

FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

Professor Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen

itw

Prüfbericht

Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

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

nach EN 12975-2: 2001

according to EN 12975-2:2001

Prüfbericht-Nr.: 04COL351

Test Report No.: 04COL351

Stuttgart, den 20. Oktober 2004

Stuttgart, October 20th, 2004

Auftraggeber:

client:

STI GmbH

Solar-Technologie-International GmbH

Breitscheidstrasse 76

08451 Crimmitschau

Hersteller:

manufacturer:

STI GmbH

Typ:

brand name:

FKA – 240 - H

Herstelljahr:

year of production:

2004

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben.....	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Innendruckprüfung des Absorbers	8
	<i>Internal Pressure Test for Absorber</i>	
3	Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit.....	8
	<i>High Temperature Resistance</i>	
4	Expositionstest.....	9
	<i>Exposure</i>	
5	Schneller äußerer Temperaturwechsel	9
	<i>External Thermal Shock</i>	
6	Schneller innerer Temperaturwechsel.....	10
	<i>Internal Thermal Shock</i>	
7	Berechnungsprüfung	10
	<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	13
	<i>Summary</i>	
12	Prüfergebnisse Wärmeleistung	15
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
13	Prüfergebnisse Druckverlust	16
	<i>Test Results Pressure Loss</i>	
14	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	17
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
15	Prüfverfahren	17
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage	18
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen ...	20
	<i>Annex B: Explanation upon the Measurements under quasi-dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	23
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

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

Hersteller <i>Manufacturer</i>	STI Solar-Technologie-International GmbH Breitscheidstrasse 76 08451 Crimmitschau
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Stefan Rudert Tel.: +49-(3762) 941660 Fax: +49-(3762) 941666 email: info@sti-solar.de
Typ: <i>type:</i>	FKA – 240 - H <i>FKA – 240 - H</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	040100001 and 040100002 <i>040100001 and 040100002</i>
Serienprodukt oder Prototyp: <i>serial product or prototype:</i>	Prototyp <i>prototype</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2004 <i>2004</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.52 m ² <i>2.52 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	2.23 m ² <i>2.23 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	2.18 m ² <i>2.18 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Länge: <i>length:</i>	2100 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>2100 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1200 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1200 mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	115 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>115 mm (determined by test laboratory)</i>
Material: <i>material:</i>	Aluminium <i>aluminium</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	44 kg <i>44 kg</i>
Dichtungsmaterialien: <i>sealing material:</i>	EPDM <i>EPDM</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Indach, Aufdach, Flachdach, Fassade <i>in roof, on roof, flat roof, façade integrated</i>

Absorber

Absorber

Material:	Kupfer
<i>material:</i>	<i>copper</i>
Dicke:	0.2 mm
<i>thickness:</i>	<i>0.2 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	Sunselect
<i>surface treatment:</i>	<i>sunselect</i>
Absorptionsgrad:	0.95
<i>absorptance:</i>	<i>0.95</i>
Emissionsgrad:	0.04
<i>emittance:</i>	<i>0.04</i>
Wärmeträgerinhalt:	2.2 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>2.2 liters</i>
Durchströmungsform:	mäanderförmig
<i>flow pattern:</i>	<i>serpentine</i>
Abmessungen Absorberrohre:	10 mm
<i>dimension absorber tubes:</i>	<i>10 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	10
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>10</i>
Abstand der Absorberrohre:	96 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>96 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	22 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>22 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	2
<i>no. of connections:</i>	<i>2</i>
Ausführung Anschlüsse:	Kupferrohr 15 mm
<i>realisation of connections:</i>	<i>copper tube 15 mm</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl:	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
Material:	Glas
<i>material:</i>	<i>Glas</i>
Hersteller:	Saint Gobain
<i>manufacturer:</i>	<i>Saint Gobain</i>
Produktbezeichnung:	Eusol – T / 3.2 mm
<i>brand name:</i>	<i>Eusol – T / 3.2 mm</i>
Transmissionsgrad:	91.1 %
<i>transmittance:</i>	<i>91.1 %</i>
Dicke:	3.2 mm
<i>thickness:</i>	<i>3.2 mm</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

