



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

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



Prüfbericht

Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report
Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN 12975-2:2006
according to EN 12975-2:2006

Prüfbericht-Nr.: 07COL613
Test Report No.: 07COL613

Stuttgart, 14. August 2007
Stuttgart, August 14th, 2007

Auftraggeber:
client:

NOVASOL Sistemas Termosolares
Carretera Azucarera Intelhorce 102
Pol. Industrial Guadalhorce
29004 Malaga / Spanien

Hersteller:
manufacturer:

NOVASOL Sistemas Termosolares

Typ:
brand name:

VTI 2100

Herstelljahr:
year of production:

2007

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Allgemeine Angaben	3
	<i>General Specifications</i>	
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung.....	8
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
3	Prüfergebnisse Druckverlust.....	10
	<i>Test Results Pressure Loss</i>	
4	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	11
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
5	Prüfverfahren	11
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Ertragsvorhersage.....	12
	<i>Annex A: Prediction of the Yearly Energy Gain</i>	
	Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte.....	14
	<i>Annex B: Measured Data</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	15
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

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

Hersteller <i>Manufacturer</i>	NOVASOL Sistemas Termosolares Carretera Azucarera Intelhorce 102 Pol. Industrial Guadalhorce 29004 Malaga / Spanien
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Herr Atila Altun Tel.: +34 952 17 22 59 Fax: +34 952 24 16 12 email: altun.atila@yahoo.com
Typ: <i>type:</i>	VTI 2100 <i>VTI 2100</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	07000427 <i>07000427</i>
Serienprodukt oder Prototyp: <i>serial product or prototype:</i>	Serienprodukt <i>serial product</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2007 <i>2007</i>

Bezugsflächen <i>Dimensions of collector unit</i>	von Prüflabor bestimmt <i>determined by test laboratory</i>
Bruttofläche: <i>gross area:</i>	2.07m ² <i>2.07 m²</i>
Aperturfläche: <i>aperture area:</i>	1.88 m ² <i>1.88 m²</i>
Absorberfläche: <i>absorber area:</i>	1.86 m ² <i>1.86 m²</i>

Kollektor/Gehäuse <i>Technical figures</i>	
Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Länge: <i>length:</i>	1987 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1987 mm (determined by test laboratory)</i>
Breite: <i>width:</i>	1044 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>1044mm (determined by test laboratory)</i>
Höhe: <i>height:</i>	91 mm (von Prüflabor bestimmt) <i>91 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 & silicone</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Indach <i>on roof, in roof</i>

Absorber

Absorber

Material:	Kupfer
<i>material:</i>	<i>copper</i>
Dicke:	0.2 mm
<i>thickness:</i>	<i>0.2 mm</i>
Oberflächenbehandlung:	Tinox selektiv
<i>surface treatment:</i>	<i>Tinox selective</i>
Absorptionsgrad:	0.95
<i>absorptance:</i>	<i>0.95</i>
Emissionsgrad:	0.03
<i>emittance:</i>	<i>0.03</i>
Wärmeträgerinhalt:	1.7 Liter
<i>heat transfer fluid content:</i>	<i>1.7 liters</i>
Durchströmungsform:	parallel
<i>flow pattern:</i>	<i>parallel</i>
Innendurchmesser Absorberrohre:	8 mm
<i>inner dimension absorber tubes:</i>	<i>8 mm</i>
Außendurchmesser Absorberrohre:	10 mm
<i>outer dimension absorber tubes:</i>	<i>10 mm</i>
Anzahl Absorberrohre:	9
<i>no. of absorber tubes:</i>	<i>9</i>
Abstand der Absorberrohre:	110 mm
<i>distance between absorber tubes:</i>	<i>110 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr:	22 x 1 mm
<i>dimension of the header:</i>	<i>22 x 1 mm</i>
Anzahl Anschlüsse:	4
<i>no. of connections:</i>	<i>4</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl:	1
<i>number:</i>	<i>1</i>
Material:	Tempered Glas ESG
<i>material:</i>	<i>Tempered Glass ESG</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:	4.0 mm
<i>thickness:</i>	<i>4.0 mm</i>

Wärmedämmung*Thermal insulation:*

Material: <i>material:</i>	Mineralwolle <i>mineral rock wool</i>
Wärmeleitfähigkeit: <i>thermal conductivity:</i>	keine Angabe <i>not specified</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>	keine Angabe <i>not specified</i>

