

Bericht

Bezeichnung des Projektes

Bestimmung von
Wirkungsgrad, Wärmekapazität, Einstrahlwinkel-
korrekturfaktor, Druckabfall und Zeitkonstante eines
abgedeckten Sonnenkollektors (im Neuzustand)
nach ÖNORM M 7714

Auftraggeber

RIPOSOL SOLARTECHNIK Ges. m. b. H.
A-9330 Althofen, Industriepark 12

Auftrag vom / Zahl

26.11.1998

Projekt Nr.

E4116/1

Sachbearbeiter

Antonio Montilla

Ausstellungsdatum	20. Jänner 1999
Ausfertigungen: Anzahl/Nr.	3 / BE
Anzahl der Seiten	8
Anzahl der Beilagen im Blatt	7

Das (Die) Prüfergebnis(se) bezieht(en) sich ausschließlich auf den (die) Prüfgegenstand(stände).

Im Falle einer Vervielfältigung oder Veröffentlichung dieser Ausfertigung darf der Inhalt nur wort- und formgetreu und ohne Auslassung oder Zusatz wiedergegeben werden.

Die auszugsweise Vervielfältigung oder Veröffentlichung bedarf der schriftlichen Zustimmung des Forschungszentrums.

Bereich Energie

1. ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Riposol Solartechnik		RP 200 V (Tinox)	
Auftraggeber		Riposol Solartechnik Ges.m.b.H.	
Anschrift		A-9330 Althofen – Industriepark 12	
Telefon		04262/37855	
Fax		04262/37855 DW 13	
Prüfbericht Nr. - Ausstellungsdatum		E4116/1 vom 20.01.1999	
Bruttofläche		4.2016 m ²	
Eintrittsfläche		3.7655 m ²	
Absorberfläche		3.6966 m ²	
Wirkungsgradgleichung: $\eta_k = a_0 - a_1(\vartheta_k - \vartheta_u)/M_e - a_2(\vartheta_k - \vartheta_u)^2/M_e$			
Daten bezogen auf:		Eintrittsfläche	Absorberfläche
Konversionsfaktor des Kollektors $\eta_{k0} = a_0$		0.789	0.804
Linearer Wärmeverlustkoeffizient a_1		3.72 Wm ⁻² K ⁻¹	3.78 Wm ⁻² K ⁻¹
Quadratischer Wärmeverlustkoeffizient a_2		0.0144 Wm ⁻² K ⁻²	0.0143 Wm ⁻² K ⁻²
Wirkungsgrad η_k bei $(\vartheta_k - \vartheta_u)/M_e = 0.05$ (entspricht bei Einstrahlungsintensität von $M_e = 800\text{W/m}^2$ einem $\vartheta_k - \vartheta_u$ von 40K)		0.575	0.586
Modul Norm-Leistung ($M_e = 800\text{W/m}^2$; $\vartheta_k - \vartheta_u = 40\text{K}$)		1735 W	
Einstrahlwinkel-Korrekturfaktor: K(50°)		0.95	
Gesamtwärmekapazität		$c_G = 24.3 \text{ kJK}^{-1}$	
Zeitkonstante (siehe Beilage 6 und 7)		57.5 s	

Die Stillstandsprüfung wurde bestanden. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den geprüften und von uns gekennzeichneten Kollektor.

Sachbearbeiter



Antonio Montilla

Projektleiter



Dipl.-Ing. Alexander Storch

Bereichsleiter



Dipl.-Ing. Hubert Fechner

**Bestimmung von Wirkungsgrad, Wärmekapazität, Einfallswinkel-
korrekturfaktor, Druckabfall und Zeitkonstante
nach ÖNORM M 7714 (im Neuzustand des Kollektors)**

Prüfstelle:

ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGS- UND PRÜFZENTRUM ARSENAL Ges.m.b.H

Prüfnummer: E4116/1

Antragsteller: Riposol Solartechnik Ges.m.b.H.

Eingang des Prüfgegenstandes: 03.12.1998

Prüfung im Zeitraum vom 04.12.1998 bis 20.01.1999

Meßgeräte:

Pyranometer Fabr. Kipp & Zonen Type CM21 Gerät Nr. 930 113, kalibriert

2 Stk. Pt-100 zur Umgebungs-Temperaturerfassung

Magnetisch - induktiver Durchflußmesser KROHNE ALTOFLUX, kalibriert, bestehend aus:

Meßwertempfänger IFS 5000 Fabr Nr.: A94 52 295

Meßumformer IFC 080K Fabr Nr.: A94 52 295

1 Stk. Pt 100 zur Temperaturmessung des Wärmeträgers bei der Volumenmessung, kalibriert

2 Stk. Pt-100 zur Temperaturmessung des Wärmeträgermediums bei Ein- und Austritt, kalibriert

4 Stk. Pt-100 zur Temperaturmessung der Acrylglasplatte ("Himmelstemperatur"), kalibriert

1 Stk. Differenzdruckempfänger, Hottinger (0.1 bar) Nr.3D, kalibriert

1 Stk. HBM 5kHz-TF-Meßverstärker

Flügelradanemometer Schiltknecht Mini-Air 2 Nr.: 35027, kalibriert, mit Flügelradsonde Nr.: 642.24

Meßwerterfassung:

Keithley 7001 Switch System Nr.:516038

Keithley DMM 196 Nr.:514409, kalibriert

PC 486/33 MHz Tower, 8 MB RAM, 130+420 MB HD

IEEE-Bussystem

Datenverarbeitung mittels HP-Instrument Basic

2. ALLGEMEINE ANGABEN ÜBER DEN GEPRÜFTEN KOLLEKTOR

Auftraggeber: Riposol Solartechnik Ges.m.b.H.

