

Bericht zur Kollektorprüfung

Allgemeine Angaben	
Prüfbericht - Nr.	2.04.00241.1.0
Ausstellungsdatum	9. Juli 2004
Eingang des Prüfgegenstandes	18. Februar 2004
Prüfung im Zeitraum vom/bis	16.04. - 02.07.2004
Kollektorzeichnung	RP 200 VF Neu 2,1
Kollektorart	Flachkollektor
Serien Produktion (ja / nein)	ja
Kollektor Zeichnungsnummer	* VF002
Kollektor Seriennummer	32
Produktion-Datum	2004
Produzent	Suntec Produktions GmbH
Anschritt	9330 Althofen, Industriepark
Telephon, Fax	04262/37855-13
Vertrieb	Riposol Handels GmbH
Anschritt	9330 Althofen, Industriepark
Telephon, Fax	04262/37855
Auftraggeber/der Prüfung	Riposol Handels GmbH
Norm- / Kurzprüfung	Normprüfung nach Solar Keymark RL
Verfahren	stationär / innen

Abmessungen & Masse	
Länge [mm]	2036
Breite [mm]	1035
Höhe [mm]	103
Bruttofläche A_G [m ²]	2,107
Aperturfläche A_A [m ²]	1,904
Absorberfläche A_s [m ²]	* 1,850
Masse des Kollektors (ungefüllt) [kg]	* 43

Gehäusekonstruktion	
Rahmen: Material	Aluminium eloxiert
Rückwand: Material	Aluminium
Dimension [mm]	* 1000/2000/0,8
Dichtungsmaterial	* EPDM

Betriebspezifikationen	
empfohlener Wärmeträger	* Propylenglycol-Wasser
empf. Mischungsverhältnis (H ₂ O : y)	* 55% : 45%
empf. Durchflußbereich [l/h]	* 55 - 160
empf. Betriebsdruck [bar]	* 3,5
max. Überdruck [bar]	* 6
max. Betriebstemperatur [°C]	* 214
Füllvolumen des Kollektors [l]	* 1,65

Abdeckung	
Art & Bezeichnung	* Solarglas
Solarer Transmissionsgrad	* 0,914
Abmessungen [mm]	* 1000/2000/4
Struktur (außen / innen)	außen prismiert

Absorber	
Beschichtung (Art & Bezeichnung)	* TiNOX
Absorptionskoeffizient	* 95 %
Emissionskoeffizient	* 5 %
Absorberblech: Material	* Kupfer
Dicke [mm]	* 0,2
Verbindung Absorber - Rohr	Ultraschallschweißung
Registerrohre: Material	* Kupfer
Dimension [mm]	* 10 x 0,5
Verschaltung (Harfe od. Mäander)	Harfe
Anzahl parallel geschalteter Rohre	* 4
Anzahl serieller Rohrabschnitte	* 2
Sammelrohre: Material	* Kupfer
Dimension [mm]	* 22 x 0,8

Wärmedämmung	
Material	* Mineralwolle
Spezifische Masse [kg/m ³]	* 40/50
Stärke [mm]	* 50

Ergebnisse der Leistungsprüfung

Prüfbericht-Nr.	2.04.00241.1.0	Ausstellungsdatum	2004-07-09
Produzent	Suntec Produktions GmbH	Kollektorbezeichnung	RP 200 VF Neu 2,1
Vertrieb	Riposol Handels GmbH	Kollektorart	Flachkollektor

Wirkungsgradgleichung

$$\eta = \eta_0 - a_1 * (T_m - T_a) / G^* - a_2 * (T_m - T_a)^2 / G^*$$

Koeffizienten der Wirkungsgradgleichung
bezogen auf die Aperturfläche A_a

η_0	a_1	a_2
0,788	4,274	0,003

bezogen auf die Absorberfläche A_A

η_0	a_1	a_2
0,811	4,399	0,003

Kennwerte für $G^*_{Norm} [W/m^2] = 800$

$(T_m - T_a) / G^*$	η bez. A_a	η bez. A_A
0	0,788	0,811
0,01	0,745	0,767
0,02	0,701	0,722
0,03	0,657	0,677
0,04	0,613	0,631
0,05	0,568	0,585
0,06	0,523	0,538
0,07	0,477	0,491
0,08	0,430	0,443
0,09	0,384	0,395
0,1	0,336	0,346