Grenzdaten*Limitations:*

Stillstandstemperatur: <i>stagnation temperature:</i>	230 °C <i>230 °C</i>
max. zul. Betriebsüberdruck: <i>max. operation pressure:</i>	10.0 bar <i>10.0 bar</i>
Zulässiger Wärmeträger: <i>allowed heat transfer fluid:</i>	Wasser (+ bei Bedarf Monoethylenglykol) <i>water (+ if required monoethylene glycol)</i>
Nenndurchfluss pro Kollektor: <i>nominal flow rate per collector:</i>	105 kg/h <i>105 kg/h</i>

Feststellung des Kollektors*Collector identification:*

Zeichnungssatz: <i>construction characteristics:</i>	Der Zeichnungssatz fehlt. Er muss folgende Angaben enthalten: - Angaben über die Maße und die Struktur des Kollektors - die Zeichnungsnummer - das Ausgabedatum - das Datum einer möglichen Überarbeitung.
--	--

A set of drawings is missing. It shall contain the following information:

- description of the collector's dimensions and structure*
- number of the drawing*
- date of issue*
- space for a possible revision date.*

Datenblätter: <i>technical data sheets:</i>	ITW Datenblatt „Kollektor Informationen“ Kollektor VT1 2100
---	--

*ITW data sheet „collector information“
Kollektor VT1 2100*

Kennzeichnung:*collector label:*

Das Typenschild ist gut sichtbar und haltbar angebracht aber enthält nicht alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben. Folgende Angaben sollten zusätzlich enthalten sein:

- Hergestellt in:

The collector label is fixed visible and durable on the collector frame but does not include all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 required information.

The following information should be included additionally:

- *made in:*

Installationsanweisung:*installer instruction manual:*

Die Installationsanweisung fehlt. Sie muss folgende Angaben enthalten:

- verfügbare Dokumentation in jeweiliger Landessprache
- Maße und Gewicht des Kollektors
- Anweisung für Transport und Handhabung des Kollektors
- Beschreibung des Montageverfahrens
- Empfehlungen für den Blitzschutz
- Anweisungen für die Verbindung der Kollektoren untereinander
- Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf
- Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorgruppen bis 20 m²
- Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien
- Vorsichtsmaßnahmen, die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind
- maximaler Betriebsdruck
- Druckabfall
- größter und kleinster Neigungswinkel
- zulässige Wind- und Schneelast
- Wartungsanforderungen

The installer instruction manual is missing. It shall contain the following information:

- *documentation available in national language in which country is sold*
- *dimensions and weight of the collector*
- *instructions about transport and handling of the collector*
- *description of the mounting procedure*
- *recommendations about lightning protection*
- *instructions about the coupling of the collectors to one another*
- *instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit*
- *dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²*
- *recommendations about the heat transfer fluid which may be used*
- *precautions to be taken during filling, operation and service*
- *maximum operation pressure*
- *pressure drop*
- *maximum and minimum tilt angle*
- *maximum wind and snow load*
- *maintenance requirements.*

Gültigkeit

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben
beschriebenen Kollektortyp VTI 2100.

The test report is valid for collector type VTI 2100.

2 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 [-]
conversion factor

0.765

Wärmedurchgangskoeffizient a_1 [W/(m²K)]
heat transfer coefficient

3.823

temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient a_2 [W/(m²K²)]
temperature depending heat transfer coefficient

0.012

Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ [-]
incidence angle modifier

