

KTB Nr.: 2012-16

**Testbericht zur Messung in Anlehnung an
EN 12975-1,2:2006**

***Report of measurement on the basis of
EN 12975-1,2:2006***

für/for:

SolarVenti A/S
Fabriksvej 8
8881 Thorsoe
Dänemark

Kollektorbezeichnung/brand name:

SV14NS

Ausstellungsdatum/date of issue:

16th May 2013

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany
T +49 (0)761-4588-5354
F +49 (0)761-4588-9000
testlab-sts@ise.fraunhofer.de
www.kollektortest.de

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005
Accredited according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005



Contents

1	Überblick der Ergebnisse - <i>Result overview</i>	4
1.1	Vorbemerkung - <i>Preliminary remark</i>	4
1.2	Gesamtergebnis - <i>Overall result</i>	4
1.3	Ablauf der Messungen - <i>Schedule of the measurements</i>	5
2	Beschreibung des Kollektors - <i>Description of the collector</i>	6
3	Abbildung des Kollektors - <i>Picture of the collector</i>	8
4	Dokumentation des Kollektors - <i>Documentation of the collector</i>	9
4.1	Typenschild - <i>Type plate</i>	9
4.2	Installationsanleitung - <i>Installation guidelines</i>	10
4.3	Konstruktionszeichnungen - <i>Constructional drawings</i>	11
5	Wareneingangskontrolle - <i>Incoming Inspection</i>	12
6	Hochtemperaturbeständigkeit - <i>High temperature resistance test</i>	12
7	Expositionsprüfung - <i>Exposure test</i>	13
8	Äußere Temperaturwechselprüfung - <i>External thermal shock test</i>	18
9	Innere Temperaturwechselprüfung - <i>Internal thermal shock tests</i>	19
10	Maximale Stagnationstemperatur - <i>max. stagnation temperature</i>	20
11	Maximale Anfahrtstemperatur - <i>max. start temperature</i>	21
12	Prüfung auf eindringendes Regenwasser - <i>Rain penetration test</i>	22
13	Prüfung der Frostbeständigkeit - <i>Freeze resistance test</i>	22
14	Mechanische Belastungsprüfung - <i>Mechanical load test</i>	23
15	Druckverlustmessung - <i>Pressure drop</i>	24
15.1	Zeitkonstante - <i>Time constant</i>	25
16	Leistungsermittlung - <i>Performance measurement</i>	26
16.1	Berechnungsverfahren - <i>Calculation method</i>	26
16.2	Randbedingungen - <i>boundary conditions</i>	27

16.3 Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - <i>Schematic of the testing loop</i>	27
16.4 Ergebnis der Leistungsermittlung - <i>Performance measurement results</i>	28
16.5 Wirkungsgrad - <i>Efficiency</i>	28
16.6 Wirkungsgrad über Massenstrom - <i>Efficiency vs. mass flow rate</i>	30
16.7 Winkelkorrekturfaktor - <i>Incidence angle modifier (IAM)</i>	31
16.8 Effektive Wärmekapazität - <i>Effective thermal capacity</i>	31
17 Endkontrolle - <i>Final inspection</i>	32
18 Anmerkung zum Prüfbericht - <i>Annotation to the test report</i>	33

1 Überblick der Ergebnisse - *Result overview*

1.1 Vorbemerkung - *Preliminary remark*

Die Messungen wurden in Anlehnung an EN 12975-1,2:2006 durchgeführt.
The measurements have been performed on the basis of EN 12975-1,2:2006.

1.2 Gesamtergebnis - *Overall result*

Während der Messungen trat kein Fehler nach EN12975-1,2:2006 auf.
No failure according to EN12975-1,2:2006 occurred while performing the measurements.

1.3 Ablauf der Messungen - *Schedule of the measurements*

Position Item	Datum	Satus Status
Anlieferung <i>Delivery</i>	16.02.2010	in Ordnung <i>okay</i>
Expositionsprüfung <i>Exposure test</i>	16.04.2010 - 22.10.2010	in Ordnung <i>okay</i>
1. Äußere Temperaturwechselprüfung <i>1st external thermal shock test</i>	08.07.2010	in Ordnung <i>okay</i>
2. Äußere Temperaturwechselprüfung <i>2nd external thermal shock test</i>	10.08.2010	in Ordnung <i>okay</i>
1. Innere Temperaturwechselprüfung <i>1st internal thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich <i>not relevant</i>
2. Innere Temperaturwechselprüfung <i>1st internal thermal shock test</i>	-	nicht erforderlich <i>not relevant</i>
Stagnationstemperatur <i>Stagnation temperature</i>	24.04.2010	115 °C <i>115 °C</i>
Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung <i>High temperature resistance test</i>	24.04.2010	in Ordnung <i>okay</i>
Maximale Anfahrttemperatur <i>Maximum start temperature</i>	20.09.2010	72 °C
Prüfung auf eindringendes Regenwasser <i>Rain penetration test</i>	21.09.2010 ($\beta = 60^\circ$) 22.10.2010 ($\beta = 90^\circ$)	in Ordnung <i>okay</i>
Prüfung der Frostbeständigkeit <i>Freeze resistance test</i>	-	nicht erforderlich <i>not relevant</i>
Mechanische Belastungsprüfung <i>Mechanical load test</i>	22.10.2010	+ 1250 Pa - 1000 Pa
Endkontrolle <i>Final inspection</i>	24.05.2011	in Ordnung <i>okay</i>
Dokumentation des Kollektors <i>Documentation of the collector</i>	geprüft <i>checked</i>	vollständig <i>complete</i>
Druckverlust-Messung <i>Pressure drop measurement</i>	18.03.2011	abgeschlossen <i>done</i>
Sprungantwort <i>step response</i>	16.03.2010	abgeschlossen <i>done</i>
Leistungsparameter <i>Performance parameters</i>	11.03.2010	abgeschlossen <i>done</i>
Winkelkorrekturfaktor <i>Incidence angle modifier</i>	berechnet <i>determined</i>	abgeschlossen <i>done</i>
Effektive thermische Kapazität <i>Effective thermal capacity</i>	berechnet <i>determined</i>	abgeschlossen <i>done</i>

2 Beschreibung des Kollektors - *Description of the collector*

Allgemeines - *Preface*

Kollektortyp: <i>Collector technology:</i>	Flachkollektor <i>Flat plate collector</i>
Ident.-Nr.-Funktionsprüfungen: <i>Ident-no.-function tests:</i>	222-KT-104-02-022010 222-KT-104-03-022010
Ident.-Nr.-Leistungsprüfung: <i>Ident-no.-efficiency tests:</i>	222-KT-104-01-022010

Absorber - *Absorber*

Absorberfläche [L x B] <i>Absorber area [l x w]</i>	1,926 m x 0,656 m = 1,263 m ² *
Stärke des Absorbers: <i>Thickness of the absorber</i>	2 mm *
Werkstoff des Absorbers: <i>Material of the absorber:</i>	Schwarzes Polyester Filz (Polyethylene Terephalate) * <i>black polyester felt</i> <i>(polyethylene Terephalate)</i>
Hersteller der Beschichtung: <i>coating manufacturer:</i>	Fibertex * <i>Fibertex</i>
Absorptionsgrad, α <i>Absorption coefficient</i>	- \pm - % *
Emissionsgrad, ε <i>Emission coefficient</i>	- \pm - % *
Hydraulische Anordnung: <i>Hydraulic design</i>	durchströmter Absorber * <i>through-flow absorber *</i>

