



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

Test Report
Durability, Reliability and Thermal Performance
of a Solar Collector

nach EN 12975-2: 2006

according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 06COL513/1OEM08

Test Report No.: 06COL513/1OEM08

Stuttgart, den 21. August 2008

Stuttgart, August 21th, 2008

Auftraggeber:

client:

SOLFEX LTD

HILLTHORPE INDUSTRIAL PARK

KNOLL LANE, LITTLE HOOLE PRESTON

LANCASHIRE, PR4, UK

Hersteller:

manufacturer:

SOLFEX LTD

Typ:

brand name:

CPC 12 INOX

Herstelljahr:

year of production:

2006

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	Berechnungsprüfung	9
	<i>Rain Penetration</i>	
5	Expositionstest.....	10
	<i>Exposure</i>	
6	Schneller äußerer Temperaturwechsel	10
	<i>External Thermal Shock</i>	
7	Schneller innerer Temperaturwechsel.....	11
	<i>Internal Thermal Shock</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	15
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
14	Prüfverfahren	15
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	16
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Leistungskurven	18
	<i>Annex B: Power Curves</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	22
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

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

Hersteller <i>Manufacturer</i>	SOLFEX LTD HILLTHORPE INDUSTRIAL PARK KNOLL LANE, LITTLE HOOLE PRESTON LANCASHIRE, PR4, UK
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Mr. Stuart Cooper Tel.: +0177261344 email: stuartcooper@solfex.co.uk
Typ: <i>type:</i>	CPC 12 INOX <i>CPC 12 INOX</i>
Seriennummer: <i>serial no.:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Serienprodukt oder Prototyp: <i>serial product or prototype:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2006 <i>2006</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.28 m ² <i>2.28 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.99 m ² <i>1.99 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.01 <i>1.01</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Vakuumpöhrrenkollektor <i>vacuum tube collector</i>
Länge: <i>length:</i>	1390 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1390 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1640 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1640 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	100 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>100 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	37 kg <i>37 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	Klemmringverschraubung <i>clamp collar connection</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach- und Flachdachmontage <i>on roof and flat roof mounting</i>

Absorber

Absorber

Material:	Borosilikatglas
<i>material:</i>	<i>borosilicate glass</i>
Dicke:	1.6 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.6 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	selektiv beschichtet, AlN-Schicht
<i>surface treatment:</i>	<i>selective coating, AlN-coating</i>
Absorptionsgrad:	> 93.5 %
<i>absorptance:</i>	<i>> 93.5 %</i>
Emissionsgrad:	≤ 6 %
<i>emittance:</i>	<i>≤ 6 %</i>
Wärmeträgerinhalt:	1.6 l
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.6 l</i>
Durchströmungsform:	keine Angabe
<i>flow pattern:</i>	<i>not specified</i>
Abmessungen Absorberrohre:	8 x 0.7 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>8 x 0.7 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	12 U-Rohre
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>12 U-tubes</i>
Abstand der Absorberrohre:	115 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>115 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	15 x 1 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>15 x 1 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	2
<i>no. of connections:</i>	<i>2</i>
Ausführung Anschlüsse:	Klemmringverschraubung
<i>realisation of connections:</i>	<i>clamp collar connection</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl:	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
Material:	Borosilikatglas
<i>material:</i>	<i>borosilicate glass</i>
Hersteller:	keine Angabe
<i>manufacturer:</i>	<i>not specified</i>
Produktbezeichnung:	keine Angabe
<i>brand name:</i>	<i>not specified</i>
Transmissionsgrad:	keine Angabe
<i>transmittance:</i>	<i>not specified</i>
Dicke:	1.6 mm
<i>thickness:</i>	<i>1.6 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

