionstest

Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.4.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.4.

Expositions-dauer: 21.08.-09.11.2008 outdoor 83 Tage
Duration of exposure: 13.11.-14.11.2008 indoor 83 days

Einstrahlungssumme in Kollektorebene <i>sum of global irradiation</i> [MJ/m ²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m ² <i>number of days with more than 14 MJ/m²</i> [d]	Niederschlags-summe <i>sum of rainfall</i> [l/m ²]	Anzahl Stunden über 850 W/m ² <i>number of hours with more than 850 W/m²</i> [h]
981	31	149	42

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel

External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.5.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 27.08.2008

1. *Test*:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>fluid temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.5	< 25	948	24

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 27.08.2008

2. *Test*:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>fluid temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.5	< 25	1025	26

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel

Internal thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 05.11.2008

1. *Test*:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>fluid temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
1.5	13	857	13

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 05.11.2008

2. *Test*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>fluid temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
1.5	13	837	14

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

7 Berechnungsprüfung

Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.7.

Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.7.

Datum: 26.08.2008

Date:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>fluid temperature</i> [°C]	Prüfdauer <i>test duration</i> [h]
4.7	10	4.0

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung

Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.

Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung

Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.

Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 14.11.2007

Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2000 Pa belastet.

The collector cover was charged with a max. pressure of 2000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

8.2 Unterdruckprüfung der Befestigungselemente zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse

Negative pressure test of fixings between the cover and the collector box

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 14.11.2007
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem maximalen Zug von 2000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. tension of 2000 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-1:2006, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur

Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2006 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2006 – part 2, Annex C.

Datum: 09.09.2008
Date:

mittlere Bestrahlungsstärke G_m <i>mean irradiance</i>	mittlere Absorbertemperatur ϑ_{sm} <i>mean absorber temperature</i>	mittlere Umgebungstemperatur ϑ_{am} <i>mean ambient temperature</i>
[W/m ²]	[°C]	[°C]
1044	133	23

Ergebnis: Die Stagnationstemperatur ϑ_{stg} für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$ und $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$ ergibt sich nach

Conclusion: The stagnation temperature ϑ_{stg} for the required ambient conditions $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$ and $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$ is calculated according

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_s}{G_m} (\vartheta_{sm} - \vartheta_{am})$$

zu $\vartheta_{stg} = 135 \text{ °C}$
to

10 Endkontrolle

Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2006 – 5.11.

Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2006 – 5.11.

Datum: 10.12.2008
Date:

Ergebnis: Die optische Begutachtung des Kollektors ergab keine Auffälligkeiten oder Abnormalitäten.
Conclusion: The optical expertise of the collector did not result in any abnormalities.

11 Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsprüfungen

Summary of Reliability Tests

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2006 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

11.1 Prüfungen

Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers <i>Internal pressure for absorber</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit <i>High temperature resistance</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
3. Expositionstest <i>Exposure</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel <i>External shock</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
5. Schneller innerer Temperaturwechsel <i>Internal shock</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
6. Beregnungsprüfung <i>Rain penetration</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
7. Mechanische Belastung <i>Mechanical load test</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
8. Endkontrolle <i>Final inspection</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>

11.2 Sicherheit

Safety

Die Stagnationstemperatur bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C beträgt 135 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 135 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors

Collector identification

Die Installationsanweisung und das Typenschild enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manual and the collector label do not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfergebnisse Wärmeleistung