Abdeckung - *Cover*

Aperturfläche [L x B]: <i>Aperture area [l x w]</i>	1,925 m x 0,655 m = 1,261 m ²
Anzahl der Abdeckungen: <i>Number of covers</i>	1 *
Werkstoff der Abdeckung: <i>Material of the cover</i>	Polycarbonat Doppelsteg * <i>polycarbonate twin wall sheet *</i>
Dicke der Abdeckung: <i>Thickness of the cover</i>	10 mm *
Transmission der Abdeckung: <i>Transmission coefficient of the cover</i>	84 \pm - % *

Wärmeträger - Heat transfer fluid

Typ: <i>Type</i>	Luft * <i>Air *</i>
---------------------	------------------------

Gehäuse - Casing

Gehäusewerkstoff: <i>Material of the casing</i>	Aluminium * <i>aluminium</i>
Bruttofläche: <i>Total area</i>	1,974 m x 0,704 m = 1,390 m ² *
Tiefe: <i>Depth</i>	55 mm *
Dichtungsmaterial: <i>Sealing material</i>	EPDM * <i>EPDM *</i>

Grenzwerte - Limitations

Maximale Betriebstemperatur: <i>Max. service temperature</i>	80 °C *
Maximale Windlast: <i>Max. wind load</i>	1500 Pa *
Empfohlener Anstellwinkel: <i>Recommended tilt angle</i>	60 - 90 ° *
Empfohlener Volumenstrom: <i>Recommended flow range</i>	90 - 120 m ³ /h *

Kollektorbefestigung - Collector mounting

Flachdach - Aufständerung: <i>Flat roof - angular rack</i>	+
Geneigtes Dach - Aufdach: <i>Sloped roof - on roof</i>	+
Geneigtes Dach - Indach: <i>Sloped roof - integrated in roof</i>	-
Fassade: <i>Facade</i>	+

* = Herstellerangabe - *Manufacturers specification*

3 Abbildung des Kollektors - *Picture of the collector*

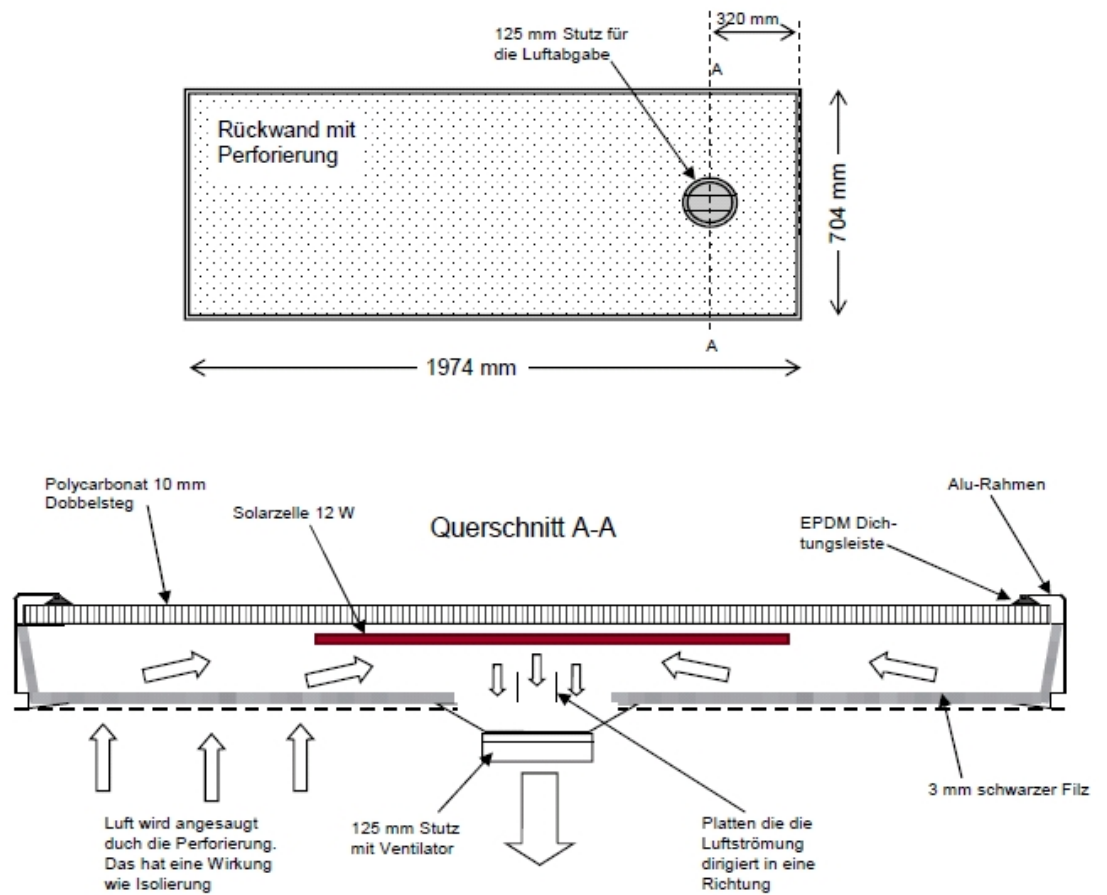


Figure 1: Abbildung des Kollektors - *Picture of the collector SV14NS*

4 Dokumentation des Kollektors - *Documentation of the collector*

4.1 Typenschild - *Type plate*

Hinweis: Das Typenschild des Kollektors wurde auf Übereinstimmung mit den nach EN 12975-1, Kap 7.2 geforderten Angaben überprüft.

Annotation: The type plate of the collector was checked for conformity with the requirements given in EN 12975-1, Chap. 7.2.

Position Item	Angabe Specification	Status Status
Hersteller <i>Manufacturer</i>	Solarventi AS	+
Kollektorbezeichnung <i>Brand name</i>	SV14NS	+
Seriennummer <i>Serial number</i>	JTC1009	+
Herstellungsjahr <i>Year of production</i>	2009	+
Bruttofläche [L x B] <i>Cross area [l x w]</i>		-
max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i>		-
Stagnationstemperatur bei <i>Stagnation temperature at</i> $G_{glob} = 1000W/m^2,$ $t_{amb} = 30\text{ }^{\circ}C$	$^{\circ}C$	-
Absorbervolumen <i>Volume of absorber</i>	l	-
Leergewicht <i>Weight (empty)</i>	kg	-
Hergestellt in <i>Made in</i>		-

(+) = in Ordnung - *okay*

(-) = unzureichend - *not sufficient*

4.2 Installationsanleitung - *Installation guidelines*

Hinweis: Die Installationsanleitung des Kollektors wurde auf Übereinstimmung mit den nach EN 12975-1, Kap 7.3 geforderten Angaben überprüft.

Annotation: The installation guidelines were checked for conformity with the requirements given in EN 12975-1, Chap. 7.3.

