

**FAÇADE AND ROOF INTEGRATED SOLAR COLLECTORS WITH A  
COMBINATION OF ELASTOMER TUBES AND METAL FORM  
SHEET ELEMENTS**

**ERGEBNISSE ZU DEN VERSUCHEN MIT DER  
TESTANLAGE IN GLEISDORF**



**Auftraggeber**

**EUROPEAN COMMISSION  
Directorate General DG XII Science, Research and Development**



*Bundesministerium  
für Verkehr,  
Innovation und Technologie*

**Auftragnehmer**

**Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE  
Institut für Nachhaltige Technologien**

Gleisdorf, Jänner 2002

## Kurzfassung

Stahl- und Aluminiumprofile werden jährlich in Millionen von Quadratmetern als Fassaden und Dächer bei großen Bauvorhaben eingesetzt. Durch die Integration des Elastomer-Metall-Absorber-Konzepts (EMA-Kollektor) in diese Profile wurde ein vollständig neues System zur Nutzung der thermischen Solarenergie im Niedertemperaturbereich entwickelt. Dabei ist an die Einsatzbereiche Brauchwasserbereitung in Gebäuden mit hohem Warmwasserbedarf (z. B. Hallenbäder, Krankenhäuser, Sportstätten, große Wohnanlagen usw.), sowie Niedertemperaturwärme für die Schwimmbadwassererwärmung gedacht. Je nach Anwendung werden die EMA-Kollektoren mit bzw. ohne transparente Abdeckung montiert.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden drei Testanlagen – eine beim ISFH in Hameln, eine beim SERC in Borlänge sowie eine bei der AEE INTEC in Gleisdorf – realisiert. Die Testanlage in Gleisdorf mit einer Kollektorfläche von 20 m<sup>2</sup> wurde als ein unabgedecktes EMA-Kollektorsystem mit einer Polyesterbeschichtung konzipiert und am Schwimmbad der Stadtgemeinde Gleisdorf montiert. Mit der Testanlage wurden ab Oktober 2000 Versuche durchgeführt und betreffend der Betriebssicherheit und der solaren Erträge zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. Das Hauptproblem für die Realisierung weiterer Demonstrationsanlagen liegt in der Produktion der Blechprofile. Um das Problem zu lösen, ist noch Entwicklungsarbeit notwendige d.h. derzeit sind noch keine Blechprofile am Markt verfügbar.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Testanlage in Gleisdorf</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Aufbau der Testanlage</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Hydraulische Anlagenbeschreibung</b> .....	<b>9</b>
2.2.1	Hydraulikkonzept .....	9
2.2.1.1	Drain-Back System .....	10
<b>2.3</b>	<b>Anlagentests</b> .....	<b>12</b>
2.3.1	Ermittlung der Stillstandstemperatur .....	12
2.3.2	Druckverlust am Kollektor .....	14
2.3.3	Anlagenbetrieb mit Systemtrennung .....	14
2.3.4	Anlagenbetrieb ohne Systemtrennung .....	17
2.3.5	Gesamtergebnis während der Testperiode .....	19

## 1 Einleitung

Im Rahmen des EU-Projektes „Facade and roof integrated solar collectors with a combination of elastomer tubes and metal form sheet elements“ wurde ein neues Kollektorsystem „Elastomer-Metall-Absorber“ (EMA) entwickelt. Jährlich werden Stahl- und Aluminiumblechprofile in Millionen von Quadratmetern als Fassaden und Dächer bei großen Bauvorhaben eingesetzt. Durch die Integration des Elastomer-Metall-Absorber-Konzepts in diese Blechprofile wurde ein vollständig neues System zur Nutzung der thermischen Solarenergie im Niedertemperaturbereich entwickelt.

Das Elastomer-Metall-Absorber System besteht aus einem metallischen Absorberblech (Aluminium oder Stahl), in welches durch spezielle Formgebungsverfahren ein Klemmprofil eingearbeitet wird. Das Klemmprofil dient zur Aufnahme des Elastomerschlauches (modifizierter EPDM-Schlauch). In diesem Schlauch befindet sich das Wärmeträgermedium (Wasser). Abbildung 1 zeigt das Prinzipschema des EMA's.

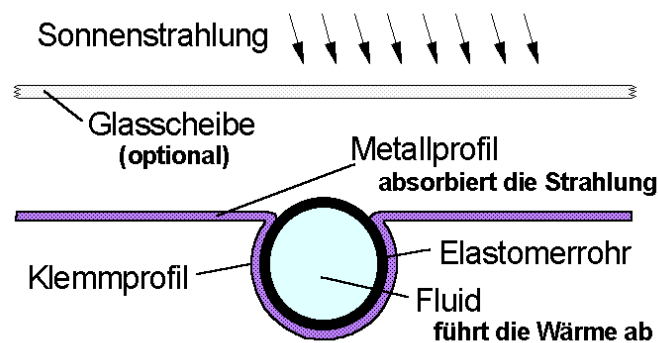


Abbildung 1: Prinzipschema des Elastomer Metall Absorbers

Abbildung 2 zeigt den Prinzipaufbau des auf einem Warmdach montierten unabgedeckten Elastomer-Metall-Absorbers.

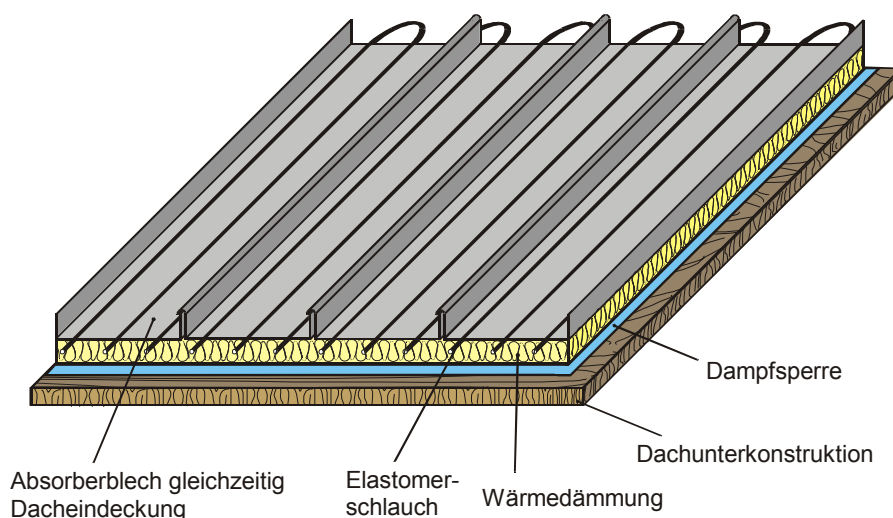


Abbildung 2: Darstellung des unabgedeckten Elastomer-Metall-Absorber

Mögliche Einsatzbereiche ergeben sich für die Brauchwasserbereitung in Gebäuden mit hohem Warmwasserbedarf (z. B. Hallenbäder, Krankenhäuser, Sportstätten, große Wohnanlagen usw.), sowie die Niedertemperaturwärme für die Schwimmbadwassererwärmung.

