



FORSCHUNGS- UND TESTZENTRUM FÜR
SOLARANLAGEN

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik
Universität Stuttgart

in Kooperation mit



Prüfbericht

Wärmeleistung eines Sonnenkollektors

Test Report

Thermal Performance of a Solar Collector

nach EN ISO 9806:2013

according to EN ISO 9806:2013

Prüfbericht-Nr.: 17COL1379OEM01

Test Report No.: 17COL1379OEM01

Stuttgart, den 17.01.2018

Stuttgart, January 17th, 2018

Auftraggeber:

client:

**COSMO GmbH
Brandstücken 31
22549 Hamburg**

Hersteller:

manufacturer:

COSMO GmbH

Typ:

type:

CFK252RS

Herstelljahr:

year of production:

2017

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

1	Beschreibung des Sonnenkollektors	3
	<i>Solar Collector Description</i>	
2	Prüfergebnisse Wärmeleistung	6
	<i>Test Results Thermal Performance</i>	
3	Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors	8
	<i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>	
4	Prüfverfahren	8
	<i>Test Methods</i>	
	Anhang A: Messwerte der Innenprüfung unter stationären Bedingungen	9
	<i>Annex A: Measured Data of Indoor Test under Steady State Conditions</i>	
	Anhang B: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen	10
	<i>Annex B: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions</i>	
	Anhang C: Nomenklatur	12
	<i>Annex C: Symbols and Units</i>	

1 Beschreibung des Sonnenkollektors (gemäß Herstellerangaben)

Solar Collector Description (acc. to manufacturer)

Hersteller <i>manufacturer</i>	COSMO GmbH Brandstücken 31 22549 Hamburg
Ansprechpartner: <i>contact person:</i>	Gerrit Lahmeyer Tel.: +49 421 89 98-305 Fax: - gerrit.lahmeyer@cosmo-info.de
Typ: <i>type:</i>	CFK252RS <i>CFK252RS</i>
Herstellernummer: <i>serial no.:</i>	keine Angabe <i>not specified</i>
Serienprodukt oder Baumuster: <i>duplicate part or model:</i>	Serienprodukt <i>duplicate part</i>
Herstelljahr: <i>year of production:</i>	2017 <i>2017</i>

Kollektor

Collector

Bauart: <i>collector type:</i>	Flachkollektor <i>flat plate collector</i>
Brutto-Kollektorfläche: <i>gross area of collector:</i>	2.53 m ² <i>2.53 m²</i>
Länge: <i>length:</i>	2153 mm <i>2153 mm</i>
Breite: <i>width:</i>	1173 mm <i>1173 mm</i>
Höhe: <i>height:</i>	73 mm <i>73 mm</i>
Gewicht: <i>weight:</i>	36.5 kg <i>36.5 kg</i>
Wärmeträgerinhalt: <i>heat transfer fluid content:</i>	2.0 Liter <i>2.0 litres</i>
Material Seitenwand/Rahmen: <i>material side wall/frame:</i>	EN AW 6060 <i>EN AW 6060</i>
Material Rückwand: <i>material back sheet:</i>	EN AW-1050A <i>EN AW-1050A</i>
Verbindungsart der Rahmenteile: <i>frame fastening method:</i>	verklebt <i>glued</i>
Einbauweise: <i>collector mounting:</i>	Aufdach, Flachdach, Fassade <i>On roof, flat roof, façade</i>
Anzahl Anschlüsse: <i>number of connections:</i>	4 <i>4</i>
Ausführung Anschlüsse: <i>realisation of connections:</i>	Schnellverbinder <i>quick connector</i>

