

Schlussbericht 2005, 27. Juli 2006

# Projekt

## Drain-Back-Kompaktanlagen

Autor und Koautoren	Urs W. Muntwyler
beauftragte Institution	Muntwyler Energietechnik AG
Adresse	Tannholzstrasse 1, 3052 Zollikofen
Telefon, E-mail, Internetadresse	031 911 50 63, FAX 031 911 51 27, muntwyler@solarcenter.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	42783 / 82711
Dauer des Projekts (von – bis)	1.8.2001 – 31.7.2003

### ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt „Drain-Back-Kompaktanlagen“ wurde im Jahr 2005 abgeschlossen. Es erreichte folgende Meilensteine:

- Qualitätssicherung des POWERPAK-Drain-Back-Systems durch Ersatz K-Kollektor, Verbesserungen in der Montage und deren Komponenten in Zusammenarbeit mit dem Hersteller für die Schweizer Verhältnisse.
- Das „Drain-Back“-System erreicht nun im Aufbau und im Betrieb die ursprünglich erwarteten Resultate.
- Mit der Messung konnte schlussendlich die Verbesserungen im Systembetrieb gezeigt werden.
- Die Vorteile des „Drain-Back“-Systems POWERPAK konnte gezeigt werden.
- Realisation aller Drain-Back-Anlagen mit dem neuen Keymark - zertifizierten Bt – Kollektor
- Neuorganisation des Anlagenbaus und der Qualitätskontrolle.
- Einsatz der POWERPAK-Einheiten in bestehenden Heizungsanlagen und Beginn der Schnittstellen - Dokumentation für Installateure.

Das Projekt bedingte wesentlich mehr Aufwand zur Behebung der System- und Komponentenprobleme als erwartet. Diese wurden mit sehr viel Aufwand und in Absprache mit dem Hersteller evaluiert und behoben. Seitens des Hersteller wurde dies mit einer ausführlichen „Technischen Mitteilung TM“ weltweit an die Importeure und Installateure von Solahart-Drain-Back-Anlagen kommuniziert. Für den Einsatz in diesem Prozess erhielt das Solarcenter Muntwyler an der Solahart World Conference 2003 in Perth eine spezielle Auszeichnung.

Nach einer aufwendigen Validierung der Messdaten im Jahr 2005 konnte das bereits beschriebene Bild bestätigt werden, dass Drain-Back-Anlagen weniger Tagesstrom für eine kWh-Solarwärme als gepumpte Anlagen benötigen. An einer 2005 neu in die Versuchsreihe aufgenommenen ENERGYPAK-Anlage (Drain-Back-Anlage mit integriertem Speicher) konnten weitere Verbesserungen demonstriert werden.

Im Rahmen des Projektes konnten wir wesentliche Systemaspekte von solarthermischen Anlagen für die Warmwasser-Erwärmung und das teilsolare Heizen klären. Dies ermöglicht es uns die Systemplanung von Solaranlagen allgemein zu verbessern.

Die Information und Schulung von Fachleuten und möglichen Anwendern wurde an Ausstellungen, mittels Publikationen und Schulungen angegangen. Im Rahmen von „Muntwylers Solar-Akademie“ wird ein eigener Schultag mit dem „POWERPAK“ im Mittelpunkt durchgeführt. In in- und ausländischen Zeitschriften wurde teilweise detailliert über „Drain-Back“-Systeme berichtet. Drain-Back-Anlagen gewinnen auch im Schweizer Markt vermehrt an Bedeutung.

---

Dieses Projekt wurde mit Unterstützung durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm Solarwärme des Bundesamtes für Energie realisiert. Für die Anlagendimensionierung und Auswahl, sowie die technische und wissenschaftliche Richtigkeit der im Bericht enthaltenen Angaben und Schlussfolgerungen ist alleine der Autor verantwortlich.

## 1. Projektziele

Im P+D-Projekt „Drain-Back-Systeme“ sollte zusammen mit dem australischen Hersteller Solahart eine Systemfamilie von Drain-Back-Systemen aus Grossserien-Fertigung an Schweizer Anforderungen angepasst werden, um die Anwendungsmöglichkeiten solarthermischer Systeme in der Schweiz zu erweitern. Angestrebt wird auch eine Preissenkung für Anlagen zwischen 5-15 m<sup>2</sup>.