Zur Beckenwasserwärmung bei Schwimmbädern werden derzeit vorwiegend Kunststoffabsorber verwendet, die auf Flach- oder geneigten Dächern installiert werden. Schwimmbäder sind oft in Sportzentren mit Tennishalle, Turnhalle, Sportplätze usw. integriert. Diese Hallenbauten werden in der Regel mit Metallprofilen (Aluminiumprofile, verzinkte Bleche) eingedeckt. Eine Eindeckung mit einem Elastomer-Metall-Absorber stellt von Seiten der Montage nur einen geringfügigen Mehraufwand gegenüber einer herkömmlichen Metalldacheindeckung dar. Im wesentlichen ist zusätzlich lediglich der Kollektor-Schlauch und die hydraulische Verschaltung zu montieren.

Bei thermischen Solaranlagen zur Brauchwasserbereitung werden in der Regel Flachkollektoren verwendet. Bei kleineren Objekten erfolgt die Dacheindeckung vorzugsweise mit Dachziegeln oder Dachschindeln, außer bei Geschosswohnbauten, wo auch Metalldächer realisiert werden. Der Elastomer-Metall-Absorber kann also überall dort zur Anwendung gelangen, wo die Ausführung eines Metalldaches zur Diskussion steht.

Das Elastomer-Metall-Absorber System soll vor allem kommerzielle und institutionelle Bauträger großer Bauvorhaben ansprechen, ihren Bedarf an thermischer Energie teilweise solar zu decken.

## 2 Testanlage in Gleisdorf

### 2.1 Aufbau der Testanlage

Grundsätzlich wurde die Testanlage in Gleisdorf als ein ungedecktes EMA-System mit nicht selektiver Beschichtung (Polyesterbeschichtung) für die Beckenwasserwärmung konzipiert. Das Freibad der Stadtgemeinde Gleisdorf hat sich als idealer Standort für die Testanlage angeboten. Neben einem begehbarem Flachdach, bestand die Möglichkeit die solare Energie aus der Testanlage in den Schwimmbadkreis einzuspeisen.

Der Aufbau der Anlage war für Mai und Juni 2000 geplant musste aber auf Grund von Problemen bei der Absorberproduktion (Blechprofile) auf Herbst verschoben werden. Die Inbetriebnahme erfolgte im Oktober 2000. Der Aufbau der Anlage ist in Abbildung 4 bis Abbildung 11 dargestellt.

Die Schwimmbadanlage besteht insgesamt aus drei Becken mit einer Wasseroberfläche von ca. 2.000 m<sup>2</sup>. Die Testanlage liefert mit einer Kollektorfläche von 20 m<sup>2</sup> keinen signifikanten Energieinput, dies war aber auch nie vorgesehen. Um die Anlage auch außerhalb der Badesaison testen zu können, wurde eine zweite Wärmesenke vorgesehen. Das System kann sowohl als Drain-Back Anlage über Wärmetauscher und Rücklaufgefäß, als auch direkt durchströmt betrieben werden.



Abbildung 3: Testkollektor auf dem Betriebsgebäude des Gleisdorfer Freibades



Die folgenden Bilder dokumentieren den Aufbau der Testanlage:



*Abbildung 4: Die Unterkonstruktion besteht aus einer Stahlkonstruktion. Auf diese wurden eine Holzrauschalung sowie eine winddichte Folie montiert.*



*Abbildung 5: Auf die Folie wurde die Befestigungshalter für das EMA Profil (Aluminium) in einem bestimmten Rastermaß befestigt und die 60 mm Steinwollwärmedämmung aufgelegt. Anschließend wurden die Blechprofile auf die Haltebügel gelegt.*



*Abbildung 6: Die EMA Profile wurden mit einer speziellen Maschine durch Umbörteln der Stege an den Befestigungshaltern montiert. D.h. die Montage des EMA Profils erfolgt ohne eine Durchdringung der Dachhaut. Die Ausdehnung des EMA Profils über die gesamte Dachlänge ist dadurch möglich.*



*Abbildung 7: In weiterer Folge wurde der EMA Schlauch montiert. Da dafür noch keine Maschine zur Verfügung stand, erfolgte dies manuell mit einem Hilfswerkzeug. Der Schlauch wurde mit Spülmittel geschmiert und mit einer Rolle in das Klemmprofil gedrückt.*



*Abbildung 8: Nach der Montage der Schläuche erfolgte die Anbindung der Sammler (Vor- und Rücklauf). Die Sammler wurden etwas schräg gestellt, sodass die Anschlussstutzen der Schläuche auch vollständig entleert werden.*



*Abbildung 9: Zum Schluss wurden noch der Bereich der Sammler und die Seitenteile sowie der Bereich der Schlauchumlenkung verblecht.*





Abbildung 10: Die Hydraulik – Einbindung in das Schwimmbad, das Rücklaufgefäß, Pumpen, Regelung und Messdatenerfassung wurden im Technikraum des Schwimmbades montiert.



Abbildung 11: Die Abbildung zeigt die Einbindung des Solarkreises in den Schwimmbadkreis. Es besteht die Möglichkeit einer Systemtrennung mittels Plattenwärmetauscher.

## 2.2 Hydraulische Anlagenbeschreibung

### 2.2.1 Hydraulikkonzept

Die Anlage wurde zur Schwimmbadwassererwärmung grundsätzlich in zwei Betriebsarten gefahren:

Anlagenbetrieb ohne Systemtrennung – siehe grüne Linien in Abbildung 12. In dieser Betriebsart wurden der Wärmetauscher (mittels der Ventile V1 und V2) und das Rücklaufgefäß (mittels der Ventile V4 und V5) kurzgeschlossen d.h. der Kollektor wurde direkt mit Beckenwasser durchströmt. Zusätzlich mussten die Kugelhähne H1 geschlossen und H2 geöffnet sein. Für den Anlagenbetrieb war nur noch eine Pumpe notwendig. In dieser Betriebsart wurde die Anlage wie eine Standardanlage zur Schwimmbadwassererwärmung betrieben.

Systemtrennung in Solar- und Schwimmbadkreis: In dieser Betriebsart konnte das Drain-Back System für die Warmwasserbereitung getestet werden. Als Wärmesenke wurde wiederum das Schwimmbad verwendet. Die Systemtrennung erfolgte mittels Plattenwärmetauscher. Neben den für die Umschaltung der Betriebsarten notwendigen Ventilen wurden auch Bypassstrecken (über die Ventile V3 und V5) vorgesehen, um die vollständige Entleerung von Sammler und Verteiler bei

Anlagenstillstand zu gewährleisten. Für die Entlüftung der Sammler und Verteiler wurden ursprünglich die im Schema dargestellten Ventile mit elektrothermischem Stellantrieb eingebaut. Während des Testbetriebs wurden die Entlüftungsventile durch eine automatische Entlüftung ersetzt. Die hydraulische Verschaltung sowie die Komponenten der Testanlage sind aus Abbildung 12 zu entnehmen.