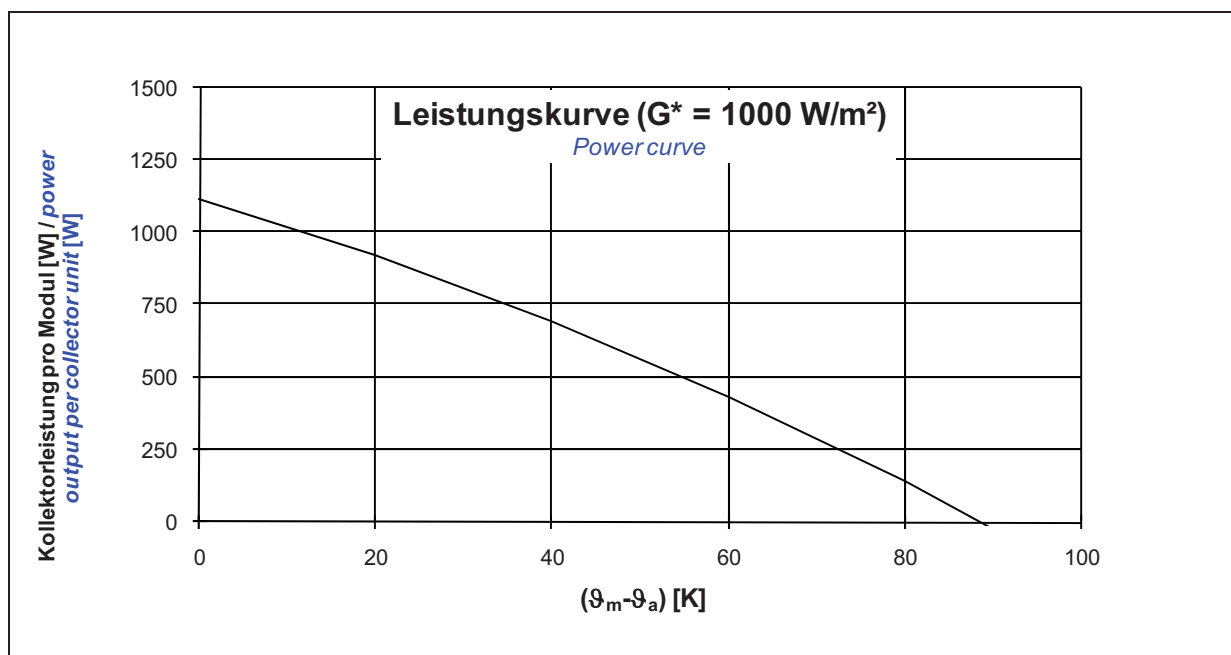
Test Results Thermal Performance

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

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

Konversionsfaktor η_0 [-] <i>conversion factor</i>	0.690
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	5.455
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.026
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-] <i>incidence angle modifier</i>	0.883
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	11.390
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flow rate</i>	72
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	1.62
Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) <i>peak power [$W_{peak}$] per collector unit ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$)</i>	1118



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	447	782	1118
20	254	589	924
40	26	362	697
60	0 ^{*)}	101	436
80	0 ^{*)}	0 ^{*)}	141
100	0 ^{*)}	0 ^{*)}	0 ^{*)}

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

13 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten
nothing particular

14 Prüfverfahren

Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

Die Prüfung der Wärmeleistung erfolgte am Sonnenkollektor des Typs WUNDER CNP 1808 mit der Seriennummer 071130 1, die Zuverlässigkeitsprüfung wurde am Sonnenkollektor des Typs WUNDER CNP 2510 mit der Seriennummer 080725 013 durchgeführt. Die mechanische Belastung wurde an einem in Bezug auf die Prüfung baugleichen Kollektor des Typs WUNDER CLS 2510 mit der Seriennummer 070702 4 durchgeführt, die entsprechenden Ergebnisse wurden dem Prüfbericht 07COL593 entnommen.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2006 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods." Water was used as heat transfer fluid.

The performance test was carried out at the solar collector of the type WUNDER CNP 1808 with the serial number 071130 1 and the durability and reliability tests were carried out at the solar collector of the type WUNDER CNP 2510 with the serial number 080725 013. The mechanical load test was carried out at the solar collector of the type WUNDER CLS 2510 identical in construction in respect to the test carried out, the results were taken from test report 07COL593.

Eingang Prüflinge: 28.01.2008 / 12.08.2008

Arrival of test samples:

Prüfzeitraum: 16.02. – 10.12.2008

Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer / Dipl.-Ing. (FH) M. Jäger

Test engineer: Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy / M. Wild

Stuttgart, den 10.12.2008



Prof. Dr. Dr.-Ing. habil. H. Müller-Steinhagen

Anhang A: Ertragsvorhersage

Annex A: Prediction of the yearly energy gain

Die Vorhersage beruht auf der Berechnung des Jahresenergieertrags des Kollektors in einer Referenzanlage zur Brauchwassererwärmung. Die Anlage ist für einen Vierpersonenhaushalt dimensioniert. Die Berechnung erfolgt für die Aperturflächen 3, 4, 5 und 6 m² sowie Referenz-Wetterdaten von Hannover, Würzburg und Stötten (Ostalb).