Material: <i>material:</i>	Steinwolle <i>rockwool</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	0.04 W/(mK) <i>0.04 W/(mK)</i>
Wärmekapazität: <i>heat capacity:</i>	0.84 kJ/(kgK) <i>0.84 kJ/(kgK)</i>
Dichte: <i>density:</i>	40 kg/m ³ <i>40 kg/m³</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	60 mm <i>60 mm</i>

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	204 °C (von Prüflabor bestimmt) <i>204 °C (determined by test laboratory)</i>
max. zul. Betriebsüberdruck: <i>max. operation pressure:</i>	6 bar <i>6 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>heat transfer medium:</i>	Frostschutzgemisch <i>antifreeze mixture</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	25 - 88 kg/h <i>25 - 88 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	Vorhandene Zeichnungen:
	Absorber STI 220 H - 02/03/04
	Kollektorschnitt – Dateiname: DOKU001.DWG – 16/07/04
	Kollektor FKA-240V stehende Ausführung - Vertikal- und Horizontalschnitt - Dateiname: DOKU003.DWG – 01/06/04
	Kollektor FKA – Vertikal- und Horizontalschnitt - Dateiname: DOKU002.DWG – 01/06/04
	Kollektor FKA Details - Dateiname: DOKU004.DWG – 01/06/04
	Kollektor FKA-240H liegende Ausführung – Dateiname: DOKU005.DWG – 01/06/04
	Hydraulikanschlüsse – Dateiname: DOKU006.DWG – 30/05/04
	Kollektor-FKA-270V – Dateiname: DOKU007.DWG – 01/06/04
	Kollektor-FKA-270H – Dateiname: DOKU008.DWG – 01/06/04

Feststellung des Kollektors

Collector identification:

Zeichnungssatz:
construction characteristics:

Available drawings:

Absorber STI 220 H - 02/03/04
Kollektorschnitt – Dateiname: DOKU001.DWG – 16/07/04
Kollektor FKA-240V stehende Ausführung - Vertikal- und Horizontalschnitt - Dateiname: DOKU003.DWG – 01/06/04
Kollektor FKA – Vertikal- und Horizontalschnitt - Dateiname: DOKU002.DWG – 01/06/04
Kollektor FKA Details - Dateiname: DOKU004.DWG – 01/06/04
Kollektor FKA-240H liegende Ausführung – Dateiname: DOKU005.DWG – 01/06/04
Hydraulikanschlüsse – Dateiname: DOKU006.DWG – 30/05/04
Kollektor-FKA-270V – Dateiname: DOKU007.DWG – 01/06/04
Kollektor-FKA-270H – Dateiname: DOKU008.DWG – 01/06/04

Datenblätter:
technical data sheets:

ITW Datenblatt Kollektor
ITW data sheet collector
Liste der verwendeten Werkstoffe
list of materials used

Kennzeichnung:
collector label:

Das Typenschild enthält alle notwendigen Informationen und ist gut sichtbar und haltbar angebracht.
The collector label contains all necessary information and is fixed visible and durable on the collector frame.

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

Montageanleitung für Blecheinfassung (Hochformat-Kollektoren)
Montageanleitung für Blecheinfassung (Querformat-Kollektoren)
Einbau Montageanleitung – Nr. MA10003 - Datum: 5.2004
Aufbau Montageanleitung – Nr. MA10100 – Datum: 5.2004
In der Installationsanweisung fehlen folgende Angaben:

- Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf
- Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien
- Vorsichtsmaßnahmen, die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind
- maximaler Betriebsdruck
- Druckabfall
- größter und kleinster Neigungswinkel
- Wartungsanforderungen

Installationsanweisung:
installer instruction manual:

Montageanleitung für Blecheinfassung (Hochformat-Kollektoren)

Montageanleitung für Blecheinfassung (Querformat-Kollektoren)

Einbau Montageanleitung – Nr. MA10003 - Date: 5.2004

Aufbau Montageanleitung – Nr. MA10100 – Date: 5.2004

Following data is missing in the installer instruction manual:

- *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*
- *recommendations about the heat transfer media which may be used (also with respect to corrosion)*
- *precautions to be taken during filling, operation and service*
- *maximum operation pressure*
- *pressure drop*
- *maximum and minimum tilt angle*
- *maintenance requirements*

Gültigkeit
Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp FKA-240H und die Typen FKA-240V, FKA-270H und FKA-270V.