### 2.2.1.1 Drain-Back System

Bei herkömmlichen Hydrauliksystemen für thermische Solaranlagen ist der Solarkreis immer mit einem Wärmeträgermedium gefüllt und der Hydraulikkreis mit einem bestimmten Anlagendruck beaufschlagt. Bei einem Drain-Back System hingegen ist der Solarkreis nur während des Anlagenbetriebs gefüllt. Bei Anlagenstillstand, d.h. im Sommer bei Überschreitung einer Maximaltemperatur, im Winter beim Unterschreiten einer Minimaltemperatur oder wenn der Speicher vollständig beladen ist, fließt das Wärmeträgermedium des Solarkreises in einen Rücklaufbehälter oder direkt in den Speicher.

Für das EMA System hat ein Drain-Back System folgende Vorteile:

- Durch die Entleerung der Sammler und Verteiler müssen diese nicht frostfest ausgeführt werden, was die Materialwahl vereinfacht und Kosten reduziert.
- Da die Elastomer-Schläuche inhärent frostsicher sind, müssen beim EMA System nur Verteiler, Sammler und außenliegende Transportleitungen entleert werden.
- Als Wärmeträgermedium kann Wasser verwendet werden.
- Bei Stagnationstemperaturen, die bei verglasten Kollektorsystemen über 100°C liegen, ist durch die Entleerung der Sammler ein ruhiges Verdampfen zu erwarten
- Ein Drain-Back System verringert die Materialanforderungen (bzgl. Druckfestigkeit bei Betriebstemperatur) an den Elastomer-Schlauch und den Sammler.

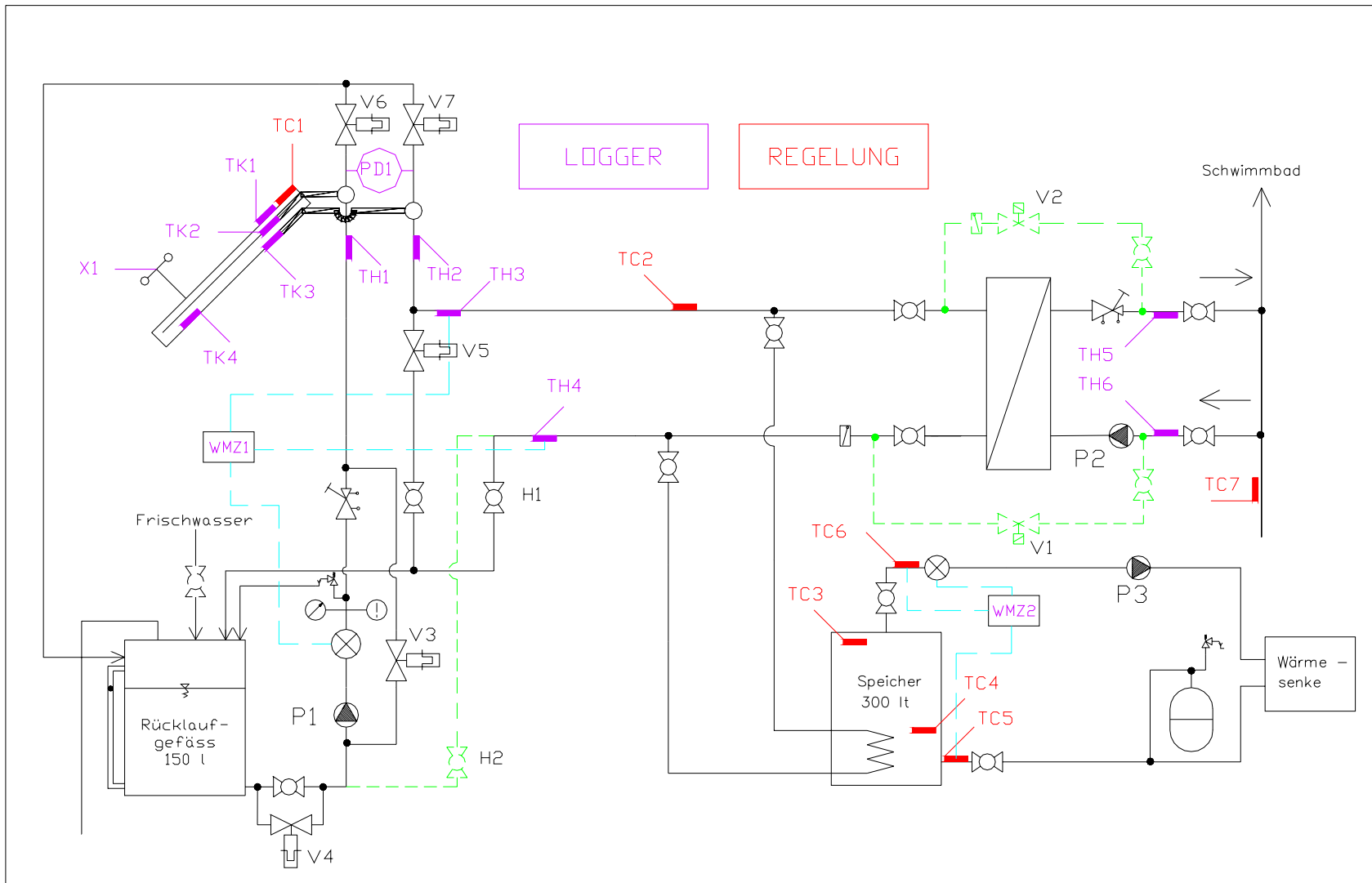


Abbildung 12: Hydraulikschemata der Testanlage in Gleisdorf

## 2.3 Anlagentests

Die Testanlage wurde während der Badesaison 2001 betrieben. Dabei wurden zahlreiche Anlagentests durchgeführt: Stillstandstemperatur, Druckverlust des EMA-Systems, Anlagenbetrieb mit und ohne Systemtrennung.

### 2.3.1 Ermittlung der Stillstandstemperatur

Die Stillstandstemperatur ist insbesondere ein für die Wahl der zum Einsatz gelangenden Materialien maßgeblicher Parameter. Stillstandsversuche wurden an mehreren Tagen durchgeführt, an denen Spitzenwerte von Einstrahlung und Außentemperatur zu erwarten waren. Die Pumpe wurde an diesen Tagen nicht in Betrieb genommen. Abbildung 13 zeigt den Tagesverlauf von Kollektortemperatur, Außentemperatur und Globalstrahlung auf die Kollektorebene. In Abbildung 14 ist der Bereich um die höchste Kollektortemperatur nochmals im Detail dargestellt. Gut sichtbar ist auch die Abhängigkeit der Kollektortemperatur von der Windgeschwindigkeit.