The prediction is based on the calculation of the yearly energy gain of the collector in a reference solar hot water system. This system is designed for a four-person-household. The calculation is done for aperture areas of 3, 4, 5 and 6 m² as well as for reference climate data of Hannover, Würzburg and Stötten (Ostalb).

Kollektorkennwerte (Bezug: Aperturfläche)									
<i>collector characteristics (based on aperture area)</i>									
Konversionsfaktor <i>Conversion factor</i>		effektiver Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat transfer coefficient</i>				flächenbezogene Wärmekapazität <i>area related heat capacity</i>			
$\eta_0 = 0.690$		$a_1 = 5.455 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ $a_2 = 0.026 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				$c = 11.390 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>									
θ	0	20	30	40	50	60	70	90	
$K_{\theta b}(\theta)$	1	0.984	0.963	0.926	0.865	0.758	0.534	0	

Berechnungsergebnisse			
<i>calculation results</i>			
Standort / <i>location</i>	Hannover	Würzburg	Stötten
Einstrahlung [kWh/(m ² a)] <i>radiation</i>	1022	1212	1354
Aperturfläche [m ²] <i>aperture area</i>	Jährlicher Kollektorertrag ¹⁾ [kWh/(m ² a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	341	413	443
4	303	367	395
5	275	331	357
6	250	302	325

¹⁾ Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of the collector without heat losses in the tubes and hot water store

Systemdaten ITW Referenzanlage zur Trinkwassererwärmung <i>System data of the ITW reference solar hot water system</i>	
Dachausrichtung: <i>roof orientation:</i>	Süd; Anstellwinkel entspricht Breitengrad <i>south; tilt angle equal to latitude</i>
Kollektoranbindung: <i>collector piping:</i>	Je 15 m Vor- und Rücklauf; Nennweite DN 16; Dämmstärke 25 mm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$ Vor- und Rücklauf befinden sich je zur Hälfte im Innen- und Außenbereich <i>15 m each to store, from store; normal width DN 16; insulation thickness 25 mm, $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$, one half of each pipe is located outside, the other half is located inside</i>
Speicher: <i>storage:</i>	Volumen 300 l; Wärmeverlustrate 2,2 W/K; Umgebungstemperatur 15 °C Volumen des Bereitschaftsteils 135 l; Solltemperatur 60 °C Schichtungskennzahl 100; effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit $2 \lambda_{\text{Wasser}}$ <i>volume 300 l; heat loss rate 2.2 W/K; ambient temperatur 15 °C volume auxiliary 135 l; set temperature 60 °C stratification number 100; effective vertical heat conductivity $2 \lambda_{\text{water}}$</i>
Wärmeübertrager: <i>heat exchanger:</i>	eingetauchter Wärmeübertrager, Wärmeübertragungsvermögen $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K]; $(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ mit A_c : Aperturfläche [m ²] ϑ_m : Mittelwert aus WT-Eintrittstemperatur und lokaler Speichertemperatur [°C] <i>immersed heat exchanger, heat transfer capacity $(kA)_{\text{WT}}$ in [W/K]; $(kA)_{\text{WT}} = 9 \cdot A_c \cdot \vartheta_m^{0,6}$ with A_c: apterure area [m²] ϑ_m: average value of heat exchanger inlet temperature and local storage temperature in [°C]</i>
Warmwasser- verbrauch: <i>hot water consumption:</i>	200 l/Tag (7 ⁰⁰ : 80 l; 12 ⁰⁰ : 40 l; 19 ⁰⁰ : 80 l); Kaltwassertemperatur 10 °C; Warmwassertemperatur 45 °C; Jahresverbrauch 2936 kWh/a <i>200 l/day (7⁰⁰: 80 l; 12⁰⁰: 40 l; 19⁰⁰: 80 l); cold water temperature 10 °C; hot water temperature 45 °C annual consumption: 2936 kWh/a</i>

Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions

Die unter „Prüfergebnisse Wärmeleistung“ dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2006 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters listed in "Test Results Thermal Performance" are, according to EN 12975-2:2006, derived from the collector parameters gained from measurements under quasi-dynamic conditions

Verwendetes Kollektormodell

Used collector model

Zur Auswertung der Messdaten wurde die flächenbezogene Kollektorleistung entsprechend der folgenden Gleichung nachgebildet

For evaluation of the measured data the area specific collector power was modelled according to the equation

$$\dot{q} = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta) G_b + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} G_d - c_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_{\theta b} = 1 - b_0 \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right)$$