Position Item	Status Status
Maße und Gewicht des Kollektors <i>Dimensions and weight of the collector</i>	+
Beschreibung des Montageverfahrens <i>Description of mounting</i>	+
Empfehlung zum Blitzschutz <i>Recommendation on lightning protection</i>	-
Anweisung zur Verbindung der Kollektoren untereinander und für den Anschluss eines Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf, sowie die Maße für Rohranschlüsse bei Kollektorgruppen bis 20m ² <i>Instructions about the coupling of the collectors to one another and the connection of the collector field to the heat transfer circuit, including dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m²</i>	+
Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien, sowie Vorsichtsmaßnahmen beim Füllen, Betrieb und Wartung. <i>Recommendations about the heat transfer media which may be used and precautions to be taken during filling, operation and service.</i>	-
Max. Betriebsdruck <i>Max. operating pressure</i>	-
Druckabfall <i>Pressure losses</i>	-
Max. und min. Neigungswinkel <i>Max. and min. mounting angle</i>	+
Max. Wind und Schneelast <i>Max. wind or snow load</i>	-
Wartungsanforderungen <i>Requirements for maintainance</i>	-

(+) = in Ordnung - *okay*

(-) = unzureichend - *not sufficient*

Hinweis: Die gesamte Dokumentation des Kollektors ist dem Verbraucher in seiner Landessprache zur Verfügung zustellen.

Annotation: Documentation concerning personal safety, maintenance and handling of the product shall be made available to the customer in his national language

4.3 Konstruktionszeichnungen - *Constructional drawings*

Baugruppe <i>Assembly</i>	Zeichnungsnummer <i>Drawing number</i>	Status <i>Status</i>
Kollektor <i>Collector</i>		-
Absorber <i>absorber</i>		-
Rahmen <i>Frame</i>		-
Transparente Abdeckung <i>transparent cover</i>		-

5 Wareneingangskontrolle - *Incoming Inspection*

Eine Wareneingangskontrolle wurde durchgeführt.
 Der Kollektor SV14NS wies keine Beschädigungen auf.
An incoming inspection was performed. No damages were detected at the collector SV14NS .

6 Hochtemperaturbeständigkeit - *High temperature resistance test*

Testmethode: <i>Method:</i>	Außenprüfung <i>Outdoor testing</i>
Kollektoranstellwinkel: <i>Collector tilt angle:</i>	45°
Mittlere Einstrahlung: <i>Average irradiance during test:</i>	1010 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur: <i>Average ambient air temperature:</i>	21,7 °C
Mittlere Windgeschwindigkeit: <i>Average ambient air speed:</i>	< 1.0 m/s
Mittlere Absorbentemperatur: <i>Average absorber temperature:</i>	105,6 °C
Dauer der Prüfung: <i>Duration of test:</i>	1 h

Ergebnis - *Result:*

Am Kollektor konnten keine besonderen Alterungserscheinungen, Schrumpfen, Gasbildung und Verformungen festgestellt werden.
No degradation, shrinkage, outgassing and distortion was observed or measured at the collector.

7 Expositionsprüfung - *Exposure test*

Der Kollektoranstellwinkel betrug 45° , die Kollektorausrichtung Süden. Tabelle 2 zeigt die Daten aller Testtage der Expositionsprüfung.

The collector tilt angle was 45° facing south. Table 2 shows all test days of the exposure test.

Ergebnis - *Result:*

Die Anzahl der Testtage, an denen die Einstrahlungssumme größer $14 \text{ MJ/m}^2\text{d}$ gemessen wurde, betrug 113 Tage. Die Summe der Zeitabschnitte, bei denen die Einstrahlung G höher als 850 W/m^2 und die Umgebungstemperatur t_a über 10°C lag, betrug 228 Stunden.

The number of days when the daily global irradiance was more than $14 \text{ MJ/m}^2\text{d}$ was 113. The periods when the global irradiance G was higher than 850 W/m^2 and the ambient air temperature t_a was higher than 10°C was 228 h.

Die Bewertung findet in Kapitel 17 "Endkontrolle" statt.

The evaluation is described in the chapter 17 "Final inspection".

<i>H:</i>	Tägliche Einstrahlungssumme <i>Sum of daily global irradiation</i>
gültiger Abschnitt: <i>valid period:</i>	Abschnitt, wenn die Einstrahlung G höher als 850 W/m^2 und die Umgebungslufttemperatur t_a höher als 10°C war <i>Periods when the global irradiance G is higher than 850 W/m^2 and the ambient air temperature t_a is higher than 10°C</i>
t_a :	Umgebungslufttemperatur <i>Ambient air temperature</i>
Regen: <i>rain:</i>	Tägliche Regenmenge [mm] <i>Daily rain [mm]</i>

Date	H [MJ/m ²]	valid period [h]	t_a [°C]	rain [mm]
16.04.10	10,9	0	9,5	0,0
17.04.10	24,9	3,1	11,5	0,0
18.04.10	26,2	4	13,5	0,0
19.04.10	25,3	3,9	15,9	0,0
20.04.10	14,4	2,1	13,2	0,0
21.04.10	26,5	4,1	11,7	1,0
22.04.10	23,8	2,2	10,3	0,0
23.04.10	23,0	0,8	12,3	0,0
24.04.10	27,6	4,3	15,5	0,0
25.04.10	23,1	2,2	18,7	0,0
26.04.10	17,3	2	16,3	6,0
27.04.10	26,7	4,1	15,2	0,0
28.04.10	27,4	4,1	18,0	0,0
29.04.10	26,1	3,5	21,1	0,0
30.04.10	6,2	0	17,3	0,0
01.05.10	6,0	0	13,1	0,0
02.05.10	6,9	0	11,8	0,0

03.05.10	11,9	0,8	11,1	13,0
04.05.10	3,7	0	9,6	5,0
05.05.10	2,9	0	8,1	3,0
06.05.10	2,3	0	6,9	8,0
07.05.10	10,3	0	9,2	10,0
08.05.10	24,6	2	13,3	0,0
09.05.10	13,0	0,5	12,9	0,0
10.05.10	6,7	0	12,2	14,0
11.05.10	8,0	0	11,7	14,0
12.05.10	20,8	2,6	12,7	1,0
13.05.10	5,1	0	7,0	0,0
14.05.10	6,7	0	9,0	30,0
15.05.10	3,0	0	8,8	0,0
16.05.10	10,5	0	11,2	0,0
17.05.10	17,8	2,2	12,7	2,0
18.05.10	19,4	1,5	11,9	3,0
19.05.10	19,8	2,4	10,4	3,0
20.05.10	4,4	0	9,6	2,0
21.05.10	6,3	0	12,1	20,0
22.05.10	26,6	3,7	16,4	0,0
23.05.10	27,4	3,7	18,2	2,0
24.05.10	27,8	4,1	22,3	6,0
25.05.10	26,4	3,9	24,2	0,0
26.05.10	13,3	1	19,2	2,0
27.05.10	18,6	2	17,3	6,0
28.05.10	15,6	1,5	17,1	0,0
29.05.10	23,2	3	17,6	0,0
30.05.10	9,8	0	15,5	0,0
31.05.10	10,4	0	12,6	0,0
01.06.10	11,8	0	14,8	1,0
02.06.10	8,2	0	15,2	0,0
03.06.10	6,5	0	14,9	0,0
04.06.10	24,5	2,3	20,5	4,0
05.06.10	27,5	4	22,7	0,0
06.06.10	15,8	0,6	22,5	0,0
07.06.10	24,2	3,6	20,7	0,0
08.06.10	15,6	1,1	20,3	0,0
09.06.10	21,6	1,6	22,4	2,0
10.06.10	24,0	2,4	22,8	0,0
11.06.10	12,9	0,9	21,9	2,0
12.06.10	12,6	0	20,5	0,0
13.06.10	7,1	0	15,8	0,0
14.06.10	20,8	1,6	18,2	0,0
15.06.10	12,7	0,9	17,6	0,0
16.06.10	5,0	0	16,3	0,0