Hersteller des Kollektors: Riposol Solartechnik Ges.m.b.H., A-9330 Althofen, Industriepark 12

Type des Kollektors: RP 200 V (Tinox)

Gesamtabmessungen (ohne Anschlußstutzen): 2020 mm*2080 mm*115 mm

Gesamtmasse des Kollektors ohne Wärmeträger: 100 kg

Gesamtfüllvolumen des Kollektors: 3.9 l

Art der Abdeckung: 4 mm ESG-Solarglas prismiert, $\tau \approx 0,90$ (Auftraggeberangabe)

Absorberaufbau: Harfe, 16 parallele Registerrohre, $\varnothing 22 \times 1$ mm Sammelrohre, Cu-Blech 0.2 mm, Absorberrohre Cu $\varnothing 10 \times 0.8 \times 1750$ mm

Absorberbeschichtung: Tinox,

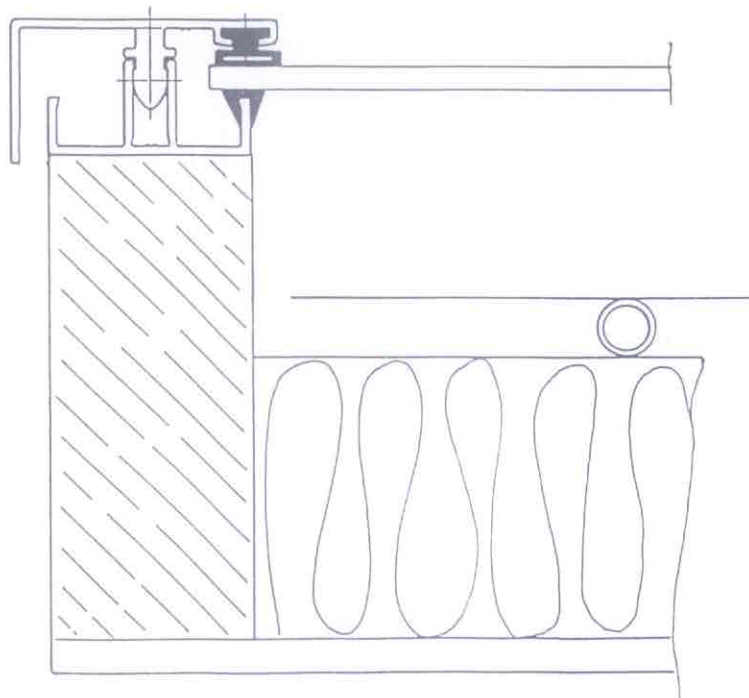
Absorptionskoeffizient $\alpha=0.91$, Emissionskoeffizient $\epsilon = \max. 0.05$ (Angaben des Auftraggebers)

Kollektor-Wärmedämmung: Steinwolle, Dicke 50 mm mit Glasvlies kaschiert, 50 kgm^{-3}

Vom Hersteller empfohlener Wärmeträger: Propylenglykol (40%) : Wasser (60%)

Druckabfall des Kollektors bei Massenstrom von $72 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (271.11 kg h^{-1}): 2.54 mbar

Abbildung des Kollektors (aus Unterlagen des Auftraggebers)



3. SYMBOLE UND EINHEITEN

A_e	Eintrittsfläche	in m^2
A_a	Absorberfläche	in m^2
A_b	Bruttofläche	in m^2
a_1	Koeffizient der Ausgleichsparabel	in $Wm^{-2}K^{-1}$
a_2	Koeffizient der Ausgleichsparabel	in $Wm^{-2}K^{-2}$
c_F	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers (Fluid)	in $Jkg^{-1}K^{-1}$
c_G	effektive Wärmekapazität des gesamten Kollektors	in JK^{-1}
k_{eff}	effektiver Wärmeverlustkoeffizient	in $Wm^{-2}K^{-1}$
k_{eff0}	Anfangswert des Wärmeverlustkoeffizienten k_{eff}	in $Wm^{-2}K^{-1}$
M_e	Einstrahlungsintensität auf die Kollektor-Eintrittsfläche	in Wm^{-2}
\dot{m}	Massenfluß des Wärmeträgers	in kgs^{-1}
m_A	Masse des Absorbers	in kg
m_F	Masse des Wärmeträgers im Kollektor	in kg
m_Z	Masse der Zwischenbauteile	in kg
P_v	Wärmeverlustleistung des Kollektors	in W
P_n	Nutzleistung des Kollektors	in W
p_v	spezifische Wärmeverlustleistung des Kollektors	in Wm^{-2}
Δp	Druckabfall im Kollektor	in $mbar$
R^2	Bestimmtheitsmaß, Güte der Regression	
t_1, t_2	Anfangs- und Endzeitpunkt des Meßintervalls	in s
\dot{V}	Volumenstrom des Wärmeträgers	in m^3s^{-1}
w	Luftgeschwindigkeit	in ms^{-1}
ϑ_a	Kollektor-Austrittstemperatur	in $^{\circ}C$
ϑ_e	Kollektor-Eintrittstemperatur	in $^{\circ}C$
ϑ_u	Umgebungs-Lufttemperatur	in $^{\circ}C$
ϑ_K	mittlere Kolleortemperatur	in $^{\circ}C$
ϑ_v	Wärmeträgertemperatur im Mengenmeßgerät	in $^{\circ}C$
η_K	Wirkungsgrad des Kollektors	
η_{K0}	Konversionsfaktor	
ρ	Dichte des Wärmeträgers bei ϑ_v	in kgm^{-3}

4. STILLSTANDSBEDINGUNG

Der Kollektor wurde für die Dauer von 5 Stunden im ungefüllten Zustand einer Bestrahlungsstärke von $819,6 \text{ Wm}^{-2}$ ausgesetzt. Bei der anschließenden visuellen Kontrolle wurden keinerlei Veränderungen festgestellt.