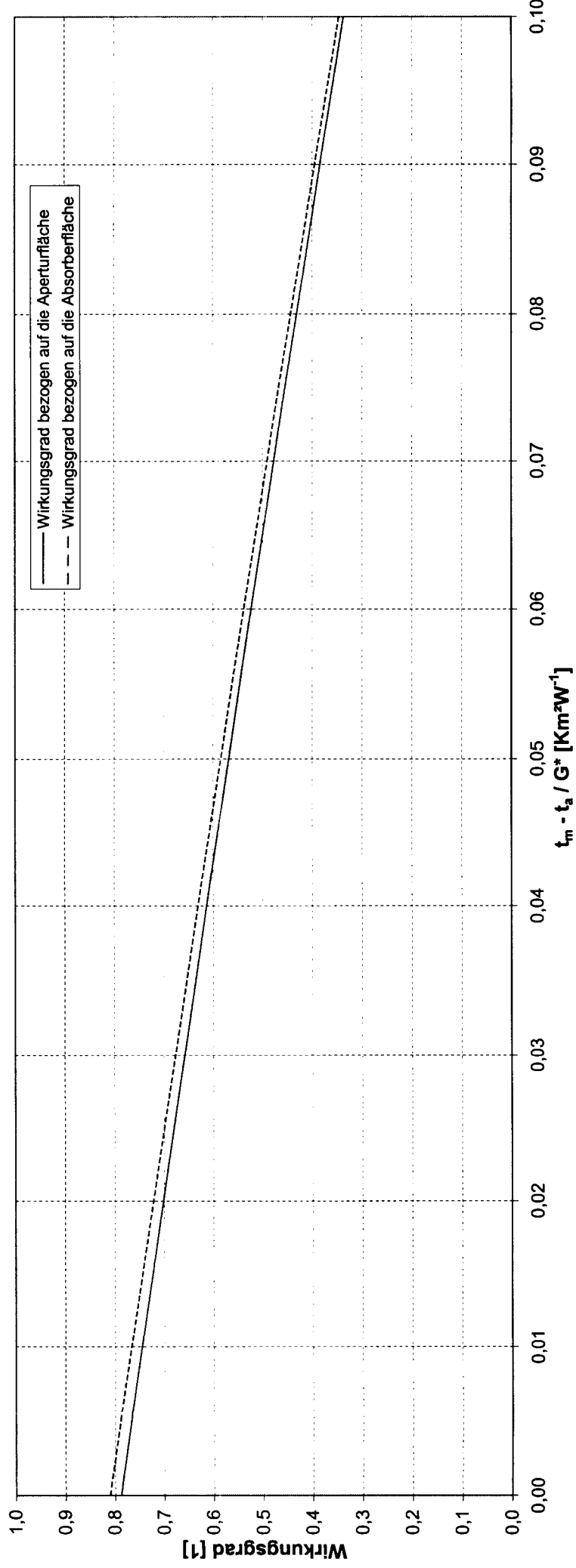
Kollektorleistung [W]	Bestrahlungsstärke $[W/m^2]$	
	400	700
10	518	968
30	351	801
50	179	629

Winkelkorrekturfaktor
K_{50°
0,89

Prüfbedingungen	Bestrahlungsstärke $G^*_{mittel} [W/m^2]$	768
	G^*_{mittel} bei K_{50° - Messung $[W/m^2]$	644
	Massenstrom $[kg/h]$	137,3
	Umgebungsluftgeschwindigkeit $[m/s]$	3 +/-1