17.06.10	6,3	0	15,7	6,0
18.06.10	11,4	0	16,8	21,0
19.06.10	11,0	0,6	12,4	0,0
20.06.10	10,6	0	12,1	0,0
21.06.10	17,1	0,7	13,3	12,0
22.06.10	16,1	0,6	15,1	0,0
23.06.10	20,7	1,2	17,7	0,0
24.06.10	27,0	3,7	20,1	0,0
25.06.10	26,6	3,6	22,4	0,0
26.06.10	24,8	3,5	22,2	0,0
27.06.10	23,2	3,2	23,7	0,0
28.06.10	26,6	3,1	24,7	0,0
29.06.10	25,1	3,1	25,2	0,0
30.06.10	22,8	1,2	24,3	0,0
01.07.10	24,0	0	25,3	0,0
02.07.10	26,1	2,6	27,5	0,0
03.07.10	18,3	0,6	27,8	0,0
04.07.10	19,2	0	24,1	0,0
05.07.10	26,6	3,7	23,7	3,0
06.07.10	23,5	0,6	21,5	0,0
07.07.10	26,8	3,6	22,3	0,0
08.07.10	26,8	3,5	26,1	0,0
09.07.10	22,9	0	27,6	0,0
10.07.10	25,4	0,6	28,9	0,0
11.07.10	21,6	0	27,5	0,0
12.07.10	21,3	2,3	25,8	0,0
13.07.10	24,0	0,6	24,2	10,0
14.07.10	25,5	3,2	28,1	0,0
15.07.10	24,0	2	23,1	2,0
16.07.10	27,3	3,7	26,0	0,0
17.07.10	7,5	0	20,5	0,0
18.07.10	24,9	0,6	20,3	0,0
19.07.10	26,2	0,6	22,5	4,0
20.07.10	27,0	3,8	25,5	0,0
21.07.10	25,1	1,8	27,4	0,0
22.07.10	5,9	0	20,4	2,0
23.07.10	3,5	0	16,7	10,0
24.07.10	7,4	0	16,4	0,0
25.07.10	21,4	0,7	18,0	0,0
26.07.10	15,5	0	18,3	0,0
27.07.10	21,4	0,6	19,4	21,0
28.07.10	9,6	0	18,7	0,0
29.07.10	10,6	0	17,7	5,0
30.07.10	16,8	0,8	18,0	0,0
31.07.10	27,6	4,1	20,6	0,0

01.08.10	17,4	0	23,7	0,0
02.08.10	7,1	0	19,7	2,0
03.08.10	10,8	0	18,5	18,0
04.08.10	20,0	0	19,7	0,0
05.08.10	5,0	0	15,6	8,0
06.08.10	25,5	2	17,6	0,0
07.08.10	27,0	3,6	19,4	0,0
08.08.10	10,3	0	19,5	0,0
09.08.10	27,3	4,1	20,1	35,0
10.08.10	25,1	2,9	22,7	0,0
11.08.10	18,2	0	22,9	0,0
12.08.10	9,0	0	18,8	0,0
13.08.10	24,6	1,1	19,0	23,0
14.08.10	10,8	0	17,5	0,0
15.08.10	10,6	0	16,4	0,0
16.08.10	5,5	0	14,4	26,0
17.08.10	7,4	0	17,0	6,0
18.08.10	3,5	0	16,8	0,0
19.08.10	24,7	0	20,4	2,0
20.08.10	23,7	1,4	21,6	0,0
21.08.10	25,8	1,1	25,4	0,0
22.08.10	22,2	1,6	25,5	0,0
23.08.10	5,2	0	22,2	4,0
24.08.10	6,5	0	18,8	0,0
25.08.10	22,6	0	18,4	15,0
26.08.10	22,4	1,2	25,7	0,0
27.08.10	8,1	0	21,4	5,0
28.08.10	10,3	0	15,2	0,0
29.08.10	10,8	0	14,5	0,0
30.08.10	3,6	0	11,5	25,0
31.08.10	22,6	1	14,3	0,0
01.09.10	26,2	1,9	14,9	4,0
02.09.10	24,2	0,6	15,4	0,0
03.09.10	22,7	3,9	16,5	0,0
04.09.10	25,7	3,2	17,0	0,0
05.09.10	19,5	0	14,9	0,0
06.09.10	21,7	2,2	16,6	0,0
07.09.10	5,2	0	16,0	0,0
08.09.10	8,4	0	16,6	12,0
09.09.10	15,6	0,5	15,4	5,0
10.09.10	25,7	2,5	17,7	6,0
11.09.10	26,1	2,8	18,0	0,0
12.09.10	22,8	2	18,3	0,0
13.09.10	18,2	0	15,1	15,0
14.09.10	16,4	0	15,6	0,0

15.09.10	2,3	0	16,5	0,0
16.09.10	16,9	0	15,3	0,0
17.09.10	16,1	0	14,4	0,0
18.09.10	19,4	0	11,9	0,0
19.09.10	26,0	4,1	12,2	0,0
20.09.10	25,6	3	14,8	0,0
21.09.10	25,4	3,7	16,0	0,0
22.09.10	24,2	1,2	17,1	0,0
23.09.10	22,3	0	19,0	0,0
24.09.10	2,7	0	16,1	0,0
25.09.10	2,5	0	11,4	0,0
26.09.10	12,0	0	9,9	0,0
27.09.10	22,6	2,4	10,8	13,5
28.09.10	7,3	0	10,9	0,0
29.09.10	7,6	0	12,2	0,0
30.09.10	8,0	0	13,1	0,0
01.10.10	19,6	1,4	14,4	5,0
02.10.10	7,5	0	15,9	0,0
03.10.10	23,5	2,8	17,7	0,0
04.10.10	19,4	0	15,8	0,0
05.10.10	12,3	0	16,5	1,0
06.10.10	23,2	2,4	15,9	0,0
07.10.10	19,9	2,2	14,8	0,0
08.10.10	20,5	1,1	15,5	0,0
09.10.10	2,1	0	12,3	0,0
10.10.10	12,2	0	12,1	0,0
11.10.10	23,4	3,3	11,6	0,0
12.10.10	22,2	3	9,3	0,0
13.10.10	5,4	0	6,0	0,0
14.10.10	2,4	0	5,4	0,0
15.10.10	5,0	0	6,6	0,0
16.10.10	2,5	0	7,6	0,0
17.10.10	1,6	0	6,1	0,0
18.10.10	2,5	0	5,5	15,0
19.10.10	3,1	0	7,1	0,0
20.10.10	4,9	0	6,7	15,0
21.10.10	21,4	0	5,8	0,0
22.10.10	5,0	0	2,8	0,0