Material: <i>material:</i>	Absorber: Vakuum, Sammler: Steinwolle Formteile <i>absorber: vacuum, header: stone wool mouldings</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.035 W/(mK) <i>0.035 W/(mK)</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Dichte: <i>density:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	20 mm <i>20 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	272 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>272 °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>	Tyfocor LS <i>Tyfocor LS</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	119.4 kg/h <i>119.4 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Roehrenkollektor CPC 6 OEM - Zeichnungsnr. OEM-1006 - Datum: 28.07.06▪ Roehrenkollektor CPC 12 OEM - Zeichnungsnr. OEM-1012 - Datum: 28.07.06▪ Roehrenkollektor CPC 18 OEM - Zeichnungsnr. OEM-1018 - Datum: 28.07.06▪ Kupferregister CPC 18 OEM - Zeichnungsnr. OEM-5180 - Datum: 07.02.06▪ Kupferregister CPC 12 OEM - Zeichnungsnr. OEM-5150 - Datum: 07.02.06▪ Gummistopfen links OEM/Allstar - Zeichnungsnr. 88-9002 - Datum: 04.10.04▪ Gummistopfen rechts OEM/Allstar - Zeichnungsnr. 88-9003 - Datum: 04.10.04▪ Waermeleitprofil - Zeichnungsnr. 88-2520 - Datum: 20.07.06
--	---

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

- Röhrenhalter schwarz - Zeichnungsnr. 88-8001 - Datum: 30.08.05
- Einlegeblech Seitenteil OEM - Zeichnungsnr. OEM-8002_2 - Datum: 30.08.05
- Seitenteil OEM - Zeichnungsnr. OEM-8002 - Datum: 30.08.05
- Dichtring für CPC OEM-Kollektoren - Zeichnungsnr. 88-9001 - Datum: 01.03.06
- Stützhülse für Rohr Ø15x1 - Zeichnungsnr. 08-6047 - Datum: 28.07.06
- Eckwinkel - Zeichnungsnr. 88-2003 - Datum: 19.02.04
- Vakuum-Röhre Azzurro - Zeichnungsnr. 08-1959 - Datum: 14.02.06
- Spiegelblech 3-fach CPC Kollektor - Zeichnungsnr. 88-2011 - Datum: 06.03.06
- Spiegelblech 5-fach CPC Kollektor - Zeichnungsnr. 88-2037 - Datum: 06.03.06
- Kasten Grundprofil OEM - Zeichnungsnr. OEM-2151 - Datum: 08.05.06
- Kasten Deckelprofil OEM - Zeichnungsnr. OEM-2152 - Datum: 08.11.05
- Abschluss unten OEM - Zeichnungsnr. OEM-2153 - Datum: 08.05.06
- Kupferregister CPC 6 OEM - Zeichnungsnr. OEM-5120 - Datum: 07.02.06
- Seitenprofil links OEM - Zeichnungsnr. OEM-2001 - Datum: 30.01.06
- Seitenprofil rechts OEM - Zeichnungsnr. OEM-2002 - Datum: 30.01.06

- *Roehrenkollektor CPC 6 OEM - Drawing no. OEM-1006 - Date: 28.07.06*
- *Roehrenkollektor CPC 12 OEM - Drawing no. OEM-1012 - Date: 28.07.06*
- *Roehrenkollektor CPC 18 OEM - Drawing no. OEM-1018 - Date: 28.07.06*
-
- *Kupferregister CPC 18 OEM - Drawing no. OEM-5180 - Date: 07.02.06*
- *Kupferregister CPC 12 OEM - Drawing no. OEM-5150 - Date: 07.02.06*
- *Gummistopfen links OEM/Allstar - Drawing no. 88-9002 - Date: 04.10.04*
- *Gummistopfen rechts OEM/Allstar - Drawing no. 88-9003 - Date: 04.10.04*
- *Waermeleitprofil - Drawing no. 88-2520 - Date: 20.07.06*