Ergebnisse der Regression

Regression results

Auf Aperturfläche bezogen <i>based on the aperture area</i>	
F'(\tau\alpha)_{en}:	0.709 [-]
b₀:	0.242 [-]
K_{\theta d}:	0.868 [-]
c₁:	5.455 [W/(m²K)]
c₂:	0.026 [W/(m²K²)]
c₅:	11.390 [kJ/(m²K)]

Tabelle der Einfallswinkelkorrektur der direkten Bestrahlungsstärke

Table of the incidence angle modifier of the direct solar irradiance

Einfallswinkel θ <i>incident angle θ</i>	0	20	30	40	50	60	70	90
K_{\theta b}(\theta):	1	0.984	0.963	0.926	0.865	0.758	0.534	0.000

Berechnung der Kollektorparameter *Calculation of the collector parameters*

η_0:	Konversionsfaktor / <i>zero-loss collector efficiency</i> (η_0 at $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$) [-] $\eta_0 = F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta b}(\theta = 15^\circ) \cdot 0.85 + F'(\tau\alpha)_{en} K_{\theta d} \cdot 0.15$
a_1:	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat loss coefficient</i> [W/(m ² K)] $a_1 = c_1$
a_2:	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependence of the heat loss coefficient</i> [W/(m ² K ²)] $a_2 = c_2$
$K_\theta(50)$:	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier for hemispherical solar irradiance</i> [-] $K_\theta(50) = \frac{K_{\theta b}(50) \cdot 0.85 + K_{\theta d} \cdot 0.15}{1 - 0.15 + K_{\theta d} \cdot 0.15}$
c:	flächenbezogene Wärmekapazität / <i>area related heat capacity</i> [kJ/(m ² K)] $c = c_5$

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte) *Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)*

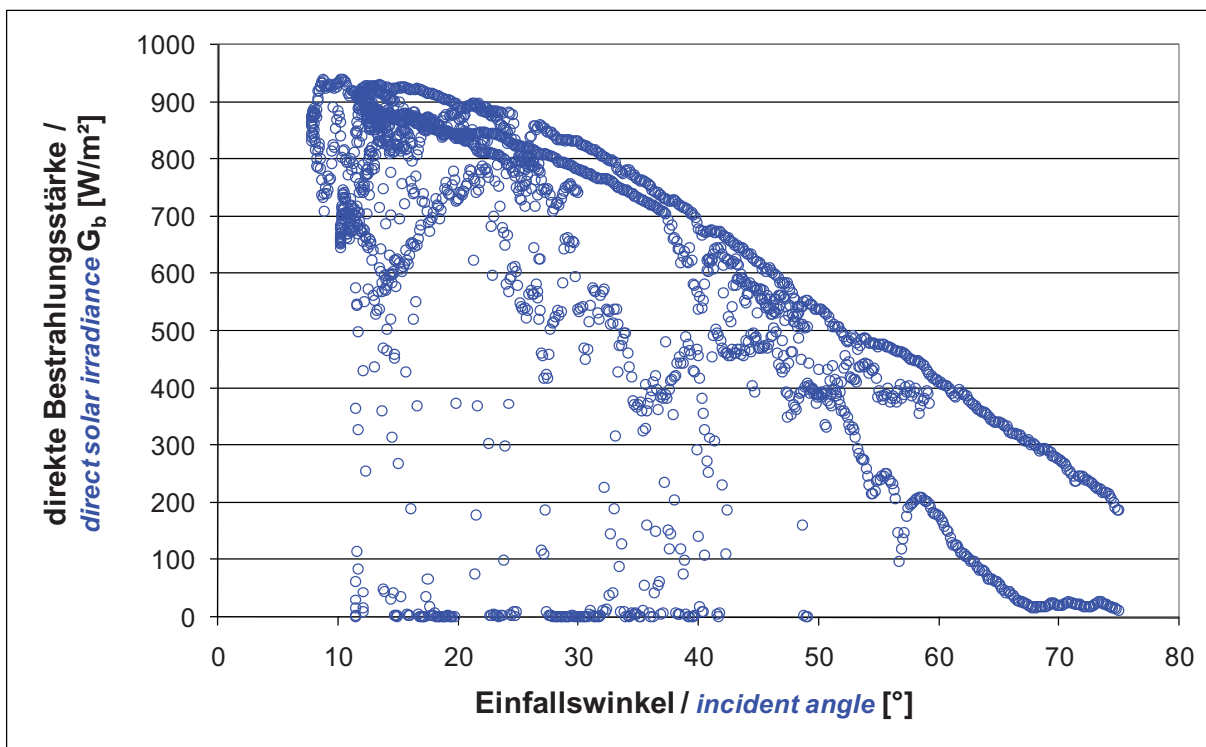


Abbildung B.1: Die direkte Bestrahlungsstärke über dem Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke

Figure B.1: the direct solar irradiance over the incident angle of the direct solar irradiance

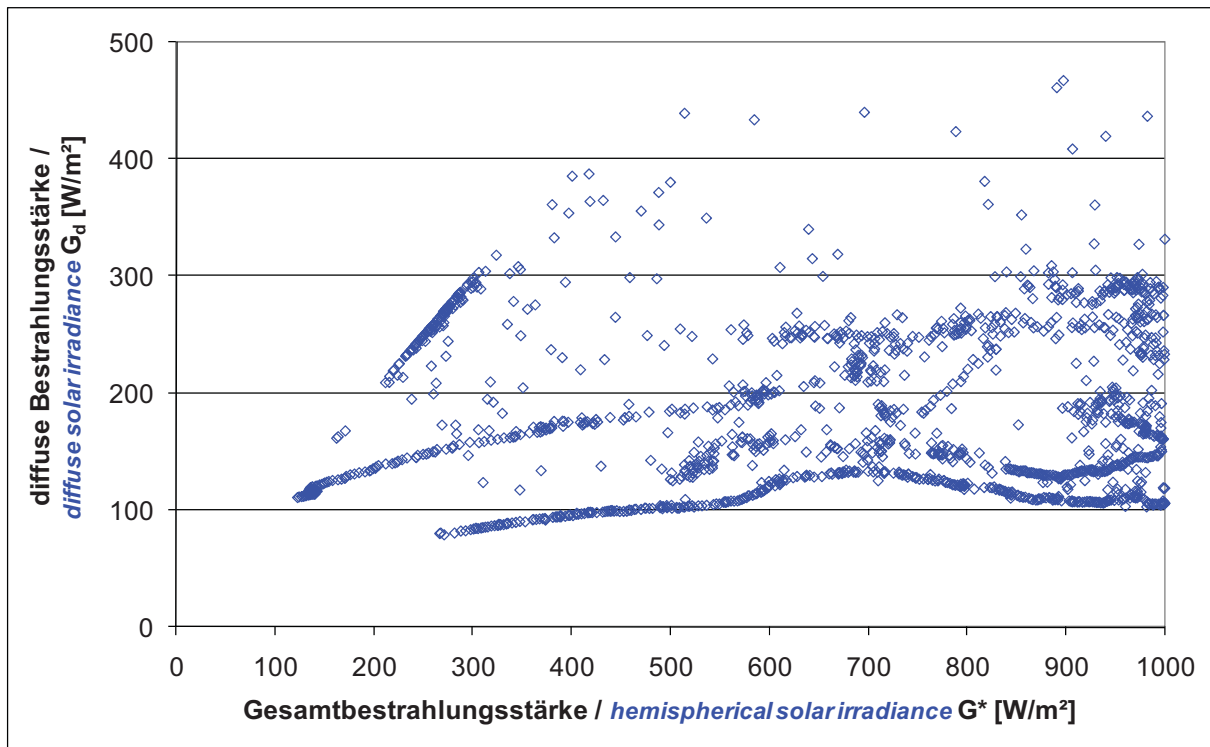


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der direkten Bestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