The test report is valid for collector type FKA-240H and the following types: FKA-240V, FKA-270H and FKA-270V.

2 Innendruckprüfung des Absorbers

Internal Pressure for Absorber

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.2.

1. Prüfung: 28.07.2004

1. *Test:*

max. Betriebsdruck <i>max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>test duration</i> [min]
6	9	15

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 13.10.2004

2. *Test:*

max. Betriebsdruck <i>max. operating pressure</i> [bar]	Prüfdruck <i>test pressure</i> [bar]	Prüfdauer <i>test duration</i> [min]
6	9	30

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit

High Temperature Resistance

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.3.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.3.

Datum: 30.07.2004

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	1052	24.9

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

4 Expositionstest

Exposure

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.4.

Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.4.

Expositionsdauer: 03.08.2004 – 12.10.2004

Duration of exposure:

Einstrahlungssumme in Kollektorebene <i>Sum of global irradiation</i> [MJ/m ²]	Anzahl Tage mit mehr als 14 MJ/m² <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/m² <i>Number of hours with more than 850 W/m²</i> [h]
1046	35	220	39

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

5 Schneller äußerer Temperaturwechsel

External thermal shock

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.5.

Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.5.

1. Prüfung: 04.08.2004 – 11:05h-11:20h

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]
2.7	< 25.0	842	26.7

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 04.08.2004 – 12:20h-12:35h

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]
2.7	<25.0	877	27.0

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

6 Schneller innerer Temperaturwechsel (Indoor Prüfung)

Internal thermal shock (indoor test)

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.6.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.6.

1. Prüfung: 30.07.2004 – 16:35h-16:40h

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]
1.2	< 25.0	1063	24.5

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

2. Prüfung: 30.07.2004 – 17:45h-17:50h

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]
1.2	< 25.0	1074	24.5

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

7 Berechnungsprüfung

Rain penetration

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.7.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.

Datum: 06.08.2004

Date:

Volumenstrom <i>flow rate</i> [l/(m ² min)]	Fluidtemperatur <i>temperature</i> [°C]	Prüfdauer <i>test duration</i> [h]
> 3.0	< 25.0	4

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1

Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

8 Mechanische Belastung

Mechanical load test

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.

8.1 Überdruckprüfung für die Kollektorabdeckung

Positive pressure test of the collector cover

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.1.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.1.

Datum: 14.10.2004
Date:

Die Kollektorabdeckung wurde mit einem max. Druck von 2300 Pa belastet.
The collector cover was charged with a max. pressure of 2300 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, 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 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.2.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.2.

Datum: 14.10.2004
Date:

Die Kollektorbefestigung wurde mit einem maximalen Zug von 2300 Pa belastet.
The collector mountings were charged with a max. tension of 2300 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

8.3 Unterdruckprüfung der Kollektorbefestigungen

Negative pressure test of collector mountings

Durchführung und Randbedingungen nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Kapitel 5.9.3.
Lead-through and boundary conditions acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, chapter 5.9.3.

Datum: 13.10.2004
Date:

Die Kollektorbefestigung wurde mit einem maximalen Zug von 2300 Pa belastet.
The collector mountings were charged with a max. tension of 2300 Pa.

Ergebnis: kein größerer Fehler nach EN 12975-1:2001, Kapitel 5.3.1
Conclusion: no major failure acc. to EN 12975-2:2001, chapter 5.3.1

9 Stagnationstemperatur

Stagnation temperature

Bestimmung der Stagnationstemperatur nach EN 12975-2:2001 – Teil 2, Anhang C.
Determination of the stagnation temperature acc. to EN 12975-2:2001 – part 2, Annex C.

Datum: 30.07.2004
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]
1052	208	24.9

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 $\vartheta_{stg} = 204^\circ\text{C}$
to

10 Endkontrolle

Final inspection

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN 12975-2:2001 – 5.11.

Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN 12975-2:2001 – 5.11.