Absorber

Absorber

Material: <i>material:</i>	Aluminiumblech und Kupferrohre <i>aluminium sheet and copper piping</i>
Verbindung Fluidkanäle/Absorber: <i>bond between risers and fin/plate:</i>	lasergeschweißt <i>laser welded</i>
Dicke: <i>thickness:</i>	0.4 mm <i>0.4 mm</i>
Oberflächenbehandlung: <i>surface treatment:</i>	hoch selektiv <i>high selectiv</i>
Absorptionsgrad: <i>solar absorptance:</i>	≥ 0.93 <i>≥ 0.93</i>
Emissionsgrad: <i>emittance:</i>	≤ 0.07 <i>≤ 0.07</i>
Durchströmungsform: <i>flow pattern:</i>	Mäander <i>meander</i>
Abmessungen Absorber [L x B]: <i>dimension absorber [L x W]:</i>	2094 mm x 1105 mm <i>2094 mm x 1105 mm</i>
Abmessungen Absorberrohre: <i>dimension absorber tubes:</i>	10 x 0.4 mm <i>10 x 0.4 mm</i>
Anzahl Absorberrohre: <i>number of absorber tubes:</i>	1 <i>1</i>
Abstand der Absorberrohre: <i>distance centre to centre between absorber tubes:</i>	96 mm <i>96 mm</i>
Abmessungen Sammlerrohr: <i>dimension of the header:</i>	18 x 0.7 mm <i>18 x 0.7 mm</i>

Transparente Abdeckung

Transparent cover:

Anzahl: <i>number:</i>	1 <i>1</i>
Länge x Breite x Dicke: <i>length x width x thickness:</i>	2137 mm x 1157 mm x 3.2 mm <i>2137 mm x 1157 mm x 3.2 mm</i>
Transmissionsgrad: <i>transmittance:</i>	> 0.895 <i>> 0.895</i>
Abmessungen Apertur [L x B]: <i>aperture dimension [L x W]:</i>	2089 mm x 1109 mm <i>2089 mm x 1109 mm</i>
Oberflächenstruktur innen/außen: <i>surface characteristics inside/outside:</i>	klar / klar <i>clear / clear</i>

Wärmedämmung

Thermal insulation:

Rückseite
back side

Material: Mineralwolle
material: *mineral wool*

Hersteller: keine Angabe
manufacturer: *not specified*

Produktbezeichnung: Ultimate U KPN
product name: 25 SOL Easy Roll
Ultimate U KPN
25 SOL Easy Roll

Wärmeleitfähigkeit: 0.033 W/(mK)
thermal conductivity: *0.033 W/(mK)*

Dichte: 25 kg/m³
density: *25 kg/m³*

Dicke: 30 mm
thickness: *30 mm*

Grenzdaten

Limitations:

Stillstandstemperatur: 200 °C (von Prüflabor bestimmt)
stagnation temperature: *200 °C (determined by test laboratory)*

maximale Betriebstemperatur: 200 °C
maximum operation temperature: *200 °C*

max. zulässiger Betriebsdruck: 10 bar
maximum operation pressure: *10 bar*

Zulässiger Wärmeträger: Wasser / Propylenglykol
allowed heat transfer fluid: *water / propylene glycol*

Nenndurchfluss pro Kollektor: 63 - 76 kg/h
nominal flow rate per collector: *63 - 76 kg/h*

Gültigkeit

Validity:

Der Prüfbericht ist gültig für den oben
beschriebenen Kollektortyp CFK252RS.

The test report is valid for collector type
CFK252RS as specified above.

2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

Test Results Thermal Performance

Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

Specific useful energy extracted from the collector:

$$\frac{\dot{Q}}{A_G} = \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - c_6 u G - c_1 (\vartheta_m - \vartheta_a) - c_2 (\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - c_3 u (\vartheta_m - \vartheta_a) + c_4 (E_L - \sigma T_a^4) - c_5 \frac{d\vartheta_m}{dt}$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

	Einheit <i>unit</i>	Wert <i>value</i>	σ^*
Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke <i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>	$\eta_{0,b}$ [-]	0.761	0.011
Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung <i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>	K_d [-]	0.987	0.018
Wärmedurchgangskoeffizient <i>heat loss coefficient</i>	c_1 [W/(m²K)]	3.701	0.082
temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependent heat loss coefficient</i>	c_2 [W/(m²K²)]	0.010	0.001
windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>	c_3 [J/(m³K)]	0	-
Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste <i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i>	c_4 [-]	0	-
effektive spezifische Wärmekapazität <i>effective specific thermal capacity</i>	c_5 [J/(m²K)]	12470	587
Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors <i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>	c_6 [s/(m)]	0	-