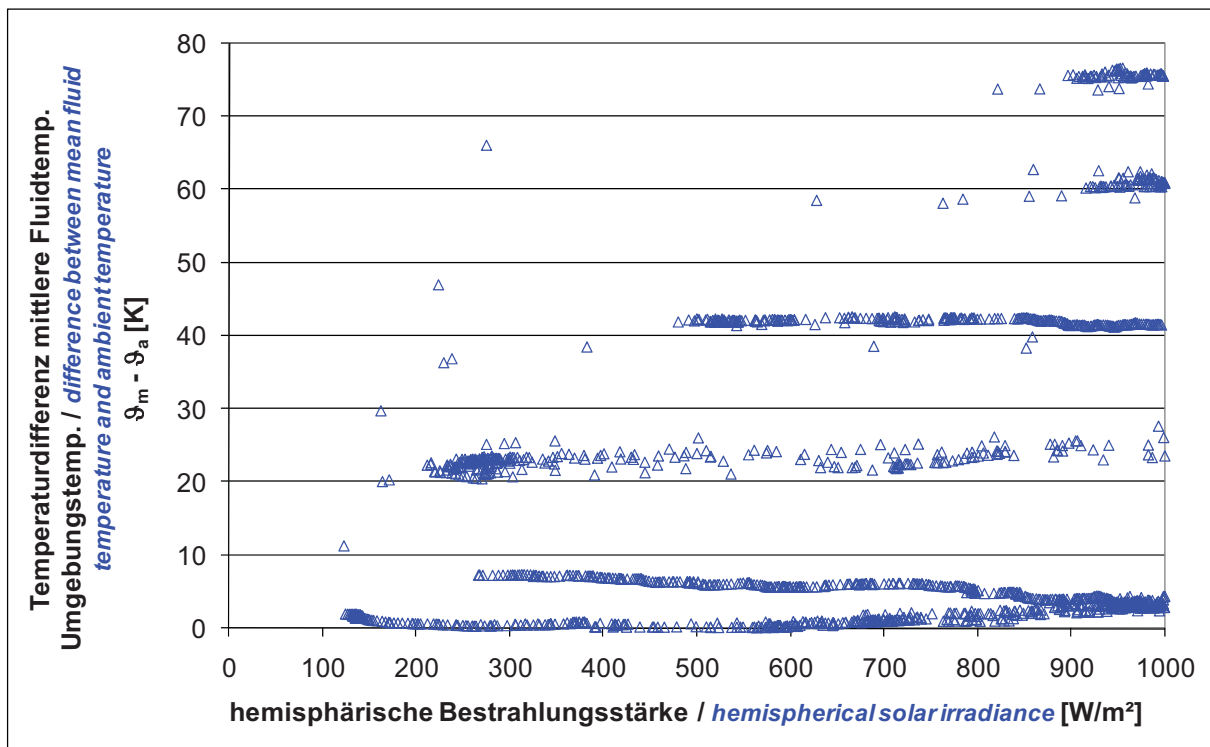


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar irradiance

Anhang C.1: Leistungskurve für WUNDER CNP 2008

Annex C.1: Power curve for WUNDER CNP 2008

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

$A = 1.86 \text{ m}^2$

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.690$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 5.455 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

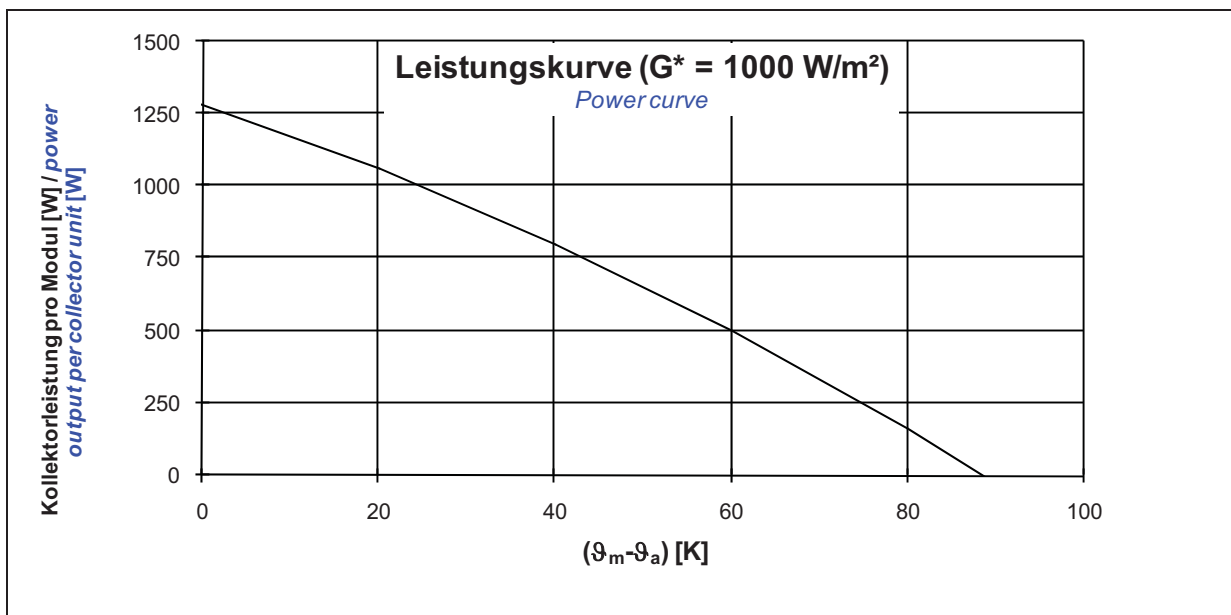
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.026 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1283 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	513	898	1283
20	291	676	1061
40	30	415	800
60	0 ^{*)}	116	501
80	0 ^{*)}	0 ^{*)}	162
100	0 ^{*)}	0 ^{*)}	0 ^{*)}