Wirkungsgradkennlinie für $G^*_{Norm} = 800 \text{ [W/m}^2\text{]}$

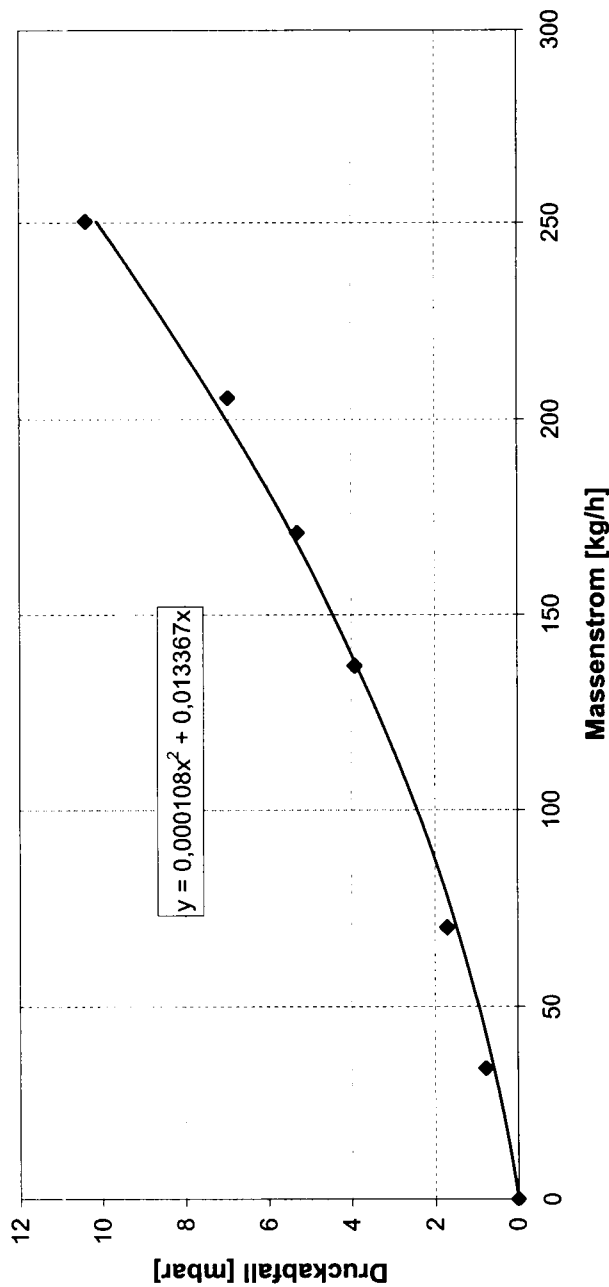
Prüfbericht-Nr.	2.04.00241.1.0	Ausstellungsdatum	2004-07-09
Produzent	Suntec Produktions GmbH	Kollektorbezeichnung	RP 200 VF Neu 2,1
Vertrieb	Riposo! Handels GmbH	Kollektorart	Flachkollektor
	Aperturfläche [m ²]	Massenstrom [kg/h]	Umg.Luftgeschw. [m/s]
	1,904	1,850	3 +/-1



Ergebnisse der Druckabfallmessung

Prüfbericht-Nr.	2.04.00241.1.0	Ausstellungsdatum	2004-07-09
Produzent	Suntec Produktions GmbH	Kollektorbezeichnung	RP 200 VF Neu 2,1
Vertrieb	Riposol Handels GmbH	Kollektorart	Flachkollektor

Messung - Nr.	Volumenstrom [l/h]	Temp. Wärmestr. [°C]	Massenstrom [kg/h]	Druck [mbar]
1	0,00	20,90	0,00	0,00
2	34,19	20,92	34,13	0,77
3	70,46	20,56	70,33	1,71
4	137,40	20,52	137,16	3,92
5	170,95	20,51	170,65	5,29
6	205,94	20,50	205,58	6,96
7	250,84	20,49	250,40	10,39



Wärmekapazität und Hochtemperaturbeständigkeit

Prüfbericht-Nr.	2.04.00241.1.0	Ausstellungsdatum	2004-07-09
Produzent	Suntec Produktions GmbH	Kollektorbezeichnung	RP 200 VF Neu 2,1
Vertrieb	Riposol Handels GmbH	Kollektorart	Flachkollektor

Gemessene effektive Wärmekapazität nach EN 12975-2, Anhang J3:

