



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.: 09COL795

Test Report No.: 09COL795

Stuttgart, den 12.05.2010

Stuttgart, May 12th, 2010

Auftraggeber:
client:

**SOLIMPEKS SOLAR ENERGY SYSTEMS Co.
KONSAN ÖZEL ORGANIZE SAN. VE TIC. MRK.
HILAL SOKAK NO: 20
42300 KARATAY-KONYA
TURKEY**

Hersteller:
manufacturer:

SOLIMPEKS SOLAR ENERGY SYSTEMS Co.

Typ:
type:

WUNDER CLSH 1808

Herstellungsjahr:
year of production:

2008

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: Darstellung der aufgenommenen Messwerte..... | 19 |
| | <i>Annex B: Measured data</i> | |
| | Anhang C: Leistungskurven | 20 |
| | <i>Annex C: Power Curves</i> | |
| | Anhang D: Nomenklatur | 23 |
| | <i>Annex D: Symbols and Units</i> | |

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

| | |
|--|---|
| Hersteller <i>Manufacturer</i> | SOLIMPEKS SOLAR ENERGY SYSTEMS Co. KONSAN ÖZEL ORGANIZE SAN. VE TIC. MRK. 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 CLSH 1808 <i>WUNDER CLSH 1808</i> |
| Herstellernummer: <i>serial no.:</i> | 090116046 <i>090116046</i> |
| Interne Kennzeichnung des Prüflabors: <i>internal identification of test laboratory:</i> | C795 <i>C795</i> |
| Serienprodukt oder Baumuster: <i>serial product or model:</i> | Serienprodukt <i>mass product</i> |
| Herstellungsjahr: <i>year of production:</i> | 2008 <i>2008</i> |

| | |
|---|--|
| Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i> | vom 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> | 1.62 m ² <i>1.62 m²</i> |

| | |
|--|--|
| Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i> | |
| Bauart: <i>collector type:</i> | Flachkollektor <i>flat plate collector</i> |
| Länge: <i>length:</i> | 1928 mm (vom Prüflabor bestimmt) <i>1928 mm (determined by test laboratory)</i> |
| Breite: <i>width:</i> | 929 mm (vom Prüflabor bestimmt) <i>929 mm (determined by test laboratory)</i> |
| Höhe: <i>height:</i> | 90 mm (vom Prüflabor bestimmt) <i>90 mm (determined by test laboratory)</i> |
| Material: <i>material:</i> | Aluminium <i>aluminium</i> |
| Gewicht: <i>weight:</i> | 34 kg <i>34 kg</i> |
| Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i> | EPDM + Silikon <i>EPDM + silicon</i> |
| Einbauweise: <i>collector mounting:</i> | Aufdach, dachintegriert, Flachdach <i>On roof, in roof, flat 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> | Tinox <i>Tinox</i> |
| Absorptionsgrad: <i>absorptance:</i> | 0.95 <i>0.95</i> |
| Emissionsgrad: <i>emittance:</i> | 0.03 <i>0.03</i> |
| Wärmeträgerinhalt: <i>heat transfer fluid content:</i> | 1.02 Liter <i>1.02 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> | Eisenarmes gehärtetes Solarglas <i>low iron tempered solar glass</i> |
| Hersteller: <i>manufacturer:</i> | TRAKYA CAM SAN. AS <i>TRAKYA CAM SAN. AS</i> |
| Produktbezeichnung: <i>brand name:</i> | Durasolar P+ Sandy <i>Durasolar P+ Sandy</i> |
| Transmissionsgrad: <i>transmittance:</i> | 0.91 <i>0.91</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> | Steinwolle <i>rock wool</i> | Steinwolle <i>rock wool</i> |
| Hersteller: <i>manufacturer:</i> | IZOCAM <i>IZOCAM</i> | IZOCAM <i>IZOCAM</i> |
| Produktbezeichnung: <i>Product name:</i> | Keine Angabe <i>not specified</i> | Keine Angabe <i>not specified</i> |
| Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i> | 0.037 W/(mK) <i>0.037 W/(mK)</i> | 0.037 W/(mK) <i>0.037 W/(mK)</i> |
| Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i> | 0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i> | 0.037 W/(mK) <i>0.037 W/(mK)</i> |
| Dichte: <i>density:</i> | 40 kg/m ³ <i>40 kg/m³</i> | 40 kg/m ³ <i>40 kg/m³</i> |
| Dicke: <i>thickness:</i> | 40 mm <i>40 mm</i> | 20 mm <i>20 mm</i> |