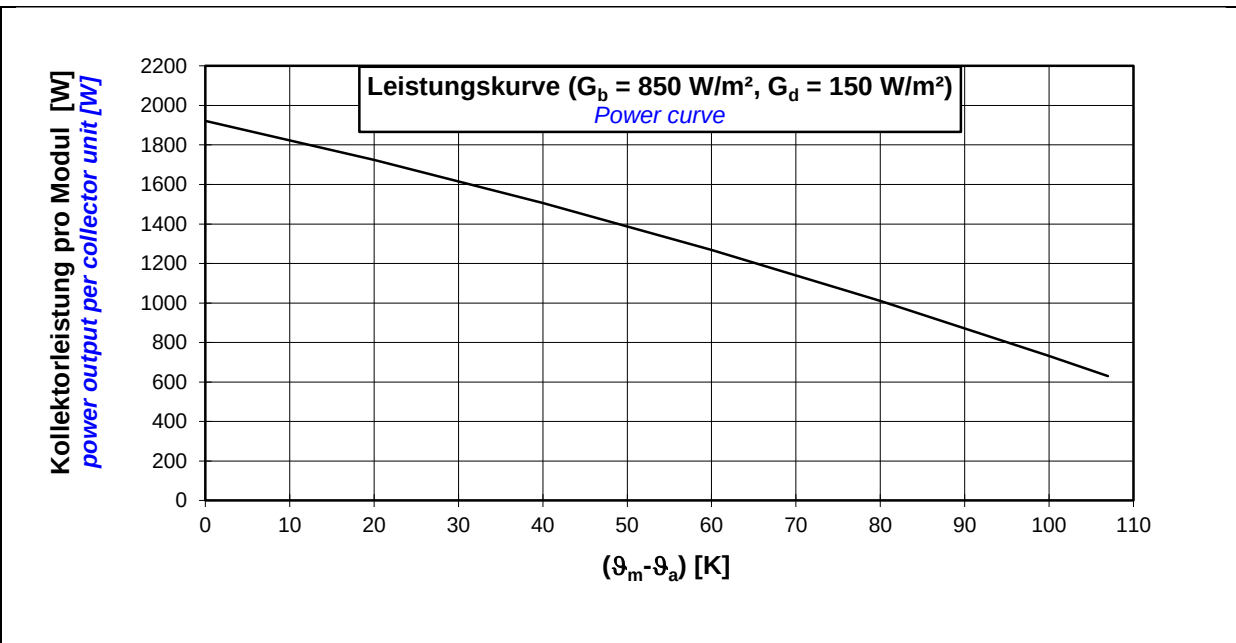
* σ : Standardabweichung / *standard deviation*

Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke

Incidence angle modifier of the beam solar irradiance

Einfallswinkel θ <i>incident angle θ</i>	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$K_b(\theta_L, 0)$:	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.92	0.78	0.39	0.00
$K_b(0, \theta_T)$:	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.97	0.92	0.78	0.39	0.00

Maximale Temperaturdifferenz während der Prüfung ($\vartheta_m - \vartheta_a$)_{max}:	77 K
<i>maximum temperature difference during test ($\vartheta_m - \vartheta_a$)_{max}:</i>	<i>77 K</i>
Peakleistung pro Kollektormodul $\dot{Q}_{peak}$ ($G_b = 850 \text{ W/m}^2$, $G_d = 150 \text{ W/m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$):	1922 W
<i>peak power per collector unit $\dot{Q}_{peak}$ ($G_b = 850 \text{ W/m}^2$, $G_d = 150 \text{ W/m}^2$, $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$):</i>	<i>1922 W</i>

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

$\vartheta_m - \vartheta_a$ [K]	Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>		
	$G_b = 200 \text{ W/m}^2$ $G_d = 200 \text{ W/m}^2$	$G_b = 440 \text{ W/m}^2$ $G_d = 260 \text{ W/m}^2$	$G_b = 850 \text{ W/m}^2$ $G_d = 150 \text{ W/m}^2$
0	765	1341	1922
20	568	1144	1724
40	350	926	1507
60	112	688	1269
80	0 *)	430	1011
100	0 *)	152	732
107	0 *)	50	630

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 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

Test Occurrences and Operating Behaviour

Keine Auffälligkeiten

Nothing particular

4 Prüfverfahren

Test Methods

Die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten erfolgte im Innentest nach EN ISO 9806:2013 "Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter stationären Bedingungen mit einer Kollektorneigung von 45 °.