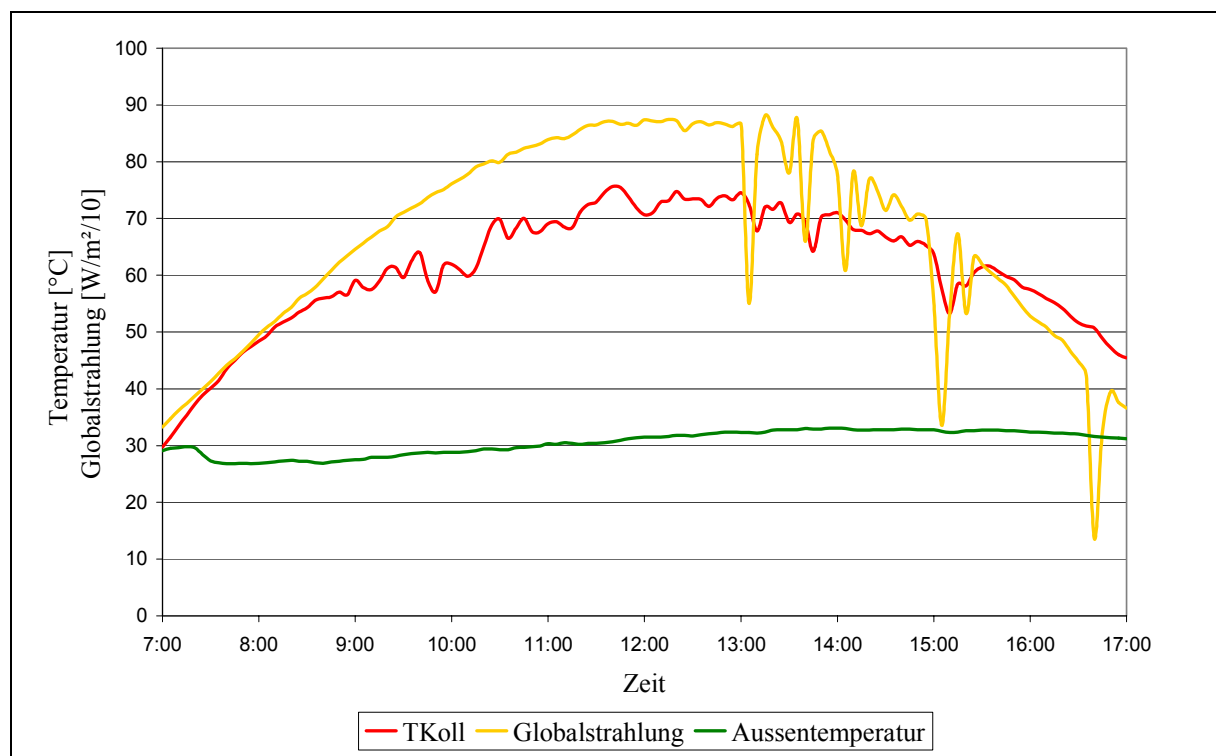


Abbildung 13: Tagesverlauf der verschiedenen Messgrößen beim Stillstandsversuch vom 15.07.2001

Bei den verschiedenen Versuchen konnten Stillstandstemperaturen bis 80°C festgestellt werden. Diese Temperaturen traten jedoch aufgrund der Windverhältnisse immer nur als Spitzenwerte über kurze Zeiträume auf.

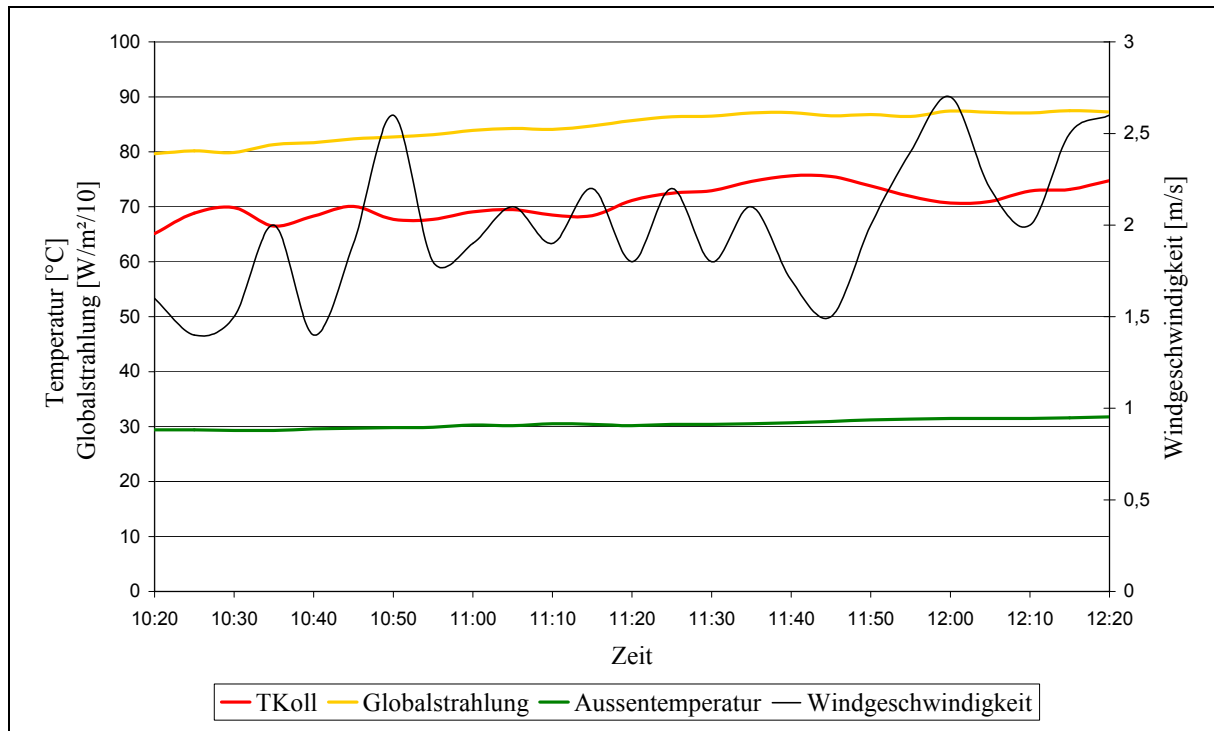


Abbildung 14: Detaildarstellung im Bereich der höchsten Kollektortemperatur um 11:40

Tabelle 1 zeigt die Gegenüberstellung von berechneten und gemessenen Kollektortemperaturen bei Anlagenstillstand sowie die Randparameter der Messungen bzw. der Berechnung. Für die Randparameter des Stillstandsversuchs vom 15.07.2001 wurden Mittelwerte im Bereich des Spitzenwertes der Kollektortemperatur (11:30 – 11:50) herangezogen, wobei insbesondere der Mittelwert der Windgeschwindigkeit in diesem Zusammenhang wenig Aussagekraft besitzt, sodass auch bei Windgeschwindigkeit und Außentemperatur die Minimal- und Maximalwerte in Klammer aufgelistet sind.