 Table 2: Tab. Expositionstage - *Exposure days*

8 Äußere Temperaturwechselprüfung - *External thermal shock test*

Prüfbedingungen: <i>Test conditions:</i>	1. Test <i>1st test</i>	2. Test <i>2nd test</i>
Außenprüfung: <i>Outdoors:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
kombiniert mit Expositionsprüfung: <i>Combined with exposure test:</i>	ja <i>yes</i>	ja <i>yes</i>
kombiniert mit Hochtemperaturbeständigkeitsprüfung: <i>Combined with high temperatur resistance test:</i>	nein <i>no</i>	nein <i>no</i>
Neigungswinkel des Kollektors: <i>Collector tilt angle:</i>	45°	45°
Mittlere Bestrahlungsstärke während der Prüfung: <i>Average irradiance during test period:</i>	980 W/m ²	1016 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur während der Prüfung: <i>Average ambient temperature during test period:</i>	28,4 °C	25,4 °C
Zeitdauer, während der vor dem äußeren Temperaturwechsel stationäre Bedingungen eingehalten wurden: <i>Period during which the required operating conditions were met prior to external thermal shock:</i>	1h	1h
Volumendurchfluss des Sprühwassers: <i>Flowrate of spraying water:</i>	0.05 l/m ² s	0.05 l/m ² s
Temperatur des Sprühwassers: <i>Temperature of spraying water:</i>	16,7 °C	16,2 °C
Sprühdauer: <i>Duration of spraying water:</i>	15 min	15 min
Absorbtemperatur unmittelbar vor dem Besprühen: <i>Absorber temperature immediately prior to spraying water:</i>	109,9 °C	101,8 °C

Ergebnis - *Result:*

Während oder nach den Prüfungen konnten keine Risse, Verformungen, Kondensation oder eindringendes Regenwasser festgestellt werden.

No cracking, distortion, condensation or water penetration was observed or measured at the collector.

9 Innere Temperaturwechselprüfung - *Internal thermal shock tests*

Bauartbedingt sind keine Auswirkungen eines inneren Temperaturwechsels gegeben. Die Prüfung wurde nicht durchgeführt.

Due to the design there are no conditions for internal thermal shock. The test was not performed.

10 Maximale Stagnationstemperatur - *max. stagnation temperature*

Die Stagnationstemperatur wurde im Außenverfahren bestimmt. Dabei wurde der Kollektor gemäß EN 12975-2 unbefüllt einer Einstrahlung von $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$ ausgesetzt. Die gemessenen Daten sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Zur Bestimmung der Stagnationstemperatur für die Randbedingungen bei einer Einstrahlung von 1000 W/m^2 und einer Umgebungstemperatur von 30 °C gilt folgende Formel:

The max. stagnation temperature was measured outdoors. The collector was therefor exposed to an irradiance of $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$. The collector was empty and the absorber prevented against cooling by circulation. The measured data are shown in the table below. To determine the stagnation temperature, these data were extrapolated to an irradiance of 1000 W/m^2 and an ambient temperature of 30 °C . The calculation is as follows:

$$t_s = t_{as} + \frac{G_s}{G_m} * (t_{sm} - t_{am}) \quad (1)$$

t_s : max. Stagnationstemperatur - *max. stagnation temperature*

t_{as} : 30 °C

G_s : 1000 W/m^2

G_m : gemessene Einstrahlung in Kollektorebene -
measured solar irradiance on collector plane

t_{sm} : gemessene Absorbtemperatur - *measured absorber temperature*

t_{am} : gemessene Umgebungstemperatur - *measured surrounding air temperature*

Einstrahlung <i>Irradiance</i>	Umgebungstemperatur <i>Surrounding air temperature</i>	Absorbtemperatur <i>Absorber temperature</i>
[W/m^2]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]
1028	19,4	106,7
1034	20,2	108,9
1035	20,7	106,5
1026	21,1	109,6

Die resultierende maximale Stillstandstemperatur ist:
The resulting max. stagnation temperature is:

115 °C

11 Maximale Anfahrtstemperatur - *max. start temperature*

Die maximale Anfahrtstemperatur, Lufttemperatur am Kollektoraustritt, wurde unter einem Solarsimulator bestimmt. Zur Bestimmung der maximalen Anfahrtstemperatur, für die Randbedingungen bei einer Einstrahlung von 1000 W/m² und einer Umgebungstemperatur von 30 °C, gilt folgende Formel:

The maximum start temperature, air temperature at the collector outlet, was measured indoors under a solar simulator. To determine the max. start temperature, the measurement data were extrapolated to an irradiance of 1000 W/m² and an ambient temperature of 30 °C.

The calculation is as follows:

$$t_s = t_{as} + \frac{G_s}{G_m} * (t_{sm} - t_{am}) \quad (2)$$

t_s : Maximale Anfahrtstemperatur -
max. stagnation temperature

t_{as} : 30 °C

G_s : 1000 W/m²

G_m : gemessene Einstrahlung in Kollektorebene -
measured solar irradiance on collector plane

t_{sm} : gemessene Lufttemperatur am Kollektoraustritt -
measured air temperature at the collector outlet

t_{am} : gemessene Umgebungstemperatur -
measured surrounding air temperature

Einstrahlung <i>Irradiance</i>	Umgebungstemperatur <i>surrounding air temperature</i>	Lufttemperatur am Kollektoraustritt <i>air temperature at the collector outlet</i>
[W/m ²]	[°C]	[°C]
1017	17,7	59,7
1017	17,3	61,1
1015	17,1	60,5
1017	17,3	59,5

Die resultierende maximale Anfahrtstemperatur ist:
The resulting max. start temperature is:

72 °C

12 Prüfung auf eindringendes Regenwasser - *Rain penetration test*

Kollektor befestigt auf: <i>Collector mounted</i>	offenem Rahmen <i>Open frame</i>
Anstellwinkel: <i>Tilt angle</i>	60 °
Verfahren: <i>Method:</i>	Wiegeverfahren <i>Weighing method</i>
Volumendurchfluss des Sprühwassers: <i>Flowrate of water spray:</i>	0.05 l/m ² s
Sprühdauer: <i>Duration of water spraying:</i>	4 h

Ergebnis - *Result:*

Während oder nach den Prüfungen konnte kein eindringendes Regenwasser festgestellt werden.

No water penetration was observed or measured at the collector.

13 Prüfung der Frostbeständigkeit - *Freeze resistance test*

Die Prüfung der Frostbeständigkeit ist nicht erforderlich, da Luft als Wärmeträgermedium verwendet wird

The freeze resistance test is not relevant, because air is used as heat transfer medium.

14 Mechanische Belastungsprüfung - *Mechanical load test*

Überdruckprüfung der Kollektorabdeckung *Positive pressure test of the collector cover*

Der Druck (entsprechend einer positiven Druckbelastung durch Schnee oder Wind) wurde in Schritten von 250 Pa bis zur maximalen Druckbelastbarkeit von 1250 Pa gesteigert.

The positive pressure (according to a positive pressure load caused by snow or wind) was increased in steps of 250 Pa up to the maximum pressure load capacity of 1250 Pa.

Verfahren zur Druckübertragung: <i>Method used to apply pressure:</i>	Stößel <i>Suction cups, pressed</i>
Maximale Druckbelastung: <i>Maximum pressure load:</i>	1250 Pa

Ergebnis - *Result:*

Die maximale positive Druckbelastbarkeit beträgt 1250 Pa.
The maximum positive pressure load capacity is 1250 Pa.

Unterdruckprüfung der Befestigung zwischen Abdeckung und Kollektorgehäuse *Negative pressure test of fixings between the cover and the casing*

Der negative Druck (entsprechend einer durch Wind hervorgerufenen Saugwirkung) wurde in Schritten von 250 Pa bis zur maximalen Druckbelastbarkeit von 1000 Pa gesteigert.

The negative pressure (according to a negative pressure load caused by wind) was increased in steps of 250 Pa up to the maximum pressure load capacity of 1000 Pa.