Grenzdaten

Limitations:

| | |
|---|---|
| Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i> | 203 °C <i>203 °C</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">▪ MWP-1808FH Cros Section Wunder CLSH2510 (18x8) - Datum: 04.02.2008▪ MWP-1808TH Cros Section Wunder CLSH2510 (22x10) - Datum: 30.10.2009▪ YPS-55, Panel, Selektif, W2510, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - Datum: 04.02.2008▪ YPS-085, Panel, Selektif, W2510, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - Datum: 30.10.2009▪ YPS Panel, Titanium Coated, W2510, 24x12,7 - Datum: 04.02.2008▪ MWP-2108FH Cros Section Wunder CLSH2108 (18x8) - Datum: 04.02.2008▪ MWP-2108TH Cros Section Wunder CLSH2108 (22x10) - Datum: 30.10.2009▪ YPS-51, Panel, Selektif, W2108, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - Datum: 04.02.2008 |
|--|--|

- YPS-086, Panel, Selektif, W2108, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - Datum: 30.10.2009
- MWP-2008TH Cros Section Wunder CLSH2008 (22x10) - Datum: 06.05.2010
- YPS-125, Panel, Selektif, W2008, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - Datum: 06.05.2010
- YPS, Panel, Titanium Coated, W2008xx, Forced System, 0,12 mm - Datum: 04.02.2008
- MWP-1808FH Cros Section Wunder CLSH1808 (18x8) - Datum: 01.12.2009
- MWP-1808TH Cros Section Wunder CLSH1808 (22x10) - Datum: 30.10.2009
- YPS-47, Panel, Selektif, W1808, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - Datum: 30.10.2009
- YPS-087, Panel, Selektif, W1808, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - Datum: 30.10.2009
- Drawings of aluminium case profiles for Wunder 1808, 2108, 2510 and 2008 - Datum: 04.02.2008
- *MWP-1808FH Cros Section Wunder CLSH2510 (18x8) - date: 04.02.2008*
- *MWP-1808TH Cros Section Wunder CLSH2510 (22x10) - date: 30.10.2009*
- *YPS-55, Panel, Selektif, W2510, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - date: 04.02.2008*
- *YPS-085, Panel, Selektif, W2510, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - date: 30.10.2009*
- *YPS Panel, Titanium Coated, W2510, 24x12,7 - date: 04.02.2008*
- *MWP-2108FH Cros Section Wunder CLSH2108 (18x8) - date: 04.02.2008*
- *MWP-2108TH Cros Section Wunder CLSH2108 (22x10) - date: 30.10.2009*
- *YPS-51, Panel, Selektif, W2108, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - date: 04.02.2008*
- *YPS-086, Panel, Selektif, W2108, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - date: 30.10.2009*
- *MWP-2008TH Cros Section Wunder CLSH2008 (22x10) - date: 06.05.2010*
- *YPS-125, Panel, Selektif, W2008, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - date: 06.05.2010*
- *YPS, Panel, Titanium Coated, W2008xx, Forced System, 0,12 mm - date: 04.02.2008*
- *MWP-1808FH Cros Section Wunder CLSH1808 (18x8) - date: 01.12.2009*
- *MWP-1808TH Cros Section Wunder CLSH1808 (22x10) - date: 30.10.2009*
- *YPS-47, Panel, Selektif, W1808, Cebri Sistem, 0,12mm, Half Plate - date: 30.10.2009*
- *YPS-087, Panel, Selektif, W1808, Tabii Sistem, Half Plate, 0,12mm, M22A10 - date: 30.10.2009*
- *Drawings of aluminium case profiles for Wunder 1808, 2108, 2510 and 2008 - date: 04.02.2008*

Datenblätter:
technical data sheets:

- ITW Datenblatt Kollektor
- MATERIAL LIST OF WUNDER CLSH SERIES
- Qualitäts-Zertifikat, Solarglas, SPF – 28.3.2007
- İZOCAM, TEKNİK BILGI FÖYÖ, TASYÜNÜ

- *ITW data sheet collector*
- *MATERIAL LIST OF WUNDER CLSH SERIES*
- *Quality-Certification, Solar Glass, SPF – 28.3.2007*
- *İZOCAM, TEKNİK BILGI FÖYÖ, TASYÜNÜ*

Kennzeichnung:
collector label:

Das Typenschild ist gut sichtbar und haltbar angebracht und enthält alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben.