Datum: 19.10.2004
Date:

Ergebnis: Die optische Begutachtung der Wärmedämmung, der Absorberbeschichtung, der Schweißverbindung zwischen Absorberrohr und Absorberblech sowie der transparenten Abdeckung des Kollektors ergab keine Auffälligkeiten oder Abnormalitäten.

Conclusion: The optical expertise of insulation, absorber coating, welded joint between absorber tube and absorber plate as well as the optical expertise of the transparent collector cover did not result in any abnormalities.

11 Zusammenfassung

Summary

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN 12975-2:2001 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods".

The test of the collector was performed according to EN 12975-2:2001 „thermal solar systems and components – solar collectors – part 2: test methods“.

Eingang Prüfling: 20.07.2004

Arrival of test sample:

Prüfzeitraum: 28.07. – 19.10.2004

Test duration:

Prüfer: Dipl.-Ing. S. Fischer

Test engineer:

11.1 Prüfungen

Tests

1. Innendruckprüfung des Absorbers <i>Internal pressure for absorber</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
2. Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit <i>High temperature resistance</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
3. Expositionstest <i>Exposure</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
4. Schneller äußerer Temperaturwechsel <i>External shock</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
5. Schneller innerer Temperaturwechsel <i>Internal shock</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
6. Beregnungsprüfung <i>Rain penetration</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
7. Mechanische Belastung <i>Mechanical load test</i>	keine größeren Fehler <i>no major failure</i>
8. Endkontrolle <i>Final inspection</i>	keine größeren 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 204 °C.

The stagnation temperature at an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30°C reaches 204 °C.

11.3 Feststellung des Kollektors

Collector identification

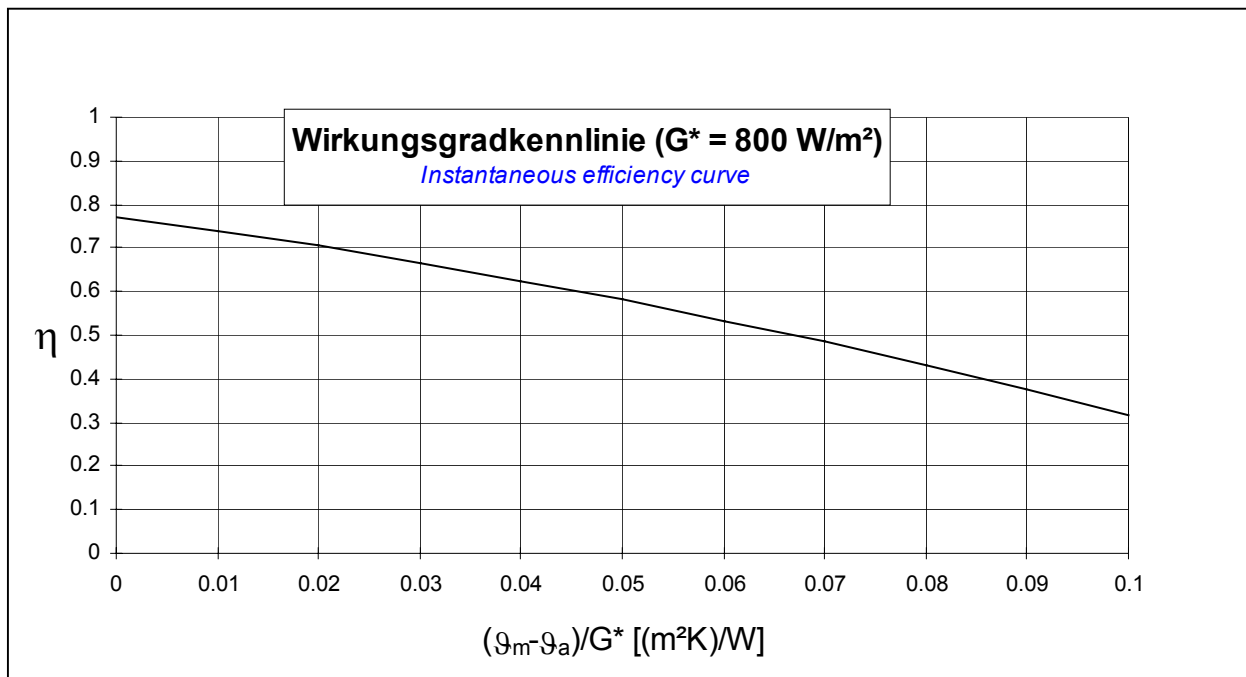
Die dem Prüflaboratorium zur Verfügung gestellten Installationsanweisungen enthalten nicht alle nach EN 12975-1:2001 Kapitel 7.1 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

The installer instruction manuals do not include all, according to EN 12975-1:2001 chapter 7.1 required information (see 1 General Specification).