- *Röhrenhalter schwarz - Drawing no. 88-8001 - Date: 30.08.05*
- *Einlegeblech Seitenteil OEM - Drawing no. OEM-8002_2 - Date: 30.08.05*
- *Seitenteil OEM - Drawing no. OEM-8002 - Date: 30.08.05*
- *Dichtring für CPC OEM-Kollektoren - Drawing no. 88-9001 - Date: 01.03.06*
- *Stützhülse für Rohr Ø15x1 - Drawing no. 08-6047 - Date: 28.07.06*
- *Eckwinkel - Drawing no. 88-2003 - Date: 19.02.04*
- *Vakuum-Röhre Azzurro - Drawing no. 08-1959 - Date: 14.02.06*
- *Spiegelblech 3-fach CPC Kollektor - Drawing no. 88-2011 - Date: 06.03.06*
- *Spiegelblech 5-fach CPC Kollektor - Drawing no. 88-2037 - Date: 06.03.06*
- *Kasten Grundprofil OEM - Drawing no. OEM-2151 - Date: 08.05.06*
- *Kasten Deckelprofil OEM - Drawing no. OEM-2152 - Date: 08.11.05*
- *Abschluss unten OEM - Drawing no. OEM-2153 - Date: 08.05.06*
- *Kupferregister CPC 6 OEM - Drawing no. OEM-5120 - Date: 07.02.06*
- *Seitenprofil links OEM - Drawing no. OEM-2001 - Date: 30.01.06*
- *Seitenprofil rechts OEM - Drawing no. OEM-2002 - Date: 30.01.06*

Datenblätter:
technical data sheets:

- *ITW Datenblatt Kollektor*
- *Datenblatt Technische Isolierung 3.101.3 - Rockwool - 01/2005*
- *OEM-1006 CPC 6 OEM Stückliste*
- *OEM-1012 CPC 12 OEM Stückliste*
- *OEM-1018 CPC 18 OEM Stückliste*

- *ITW data sheet collector*
- *Datenblatt Technische Isolierung 3.101.3 - Rockwool - 01/2005*
- *OEM-1006 CPC 6 OEM Stückliste*
- *OEM-1012 CPC 12 OEM Stückliste*
- *OEM-1018 CPC 18 OEM Stückliste*

Kennzeichnung:
collector label:

Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei. Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein und muss zusätzlich die Angabe der Brutto-Kollektorfläche enthalten.

The collector label was attached as a specimen. According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame and shall additionally include the cross area of the collector.

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

- ritterSolar Planning Guide Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX
- ritterSolar Installation instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX
- ritterSolar Operating instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX CPC 16 w INOX CPC 20 w INOX
- ritterSolar Service instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX CPC 16 w INOX CPC 20 w INOX

Die Installationsanweisung muss zusätzlich die Angabe der zulässigen Wind- und Schneelast enthalten.

- *ritterSolar Planning Guide Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX*
- *ritterSolar Installation instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX*
- *ritterSolar Operating instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX CPC 16 w INOX CPC 20 w INOX*
- *ritterSolar Service instructions Evacuated tube collectors CPC 6 OEM / INOX CPC 12 OEM / INOX CPC 18 OEM / INOX CPC 16 w INOX CPC 20 w INOX*

The installer instruction manual shall contain in addition the maximum wind and snow load.

Gültigkeit

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp CPC 12 INOX und für die Kollektortypen CPC 6 INOX, CPC 18 INOX.

The test report is valid for the collector type CPC 12 INOX described above and for the collector types CPC 6 INOX, CPC 18 INOX.

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: 15.09.2006

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 12975-2:2006, 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: 19.10.2006

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	1070	26

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

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

4 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: 23.08.2006

Date:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	Prüfdauer <i>test duration</i> [h]
3.8	16	4

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

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

5 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.

Expositionsdauer: 10.08.-30.09.2006 52 Tage
Duration of exposure: 52 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]
824	31	612	32

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

6 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: 01.09.2006

1. *Test:*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.8	< 25	856	19.3

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 01.09.2006

2. *Test:*

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.8	< 25	929	21.8

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

7 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: 18.10.2006
1. test

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.0	< 25	872	26.0

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 18.10.2006
2. test

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	mittlere Bestrahlungsstärke <i>mean irradiance</i> [W/m ²]	mittlere Umgebungstemperatur <i>mean ambient temperature</i> [°C]
2.0	< 25	846	25.1

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung

Mechanical load test

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: 07.11.2006
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde bis zu einem Druck von 4000 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 4000 Pa.