The collector label is fixed visible and durable on the collector frame and includes all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required information.

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

- COLLECTOR INSTRUNTIONS MANUAL Wunder CLSH1808, 2108 & 2510 models
- *COLLECTOR INSTRUNTIONS MANUAL Wunder CLSH1808, 2108 & 2510 models*

Die Installationsanweisungen müssen zusätzlich die folgenden Angaben beinhalten:

- Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m²
- Druckabfall
- größter und kleinster Neigungswinkel
- maximal zulässige Schnee- und Windlast.

The installer instruction manual should contain additionally the following information:

- *dimensions of pipe connection for collector arrays up to 20 m²*
- *pressure drop*
- *maximum and minimum tilt angle*
- *indication of the maximum wind and snow load.*

Gültigkeit

Validity:

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

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

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

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

WUNDER CLSH 2510 18 mm/8 mm
WUNDER CLSH 2510 22mm/10 mm
WUNDER CLSH 2510 24 mm/12.7 mm.

*The test report is valid for collector type
WUNDER CLSH 1808 18 mm/8 mm
(outer diameter manifold/outer diameter riser tubes)
as specified above and the sub types*

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

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

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

*WUNDER CLSH 2510 18 mm/8 mm
WUNDER CLSH 2510 22 mm/10 mm
WUNDER CLSH 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: 25.10.2007

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: 08.11.2007

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 | 1037 | 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

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.

Expositionsdauer: 25.02.- 25.05.2009

90 Tage

Duration of exposure:

90 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] | Niederschlagssumme <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] |
|--|--|---|--|
| 1371 | 38 | 169 | 56 |

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: 26.07.2007

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] |
|--|---|---|---|
| 2.5 | < 25 | 969 | 25 |

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: 26.07.2007

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] |
|--|---|---|---|
| 2.5 | < 25 | 916 | 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: 16.10.2008

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] |
|--|---|---|---|
| 1.3 | 23 | 882 | 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: 16.10.2008
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] |
|--|---|---|---|
| 1.3 | 23 | 871 | 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

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 5.9.

Datum: 25.07.2007
date:

| Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)] | Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C] | Prüfdauer <i>test duration</i> [h] |
|--|---|--|
| 3.3 | 16 | 4 |

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

8.1 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 Kollektorbefestigung wurde mit einem maximalen Zug von 2000 Pa belastet.
The collector mountings were 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: 08.11.2007
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] |
| 1037 | 205 | 26 |

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 $\vartheta_{stg} = 203 \text{ °C}$
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: 16.06.2009
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 203 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 203°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 include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfergebnisse Wärmeleistung