Indoor Messung

Wärmekapazität des Kollektors [$J \cdot K^{-1}$] 20015

Wärmekapazität des Kollektors bezogen auf die Aperturfäche [$J \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$] 10512

Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit bestanden

Zeichnungsberechtigter


Ing. Antonio Montilla

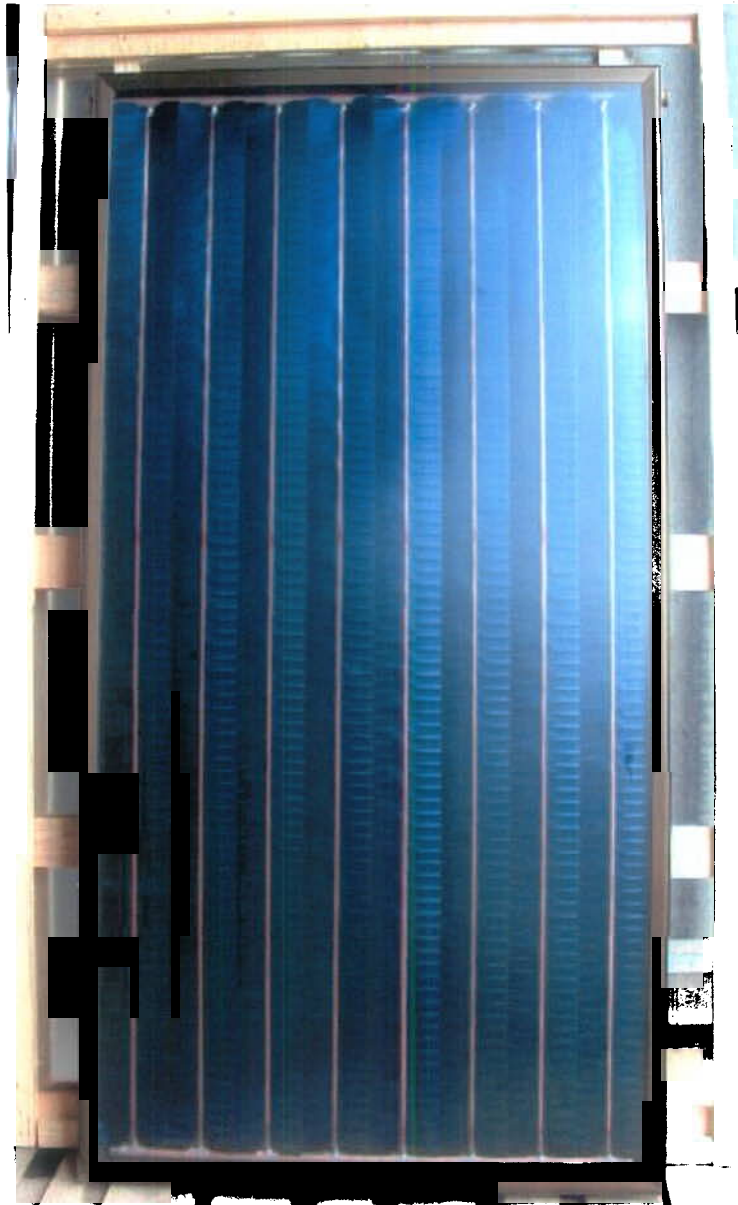
Projektleiter


DI (FH) Christian Buchbauer

Leiter der Geschäftsfeldes Erneuerbare Energie


DI Hubert Fechner

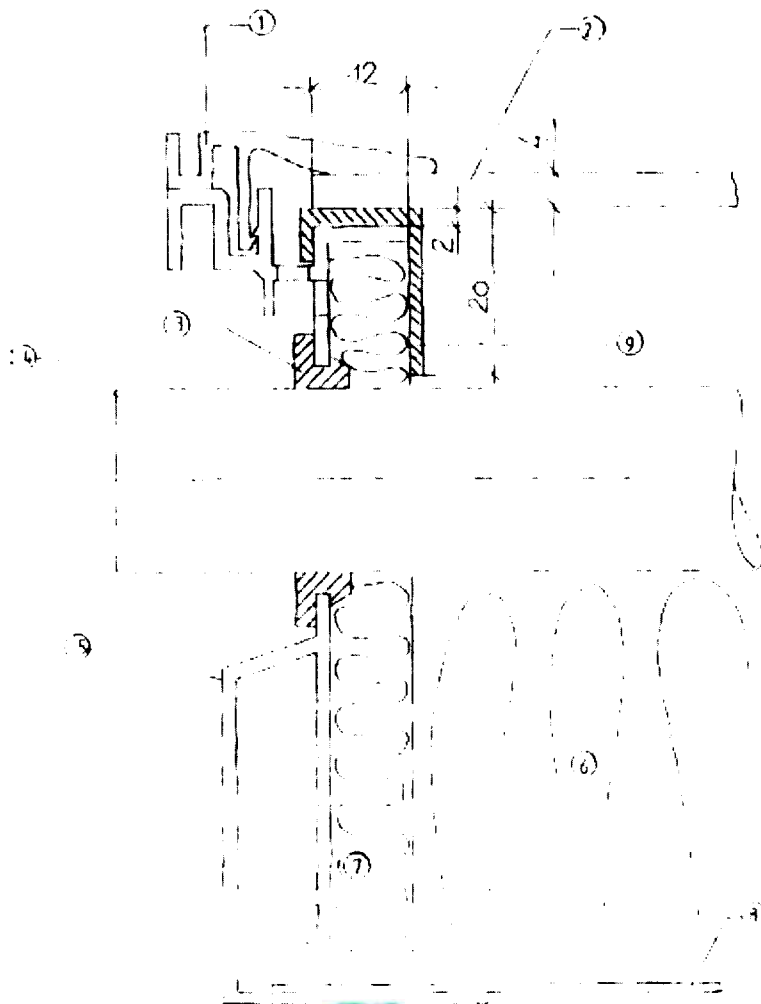
Fotografie des Kollektors



Schematische Darstellung des Sonnenkollektors (aus Unterlagen des Auftraggebers)

Stückliste RP 200 VF Neu 2,1 und 2,75

- 1 Klemmprofil Aluminium
- 2 Solarglas
- 3 Flanschplatte
- 4 Sammelrohr 22/0,8
- 5 Rahmenprofil Aluminium
- 6 Rückwandisolierung 50 mm
- 7 Randisolierung
- 8 Rückwandblech
- 9 EPDM Dichtprofil



Beiblatt zum Bericht der Kollektorprüfung

Dieses Beiblatt dient zur Information über die Durchführung von Kollektorprüfungen bei **arsenal research** sowie als Interpretationshilfe der vorliegenden Prüfergebnisse.

1 Verwendete Symbole

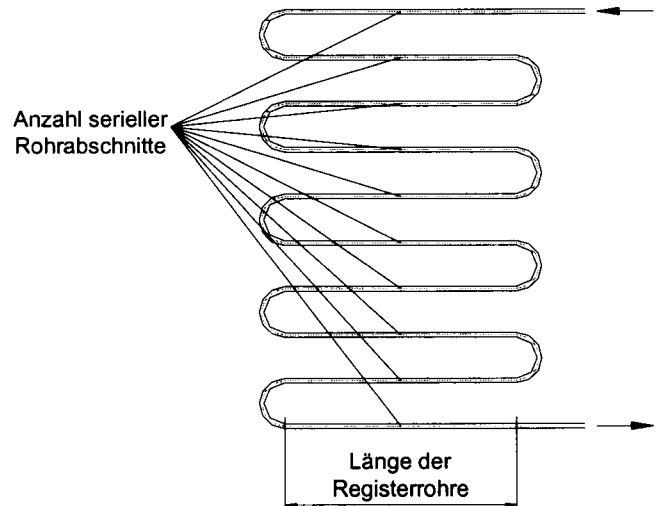
A_A	Absorberfläche des Kollektors [m^2]
A_a	Aperturfläche des Kollektors [m^2]