Verfahren zur Druckübertragung: <i>Method used to apply pressure:</i>	Saugnapfe <i>Suction cups</i>
Maximale Druckbelastung: <i>Maximum pressure load:</i>	1000 Pa

Ergebnis - *Result:*

Die maximale negative Druckbelastbarkeit beträgt 1000 Pa.
The maximum negative pressure load capacity is 1000 Pa .

15 Druckverlustmessung - *Pressure drop*

Die Druckverlustmessung wurden mit Luft als Fluid durchgeführt. Die Messung wurde bis zu einem Massenstrom von 350 kg/h durchgeführt.
The measurement of the pressure drop Δp was carried out with air as fluid up to a flow rate of 350 kg/h.

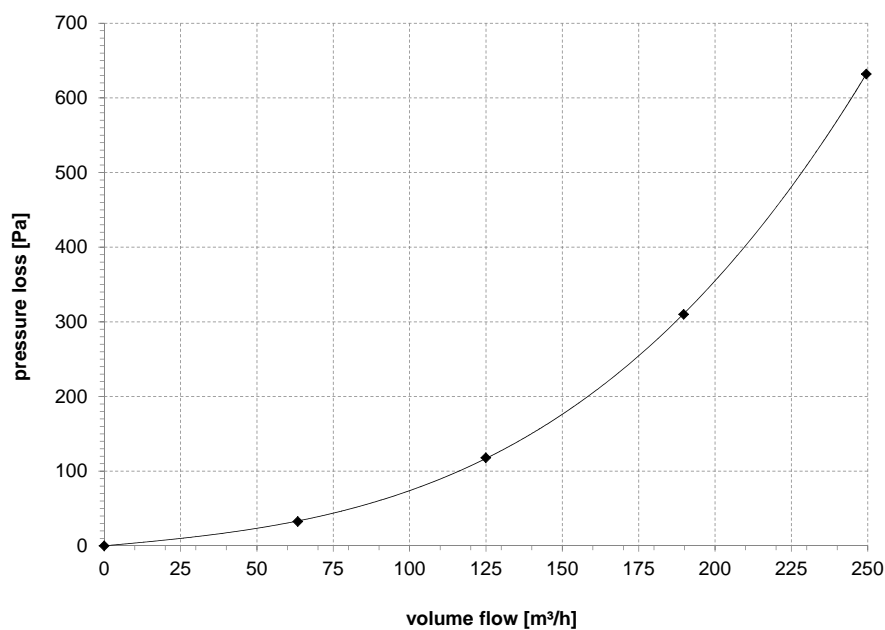


Figure 2: Druckverlust des Kollektors - measured pressure drop of the collector SV14NS

Der Druckverlust Δp in mbar kann durch folgende Funktion des Massenstroms x in kg/h angenähert werden:
The pressure drop in mbar can be described by the following function of the mass flow x in kg/h:

$$\Delta p = 0,3025 * x + 0,0003 * x^2 + 2 * 10^{-5} * x^3$$

15.1 Zeitkonstante - *Time constant*

Die Zeitkonstante wurde nach folgendem Prüfverfahren geprüft:
The time constant measurement has been performed according to the following method of testing:

Testmethode: <i>Method:</i>	Innenprüfung <i>Indoortesting</i>
Kollektoranstellwinkel: <i>Collector tilt angle:</i>	45°
Mittlere Einstrahlung: <i>Average irradiance:</i>	972 W/m ²
Mittlere Umgebungstemperatur: <i>Average ambient air Temperature:</i>	30 °C
Mittlere Durchströmung <i>Mean flow rate</i>	110 kg/h
Art des Wärmeträgers <i>Heat transfer fluid</i>	Luft <i>air</i>

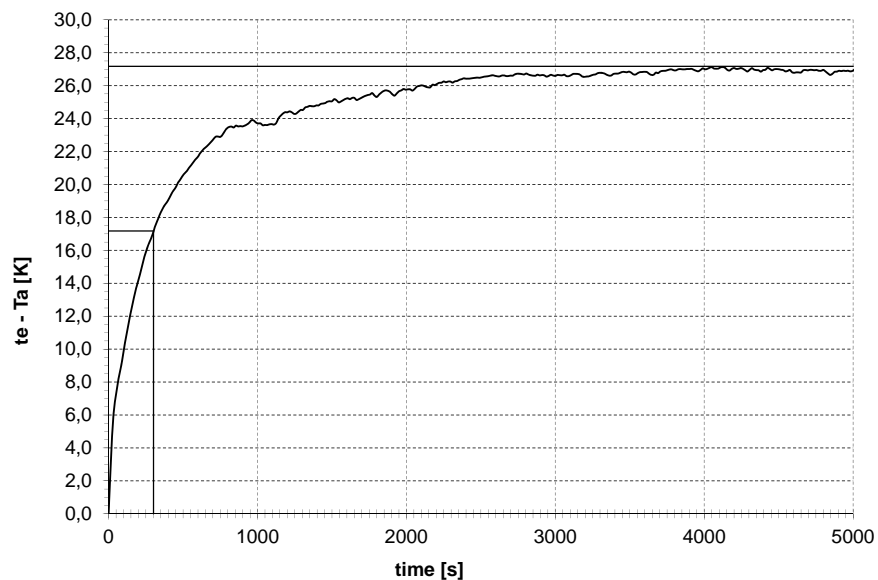


Figure 3: Sprungantwort des Kollektors SV14NS - *Step response of the collector SV14NS*

Resultierende Zeitkonstante:
Resultant time constant:

$$T_c = 17,2 \text{ sec}$$

16 Leistungsermittlung - *Performance measurement*

16.1 Berechnungsverfahren - *Calculation method*

Der momentane Wirkungsgrad eines, unter stationären Bedingungen betriebenen Sonnenkollektors, ist definiert als das Verhältnis der Nutzwärmeleistung zu der vom Kollektor aufgefangenen Sonnenenergie. Die Nutzwärmeleistung lässt sich wie folgt berechnen:

The instantaneous efficiency of a solar collector, operating under steady-state conditions, is defined as the ratio of the extracted power to the solar energy intercept by the collector. The useful power output is calculated from:

$$\dot{Q} = (\dot{m}p_e * c_{f,e} * t_e) - (\dot{m}p_i * c_{f,i} * t_i) - ((\dot{m}p_e - \dot{m}p_i)c_{f,amb} * T_a) \quad (3)$$

Die aufgefangene Sonnenenergie ist $A * G$, wobei im Fall des Bezugs auf die Absorberfläche A_A , im Fall des Bezugs auf die Aperturfläche A_a und im Fall des Bezugs auf die Brutto-Kollektorfläche A_G zu verwenden ist.