Die Bestimmung des Konversionsfaktors, des Einfallswinkel-Korrekturfaktors (IAM) und die Bestimmung der effektiven spezifischen Wärmekapazität erfolgte im Außentest nach EN ISO 9806:2013 "Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren" unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen mit einer Kollektorneigung von 38.5 °.

Als Wärmeträger wurde Wasser mit einem spezifischen Massenstrom von 72 kg/(m²h) verwendet.

The determination of the heat loss coefficients was carried out indoors according to EN ISO 9806:2013 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“ under steady state conditions and a collector tilt angle of 45 °. The determination of the conversion factor, the incident angle modifier and effective specific thermal capacity was carried out outdoors according to EN ISO 9806:2013 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“ under quasi-dynamic conditions and a collector tilt angle of 38.5°. Water was used as heat transfer fluid with a specific mass flow rate of 72 kg/(m²h).

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des ITW nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

*It is not allowed to copy **extracts** of this test report without a written agreement from ITW.*

Eingang Prüfling:

07.07.2017

Arrival of test sample:

Interne Kennzeichnung des Prüflings:

C1379A

Internal identification of test sample:

C1379A

Prüfzeitraum:

18.07.2017 – 26.10.2017

Test period:

Prüfer:

B.Sc. M. Neufeld, F. Sansonnens

Test engineer:

Stuttgart, den 17.01.2018

Dr.-Ing. Harald Drück
Leiter TZS
Head of TZS

Anhang A: Messwerte der Innenprüfung unter stationären Bedingungen

Annex A: Measured Data of Indoor Test under Steady State Conditions

	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	794.50	181.90	20.65	27.61	6.95	24.13	23.78	0.35	0.0004	0.7309
2	794.49	181.51	20.67	27.63	6.96	24.15	23.74	0.41	0.0005	0.7303
3	798.26	186.28	36.68	42.76	6.07	39.72	23.24	16.48	0.0206	0.6501
4	798.37	187.30	36.72	42.76	6.04	39.74	23.23	16.51	0.0207	0.6499
5	794.62	193.37	59.65	64.45	4.80	62.05	23.72	38.33	0.0482	0.5368
6	794.66	194.90	59.65	64.42	4.77	62.03	23.71	38.33	0.0482	0.5375
7	798.44	192.72	75.19	79.16	3.97	77.17	23.24	53.93	0.0675	0.4409
8	798.57	193.05	75.22	79.21	3.98	77.22	23.19	54.02	0.0677	0.4431
9	794.66	186.93	94.09	97.14	3.05	95.62	23.82	71.80	0.0903	0.3319
10	794.73	186.30	94.26	97.30	3.04	95.78	23.81	71.97	0.0906	0.3296