Ergebnis: Bis zu einem Druck von 4000 Pa kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2006, Kapitel 5.3.1. Bei einer Belastung von 4100 Pa Bruch von mehreren Glasröhren.
Conclusion: Up to a pressure of 4000 Pa no major failure acc. to EN 12975-2:2006, chapter 5.3.1. At the pressure of 4100 Pa failure of several glass tubes occurred.

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: 19.10.2006
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]
1070	285	26

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

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

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

zu $\vartheta_{stg} = 272^\circ\text{C}$
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: 15.11.2006
Date:

Ergebnis: Die optische Begutachtung des Kollektors ergab keine Auffälligkeiten oder Abnormalitäten.

Conclusion: The optical expertise of the collector did not show 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. Beregnungsprüfung <i>Rain penetration</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
4. Expositionstest <i>Exposure</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
5. Schneller äußerer Temperaturwechsel <i>External shock</i>	kein größerer Fehler <i>no major failure</i>
6. Schneller innerer Temperaturwechsel <i>Internal shock</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 272 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and at an ambient temperature of 30°C reaches 272 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors

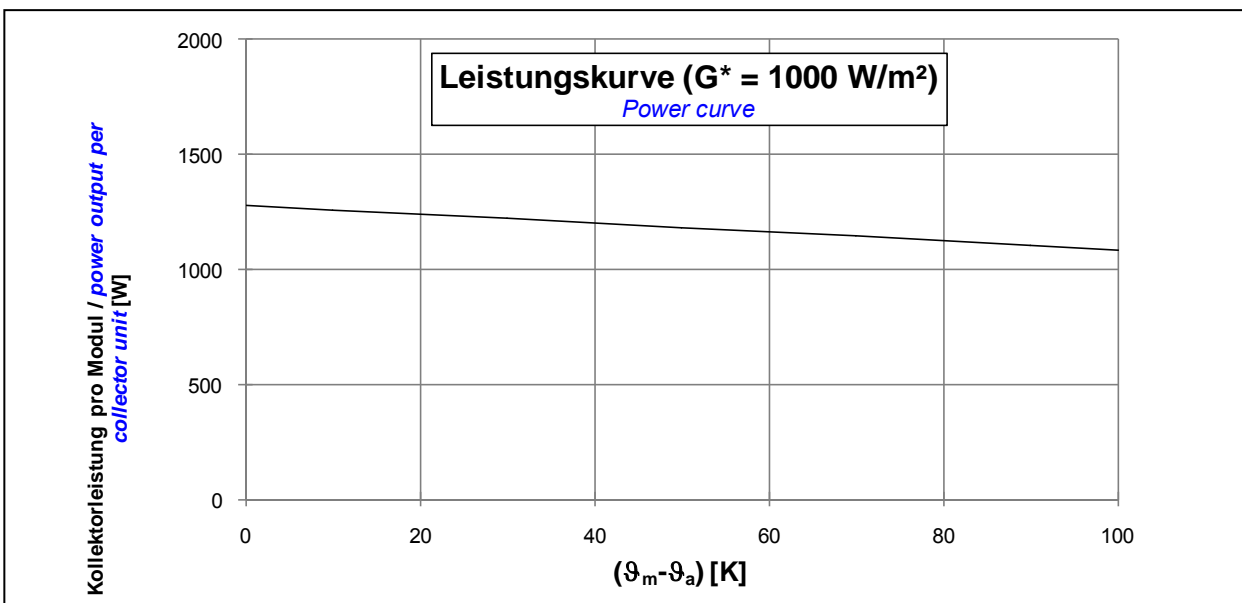
Collector identification

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

The installer instruction manual does not contain 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: <i>Determination of power per collector unit:</i>	$\dot{Q} = A \cdot G^* \left(\eta_0 - a_1 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)}{G^*} - a_2 \frac{(\vartheta_m - \vartheta_a)^2}{G^*} \right)$
Konversionsfaktor η_0 [-] <i>conversion factor</i>	0.642
Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i>	0.885
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i>	0.001
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-] <i>incidence angle modifier</i>	s. Seite 16/ <i>see page 16</i>
flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i>	8.416
Volumenstrom [l/(m²h)] <i>volume flowrate</i>	61
Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²] <i>aperture area per collector unit</i>	1.99
Peakleistung [W_{peak}] ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) pro Kollektormodul <i>peak power [W_{peak}] ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$) per collector unit:</i>	1278



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	511	894	1278
10	493	876	1260
30	456	840	1223
50	418	801	1185

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

13 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten.
nothing particular.