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.2: Leistungskurve für WUNDER CNP 2108

Annex C.2: Power curve for WUNDER CNP 2108

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 1.93 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.690$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 5.455 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

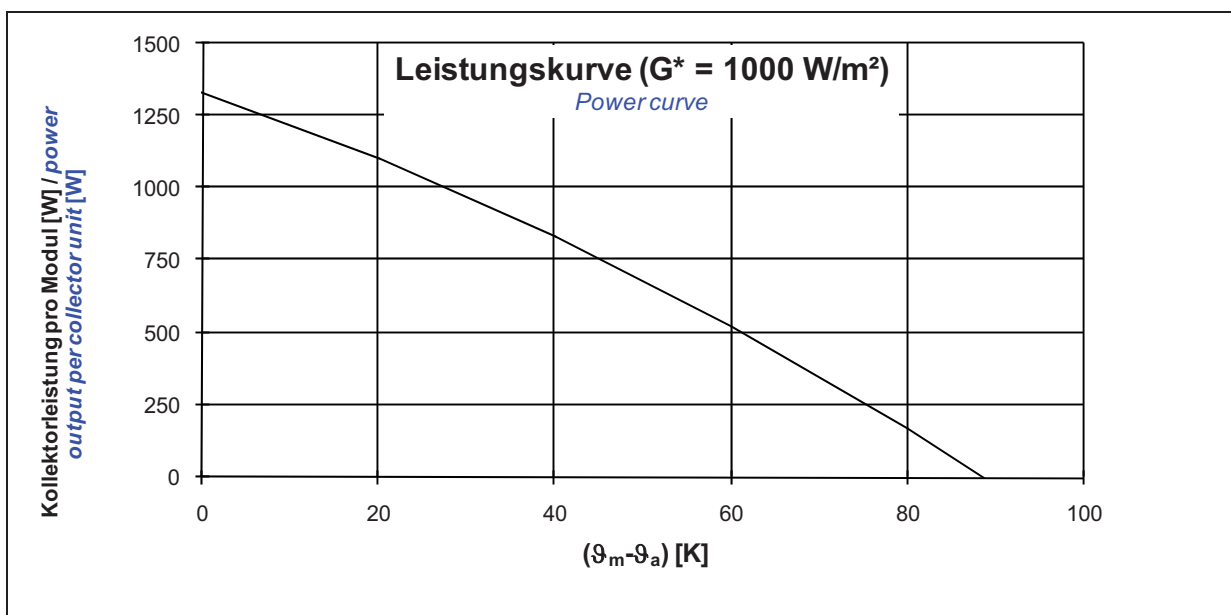
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.026 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1332 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	533	932	1332
20	302	702	1101
40	31	431	830
60	0 ^{*)}	120	519
80	0 ^{*)}	0 ^{*)}	168
100	0 ^{*)}	0 ^{*)}	0 ^{*)}

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang C.3: Leistungskurve für WUNDER CNP 2510

Annex C.3: Power curve for WUNDER CNP 2510

Bestimmung der Kollektorleistung:

Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 2.27 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.690$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 5.455 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