Für die Analyse der Systemeinbindung konnte auf die Auswertung von mittlerweile über 100 unterschiedlichen in den Jahren 1999-2005 erstellten Anlagen in der Schweiz zurückgegriffen werden. Dazu kommt die Erfahrung hunderter im Ausland erstellter Anlagen. Aus den installierten Anlagen wurden mehrere Systeme ausgewählt, um mit einem einfachen Mess-System für thermische Solaranlagen ausgemessen zu werden. Zum „Justieren der Messung“ und zum Vergleich wurde auch eine konventionelle Kompaktanlage ausgerüstet.

## 2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Verschiebung des Startes vom Sommer 2000 auf den November 2001 verursachte einige Veränderungen. Die Fragen der Systemkonfiguration und der Funktionsweise in Schweizer Anlagen wurden vorgezogen. 2001 und 2002 wurden zusammen mit dem Hersteller Anlagen besucht und Systemadaptionen vorgenommen, die weltweit übernommen wurden (Technische Mitteilung Solahart Nr. 136/ 2001). Im Jahr 2002 wurde mit dem Installieren der Messeinrichtungen begonnen und die Messungen gestartet. Sie gestalteten sich schwieriger als angenommen. Neben messtechnischen Problemen beeinflusste die Durchflussmessung die Drain-Back-Funktion, so dass wiederholte Messungen abgebrochen werden mussten, besonders bei Anlagen mit K-Kollektoren.

Ab dem Jahre 2003 wurden die Auswertungen der Messdaten begonnen. In der Praxis wichtiger waren aber Fragen der Systemadaption, der Einsatz der neuen POWERPAK 10 - Einheit und dem Einsatz des M- und ab 2005 mit dem Bt-Kollektor mit Kupferabsorber.

## 3. Drain Back – Messungen

Eine der Aktivitäten im Rahmen des P+D-Projektes „Drain-Back“-Anlagen war die Messung von installierten Anlagen. Davon versprach man sich Erkenntnisse bezüglich der Funktion der Anlagen. Die Fragen werden im Kapitel 5 beantwortet.

### 3.1. Gemessene Anlagen:

Anlage/Start Messung	Anlagentyp	Durchfluss	Einsatz	Kollektor	Grösse	Speicher	Bemerkung
1 Referenzanlage Bern /02	Gepumpt/ low-flow	20 l/ hm <sup>2</sup>	WW in EFH	2 AM 2121	4,2 m <sup>2</sup>	450 l	
2 DB:WW Thun / 2003	PP 10/ 4 K DB-hf	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW in EFH	4 K-Koll.	7,44 m <sup>2</sup>	500 l	Messung hat Anlagenfkt. beeinträchtigt - abgebr.
3 DB:WW/ TSH CH-CH/M. 03	PP 10/ 7 K DB-hf	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW/ TSH - in EFH	7 K-Koll.	13 m <sup>2</sup>	1'000 l	nach 2 Jahren Probleme bei der Anlagenfkt. Durch Widerstand in Ltg.
4 DB: WW-VW Uri / 03	PP 10/ 8 K DB-hf	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW-VW Turnhalle	8 K-Koll.	14,7 m <sup>2</sup>		Kurze DB-Leitung und WT mit Sekundärpumpe
5 DB:WW/ TSH CH/M 2003	PP 10/ 8 K DB-hf	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW/ TSH-in EFH	8 K-Koll./8 M	14,7 m <sup>2</sup>	1'000 l	Messung hat Anlagenfkt beeinträchtigt -abgebrochen
6 DB: WW CH/M 2004	EP 365/ DB-high-flow	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW/ Vorw. In EFH	3 K/3 Bt	5,5 m <sup>2</sup>	325+300 l	nachträglich aufgenommen, eigenes Messsystem
7 DB:WW/ TSH Basel 10/05	PP 10/ 8 Bt DB-hf	ca. 400 l/ hm <sup>2</sup>	WW/ TSH-in EFH	8 Bt-Koll.	14,7 m <sup>2</sup>	950 l	Erste Anlage mit Bt-Kollektoren

### 3.2. Messanlage:

In allen Anlagen ausser Anlage 6 wurden installiert (siehe auch Schema im Jahresbericht 2002 und Beilage):

- ein Durchflussmesser und zwei Temperaturfühler für den Kollektorertrag
- ein Einstrahlungssensor
- ein Messdatenregistriergerät vom Typ SIC 100+

In der Anlage 6 (siehe Schema im schriftlichen Bericht) wurden zusätzlich ein Wärmezähler auf der Verbraucherseite und ein Betriebsstundenzähler auf dem Elektroeinsatz installiert. Ein Einstrahlungssensor wurde nicht installiert. Als Referenz kann aber die am gleichen Standort installierte netzgekoppelte solare Netzeinspeisung dienen.