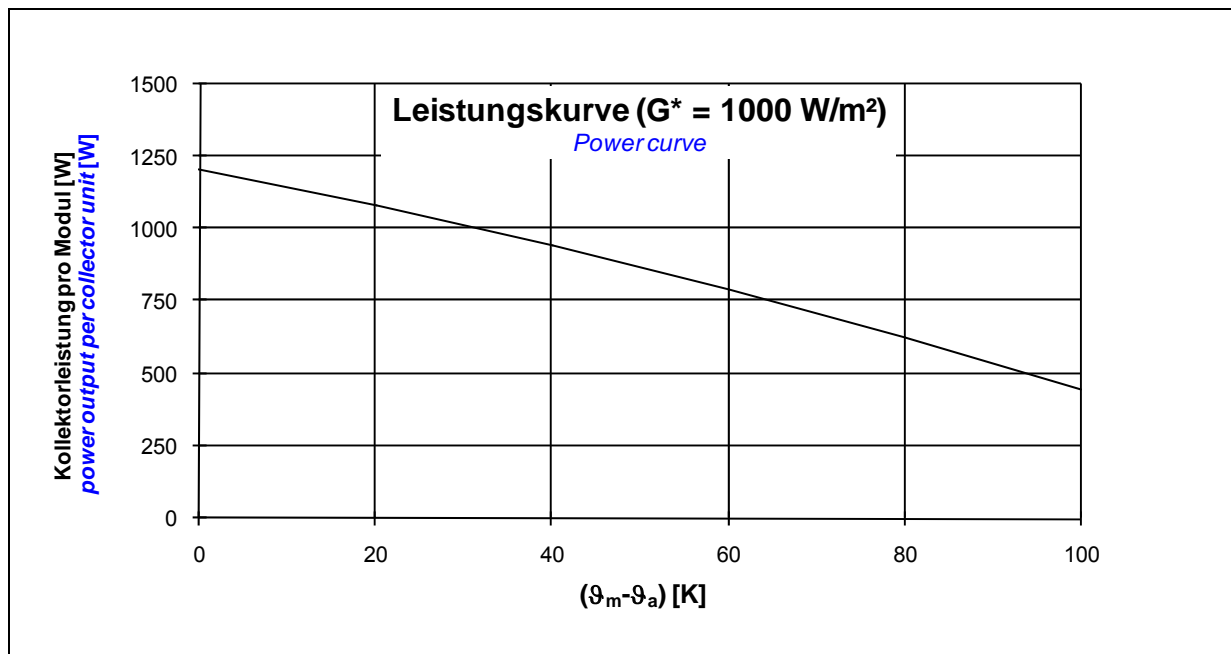
Test Results Thermal Performance

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> | 0.746 |
| Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)] <i>heat transfer coefficient</i> | 3.701 |
| temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)] <i>temperature depending heat transfer coefficient</i> | 0.010 |
| Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-] <i>incidence angle modifier</i> | 0.91 |
| flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)] <i>area related heat capacity</i> | 14.180 |
| 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> | 1209 |



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 | 483 | 846 | 1209 |
| 20 | 357 | 720 | 1082 |
| 40 | 218 | 580 | 943 |
| 60 | 65 | 428 | 790 |
| 80 | 0 ^{*)} | 263 | 625 |
| 100 | 0 ^{*)} | 84 | 447 |

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 Leistungsprüfung wurde an Kollektor Typ WUNDER CLSH 1808 durchgeführt.

Die Prüfungen der Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit wurden an einem in Bezug auf die Prüfungen baugleichen Kollektor durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse wurden dem Prüfbericht 08COL731 vom 18.08.2009 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 accomplished at the collector type WUNDER CLSH 1808.

The durability and reliability tests were carried out at a solar collector identical in construction in respect to the tests carried out. The results were taken from test report 08COL731 dated 18th of August 2009.

Eingang Prüfling: 10.03.2009

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 30.09.2009 – 12.04.2010

Test period:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer, M. Wild, Dipl.-Ing.(FH) C. Twerdy

Test engineer:

Stuttgart, den 12.05.2010



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

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> | | |
| $\eta_0 = 0.746$ | | | $a_1 = 3.701 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | | | | $c = 14.180 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$ | | |
| | | | $a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$ | | | | | | |
| Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i> | | | | | | | | | |
| θ | 0 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | |
| $K_{\text{gb}}(\theta)$ | 1 | 0.99 | 0.98 | 0.95 | 0.91 | 0.84 | 0.69 | 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 | 436 | 524 | 572 |
| 4 | 398 | 480 | 523 |
| 5 | 366 | 439 | 476 |
| 6 | 338 | 401 | 434 |