12 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Bestimmung des Wirkungsgrades:	
<i>Determination of efficiency:</i>	
(Bezug: Aperturfläche)	
<i>(based on aperture area)</i>	
	$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{(g_m - g_a)}{G^*} - a_2 \cdot \frac{(g_m - g_a)^2}{G^*}$
η_0	0.772
a_1 [W/(m ² K)]	3.101
a_2 [W/(m ² K ²)]	0.018
Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-]	0.909
<i>incidence angle modifier</i>	
Wärmekapazität C [J/K]	8630
<i>effective heat capacity</i>	
Volumenstrom [l/(m²h)]	36
<i>volume flowrate</i>	
verwendeter Wärmeträger	Wasser
<i>used heat carrier</i>	



Wirkungsgradtabelle ($G^* = 800 \text{ W/m}^2$)
Instantaneous efficiency curve

$(g_m - g_a)/G^*$ [(m ² K)/W]	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
η	0.772	0.740	0.704	0.666	0.625	0.581	0.534	0.484	0.432	0.376	0.318

13 Prüfergebnisse Druckverlust

Test Results Pressure Loss

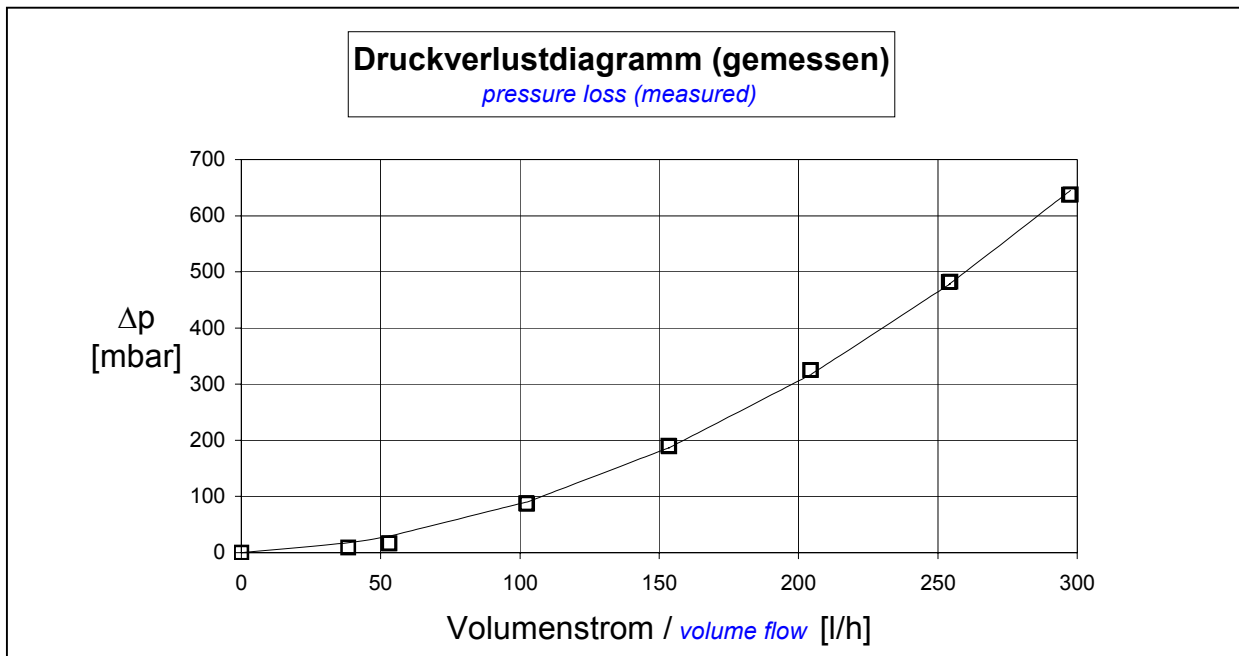
Bestimmung des Druckverlusts:
Determination of the pressure loss

$$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$$

a [(mbar h²)/l²]

b [(mbar h)/l]