14 Prüfverfahren

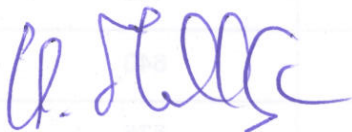
Test Methods

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

The indoor test of the collector was carried out under steady state 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 incidence angle modifier was determined in an outdoor test.

Eingang Prüfling: <i>Arrival of test sample:</i>	09.08.2006
Prüfzeitraum: <i>Test duration:</i>	10.08. – 15.11.2006
Prüfer: <i>Test engineer:</i>	Dipl.-Ing. S. Fischer / M. Wild

Stuttgart, den 21. August 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>			
$\eta_0 = 0.642$			$a_1 = 0.885 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$			$c = 8.416 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$			
			$a_2 = 0.001 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$						
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>									
		θ	0	20	40	50	60	70	90
$K_{\theta d} = 0.92$	$K_{\theta b}(\theta_i)$		1.00	0.99	0.95	0.89	0.80	0.65	0.00
	$K_{\theta b}(\theta_t)$		1.00	1.01	1.03	0.99	1.05	1.10	0.00

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	544	651	726
4	525	628	696
5	504	589	640
6	474	535	575

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:</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.1: Leistungskurve für CPC 6 INOX

Annex B.4: Power curve for CPC 6 INOX

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfäche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*
 (Herstellerangabe/*acc. to the manufacturer*)

$A = 1.00 \text{ m}^2$

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.642$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

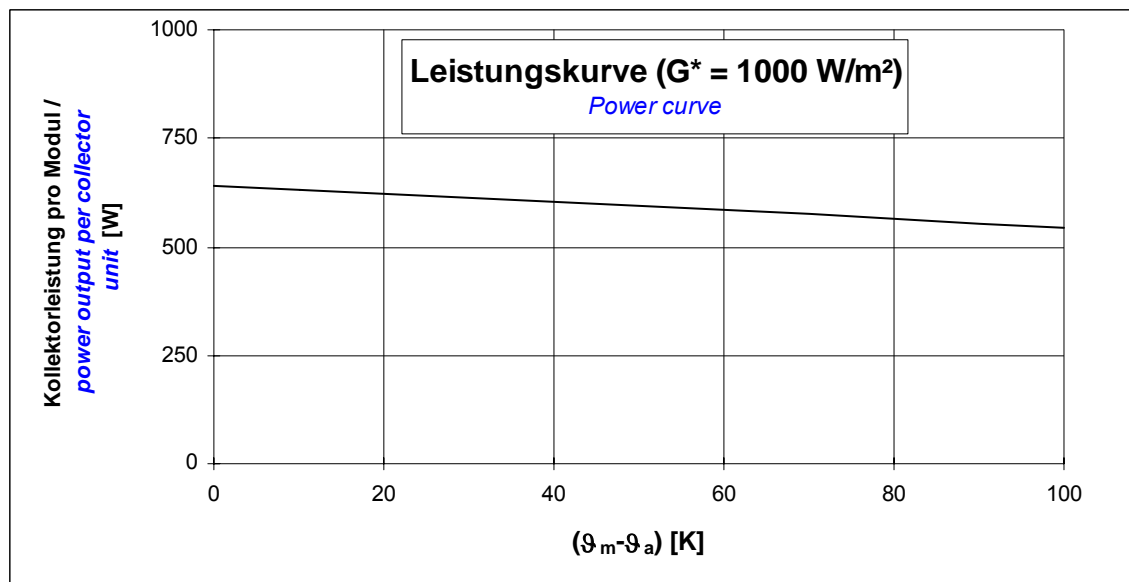
$a_1 = 0.885 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.001 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung W_{peak} ($G^* = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(T_m - T_a) = 0$) pro Kollektormodul: 642 W