*The solar energy intercept is $A * G$, where the area is A_A when referred to the absorber area, A_a when referred to the aperture area and A_G when referred to the gross area of the collector.*

$$\eta = \frac{\dot{Q}}{AG} = \frac{(\dot{m}p_e * c_{f,e} * t_e) - (\dot{m}p_i * c_{f,i} * t_i) - ((\dot{m}p_e - \dot{m}p_i)c_{f,amb} * T_a)}{AG} \quad (4)$$

η :	Wirkungsgrad - <i>efficiency</i> :
\dot{Q} :	Nutzwärmeleistung [W] - <i>power output [W]</i>
A :	Bezugsfläche [m ²]- <i>reference area [m²]</i>
G :	Globalstrahlung [W/m ²]- <i>global irradiation [W/m²]</i>
$\dot{m}p_e$:	Massenstrom, Kollektorausritt [kg/s] - <i>mass flow, collector outlet [kg/s]</i>
$\dot{m}p_i$:	Massenstrom, Kollektoreintritt [kg/s] - <i>mass flow, collector inlet [kg/s]</i>
$c_{f,e}$:	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids, Kollektorausritt [kJ/kgK] - <i>specific heat capacity of the heat transfer medium, collector outlet [kJ/kgK]</i>
$c_{f,i}$:	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids, Kollektoreintritt [kJ/kgK] - <i>specific heat capacity of the heat transfer medium, collector inlet [kJ/kgK]</i>
$c_{f,amb}$:	spezifische Wärmekapazität der Umgebungsluft [kJ/kgK] - <i>specific heat capacity of the surrounding air [kJ/kgK]</i>
t_e :	Temperatur des Wärmeträgerfluids, Kollektorausritt [K] - <i>temperature of the heat transfer medium, collector outlet [K]</i>
t_i :	Temperatur des Wärmeträgerfluids, Kollektoreintritt [K] - <i>temperature of the heat transfer medium, collector inlet [K]</i>
T_a :	Umgebungstempertur [K] - <i>ambient Temperature [K]</i>

16.2 Randbedingungen - *boundary conditions*

Geographische Breite <i>Latitude</i>	48.0°
Geographische Länge <i>Longitude</i>	7.8°
Kollektorazimut <i>Azimuth of collector</i>	nachgeführt <i>tracked</i>
Anstellwinkel <i>tilt angle</i>	nachgeführt zwischen 35° und 55° <i>tracked between 35° and 55°</i>
Mittlere Windgeschwindigkeit <i>Mean wind speed</i>	3 m/s
Art des Wärmeträgers <i>Heat transfer fluid</i>	Luft <i>Air</i>

16.3 Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - *Schematic of the testing loop*

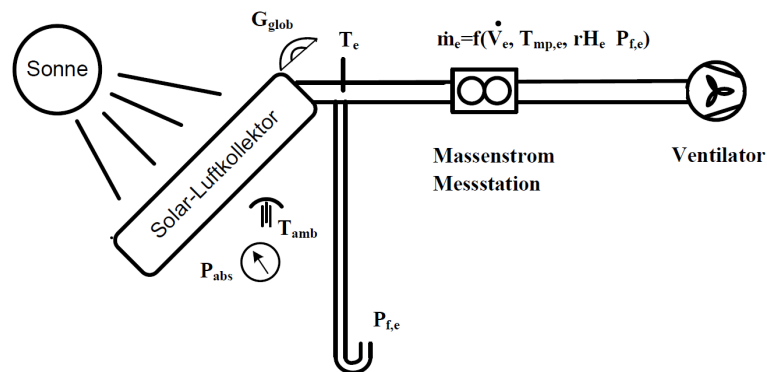


Figure 4: Schematische Darstellung des Prüfkreislaufes - *Schematic of the testing loop*

16.4 Ergebnis der Leistungsermittlung - *Performance measurement results*

Die Momentanleistung \dot{Q} des Kollektors in Watt berechnet sich nach Gleichung 5. Die Ergebnisse der Momentanleistung bei drei unterschiedlichen Massenströmen sind, für die während den einzelnen Messungen vorherrschenden Umgebungstemperaturen, Kollektoraustrittstemperaturen sowie der Einstrahlung, in Tabelle 4 dargestellt.

The instantaneous power output \dot{Q} of the collector is calculated according to equation 5. Table 4 shows the instantaneous power output of three different flow rates as well as the surrounding conditions during the single measurements.

$$\dot{Q} = \eta * A_a * G \quad (5)$$

mp_e [kg/h]	T_a [°C]	t_e [°C]	dT/G [K m ² /W]	G [W/m ²]	η_a -	\dot{Q} [W]
173	31,4	47,3	0,008	957	0,64	767
113	30,7	52,5	0,012	957	0,57	689
80	31,2	58,9	0,015	957	0,51	618

Table 4: Messdaten der Leistungsmessung. Die angegebenen Werte gelten für senkrechte Solarstrahlung - *Power output measurement data. The values given are valid for radiation of normal incidence*

16.5 Wirkungsgrad - *Efficiency*

Der Kollektor SV14NS des Herstellers SolarVenti A/S kann aufgrund seiner Bauart nicht in einem geschlossenen Kreislauf betrieben werden. Der momentane Wirkungsgrad des Kollektors wird über der Temperaturdifferenz $(T_a - t_e)/2 - T_a$ dargestellt. Die Kollektoreintrittstemperatur entspricht dabei der Umgebungstemperatur T_a . Abbildung 5 zeigt den momentanen Wirkungsgrad bezogen auf die Aperturfläche des Kollektors bei drei unterschiedlichen Massenströmen. Die der Abbildung zugrundeliegenden Messdaten sind in Tabelle 4 auf Seite 28 enthalten. *Due to constructional reasons, the collector SV14NS of the manufacturer SolarVenti A/S can not be operated as a closed loop. The instantaneous efficiency is presented as a function of the temperature difference $(T_a - t_e)/2 - T_a$, where the collector inlet temperature is equal to the ambient temperature T_a . Figure 5 shows the instantaneous efficiency based on the aperture area of the collector at three different flow rates. The measurement data are given within table 4 on page 28.*

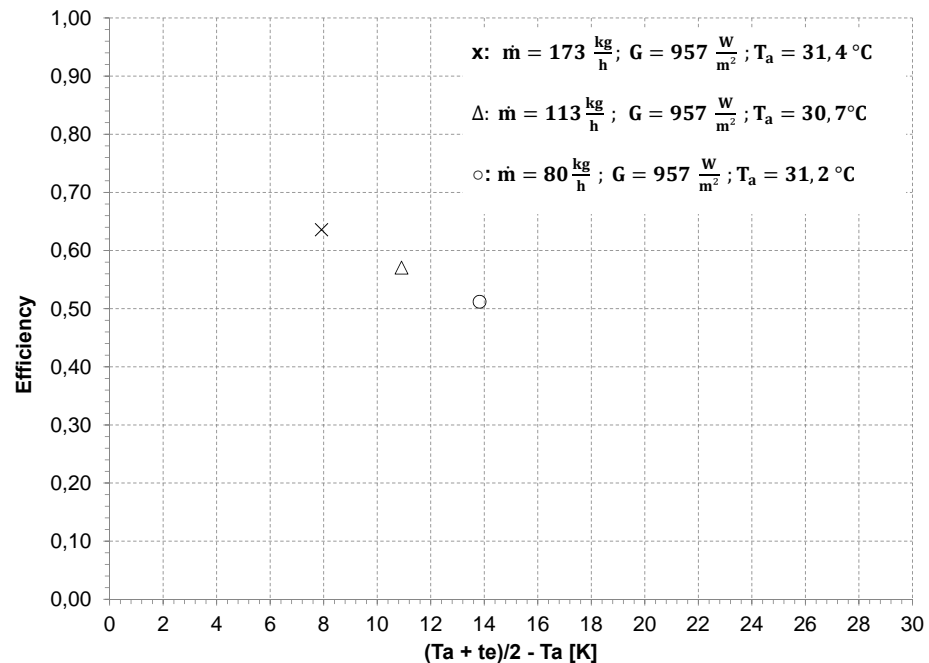


Figure 5: Momentanwirkungsgrad bezogen auf die Aperturfläche des Kollektors SV14NS - *Instantaneous efficiency based on aperture area of the collector SV14NS*

Zur Umrechnung des Wirkungsgrades auf die Absorberoberfläche bzw. Bruttofläche kann Gleichung 4 herangezogen werden. Wobei A_x im Fall des Bezugs auf die Absorberoberfläche durch A_A und im Fall des Bezugs auf die Brutto-Kollektorfläche durch A_G zu substituieren ist.