Tabelle 1: Gemessene und berechnete Kollektortemperaturen bei Anlagenstillstand (EN 12975-2; ISFH, Task5, 2000)

T <sub>Koll.</sub>	Parameter			Anmerkung
	I <sub>g</sub>	v <sub>Wind</sub>	T <sub>U</sub>	
[ °C ]	[ W/m² ]	[ m/s ]	[ °C ]	
81	1000	0	30	berechnet gem. EN 12975-2 (ISFH)
76,1	977	< 0,3	26,5	gemessen am Indoor-Teststand des ISFH
75,6	868	1,8 (1,5 - 2,1)	30,7 (30,4 - 31,2)	gemessen in Gleisdorf am 15.07.2001

T<sub>Koll.</sub>..... Kollektortemperatur

I<sub>g</sub>..... Globalstrahlung auf die Kollektorebene

v<sub>Wind</sub>..... Windgeschwindigkeit

T<sub>U</sub>..... Umgebungstemperatur



### 2.3.2 Druckverlust am Kollektor

Aufgrund des geringen Innendurchmessers des EMA-Schlauchs, dessen Länge (bei der Testanlage 16 m) und des bei unabgedeckten Kollektoren relativ hohen spezifischen Volumenstroms stellt der Druckverlust im Kollektor eine für die Wahl der Pumpe maßgebliche Größe dar. Zur Verifizierung des gerechneten Druckverlustes bei unterschiedlichen Volumenströmen wurde eine eigene Messreihe durchgeführt, bei welcher der Volumenstrom mit dem Strangreguliventil zwischen  $18 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$  und  $90 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$  variiert wurde. Abbildung 15 zeigt den Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Druckverlusten. Abgesehen von dem Wert bei ca.  $18 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$  ist die Differenz zwischen berechneten und gemessenen Werten kleiner 10%.

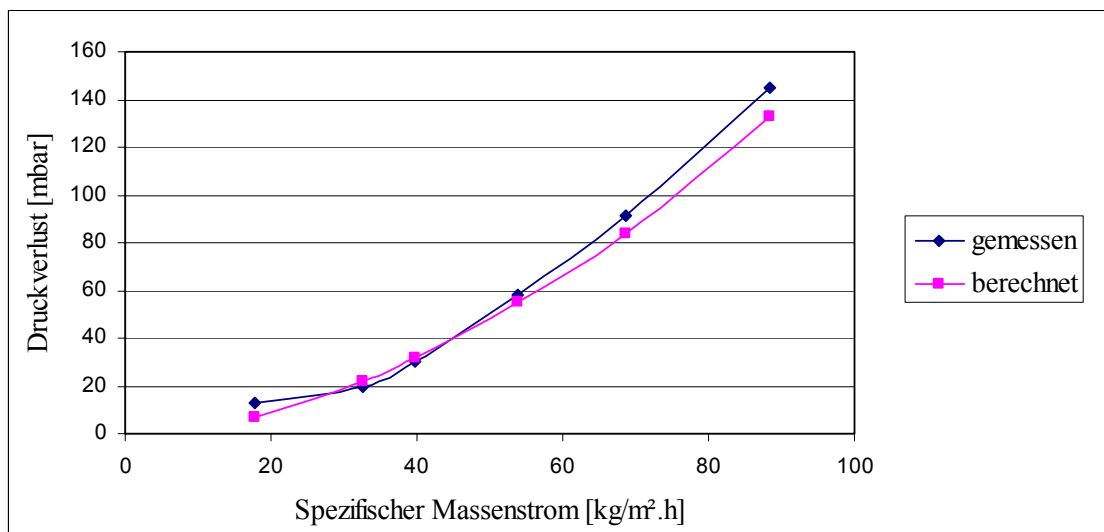


Abbildung 15: Vergleich von gemessenen und berechneten Druckverlusten des Kollektors

### 2.3.3 Anlagenbetrieb mit Systemtrennung

Beim Anlagenbetrieb mit Systemtrennung wurde die Anlage mit zwei hydraulischen Kreisen betrieben: dem Solarprimärkreis (Kollektorkreis) und dem Sekundärkreis (Schwimmbadkreis), wobei die Systemtrennung mittels Plattenwärmetaucher erfolgte. Aufgrund der mit steigender Temperaturdifferenz zwischen Außentemperatur und Kollektortemperatur stark fallenden Wirkungsgradkurve von unabgedeckten Kollektoren erbringt der indirekte Betrieb durch die erforderlichen höheren Kollektortemperaturen schlechtere Ergebnisse, da die Grätigkeit des Plattenwärmetauchers noch zu berücksichtigen ist.

Im Rahmen der Anlagentests wurde der Betrieb mit Systemtrennung durchgeführt, um Informationen über Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit des Drain-Back-Systems unter Einbindung des Rücklaufgefäßes zu erhalten. Bei der Testanlage wurde das Rücklaufgefäß im Technikraum installiert. Aus dem kompletten Messdatensatz wurden zwei charakteristische Tage – ein Schönwettertag mit hoher Einstrahlung und ein Schlechtwettertag mit mäßiger Einstrahlung – herausgegriffen und ausgewertet. Die in den zugehörigen Tabellen dargestellten Werte wurden

jeweils mit Bezug auf den gesamten Tag (05:00 – 19:00), bzw. mit Bezug auf die Pumpenlaufzeit berechnet.

Abbildung 16 zeigt den Schönwettertag aus der Testperiode. Die Anlage wurde an diesem Tag mit einem Volumenstrom von 55 l/m<sup>2</sup>·h betrieben. Die Außentemperatur, die Temperaturdifferenz (Solarvorlauf, Solarrücklauf), die Globalstrahlung auf die Kollektorebene sowie der errechnete Wirkungsgrad sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Eckdaten der Auswertung vom 13.06.01

13.06.01	Aussentemperatur [°C]			Temperaturdifferenz [K] T <sub>VL</sub> - T <sub>RL</sub> (primär)			Globalstrahlung auf die Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]			Wirkungs- grad
	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	
Bezug	9,0	23,1	20,2	0,0	8,3	4,2	26,0	933,8	551,8	-
05:00 - 19:00	9,0	23,1	20,2	0,0	8,3	4,2	26,0	933,8	551,8	0,46
Pumpenlaufzeit	17,3	23,1	21,4	1,6	8,3	5,7	148,5	933,8	690,4	0,51
Pumpenlaufzeit :		10 Std.		Solarertrag :		72 kWh		Volumenstrom :		55 l/m <sup>2</sup> ·h