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 temperature 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: aperture 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: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Annex B: Measured Data

| | G^* | \dot{m} | ϑ_{in} | ϑ_e | $\vartheta_e - \vartheta_{in}$ | ϑ_m | ϑ_a | $\vartheta_m - \vartheta_a$ | $(\vartheta_m - \vartheta_a)/G^*$ | η |
|----|---------------------|-----------|------------------|---------------|--------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------|
| Nr | [W/m ²] | [kg/h] | [°C] | [°C] | [K] | [°C] | [°C] | [K] | [(m ² K)/W] | [-] |
| 1 | 805.13 | 115.09 | 18.47 | 25.67 | 7.20 | 22.07 | 20.36 | 1.71 | 0.0021 | 0.7395 |
| 2 | 801.83 | 115.33 | 18.57 | 25.77 | 7.20 | 22.17 | 21.98 | 0.19 | 0.0002 | 0.7439 |
| 3 | 805.17 | 115.24 | 18.60 | 25.83 | 7.23 | 22.22 | 22.21 | 0.01 | 0.0000 | 0.7439 |
| 4 | 794.89 | 118.47 | 38.32 | 44.43 | 6.10 | 41.38 | 21.96 | 19.42 | 0.0244 | 0.6539 |
| 5 | 796.78 | 118.41 | 38.36 | 44.46 | 6.11 | 41.41 | 22.27 | 19.14 | 0.0240 | 0.6527 |
| 6 | 793.31 | 118.53 | 38.40 | 44.49 | 6.10 | 41.45 | 22.32 | 19.13 | 0.0241 | 0.6548 |
| 7 | 800.88 | 120.20 | 56.62 | 61.78 | 5.16 | 59.20 | 22.42 | 36.78 | 0.0459 | 0.5582 |
| 8 | 802.45 | 120.02 | 56.67 | 61.84 | 5.17 | 59.25 | 22.12 | 37.13 | 0.0463 | 0.5567 |
| 9 | 808.75 | 120.23 | 56.70 | 61.92 | 5.23 | 59.31 | 22.76 | 36.55 | 0.0452 | 0.5601 |
| 10 | 805.87 | 121.34 | 75.05 | 79.23 | 4.18 | 77.14 | 22.04 | 55.10 | 0.0684 | 0.4554 |
| 11 | 798.46 | 121.48 | 75.08 | 79.22 | 4.15 | 77.15 | 22.44 | 54.71 | 0.0685 | 0.4565 |
| 12 | 799.36 | 121.42 | 75.11 | 79.26 | 4.15 | 77.18 | 22.68 | 54.50 | 0.0682 | 0.4561 |
| 13 | 801.67 | 122.17 | 93.42 | 96.52 | 3.11 | 94.97 | 22.22 | 72.75 | 0.0907 | 0.3446 |
| 14 | 800.14 | 122.05 | 93.42 | 96.55 | 3.13 | 94.98 | 22.53 | 72.46 | 0.0906 | 0.3470 |
| 15 | 802.45 | 122.14 | 93.46 | 96.62 | 3.16 | 95.04 | 23.06 | 71.98 | 0.0897 | 0.3505 |

Tabelle B.1: Messwerte

Table B.1: Measured values

Anhang C.1: Leistungskurve für WUNDER CLSH 2008

Annex C.1: Power curve for WUNDER CLSH 2008

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 1.86 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.746$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 3.701 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

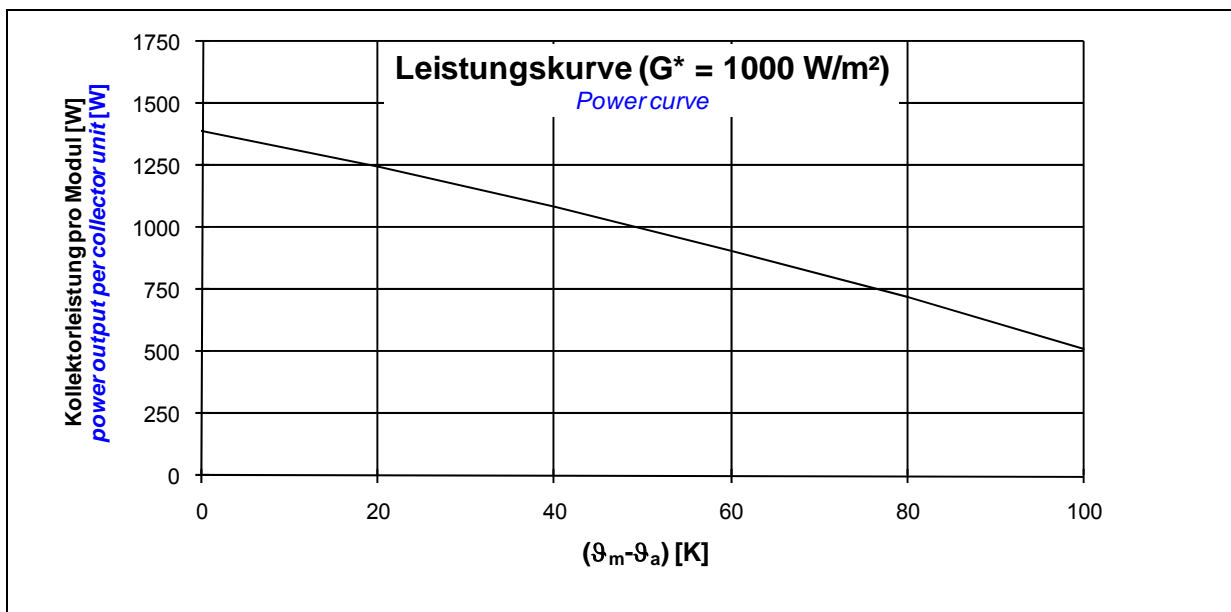
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