Tabelle A.1: Messwerte

Table A.1: Measured values

Anhang B: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen

Annex B: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions



Abbildung B.1: Direkte Bestrahlungsstärke für unterschiedliche Einfallswinkel

Figure B.1: Direct solar irradiance for different incident angles

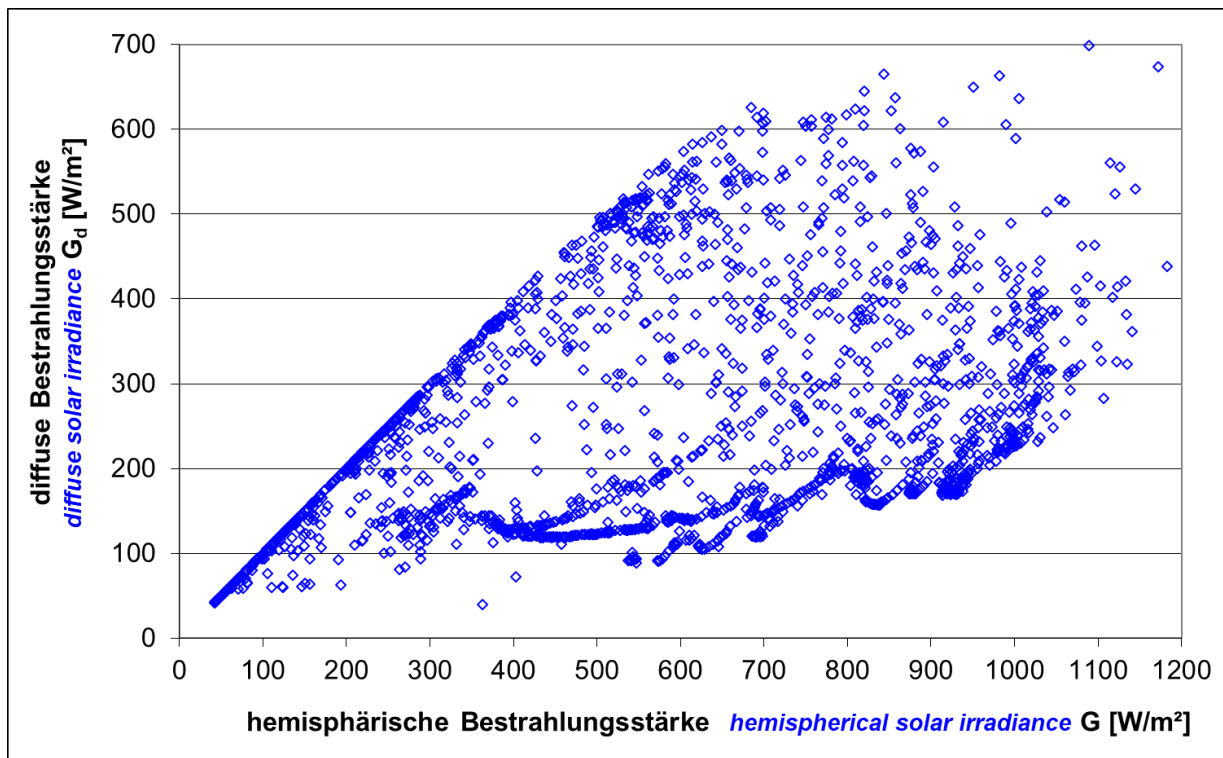


Abbildung B.2: Zusammenhang zwischen diffuser Bestrahlungsstärke und hemisphärischer Bestrahlungsstärke

Figure B.2: Relation between diffuse solar irradiance and hemispherical solar irradiance

Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) • Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS)
Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart

Tel. +49(0)711/685-63536 • Fax +49(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