5. BESTIMMUNG DER WIRKUNGSGRADCHARAKTERISTIK

5.1 Angewendetes Verfahren:

Innenprüfverfahren mittels Sonnensimulatorbestrahlung

Die Bestrahlungseinrichtung besteht aus 45 Metalldampf-Entladungslampen Fabrikat Thorn, Type CSI 1000.

Zur Abschirmung des längerwelligen IR-Strahlungsanteiles ($\lambda > 3 \mu\text{m}$) dient eine Acrylglasplatte. Durch eine Kühleinrichtung wird die Temperatur der dem Kollektor zugewandten Seite des Acrylglases auf Temperaturen knapp unter der Umgebungslufttemperatur gehalten.

5.2 Erforderliche Kollektordaten:

Kollektor-Eintrittsfläche A_e : 3.7655 m^2

Verwendeter Wärmeträger: Wasser

5.3 Meßwerte und Auswertung:

4.3.1 Berechnungsformeln:

Massenstrom des Wärmeträgers:

$$\dot{m} = \dot{V} \rho$$

mittlere Kollektortemperatur:

$$\vartheta_k = \frac{\vartheta_e + \vartheta_a}{2}$$

Nutzleistung:

$$P_n = \dot{m} \int_{\vartheta_e}^{\vartheta_a} c_p(\vartheta) d\vartheta \approx \dot{m} \bar{c}_p (\vartheta_a - \vartheta_e)$$

Wärmeverlustleistung:

$$P_v = k A_e (\vartheta_k - \vartheta_u)$$

Der Wirkungsgrad wird im stationären Zustand bestimmt und ist definiert als das Verhältnis der Nutzleistung P_n unter stationären Betriebsbedingungen zur einfallenden Strahlungsleistung $A_e \cdot M_e$

$$\eta_k = \frac{P_n}{M_e \cdot A_e}$$

Die funktionale Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der meteorologischen Meßgröße und den systemtechnischen Betriebsgrößen kann durch folgende mathematische Beziehung dargestellt werden:

$$\eta_k = \eta_{k0} - a_1 \cdot \frac{\Delta \vartheta}{M_e} - a_2 \cdot \frac{(\Delta \vartheta)^2}{M_e}$$

$$\text{mit: } \Delta \vartheta = \frac{1}{2} \cdot (\vartheta_e + \vartheta_a) - \vartheta_u$$

Die Koeffizienten a_0 ($=\eta_{k0}$), a_1 und a_2 haben folgende Bedeutung:

η_{k0} ...Wirkungsgrad bei $\vartheta_k = \vartheta_u$

Die Koeffizienten a_1 und a_2 beschreiben den Wärmeverlust des Kollektors.

Zur Bestimmung eines effektiven, temperaturabhängigen Wärmeverlustkoeffizienten wird folgende Gleichung herangezogen:

$$k_{eff} = a_1 + a_2 \cdot \Delta \vartheta$$

Ergebnisse aus den Messungen: siehe Beilage 1

5.4. Bestimmung der Wirkungsgradkurve:

Eine quadratische Ausgleichsparabel ist durch die einzelnen Meßpunkte, nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate, zu bestimmen:

für eine Einstrahlung von 800 Wm^{-2} ergeben sich die folgenden Koeffizienten:

$$a_0 = 0.789$$

$$a_1 = 3.72$$

$$a_2 = 0.0144$$

Das Bestimmtheitsmaß R^2 : 0.9999

Konversionsfaktor des Kollektors η_{k0} ($=a_0$): 0.789

Wärmeverlustkoeffizient des Kollektors bei $\vartheta_k = \vartheta_u$, k_{eff0} ($=a_1$): $3.72 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Wirkungsgradkurve aus den gemessenen Werten (siehe Beilage 2)

Wirkungsgradkurve für eine Bestrahlungsstärke von 800 Wm^{-2} (siehe Beilage 3)

Umrechnung auf andere Bezugsflächen:

<u>Kollektor-Bruttofläche</u> A_b	Konversionsfaktor: η_{k0b} Wärmeverlustkoeffizient: $k_{eff0} = a_1$ Koeffizient a_2	$\eta_{k0b} = (A_e/A_b) \cdot \eta_{k0e}$ $k_{eff0b} = (A_e/A_b) \cdot k_{eff0e}$ $a_{2b} = (A_e/A_b) \cdot a_{2e}$
<u>Kollektor-Absorberfläche</u> A_a	Konversionsfaktor: η_{k0a} Wärmeverlustkoeffizient: $k_{eff0} = a_1$ Koeffizient a_2	$\eta_{k0a} = (A_e/A_a) \cdot \eta_{k0e}$ $k_{eff0a} = (A_e/A_a) \cdot k_{eff0e}$ $a_{2a} = (A_e/A_a) \cdot a_{2e}$

Für die Absorberfläche $A_a = 3.6966 \text{ m}^2$ als Bezugsfläche bei einer Einstrahlung von 800 Wm^{-2} ergeben sich die Koeffizienten:

$$a_0 = 0.804; a_1 = 3.78; a_2 = 0.0143$$

5.5. EINSTRAHLWINKEL-Korrekturfaktor:

Da in der zukünftigen CE-Norm ausschließlich der Wert von 50° vorgesehen ist, wurde (abweichend von der dzt. gültigen ÖNORM) dieser Korrekturfaktor bestimmt.

$$K(50^\circ) = \eta_{k0}(50^\circ) / \eta_{k0}(0^\circ) = 0.95$$

6. BESTIMMUNG DER KOLLEKTORKAPAZITÄT

Die thermische Kapazität des Kollektors (in JK^{-1}) wurde als Summe der Wärmekapazitäten der Bauelemente des Kollektors ermittelt.