(Wassertemperatur / *water temperature* $\vartheta = 20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)



Volumenstrom [l/h] <i>volume flow</i>	0.0	38.3	53.2	52.9	102.2	102.6	153.6
Druckverlust [mbar] <i>pressure loss</i>	0.0	9.4	16.7	16.3	87.4	87.2	189.1

Volumenstrom [l/h] <i>volume flow</i>	153.3	204.3	204.5	254.5	254.0	297.1	297.7
Druckverlust [mbar] <i>pressure loss</i>	190.1	325.3	325.2	482.2	481.6	637.4	638.0

14 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten.
nothing particular.

15 Prüfverfahren

Test Methods

Die Prüfung des Kollektors erfolgte im Außentest nach der EN 12975-2:2001 "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 Prüfungen wurden an zwei baugleichen Kollektoren durchgeführt:

* thermische Leistungsprüfung: Seriennummer 040100002

* Prüfung der Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit: Seriennummer 040100001.

The outdoor test of the collector was carried out under quasi-dynamic conditions according to EN 12975-2:2001 "Thermal solar systems and components – Solar Collectors – Part 2: Test methods." Water was used as heat carrier. The tests were carried out on two collectors (identical in construction):

** thermal efficiency: serial no. 040100002*

** reliability and durability test: serial no. 040100011*

Eingang Prüfling:	20.07.2004
<i>Receipt of test sample:</i>	
Prüfzeitraum:	28.07.2004 - 19.10.2004
<i>Test period</i>	
Prüfer:	Dipl.-Ing. S. Fischer
<i>Test engineer</i>	

Stuttgart, den 20.10.2004

Prof. Dr.-Ing. 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>				
$\eta_0 = 0.772$	$a_1 = 3.101 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				$c = 8.630 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$				
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren (Referenzwerte) <i>Incidence angle modifier (reference values)</i>									
$K_{\theta d} = 0.91$	Θ	0	10	20	30	40	50	60	70
	$K_{\theta b}(\Theta) =$	1.000	0.997	0.985	0.971	0.942	0.894	0.810	0.634

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	467	560	611
4	427	513	558
5	393	468	506
6	362	426	458

¹⁾ Ertrag des Kollektors ohne die Wärmeverluste in den Rohrleitungen und des Warmwasserspeichers
energy gain of 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: Erklärung zu den Ergebnissen der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen

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

Die auf der Seite 15 dokumentierten Kollektorparameter wurden gemäß den Vorgaben der EN 12975-2:2001 aus den Kollektorparametern der Messungen unter quasi-dynamischen Bedingungen abgeleitet.

The collector parameters shown on page 15 are, according to EN 12975-2:2001, 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}:	0.785 [-]
b₀:	0.190 [-]
K_{\theta d}:	0.933 [-]
c₁:	3.101 [W/(m²K)]
c₂:	0.018 [W/(m²K²)]
c₅:	8.630 [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	10	15	20	30	40	50	60	70	90
K_{\theta b}(\theta):	1.000	0.997	0.993	0.988	0.971	0.942	0.894	0.810	0.634	0.000