Peak Power W_{peak} ($G^ = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$, $(T_m - T_a) = 0$) per collector unit: 642 W*



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

$T_m - T_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	257	449	642
10	248	440	633
30	229	422	615
50	210	403	595

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

Note: the reported values are for normal incidence

Anhang B.2: Leistungskurve für CPC 18 INOX

Annex B.2: Power curve for CPC 18 INOX

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfäche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*
 (Herstellerangabe/*acc. to the manufacturer*)

$A = 2.99 \text{ m}^2$

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.642$

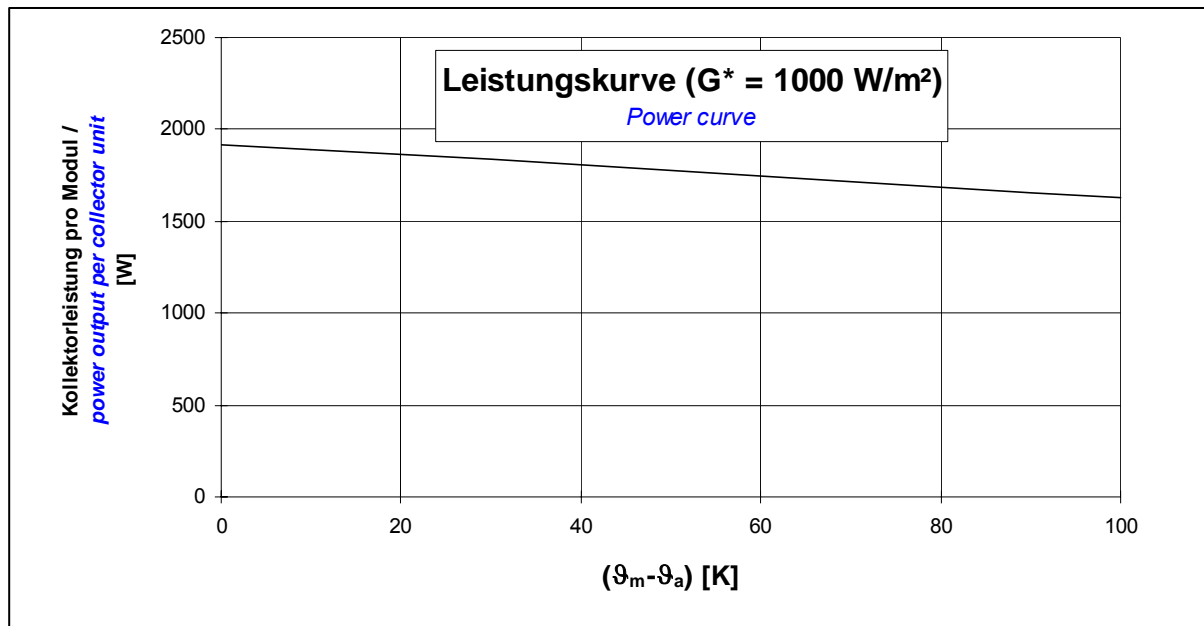
Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 0.885 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.001 \text{ W/(m}^2\text{K}^2)$

Peakleistung W_{peak} ($G^* = 1000 \text{ W/m}^2$, $(T_m - T_a) = 0$) pro Kollektormodul: 1920 W
Peak Power W_{peak} ($G^ = 1000 \text{ W/m}^2$, $(T_m - T_a) = 0$) per collector unit: 1920 W*



Kollektorleistung pro Modul [W]
Power output per collector unit [W]

$T_m - T_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	768	1344	1920
10	741	1317	1893
30	686	1262	1838
50	628	1204	1780

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung
Note: the reported values are for normal incidence

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: 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'(τα)_{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)	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the hemispherical solar irradiance</i>
K_{θb}(θ)	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of the beam solar irradiance</i>
K_{θd}	[-]	Einfallwinkelkorrekturfaktor 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>
Q̇	[W]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</i>
q̇	[W/m ²]	flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector power</i>
V̇	[l/h]	Volumenstrom / <i>volume flow</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>