Berechnungsformel:

$$c_G = \sum_i p_i m_i c_i$$

Wichtungsfaktoren p_i nach ÖNORM M 7714.

Die Gesamtkapazität beträgt: $c_G = 24.3 \text{ kJK}^{-1}$

7. BESTIMMUNG DES DRUCKABFALLES

folgende Meßgrößen wurden ermittelt: (Kennlinienverlauf: siehe Beilage 4)

- die Temperatur des Wärmeträgers am Eintritt in den Kollektor
- der Massenstrom des Wärmeträgers durch den Kollektor
- der Druckabfall des Wärmeträgers im Kollektor.

Messung Nr.	Temperatur Wärmeträger [°C]	Massenstrom [kgs ⁻¹]	Massenstrom [kgh ⁻¹]	Druckabfall [mbar]
1	20.5	0.01423	51.23	0,34
2	20.5	0.02094	75.40	0,54
3	20.5	0.02907	104.64	0,74
4	20.4	0.04243	152.76	0,98
5	20.4	0.05665	203.95	1,49
6	20.3	0.07532	271.17	2,54
7	20.1	0.08317	299.41	3,08
8	20.0	0.09610	345.98	4,06
9	19.9	0.11277	405.98	5,78
10	19.9	0.12160	437.76	6,47

Meßwerttabelle

RP 200 V (TINOX)

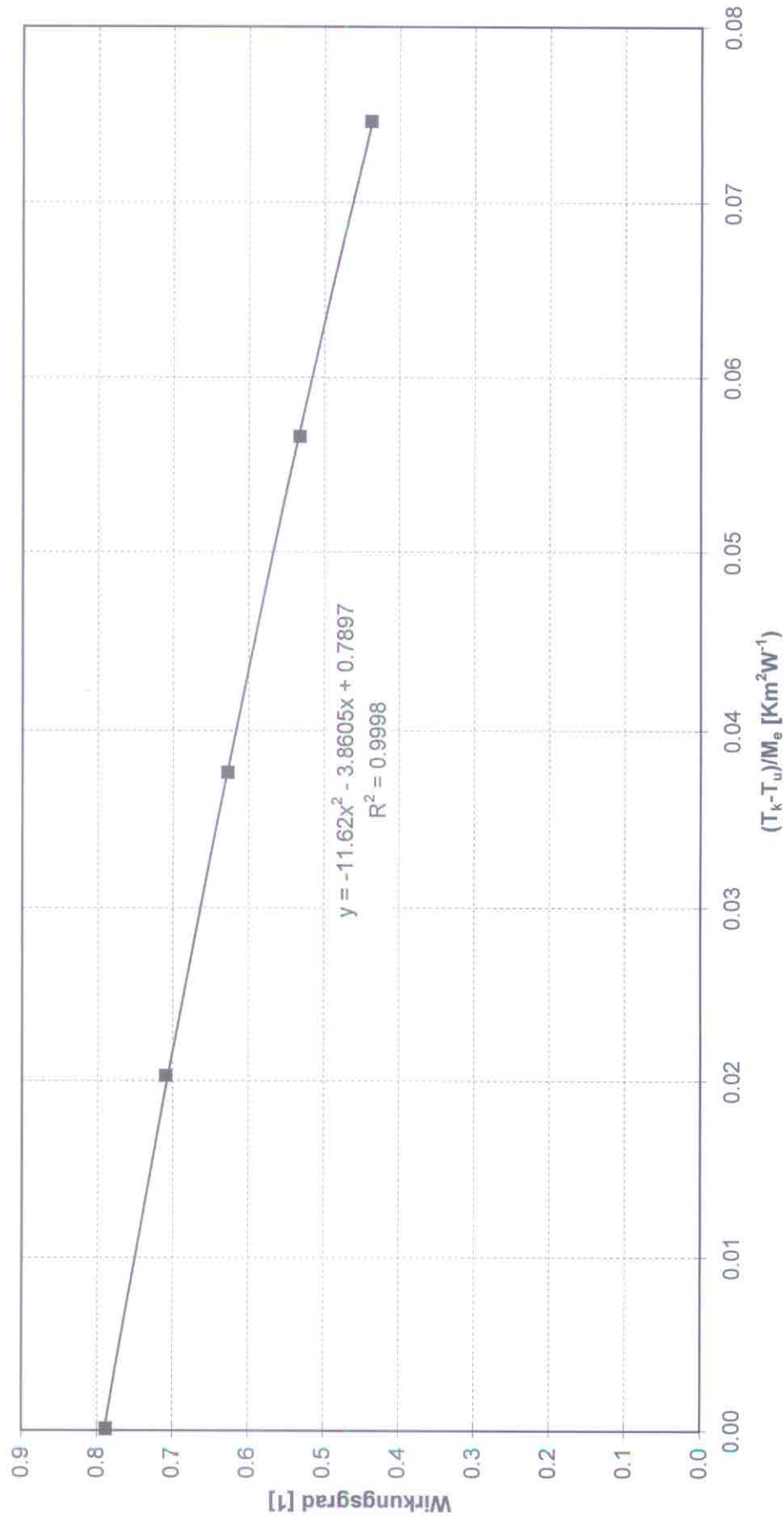
Fa. Riposol Solartechnik Ges.m.b.H.