The calculation of the efficiency based on the absorber surface area or the gross collector area can be done according to equation 4, therefore A_x has to be substituted by A_A when referred to the absorber surface area and A_G when referred to the gross area of the collector.

$$\eta_x = \frac{A_x}{A_a} * \eta_a \quad (6)$$

16.6 Wirkungsgrad über Massenstrom - *Efficiency vs. mass flow rate*

Abbildung 6 zeigt die Abhängigkeit des momentanen Wirkungsgrades vom Massenstrom des Wärmeträgermediums. Die der Abbildung zugrundeliegenden Messdaten sind in Tabelle 4 auf Seite 28 enthalten.

The dependency of the instantaneous efficiency on the flow rates of the heat transfer medium is shown in figure 6. The measurement data are given within table 4 on page 28.

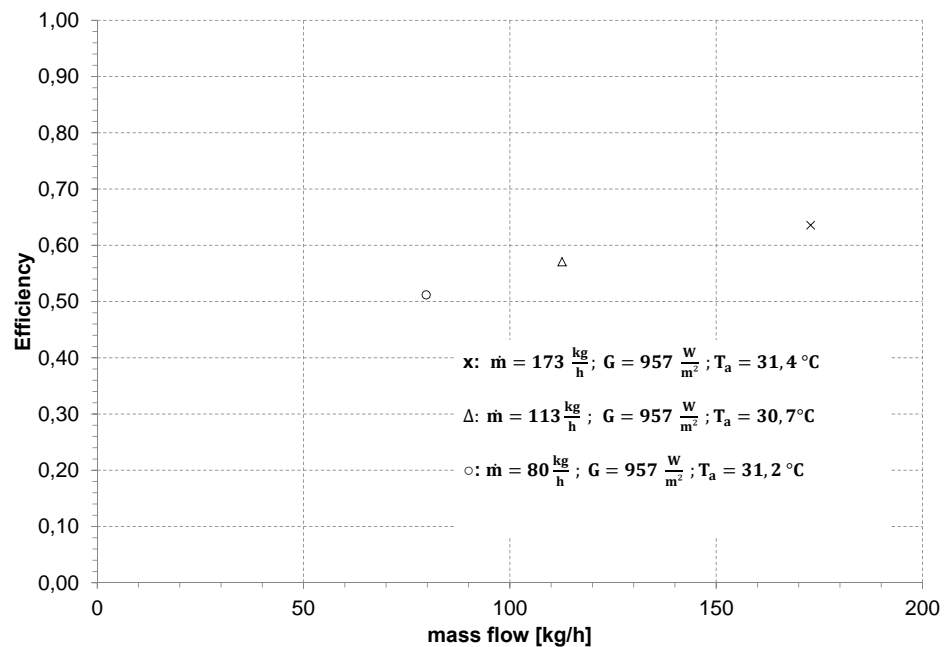


Figure 6: Momentanwirkungsgrad als Funktion von \dot{m}_{p_e} - *Instantaneous efficiency as a function of \dot{m}_{p_e}*

16.7 Winkelkorrekturfaktor - *Incidence angle modifier (IAM)*

θ :	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$K_{\theta T}$:	1,00	0,98	0,96	0,93	0,88	0,81	0,64	0,37	0,07	0,00
$K_{\theta L}$:	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,89	0,76	0,50	0,16	0,00

Table 5: IAM Werte - *IAM data*

Hinweise - *Annotations:*

Der Winkelkorrekturfaktor ist der Faktor, mit dem die Abhängigkeit der Kollektorleistung vom Einstrahlwinkel der Solarstrahlung berücksichtigt wird. Die in Tabelle 5 angegebenen IAM-Werte wurden berechnet.

The IAM is the factor that describes the dependence of the collector output on the incidence angle of the solar radiation. The iam-values within table 5 were calculated.

16.8 Effektive Wärmekapazität - *Effective thermal capacity*

Die Wärmekapazität des Sonnenkollektors wurde nach Kapitel 6.1.6.2 von EN 12975-2:2006 berechnet. Als Wärmeträgermedium wurde ein Luft zugrunde gelegt.

The effective thermal capacity of the collector is calculated according to section 6.1.6.2 of EN 12975-2:2006. For the heat transfer fluid air has been chosen.

Effektive thermische Kapazität: <i>Effective thermal capacity:</i>	9,7 kJ/K
Spezifische effektive thermische Kapazität: <i>Specific effective thermal capacity:</i>	7,7 kJ/K m ² A _a

17 Endkontrolle - *Final inspection*

Die folgende Tabelle gibt Informationen über die Beobachtungen während der Endkontrolle.

The following table shows an overview of the result of the final inspection.

Kollektorbauteil <i>Collector component</i>	Mögliches Problem <i>Potential problem</i>	Bewertung <i>Evaluation</i>
Gehäuse/Befestigung <i>Collector casing/fasteners</i>	Rissbildung/Verwerfung/eindringendes Regenwasser <i>Cracking/wrapping/corrosion/rain penetration</i>	0
Montageelemente/Tragwerk <i>Mountings/supporting</i>	Festigkeit/Sicherheit <i>Strength/safety</i>	0
Verschlüsse/Dichtungen <i>Seals/gaskets</i>	Rissbildung/Haftung/Elastizität <i>Cracking/ adhesion/ elasticity</i>	0
Abdeckung/Reflektor <i>Cover/reflector</i>	Rissbildung/Haarrisse/Ausbeulen <i>Cracking/crazing/buckling/delamination/wrapping/outgassing</i>	0
Absorberbeschichtung <i>Absorber coating</i>	Rissbildung/Haarrisse/Blasenbildung <i>Cracking/ crazing/ blistering</i>	0
Absorberrohre und Sammelrohre <i>Absorber tubes and headers</i>	Verformung/Korrosion/Undichtigkeit/sich lösende Verbindung <i>Deformation/ corrosion/ leakage/ loss of bonding</i>	0
Absorberbefestigung <i>Absorber mountings</i>	Verformung/Korrosion <i>Deformation/corrosion</i>	0
Wärmedämmung <i>Insulation</i>	Wasseraufnahme/Ausgasen <i>Water retention/outgassing</i>	0

- 0: kein Problem - *No problem*
- 1: geringes Problem - *Minor problem*
- 2: schweres Problem - *Severe problem*
- x: Überprüfung war nicht möglich
Inspection was not possible

18 Anmerkung zum Prüfbericht - *Annotation to the test report*

Die im Prüfbericht dargestellten Prüfergebnisse beziehen sich auf den Testkollektor. Eine auszugsweise Vervielfältigung oder Kopie des Prüfberichts ist nicht gestattet.

*The results described in this test report refer only to the tested collector.
It is not allowed to make extract copies of this test report.*

Freiburg, 16th May 2013

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE



Dipl.-Ing. (FH) K. Kramer
Prüfstellenleiter
Head of TestLab
Solar Thermal Systems



Dipl.-Ing. (FH) S. Mehnert
stellv. Prüfstellenleiter
Vice-Head of TestLab
Solar Thermal Systems