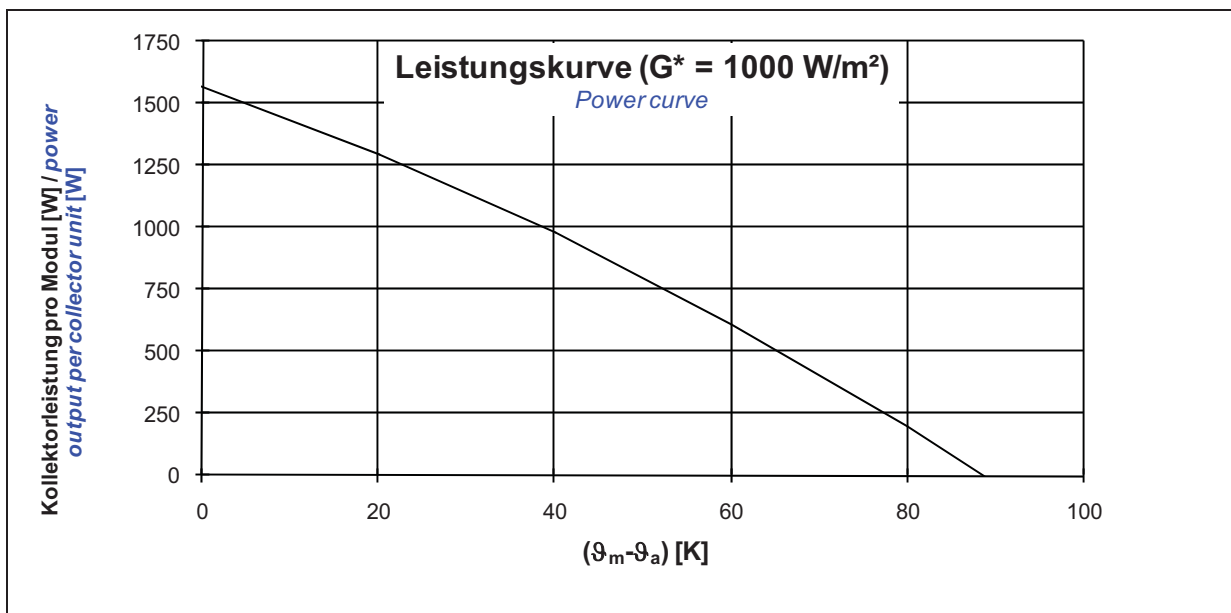
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.026 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul:

$W_{\text{peak}} = 1601 \text{ W}$

Peak Power ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:*



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	627	1096	1566
20	355	825	1295
40	37	507	977
60	0 ^{*)}	141	611
80	0 ^{*)}	0 ^{*)}	198
100	0 ^{*)}	0 ^{*)}	0 ^{*)}

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

^{*)} Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

^{*)} *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

Anhang D: Nomenklatur

Annex D: Symbols and Units

A	[m ²]	Aperturfläche / <i>aperture area</i>
a	[(mbar h ²)/l ²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
a₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
a₂	[W/(m ² K ²)]	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
b₀	[-]	Faktor zur Bestimmung des Einfallwinkelkorrekturfaktors der direkten Bestrahlungsstärke / <i>factor to determine the incident angle modifier of the beam irradiance</i>
c	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
c₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient / <i>heat transfer coefficient</i>
c₂	[W/(m ² K ²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>
c₅	[kJ/(m ² K)]	flächenbezogene Wärmekapazität des Kollektors <i>area based heat capacity of the collector</i>
F'(τ_α)_{en}	[-]	Konversionsfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>conversion factor of the beam irradiance</i>
G*	[W/m ²]	hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>
G_b	[W/m ²]	direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>
G_d	[W/m ²]	diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>
K_θ(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
K_{θb}(θ)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
K_{θd}	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the diffuse solar irradiance</i>
(kA)_{WT}	[W/K]	Wärmeübertragungsvermögen des Solarwärmeübertragers <i>heat transfer capacity of the solar heat exchanger</i>
\dot{m}	[l/h]	Massenstrom / <i>mass flow</i>
\dot{Q}	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
\dot{q}	[W/m ²]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
Δp	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
η	[-]	Wirkungsgrad / <i>collector efficiency</i>
η₀	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>conversion factor</i>
λ	[W/(mK)]	Wärmeleitfähigkeit / <i>heat conductivity</i>
ϑ	[°C]	Temperatur / <i>temperature</i>
ϑ_a	[°C]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
ϑ_e	[°C]	Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>
ϑ_{in}	[°C]	Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>
ϑ_m	[°C]	mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>
θ	[°]	Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke <i>incidence angle of the beam solar irradiance</i>