Messung Nr		Mittelwerte über die jeweilige Meßdauer													
Dauer der Messung	Luftgeschwindigkeit	Einstrahlungsintensität (global)	Umgebungsluft-Temperatur	Kollektor-Eintritts-Temperatur	Kollektor-Austritts-Temperatur	Temperatur-Wärmeträger bei Mengemessung	Volumenstrom des Wärmeträgers	Dichte des Wärmeträgers	Massenstrom des Wärmeträgers	spez. Wärmekapazität des Wärmeträgers bei mittlerer Kollektortemperatur	Mittlere Kollektor-Temperatur	Temperaturdifferenz Kollektor-Umgebungsluft	Kollektor-Wirkungsgrad Bezug: Eintrittsfläche	Kollektornutzleistung	
$t_2 - t_1$	w	M_e	ϑ_u	ϑ_e	ϑ_a	ϑ_v	\dot{V}	ρ	\dot{m}	c_F	ϑ_k	$\vartheta_k - \vartheta_u$	η_k	P_n	
s	ms^{-1}	Wm^{-2}	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$m^3s^{-1} \cdot 10^{-6}$	kgm^{-3}	kgs^{-1}	$Jkg^{-1}K^{-1}$	$^{\circ}C$	K	$[1]$	W	
1	900	3	821.9	21.4	17.5	25.2	17.4	271.6	998.8	0.0754	4181	21.40	0.01	0.7884	2440
2	900	3	825.3	21.6	17.6	25.3	17.5	271.7	998.8	0.0754	4181	21.50	-0.19	0.7878	2448
3	900	3	819.7	21.9	17.9	25.7	17.8	271.8	998.7	0.0754	4181	21.70	-0.12	0.7888	2435
4	900	3	823.7	21.8	17.9	25.6	17.8	271.8	998.7	0.0754	4181	21.80	-0.05	0.7877	2443
5	900	3	816	22.4	35.4	42.4	35.5	270.6	994	0.0747	4179	38.90	16.52	0.7083	2176
6	900	3	816.9	22.4	35.5	42.5	35.7	270.6	993.9	0.0747	4179	39.10	16.63	0.7106	2186
7	900	3	818.76	22.4	35.5	42.5	35.6	270.5	994	0.0747	4179	39.10	16.63	0.7099	2189
8	900	3	817.37	22.5	35.6	42.6	35.7	270.4	993.9	0.0747	4179	39.10	16.62	0.7075	2178
9	900	3	822.6	22.7	50.7	57	51.1	270.7	987.6	0.0743	4183	53.80	31.17	0.6302	1952
10	900	3	825.6	22.8	50.7	57	51.1	270.7	987.6	0.0743	4183	53.80	31.12	0.6283	1953
11	900	3	826.3	22.8	50.8	57	51.1	270.5	987.6	0.0742	4183	54.00	31.05	0.6250	1945
12	900	3	831.4	22.8	50.7	57	51	270.6	987.6	0.0742	4183	53.90	31.02	0.6253	1958
13	900	3	824.9	21.6	65.7	71.1	66.4	269.8	979.7	0.0734	4189	68.40	46.76	0.5332	1656
14	900	3	825.4	21.7	65.8	71.2	66.4	269.7	979.7	0.0734	4189	68.40	46.77	0.5330	1657
15	900	3	822.1	21.8	65.7	71.1	66.4	269.6	979.7	0.0734	4189	68.50	46.62	0.5450	1643
16	900	3	822	22	65.8	71.1	66.4	269.4	979.7	0.0733	4189	68.40	46.44	0.5310	1644
17	900	3	824.5	22.4	81.5	86	82.6	270.1	970	0.0728	4200	83.80	61.31	0.4367	1356
18	900	3	820.5	22.5	81.6	86	82.6	270.1	970	0.0728	4200	83.80	61.24	0.4360	1345
19	900	3	820.4	22.4	81.5	86	82.6	270.0	970	0.0727	4200	83.70	61.35	0.4370	1350
20	900	3	820.2	22.4	81.5	86	82.6	269.9	970	0.0727	4200	83.80	61.38	0.4407	1361

WIRKUNGSGRADKENNLINIE

Typ: Indachkollektor RP 200 V (Tinox); Fa. Riposol Solartechnik
Einstrahlungsintensität $M_e = 819.6 \text{ Wm}^{-2}$; Bezug: Eintrittsfläche 3.7655 m^2
Massenstrom 270.8 kg h^{-1} , Umgebungsluftgeschwindigkeit $3+/-1 \text{ ms}^{-1}$