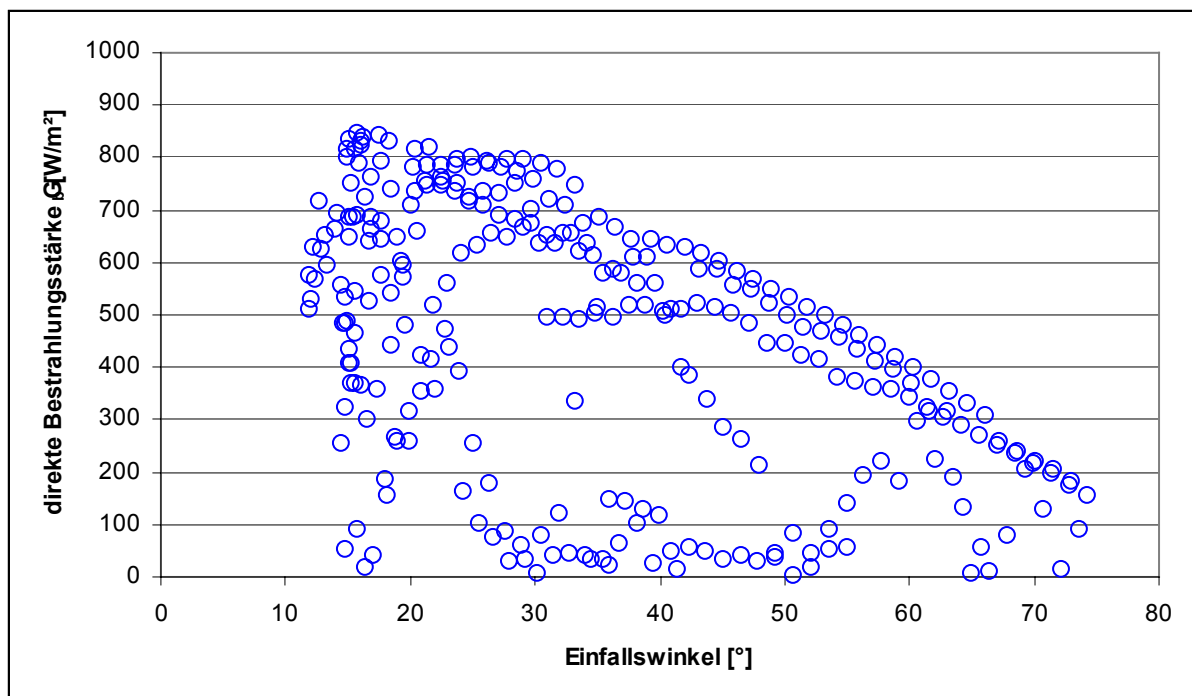
Berechnung der auf der Seite 15 dokumentierten Kollektorparameter

Calculation of the collector parameters shown on page 15

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:	Effektive Kollektorkapazität [J/K]: $C = c_5 \cdot \text{Aperturfläche} \cdot 1000$ <i>effective thermal capacity of the collector [J/K]: $C = c_5 \cdot \text{aperture area} \cdot 1000$</i>

Graphische Darstellung der Messwerte (6 Minuten Mittelwerte)

Graphical presentation of the measured data (6 minutes mean values)