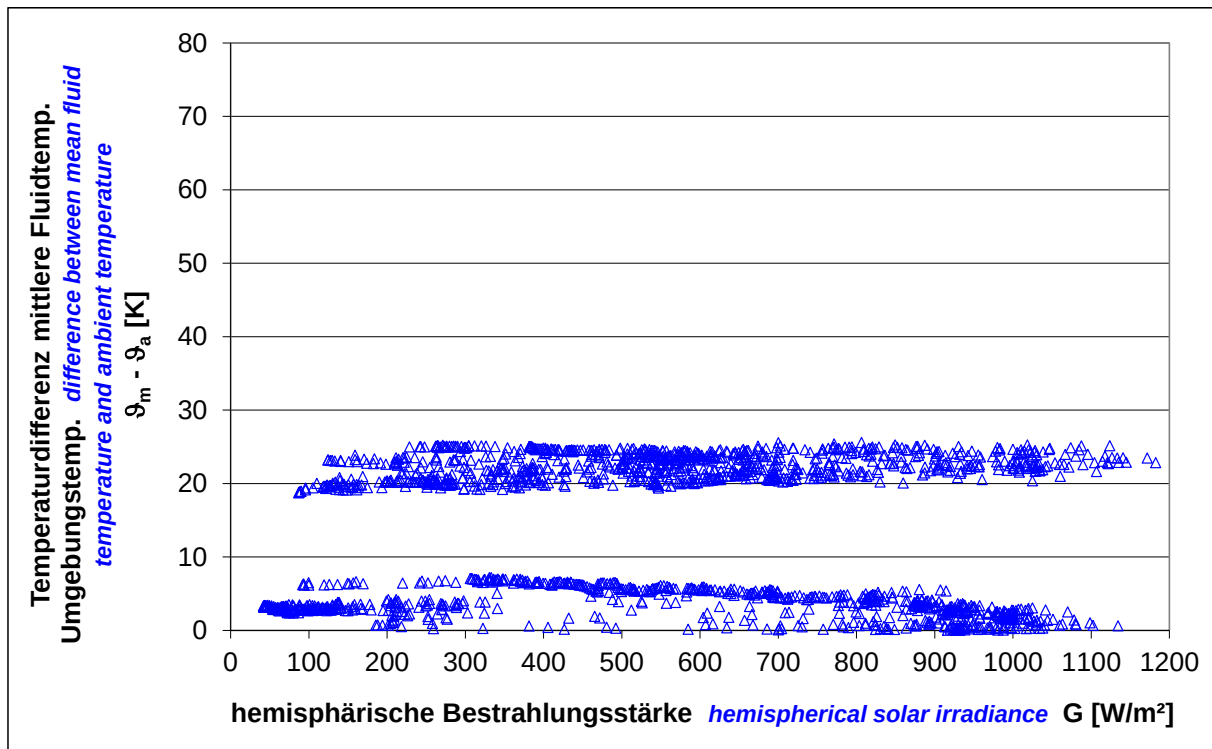


Abbildung B.3: Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur für unterschiedliche hemisphärische Bestrahlungsstärken

Figure B.3: Difference between mean fluid temperature and ambient temperature for different hemispherical solar irradiance values

Anhang C: Nomenklatur*Annex C: Symbols and Units*

A_G	[m ²]	Brutto-Kollektorfläche / <i>gross area of collector</i>
a	[(mbar h ²)/l ²]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
b	[(mbar h)/l]	Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts <i>coefficient for calculation of pressure loss</i>
c₁	[W/(m ² K)]	Wärmedurchgangskoeffizient bei (ϑ _m - ϑ _a) = 0 <i>heat loss coefficient at (ϑ_m - ϑ_a) = 0</i>
c₂	[W/(m ² K ²)]	temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>temperature dependent heat loss coefficient</i>
c₃	[J/(m ³ K)]	windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient <i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>
c₄	-	Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste <i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i>
c₅	[kJ/(m ² K)]	effektive spezifische Wärmekapazität des Kollektors <i>effective specific heat capacity of the collector</i>
c₆	s/m	Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors <i>coefficient for calculation of wind dependence in zero loss efficiency</i>
E_L	[W/m ²]	langwellige Strahlung (λ > 3 μm) / <i>long wave irradiance (λ > 3 μm)</i>
η_{0,b}	[-]	Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke G _b <i>peak collector efficiency based on beam irradiance G_b</i>
η_{0,hem}	[-]	Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke G <i>conversion factor based on hemispherical irradiance G</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_b(θ_L,θ_T)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of beam solar irradiance</i>
K_b(θ_L,0)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (longitudinal) <i>incident angle modifier of beam solar irradiance (longitudinal)</i>
K_b(0,θ_T)	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (transversal) <i>incident angle modifier of beam solar irradiance (transversal)</i>
K_d	[-]	Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke <i>incident angle modifier of diffuse solar irradiance</i>
ṁ	[kg/h]	Massenstrom / <i>mass flow rate</i>
Q̇	[W]	Kollektorleistung pro Modul / <i>power per collector unit</i>
Δp	[mbar]	Druckverlust / <i>pressure loss</i>
t	[s]	Zeit / <i>time</i>
T_a	[K]	Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>
u	[m/s]	Windgeschwindigkeit / <i>surrounding air speed</i>
V̇	[l/h]	Volumenstrom / <i>volume flow</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 beam solar irradiance</i>
σ	W/(m ² K ⁴)	Stefan-Boltzmann-Konstante σ = 5.67 x 10 ⁻⁸ W/(m ² K ⁴) <i>Stefan-Boltzmann-constant σ = 5.67 x 10⁻⁸ W/(m²K⁴)</i>