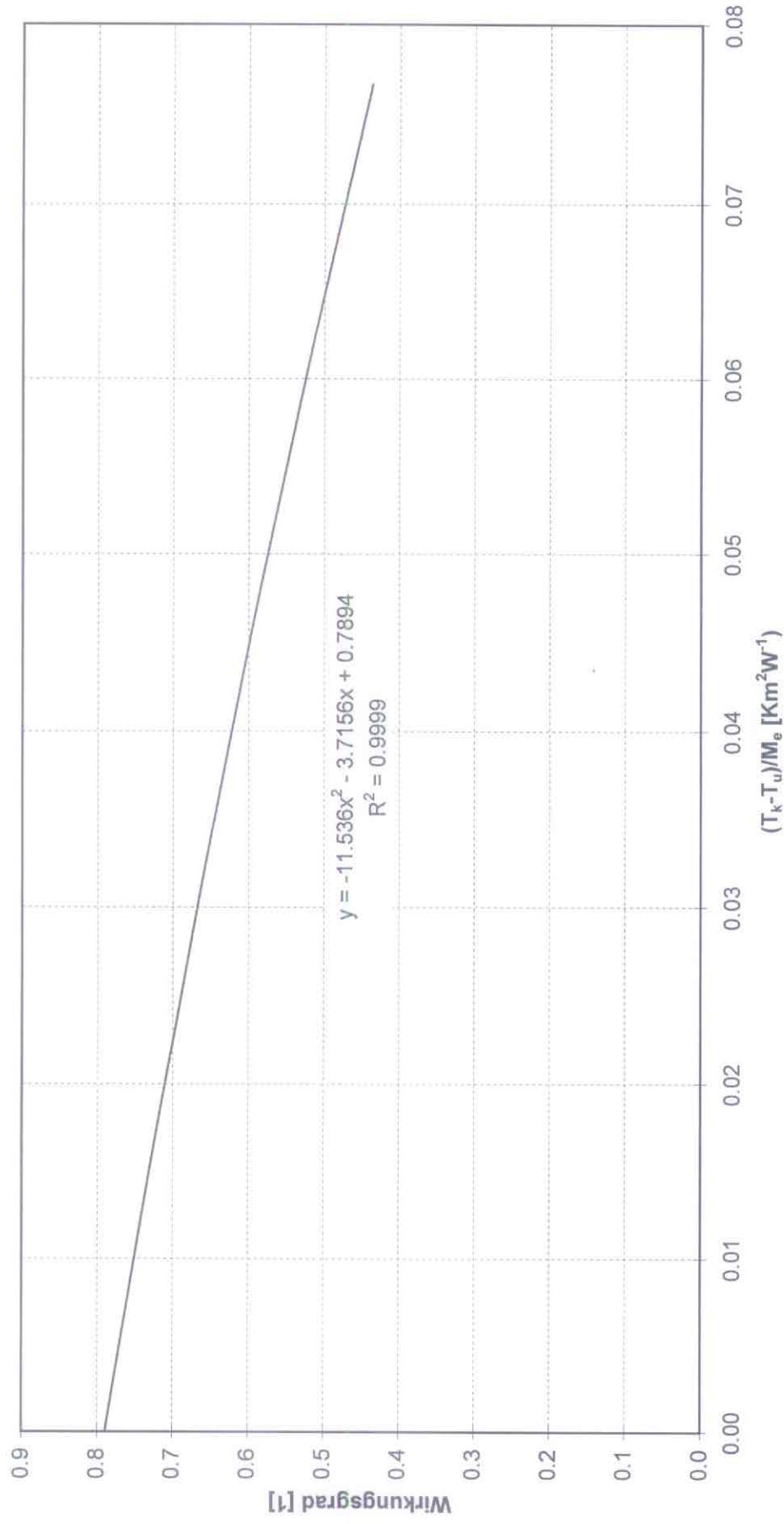
arsenal
research



WIRKUNGSGRADKENNLINIE

arsenal
research

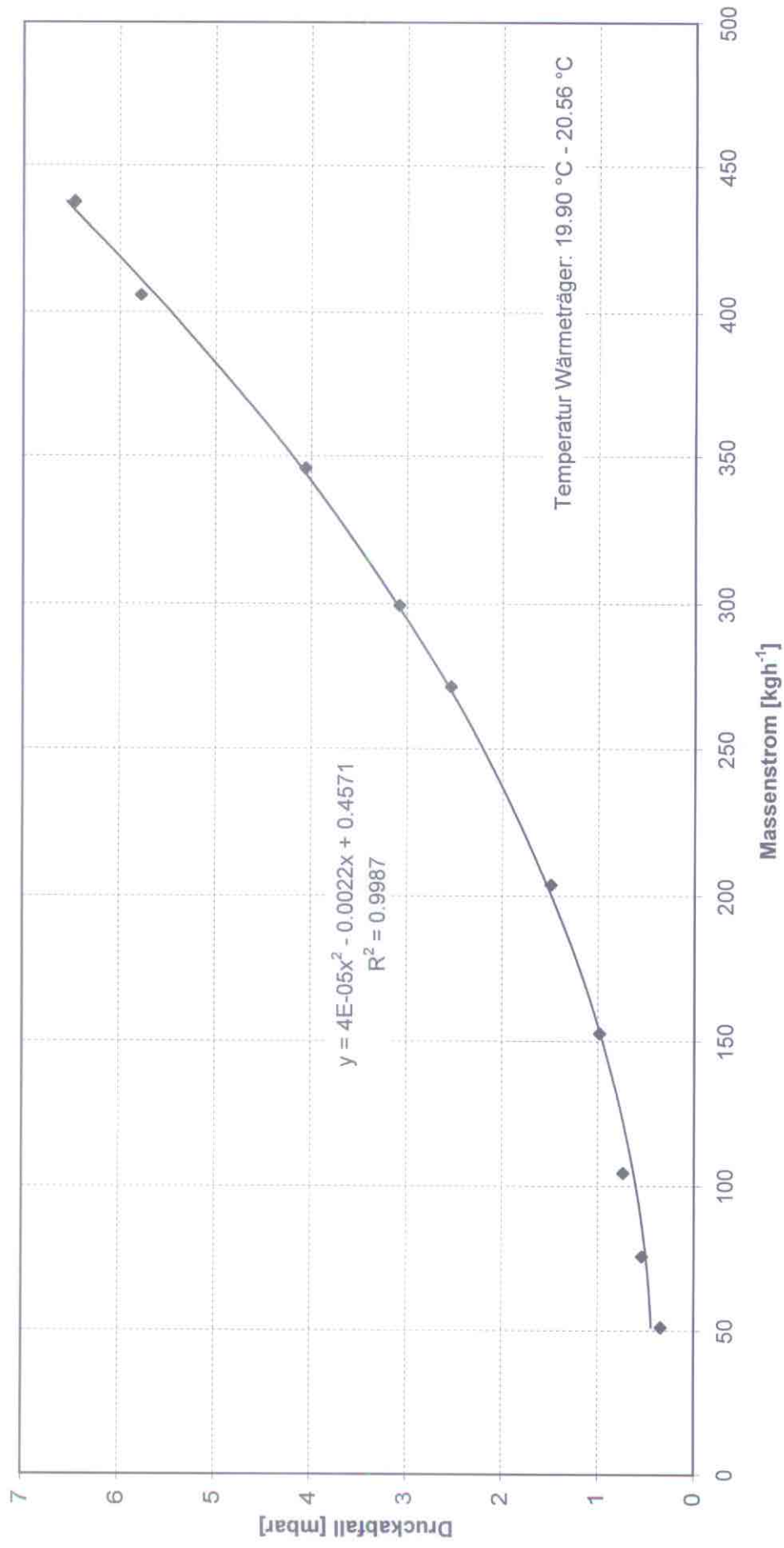
Typ: Indachkollektor RP 200 V (Tinox); Fa. Riposol Solartechnik
Einstrahlungsintensität $M_e = 800 \text{ Wm}^{-2}$; Bezug: Eintrittsfläche 3.7655 m^2
Massenstrom 270.8 kgh^{-1} , Umgebungsluftgeschwindigkeit $3+/-1 \text{ ms}^{-1}$



Druckabfall

Fa. Riposol Solartechnik
Indachkollektor RP 200 V (Tinox)