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

$W_{\text{peak}} = 1388 \text{ W}$

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



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

| $g_m - g_a$ in [K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i> | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------------------|
| | 400 W/m ² | 700 W/m ² | 1000 W/m ² |
| 0 | 555 | 971 | 1388 |
| 20 | 410 | 826 | 1242 |
| 40 | 250 | 666 | 1082 |
| 60 | 75 | 491 | 908 |
| 80 | 0 ^{*)} | 302 | 718 |
| 100 | 0 ^{*)} | 97 | 513 |

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 CLSH 2108

Annex C.2: Power curve for WUNDER CLSH 2108

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfäche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 1.92 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.746$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 3.701 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

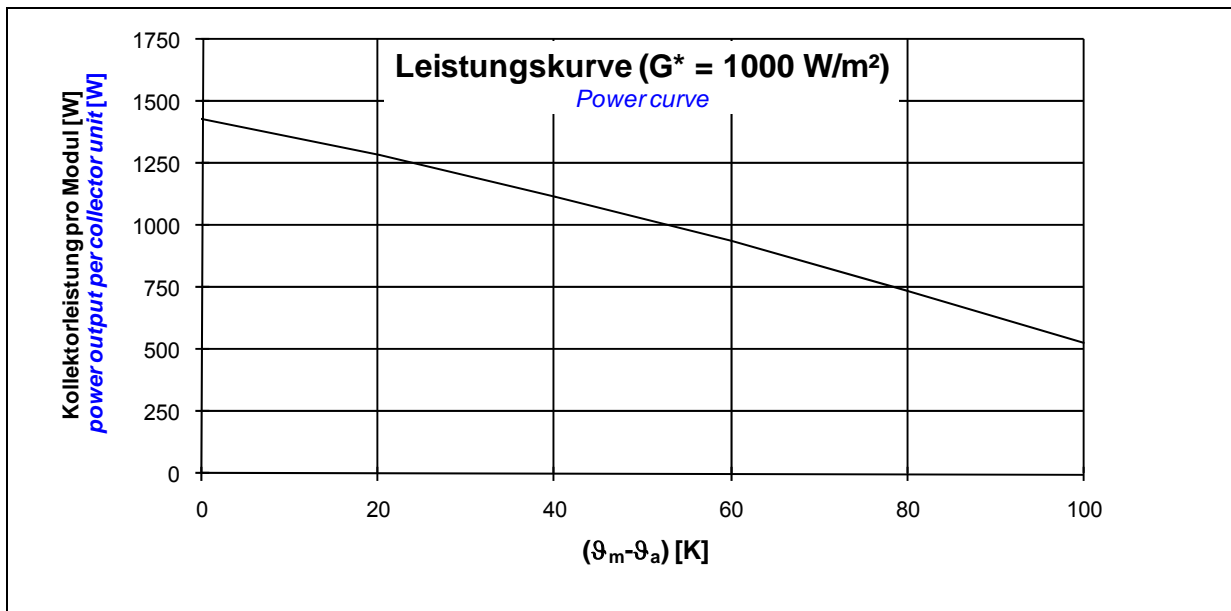
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