0.904

flächenbezogene Wärmekapazität c [kJ/(m²K)]
area related heat capacity

10.610

Volumenstrom [l/(m²h)]
volume flow rate

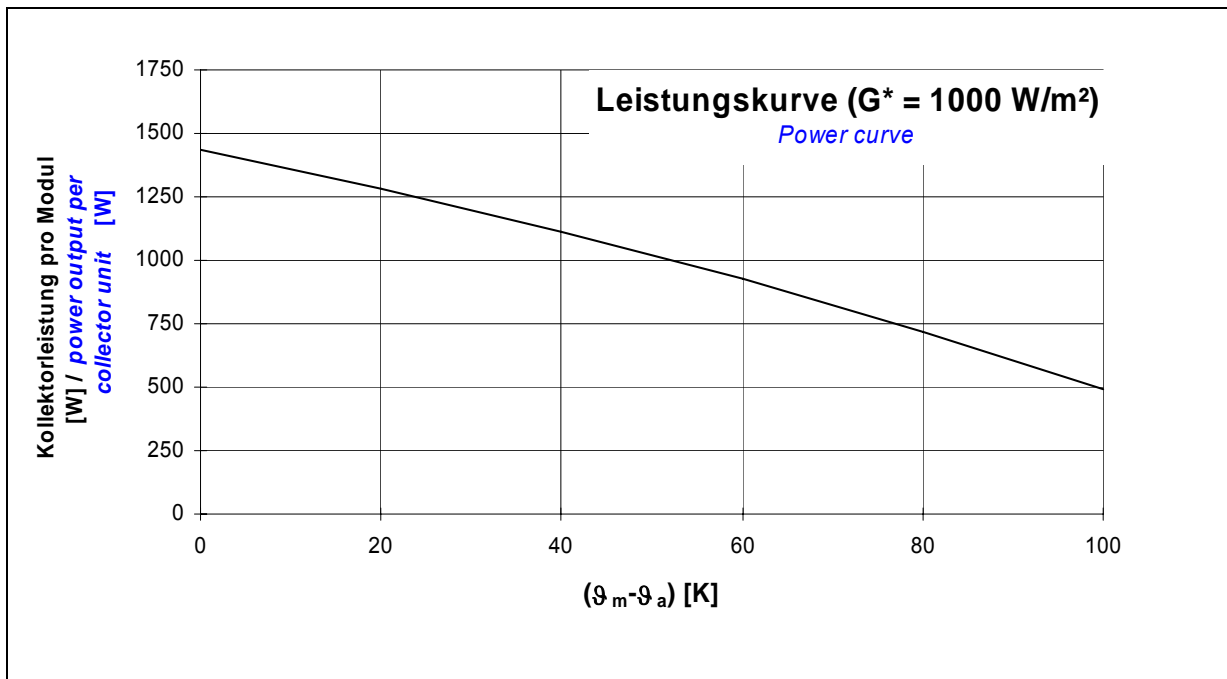
59

Aperturfläche pro Kollektormodul A [m²]
aperture area per collector unit

1.88

Peakleistung [W_{peak}] pro Kollektormodul
($G^* = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$)
peak power [W_{peak}] per collector unit ($G^ = 1000 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$)*

1438



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

$\vartheta_m - \vartheta_a$ in [K]	Bestrahlungsstärke / Irradiance		
	400 W/m²	700 W/m²	1000 W/m²
0	575	1007	1438
20	423	854	1285
40	252	683	1115
60	63	494	926
80	0 ^{*)}	287	719
100	0 ^{*)}	62	494

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.*

3 Prüfergebnisse Druckverlust

Bestimmung des Druckverlusts: <i>Determination of the pressure loss</i>	$\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$
a [(mbar h²)/l²]	<input style="width: 100%;" type="text" value="0.00002774"/>
b [(mbar h)/l]	<input style="width: 100%;" type="text" value="0.0051852"/>