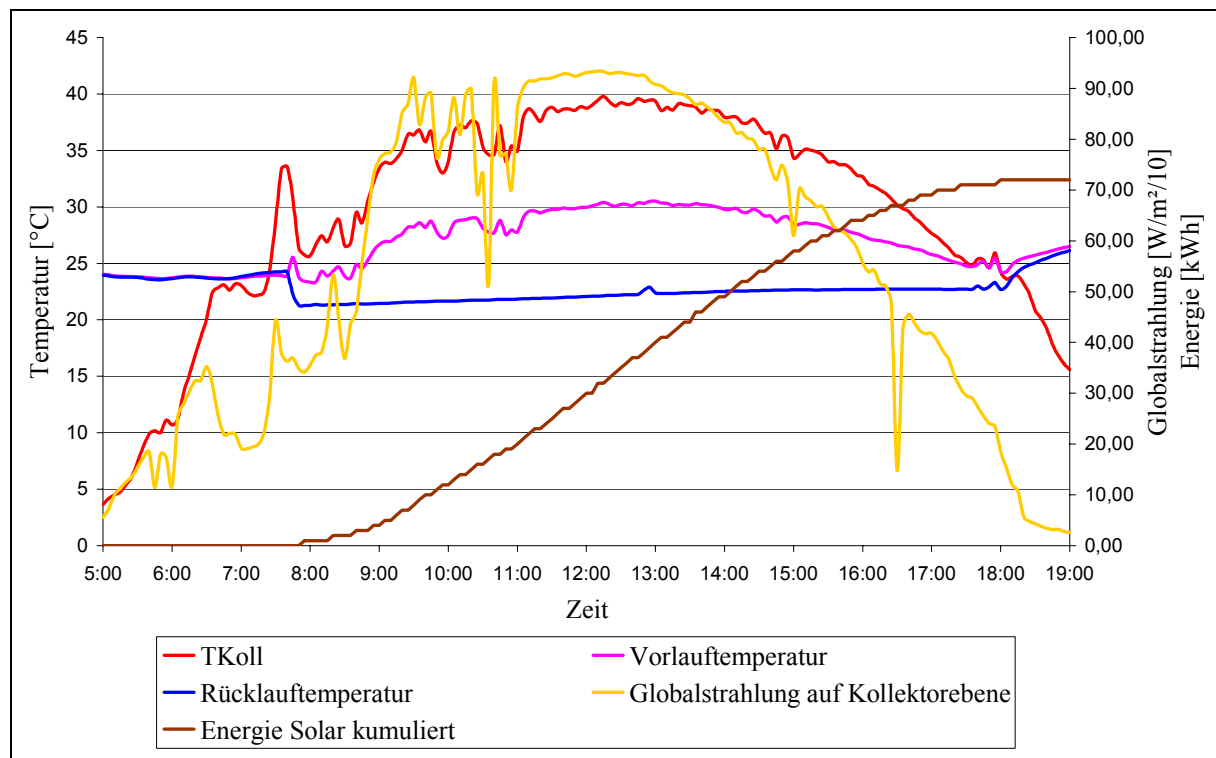


Abbildung 16: Tagesverlauf verschiedener Temperaturen sowie kumulierte Energie am 13.06.2001

Abbildung 17 zeigt den Schlechtwettertag aus der Testperiode. Die Anlage wurde auch an diesem Tag mit einem Volumenstrom von 55 l/m<sup>2</sup>·h betrieben. Die Außentemperatur, sowie die Temperaturdifferenz (Solarvorlauf, Solarrücklauf und die Globalstrahlung auf die Kollektorebene sowie der errechnete Wirkungsgrad sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Eckdaten der Auswertung vom 14.06.01

14.06.01	Aussentemperatur [°C]			Temperaturdifferenz [K] $T_{VL} - T_{RL}$ (primär)			Globalstrahlung auf Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]			Wirkungsgrad
Bezug	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	-
05:00 - 19:00	11,2	22,8	18,9	0,0	4,5	1,8	31,4	635,2	274,7	0,34
Pumpenlaufzeit	17,8	22,8	20,8	1,5	4,5	2,9	131,1	635,2	391,3	0,44
Pumpenlaufzeit :		8 Std.		Solarertrag :		26 kWh		Volumenstrom :		55 l/m <sup>2</sup> ·h

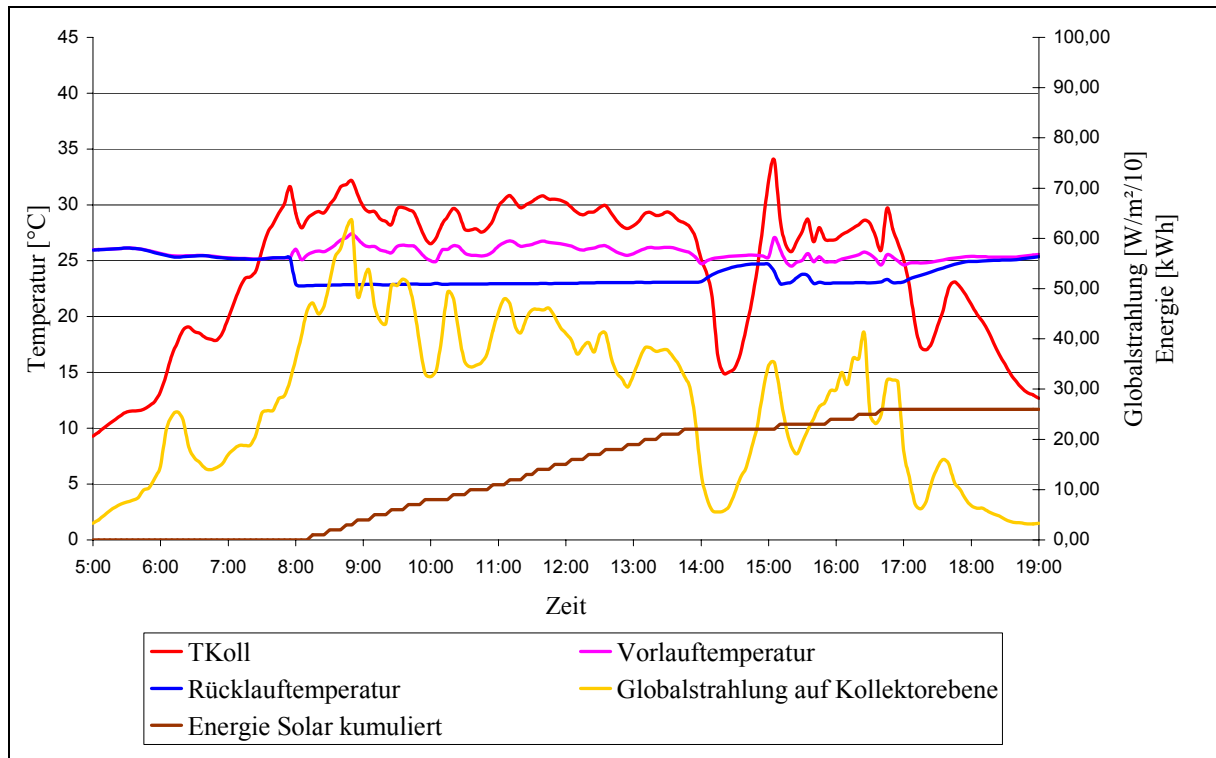


Abbildung 17: Tagesverlauf verschiedener Temperaturen sowie kumulierte Energie am 14.06.2001

### 2.3.4 Anlagenbetrieb ohne Systemtrennung

Beim Betrieb ohne Systemtrennung wird der Kollektor direkt, also ohne Zwischenschaltung eines Wärmetauschers angeschlossen. Bei Pumpenstillstand strömt das in Sammler, Verteiler und Transportleitungen befindliche Fluid in das Becken zurück.