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

$W_{\text{peak}} = 1432 \text{ W}$

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



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

| $g_m - g_a$ in [K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i> | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------------------|
| | 400 W/m ² | 700 W/m ² | 1000 W/m ² |
| 0 | 573 | 1003 | 1432 |
| 20 | 423 | 853 | 1283 |
| 40 | 258 | 688 | 1117 |
| 60 | 77 | 507 | 937 |
| 80 | 0 ^{*)} | 311 | 741 |
| 100 | 0 ^{*)} | 100 | 530 |

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 CLSH 2510

Annex C.3: Power curve for WUNDER CLSH 2510

Bestimmung der Kollektorleistung:
Determination of power per collector unit:

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

mit / *with*:

Aperturfläche pro Kollektormodul / *aperture area per collector unit*

A = 2.23 m²

Konversionsfaktor / *conversion factor*

$\eta_0 = 0.746$

Wärmedurchgangskoeffizient / *heat transfer coefficient*

$a_1 = 3.701 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

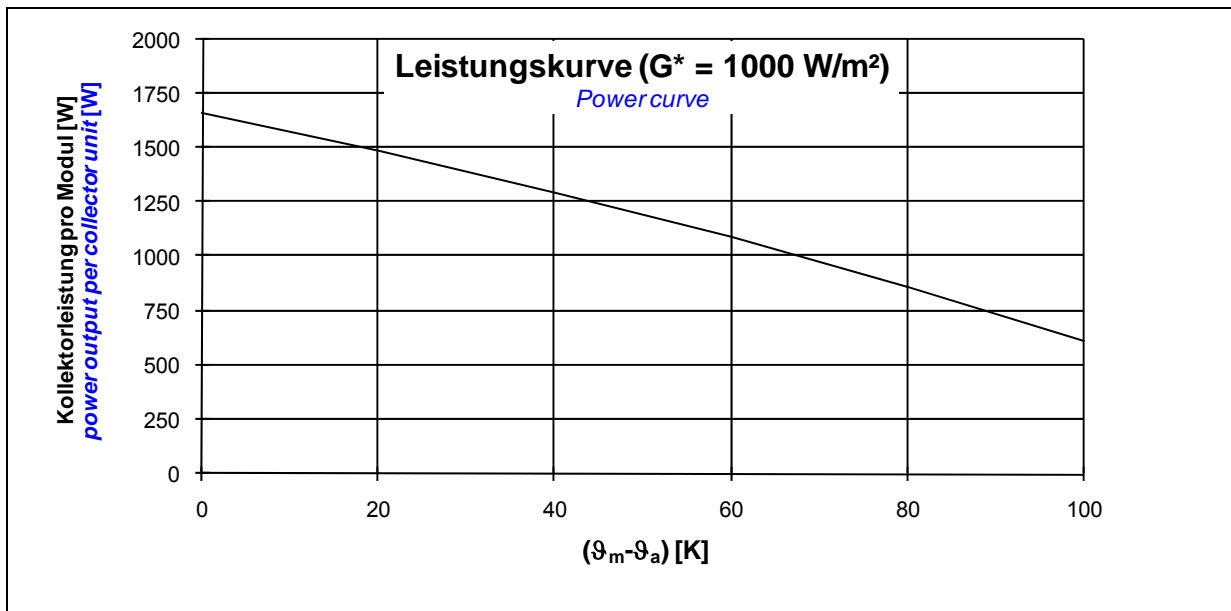
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient /
temperature depending heat transfer coefficient

$a_2 = 0.010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$

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

$W_{\text{peak}} = 1664 \text{ W}$

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



Kollektorleistung pro Modul [W]

Power output per collector unit [W]

| $g_m - g_a$ in [K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i> | | |
|--------------------|--|----------------------|-----------------------|
| | 400 W/m ² | 700 W/m ² | 1000 W/m ² |
| 0 | 665 | 1165 | 1664 |
| 20 | 491 | 991 | 1490 |
| 40 | 300 | 799 | 1298 |
| 60 | 90 | 589 | 1088 |
| 80 | 0 ^{*)} | 362 | 861 |
| 100 | 0 ^{*)} | 116 | 615 |

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'(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) | [-] | 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} | [kg/h] | Massenstrom / <i>mass flow rate</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> |