A_G	Bruttofläche des Kollektors [m^2]
a_1	linearer Wärmeverlustkoeffizient [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]
a_2	quadratischer Wärmeverlustkoeffizient [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-2}$]
C	effektive Wärmekapazität des gesamten Kollektors [JK^{-1}]
c_i	spezifische Wärmekapazität der Kollektorbauteile [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
c_f	mittlere spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]
G^*	globale Bestrahlungsstärke [Wm^{-2}]
K_θ	Winkelkorrekturfaktor bei Einstrahlwinkel θ [1]
\dot{m}	Massenstrom des Wärmeträgerfluids [kgs^{-1}]
m_i	Masse eines Kollektorbauteiles [kg]
p_i	Wichtungsfaktor zur Berechnung der effektiven Wärmekapazität
\dot{Q}_{Nutz}	Nutzleistung des Kollektors [W]
\dot{Q}_{zu}	zugeführte (eingestahlte) Leistung [W]
t_a	Umgebungslufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]
t_e	Kollektoraustrittstemperatur des Wärmeträgers [$^{\circ}\text{C}$]
t_i	Kollektoreintrittstemperatur des Wärmeträgers [$^{\circ}\text{C}$]
t_m	mittlere Temperatur des Wärmeträgers im Kollektor [$^{\circ}\text{C}$]
v	Umgebungsluftgeschwindigkeit [ms^{-1}]
η	Kollektorwirkungsgrad [1]
η_0	Konversionsfaktor (= Wirkungsgrad bei $t_m = t_a$) [1]