Im Rahmen des Testbetriebes wurde der direkte Betrieb durchgeführt, um Informationen über Betriebssicherheit und Funktionsfähigkeit des Systems für die Schwimmbadanwendung zu erhalten. Wie beim Betrieb mit Systemtrennung wurden auch bei den Tests ohne Systemtrennung die Messdaten zweier charakteristischer Tage herausgegriffen ausgewertet und dargestellt. Dabei zeigt Abbildung 18 einen Schönwettertag (hohe Globalstrahlung) und Abbildung 19 einen Schlechtwettertag (mäßige Einstrahlung).

Tabelle 4: Eckdaten der Auswertung vom 11.07.01

11.07.01	Aussentemperatur [°C]			Temperaturdifferenz [K] $T_{VL} - T_{RL}$ (primär)			Globalstrahlung auf Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]			Wirkungsgrad
	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	
Bezug										-
05:00 - 19:00	13,7	30,6	27,1	0,0	12,4	4,4	7,4	897,9	548,1	0,57
Pumpenlaufzeit	24,7	30,6	28,6	2,7	12,4	5,7	99,2	897,9	673,3	0,62
Pumpenlaufzeit :		11 Std.		Solarertrag :		88 kWh		Volumenstrom :		90 l/m <sup>2</sup> ·h

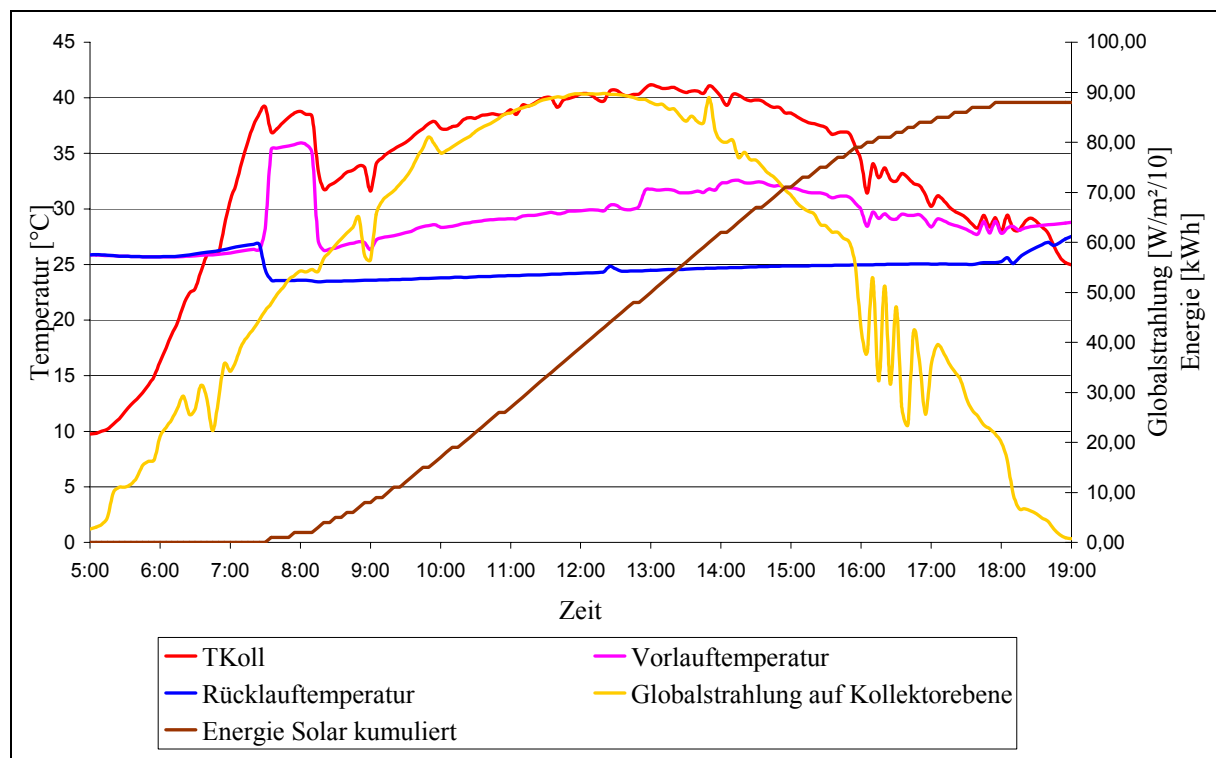


Abbildung 18: Tagesverlauf verschiedener Temperaturen sowie kumulierte Energie am 11.07.2001

Der Volumenstrom betrug für beide Testtage 90 l/m<sup>2</sup>·h. Die Werte in den zugehörigen Tabellen wurden gleichfalls mit Bezug auf den gesamten Tag (05:00 – 19:00), bzw. mit Bezug auf die Pumpenlaufzeit berechnet.

Tabelle 5: Eckdaten der Auswertung vom 23.07.01

23.07.01	Aussentemperatur [°C]			Temperaturdifferenz [K] T <sub>VL</sub> - T <sub>RL</sub> (primär)			Globalstrahlung auf Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]			Wirkungsgrad
	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	
Bezug	14,9	26,8	21,9	0,0	6,4	1,8	20,2	629,1	149,3	-
Pumpenlaufzeit	22,2	26,8	24,1	2,6	6,4	3,7	98,4	629,1	307,4	0,71
Pumpenlaufzeit :		3 Std.		Solarertrag :		12 kWh		Volumenstrom :		55 l/m <sup>2</sup> ·h