arsenal
research



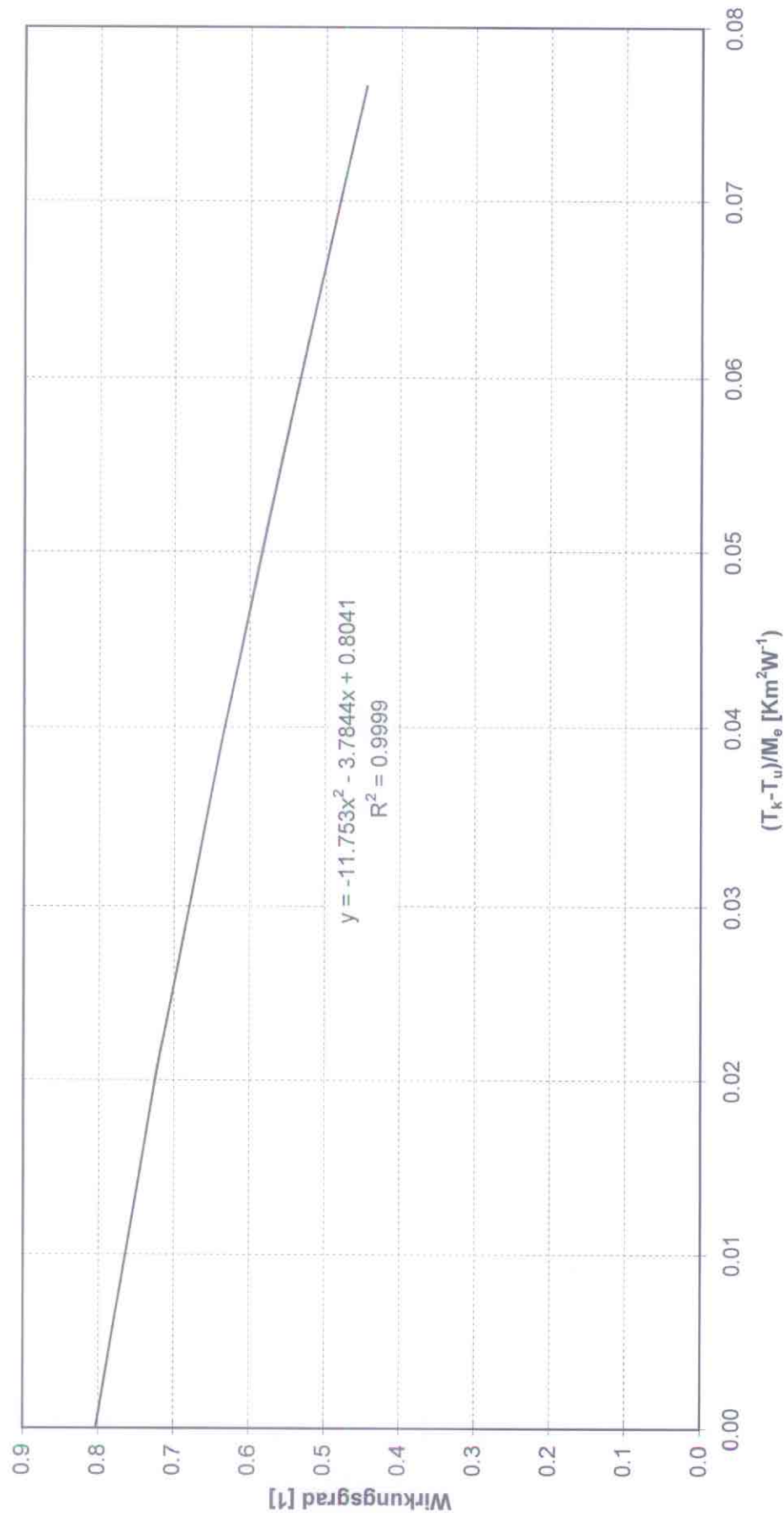
WIRKUNGSGRADKENNLINIE

Typ: Indachkollektor RP 200 V (Tinox); Fa. Riposol Solartechnik

Einstrahlungsintensität $M_e = 800 \text{ Wm}^{-2}$; Bezug: Absorberfläche 3.6966 m^2

Massenstrom 270.8 kg h^{-1} , Umgebungsluftgeschwindigkeit $3+/-1 \text{ ms}^{-1}$

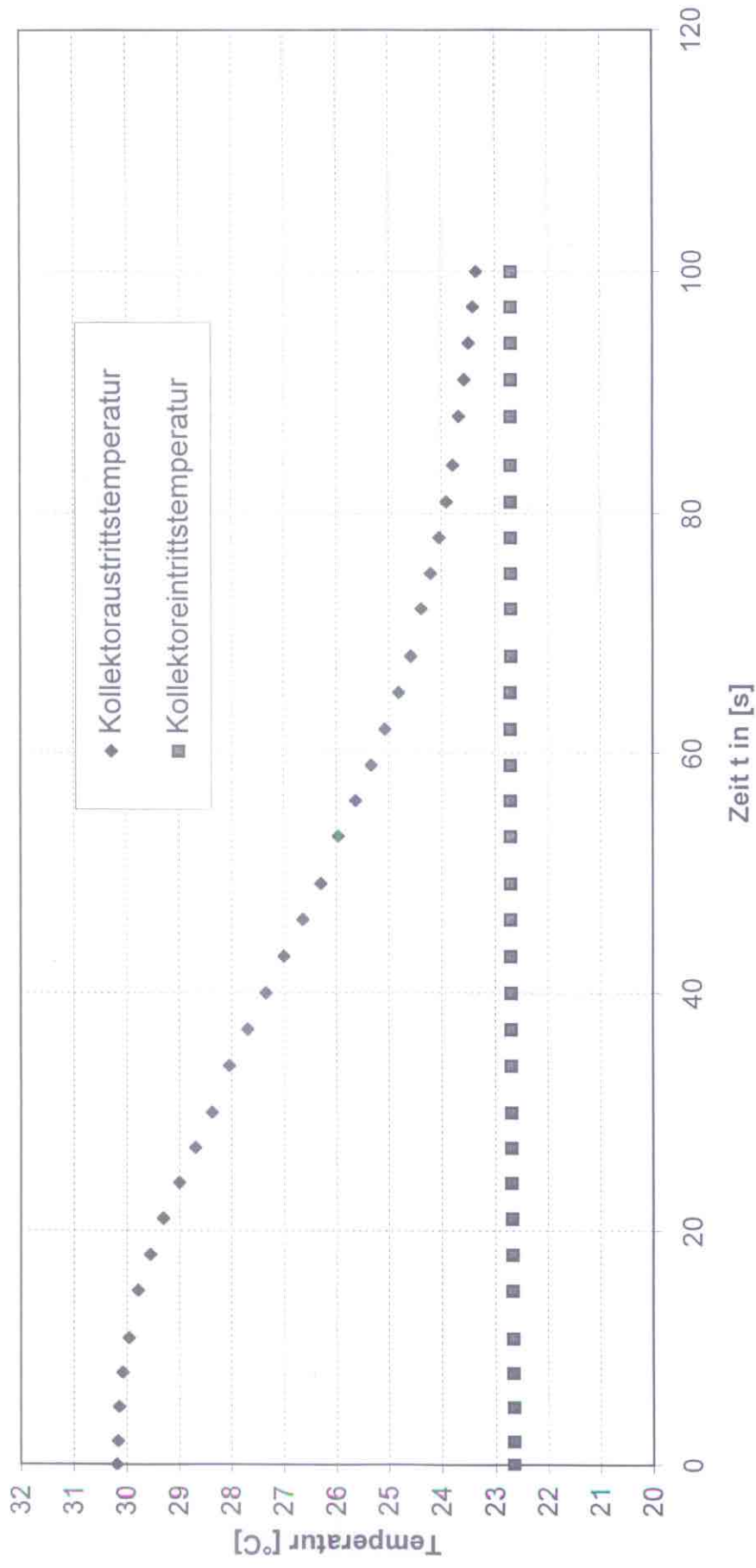
arsenal
research



Temperaturverhalten

Riposol Solartechnik / RP 200 V (Tinox)

bei freier Konvektion der Umgebungsluft nach dem Ausschalten
der Einstrahlung von 819.6 Wm^{-2} nachdem Stabilität von $\theta_u = \theta_e$ erreicht wurde



Ermittlung der Zeitkonstante

Riposol Solartechnik

Indachkollektor RP 200 V (Tinox)