2 Beschreibung der Rohrverschaltung

Zum Verständnis der Angaben des Kollektordatenblatts werden einige Beispiele angeführt.

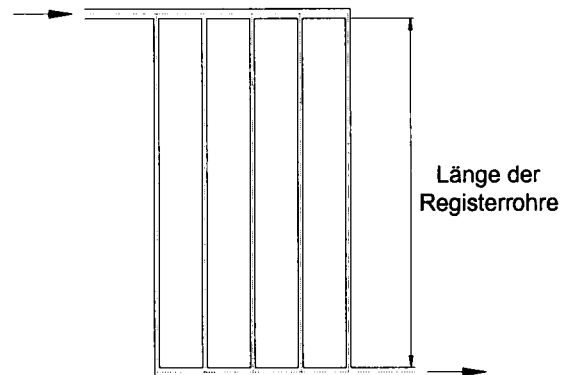
2.1 Mäanderverschaltung:

Verschaltung (Harfe od. Mäander)	Mäander
Anzahl parallel geschaltener Rohre	-
Anzahl serieller Rohrabschnitte	10

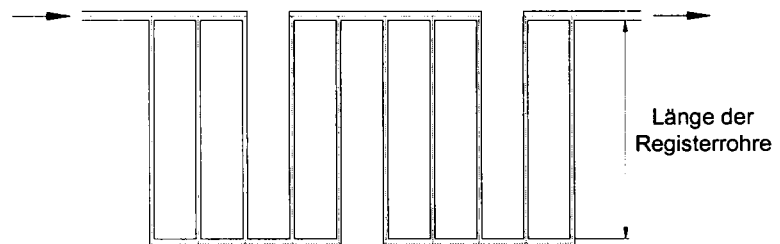


2.2 Harfenschaltung:

Verschaltung (Harfe od. Mäander)	Harfe
Anzahl parallel geschaltener Rohre	5
Anzahl serieller Rohrabschnitte	-



Verschaltung (Harfe od. Mäander)	Harfe
Anzahl parallel geschaltener Rohre	3-2-3-2
Anzahl serieller Rohrabschnitte	-



3 Leistungsprüfung des Kollektors

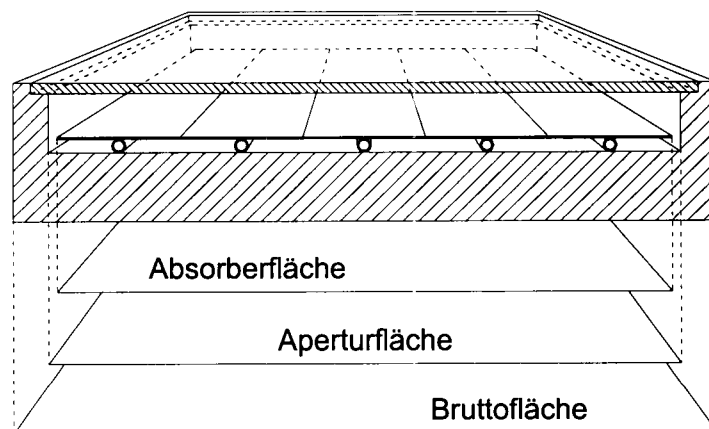
3.1 Bestimmung der Koeffizienten der Wirkungsgradgleichung