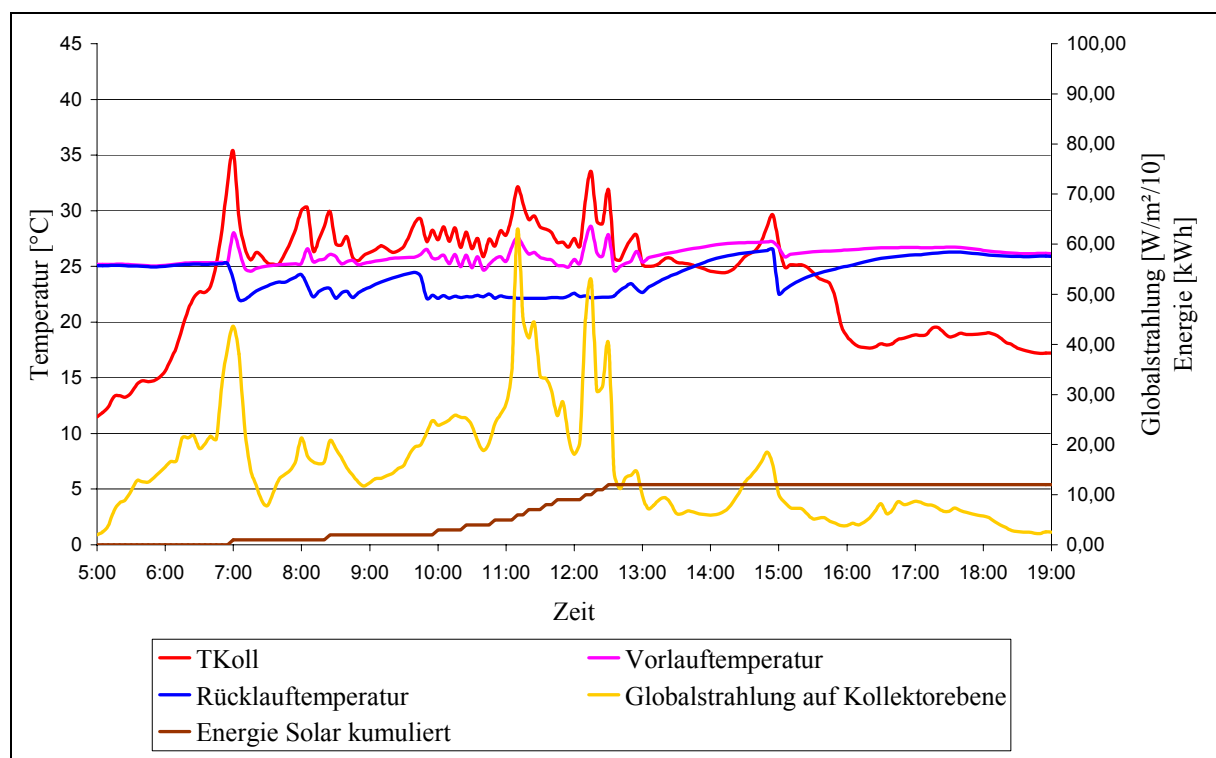


Abbildung 19: Tagesverlauf verschiedener Temperaturen sowie kumulierte Energie am 23.07.2001

Zusätzlich zu den Tagesauswertungen wurde der Betrieb der Anlage über einen Betriebszyklus von einer Woche ausgewertet (siehe Abbildung 20 und Tabelle 6).

Tabelle 6: Eckdaten der Auswertung der Kalenderwoche 25

KW 25	Aussentemperatur [°C]			Temperaturdifferenz [K] T <sub>VL</sub> - T <sub>RL</sub> (primär)			Globalstrahlung auf Kollektorebene [W/m <sup>2</sup> ]			Wirkungsgrad
	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	min.	max.	Mittelwert	
Bezug	8,9	28,1	19,2	0,0	7,0	1,7	172,0	244,0	227,7	0,45
Pumpenlaufzeit	17,2	28,1	23,3	0,1	7,0	3,9	172,0	244,0	227,7	0,53
Pumpenlaufzeit :		62 Std.		Solarertrag :		396 kWh		Volumenstrom :		65 l/m <sup>2</sup> ·h



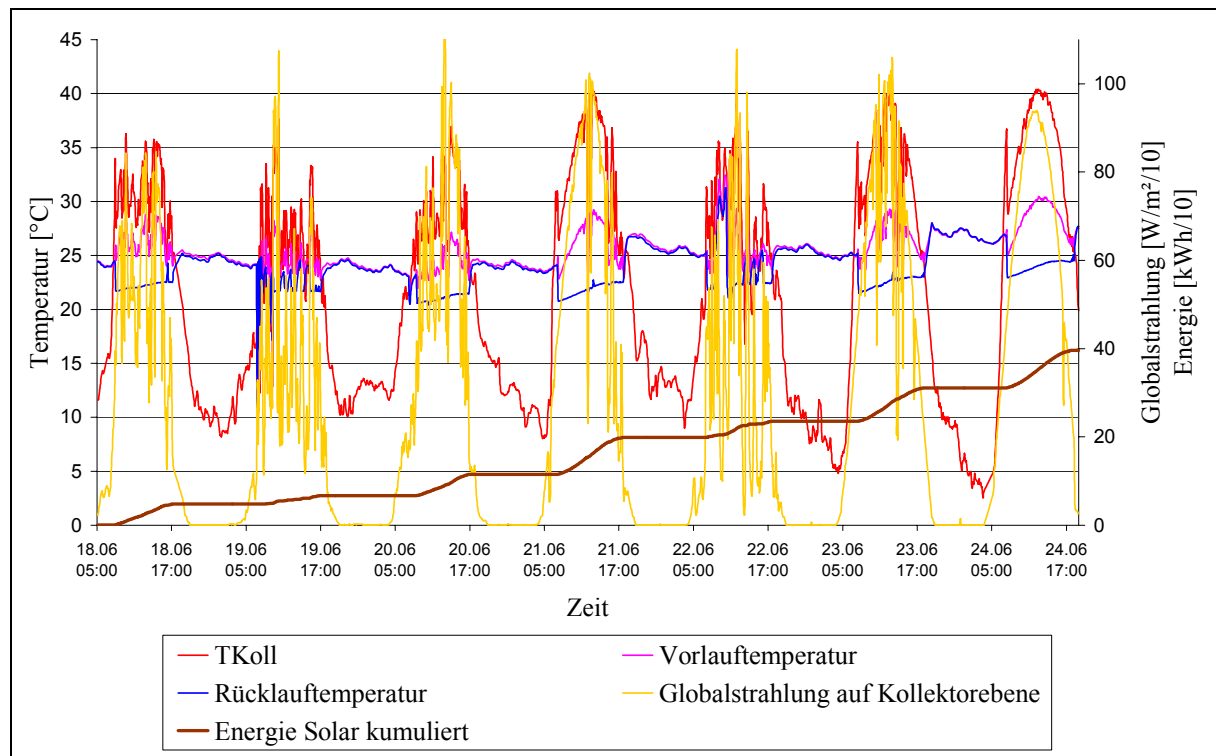


Abbildung 20: Wochenverlauf verschiedener Temperaturen sowie kumulierte Energie in der Kalenderwoche 25

### 2.3.5 Gesamtergebnis während der Testperiode

Der Gesamtertrag während des Betriebes der Testanlage zur Schwimmbadwassererwärmung betrug zwischen 30. April und 3. September 2001 5.660 kWh. Unter Zugrundelegung eines Wirkungsgrades für den zur Schwimmbadheizung installierten Ölkessel von 70% ergibt sich eine Öleinsparung über die Betriebsperiode in der Höhe von 825 Liter.

Mit der Testanlage wurden ab Oktober 2000 Versuche durchgeführt und betreffend der Betriebssicherheit und der solaren Erträge zufriedenstellende Ergebnisse erreicht. Das Hauptproblem für die Realisierung weiterer Demonstrationsanlagen liegt in der Produktion der Blechprofile. Um das Problem zu lösen, ist noch Entwicklungsarbeit notwendige d.h. derzeit sind noch keine Blechprofile am Markt verfügbar.