Test Results Pressure Loss

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

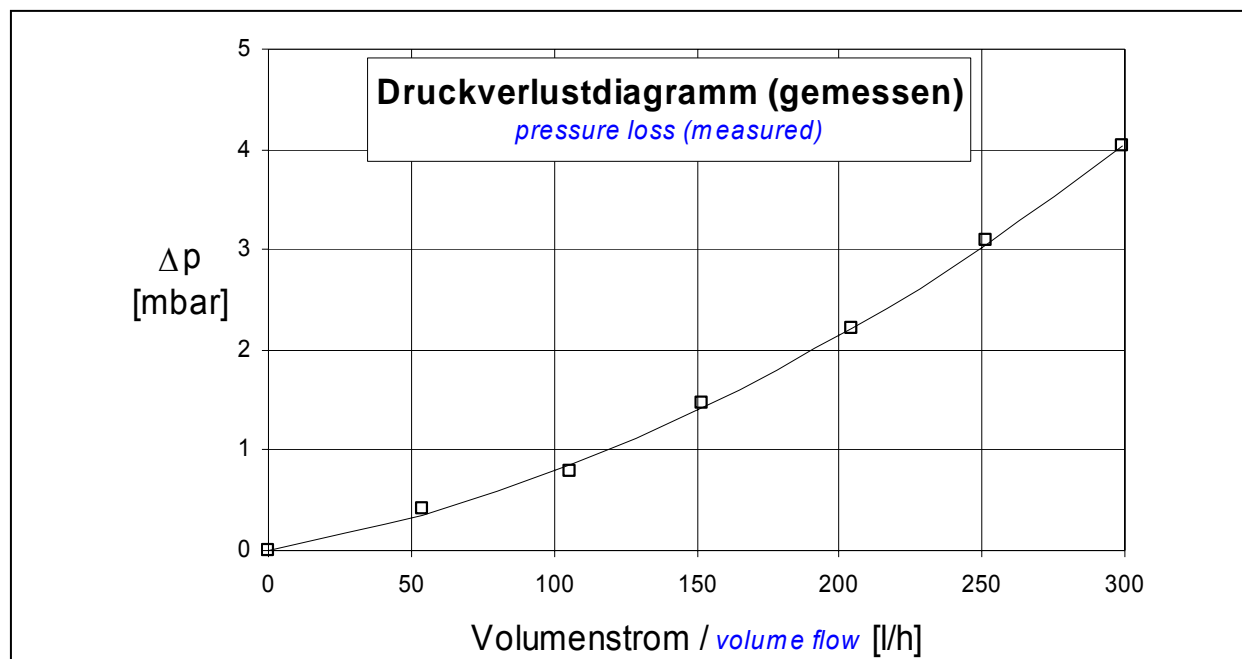


Tabelle der aufgenommenen Messwerte
Table of measuring data

Volumenstrom [l/h] <i>volume flow</i>	0.0	54.0	105.9	151.9	204.0	251.4	299.5
Druckverlust [mbar] <i>pressure loss</i>	0.0	0.4	0.8	1.5	2.2	3.1	4.0

4 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

keine Auffälligkeiten.

nothing particular.

5 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. Der Konversionsfaktor η_0 sowie die Wärmedurchgangskoeffizienten a_1 und a_2 wurden im Innentest unter stationären Bedingungen, der Einfallswinkel-Korrekturfaktor $K_\theta(50^\circ)$ und die flächenbezogene Wärmekapazität c im Außentest unter quasi-dynamischen Bedingungen ermittelt. Als Wärmeträger wurde Wasser verwendet.

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." The conversion factor η_0 as well as the heat transfer coefficients a_1 and a_2 were determined with an indoor test under steady state conditions. The incidence angle modifier and the area related heat capacity were determined with an outdoor test under quasi-dynamic conditions. Water was used as heat transfer fluid.

Eingang Prüfling:

Arrival of test sample:

12.07.2007

Prüfzeitraum:

Test period

13.07.2007 – 02.08.2007

Prüfer:

Test engineer

Dipl.-Ing. S. Fischer / Dipl.-Ing. C. Spengler / M. Wild

Stuttgart, den 14.08.2007



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

Institut für Thermodynamik
und Wärmetechnik
Universität Stuttgart
Prof. Dr.-Ing. H. Müller-Steinhagen
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart (Vaihingen)

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>		
$\eta_0 = 0.765$			$a_1 = 3.823 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ $a_2 = 0.012 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$				$c = 10.610 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$		
Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <i>Incidence angle modifier</i>									
θ	0	10	20	30	40	50	60	70	90
$K_{\text{ob}}(\theta)$	1.000	0.997	0.989	0.973	0.948	0.904	0.828	0.669	0.000

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 Kollektorsertrag ¹⁾ [kWh/(m ² a)] <i>yearly energy gain</i>		
3	442	533	581
4	403	486	529
5	370	444	481
6	341	405	437