Der Momentanwirkungsgrad eines Kollektors stellt das Verhältnis der durch das Wärmeträgermedium abgeführten Leistung (=Nutzleistung) zu der zugeführten (eingestrahlenen) Leistung dar.

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{Nutz}}{\dot{Q}_{zu}}$$

Nutzleistung: $\dot{Q}_{Nutz} = \dot{m} \cdot c_f \cdot (t_e - t_i)$

Zur Bestimmung der zugeführten Leistung können unterschiedliche Flächen als Bezugsflächen herangezogen werden (siehe Abbildung):



- Als *Absorberfläche* A_A [m²] wird die Projektion der Fläche bezeichnet, die der Absorber des Kollektors samt jenen Rohren, auf die Strahlung trifft, einnimmt.
- *Apertur- oder Eintrittsfläche* A_a [m²] ist diejenige Fläche, durch die Strahlung in den Kollektorkasten fällt. Genauere Definitionen für Kollektoren verschiedenen Typs sind in der zuständigen Norm beschrieben.
- Die *Bruttofläche* A_G [m²] stellt die durch den Kollektor verbaute Fläche dar.

Je nach gewählter Bezugsfläche ergibt die Berechnung unterschiedliche Wirkungsgrade. Laut Prüfrelement wird der Wirkungsgrad auf die Absorber- und die Aperturfläche bezogen, da sie die größte Aussagekraft über die Leistungsfähigkeit eines Kollektors besitzen. Somit erhält man beispielsweise für die auf die Aperturfläche eingestrahlte Leistung:

$$\dot{Q}_{zu} = A_a \cdot G^*$$

Es ergibt sich als momentaner Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{Nutz}}{\dot{Q}_{zu}} = \frac{\dot{m} \cdot c_f \cdot (t_e - t_i)}{A_a \cdot G^*}$$

Die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von den Betriebs- und Umgebungsbedingungen kann bei Prüfung nach der stationären Prüfmethode mathematisch folgendermaßen dargestellt werden:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{t_m - t_a}{G^*} - a_2 \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G^*}$$

Um die Koeffizienten dieser Gleichung zu ermitteln, werden die Wirkungsgrade bei mindestens vier verschiedenen Betriebsbedingungen gemessen:

- bei $t_m \approx t_a$
- bei der maximalen Betriebstemperatur
- bei mindestens zwei (gleichmäßig über den Betriebsbereich verteilten) Temperaturen

Aus den gemessenen Daten werden mittels eines Regressionsverfahrens – nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate – die Koeffizienten η_0, a_1, a_2 bestimmt, die in der Auflistung der Prüfergebnisse zu ersehen sind. Bei verschiedenen Bezugsflächen ergeben sich – analog zu den Wirkungsgraden – unterschiedliche Koeffizienten.

3.2 Kollektorleistung

Aus den ermittelten Kennwerten werden laut Norm die Werte für die Kollektorleistung bei verschiedenen $(t_m - t_a)$ -Werten und Bestrahlungsstärken errechnet, um die Leistungsfähigkeit des Kollektors anhand von Absolutwerten zu veranschaulichen.

3.3 Kennwerte und Wirkungsgradkennlinie für $G^*_{\text{Norm}} = 800 \text{ Wm}^{-2}$

Diese Kennwerte dienen dem direkten Vergleich zwischen der Effizienz unterschiedlicher Produkte. An ihnen kann die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Kollektors, die eingestrahlte Leistung in Nutzleistung umzusetzen, unmittelbar abgelesen werden. Zur Anschaulichkeit wird hierbei ebenfalls eine graphische Darstellung in Form der sog. Wirkungsgradkennlinie gewählt.