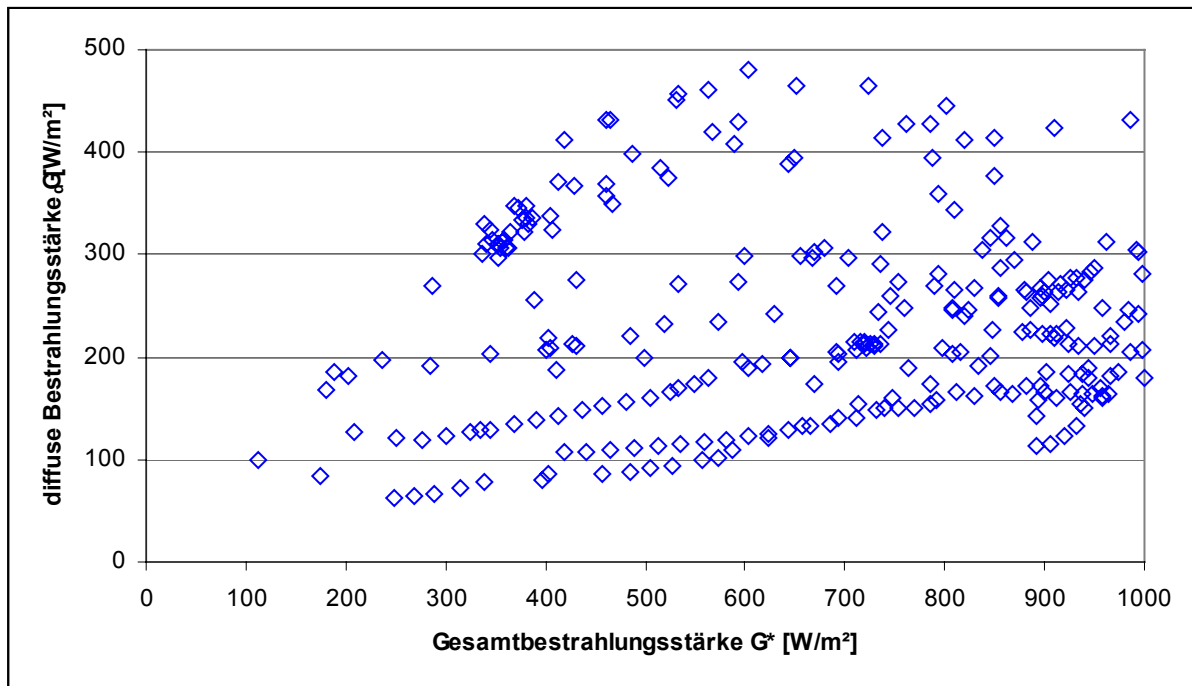


Abbildung B.2: Die diffuse Bestrahlungsstärke über der Gesamtbestrahlungsstärke
Figure B.2: diffuse solar irradiance over the total solar irradiance

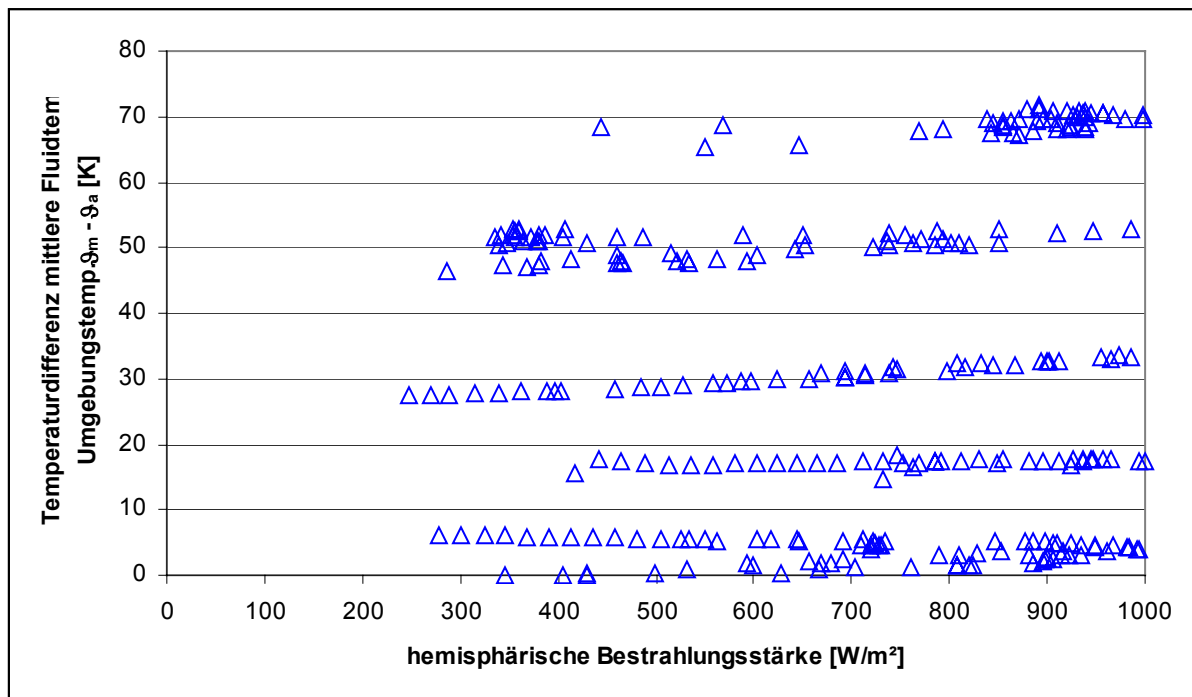


Abbildung B.3: Die Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur über der hemisphärischen Bestrahlungsstärke
Figure B.3: difference between mean fluid temperature and ambient temperature over the hemispherical solar

Anhang C: Nomenklatur

Annex C: Symbols and Units

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	[J/K]	Wärmekapazität / <i>heat capacity</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>
q̇	[W/m ²]	Flächenbezogene Kollektorleistung / <i>area based collector performance</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>