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>

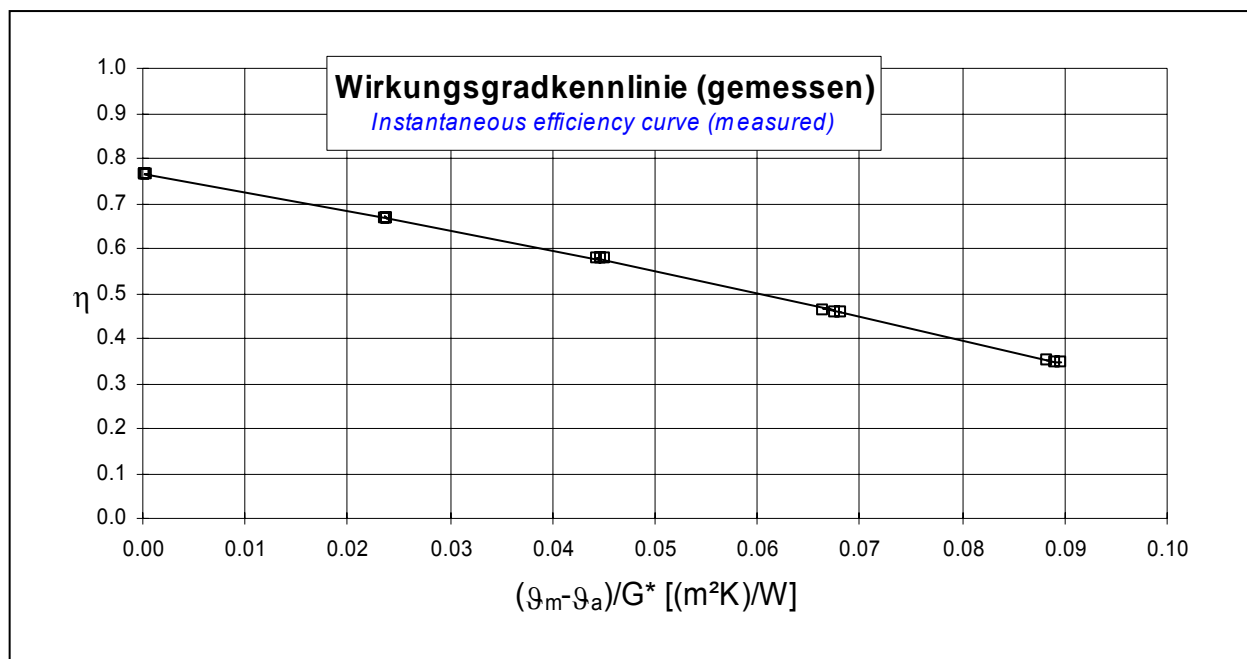
Anhang B: Darstellung der aufgenommenen Messwerte

Annex B: Measured Data

	G^*	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	818.15	109.73	18.37	27.60	9.23	22.98	22.67	0.31	0.0004	0.7634
2	825.82	109.88	18.38	27.68	9.30	23.03	22.84	0.19	0.0002	0.7631
3	827.71	110.04	18.39	27.72	9.34	23.05	22.99	0.06	0.0001	0.7653
4	818.84	111.46	39.36	47.32	7.96	43.34	23.88	19.47	0.0238	0.6683
5	828.25	111.45	39.39	47.44	8.05	43.42	23.88	19.54	0.0236	0.6684
6	820.81	111.33	39.43	47.41	7.97	43.42	23.88	19.54	0.0238	0.6672
7	827.52	114.15	57.71	64.45	6.75	61.08	24.06	37.02	0.0447	0.5757
8	832.75	114.07	57.74	64.56	6.82	61.15	24.25	36.90	0.0443	0.5774
9	817.87	113.97	57.76	64.45	6.69	61.10	24.25	36.86	0.0451	0.5768
10	817.00	113.28	76.52	81.85	5.34	79.18	24.00	55.18	0.0675	0.4595
11	827.29	113.32	76.53	81.96	5.43	79.25	24.21	55.04	0.0665	0.4622
12	811.76	113.13	76.54	81.84	5.31	79.19	23.94	55.25	0.0681	0.4591
13	819.87	113.78	94.81	98.86	4.04	96.84	24.42	72.42	0.0883	0.3507
14	813.18	113.84	94.81	98.79	3.98	96.80	24.33	72.47	0.0891	0.3484
15	809.28	113.87	94.81	98.74	3.93	96.77	24.23	72.54	0.0896	0.3458

Tabelle B.1: Messwerte

Table B.1: Measured values



Datum / *date*: 14.08.2007

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)	[-]	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]	Kollektorleistung / <i>power per collector unit</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>thermal 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>