Ein für Vergleichszwecke geeigneter Wert ist der Wirkungsgrad bei $\frac{(t_m - t_a)}{G^*} = 0,05$. Er spiegelt einen Betriebszustand wider, bei dem die Betriebstemperatur 40 K über der Umgebungstemperatur und die Bestrahlungsstärke bei G^*_{Norm} liegt.

3.4 Winkelkorrekturfaktor

Der Winkelkorrekturfaktor lässt die Leistungsfähigkeit eines Kollektors bei veränderlichem Neigungswinkel erkennen. Er zeigt die Abminderung des Wirkungsgrades bei geneigter Einstrahlung relativ zu dem Wirkungsgrad bei senkrechter Einstrahlung.

$$K_\theta = \frac{\eta_0(\theta)}{\eta_0(0^\circ)}$$

Laut Norm wird der Winkelkorrekturfaktor für einen Einfallswinkel von 50° zur Normalen auf die Kollektorebene ermittelt (K_{50°).

3.5 Prüfbedingungen

Neigungswinkel des Kollektors	45° zur Horizontalen
Wärmeträger	Wasser
Druck im hydraulischen Kreislauf	3 [bar]

3.6 Angewendetes Verfahren

Innenprüfverfahren mittels Sonnensimulatorbestrahlung:

Die Bestrahlungseinrichtung besteht aus Metallhalogenidlampen. Zur Abschirmung der mittleren und fernen IR-Strahlung ($\lambda > 3\mu m$) dient eine luftgekühlte Doppelscheibe aus Solarglas. Durch die Kühlung wird dabei die Temperatur der dem Kollektor zugewandten Seite auf Temperaturen knapp unter der Umgebungslufttemperatur gehalten.

4 Druckabfallbestimmung

Es wird bei variierender Durchflußmengen die Druckdifferenz (=Druckabfall) zwischen Kollektoreintritt und –austritt bestimmt. Aus diesen Meßwerten werden wiederum mittels Regressionsanalyse eine Ausgleichskurve und die zugehörige Funktion ermittelt, mit deren Hilfe für jede beliebige Durchflussmenge der zu erwartende Druckabfall berechnet werden kann.

Prüfmedium ist ebenfalls Wasser. Der Massenstrom wird aus dem gemessenen Volumenstrom und der durch die Mediumstemperatur bestimmbare Dichte ermittelt.

5 Bestimmung der effektiven Wärmekapazität des Kollektors

Die effektive Wärmekapazität des gesamten Kollektors wird nach ÖNORM EN 12975-2: 2002-12, Anhang J3 gemessen.

6 Meßtechnik

6.1 Meßgeräte

- 1 Stk Pyranometer, Nr. 930113, I02; kalibriert
- 1 Stk Pyranometer, Nr. 930114, I03; kalibriert
- 2 Stk Sensor zur Umgebungstemperaturmessung I05 u. I06; kalibriert
- 1 Stk Durchflußmesser kalibriert, bestehend aus:
 - Meßwertaufnehmer, Fabr Nr.: A94 52 295, I04
 - Meßumformer, Fabr Nr.: A94 52 295;
- 3 Stk. Sensor zur Temperaturmessung des Wärmeträgermediums I07, I08 u. I09; kalibriert
- 4 Stk. Sensor zur Temperaturmessung der IR-Filter, I14 (1 bis 4); kalibriert
- 1 Stk. Differenzdruckaufnehmer, Nr.102337, I19; kalibriert
- 1 Stk. Differenzdruckaufnehmer, Nr.100358, I20; kalibriert
- 8 Stk. Stromwandler, I23 (1 bis 8), kalibriert
- Flügelradanemometer, Nr.: 35027, kalibriert

6.2 Meßwerterfassung

- 1 Stk. Digital Meter/Logger, Seriennummer: 6101307, I17; kalibriert
- Data Acquisition Unit, Seriennummer: US37006760, I16; kalibriert
- PCI-GPIB Interface Card
- IEEE-Bussystem und Datenverarbeitung mittels PC Nr: ARS 230, S.Nr:02029913