### 3.3. Einbau der Messanlage beeinträchtigt Funktion der Anlage:

Der Einbau des Durchflusszählers hat bei den Drain-Back - Anlagen Nr. 2./ Nr. 3. und Nr. 5. zu Funktionsproblemen geführt. Der zusätzliche Widerstand hat die Pumpfunktion beeinträchtigt, was bei den Anlagen Nr. 2./ Nr. 5. und später auch Nr. 3 zum Ausbau des Messsystems führte. Durch das zusätzliche Öffnen des Kollektorkreislaufes und den verlangsamten Pumpvorgang konnte zusätzlicher Sauerstoff in das System eintreten, was in einem Falle zum Ausfall der K-Kollektoren führte. Da die Messungen in allen Fällen in Kundenanlagen stattfanden, hatte die Funktion der Anlage erste Priorität.

### 3.4. Resultate

Die Messresultate wurden per MODEM oder per PC ausgelesen. Durch die nicht sehr zweckmässige Programmierung der SIC und durch Fehler beim Auslesen der Daten entstanden Datenverluste. Dazu entstanden Messfehler von gegen 20% (bisherige Berichte, die Grundaussagen bleiben bestehen). Um die Messfehler zu eliminieren, mussten die Daten aufwendig umgerechnet werden (siehe dazu interner Bericht R. Fedeli 24.9. 2005). So erfolgte die Datenauswertung des Jahres 2003, des Referenzjahres der Anlagen Nr. 1, Nr. 3 und Nr. 4. Die Umrechnung der weiteren Jahre ist analog möglich, bringt aber keine zusätzlichen Informationen.

#### 3.4.1. Referenzanlage Nr. 1 „Solare Warmwasser-Erwärmung low-flow“:

Die Anlage ist auf einem 15 Grad nach Osten geneigten Dach installiert. Sie hat 2 Kollektoren AM2121 und einen 450 l Warmwasserspeicher mit elektrischer Nachheizung. Das Warmwasser wird von 4-5 Personen genutzt. Am Morgen (Nachbarhäuser) und am Nachmittag (Hausdach/ sehr grosser Baum) besteht eine Horizontbeschränkung. Bei tief stehender Sonne gibt es einen zusätzlichen Schatten am Mittag durch einen Baum. Die Anlage ist stark verschmutzt durch die ungenügende Reinigungswirkung, durch das flache Dach und Kamine von Ölheizungen in nächster Nähe. Das erklärt den eher geringen Jahresertrag von 312 kWh/ m<sup>2</sup>.

Zur Datenauswertung gibt der detaillierte Bericht „Diskussion der Datenauswertung 2005 „Muntwyler Bern“ Auskunft. Mit einer nachträglich mit Polysun 3.0 erstellten Simulation konnte die Plausibilität der Daten bestätigt werden.

SIC-Nr.	14001242
Kunde	Muntwyler
Standort	Bern
Fläche	4.2 m <sup>2</sup>

Monat	Einstrahlung total	Einstrahlung normiert	Abgabe	Abgabe normiert	Pumpenlaufzeit	Pumpenenergie inkl.Steuerung	P-leistung geemtet	Ausfall Tage
Jan 03	60.2 kWh	14.3 kWh	0.7 kWh	0.2 kWh	28 h	3.2 kWh	478.1%	8
Feb 03	188.4 kWh	44.9 kWh	15.5 kWh	3.7 kWh	69 h	6.4 kWh	41.2%	
Mrz 03	442.1 kWh	105.3 kWh	115.0 kWh	27.4 kWh	228 h	19.2 kWh	16.7%	
Apr 03	513.1 kWh	122.2 kWh	135.5 kWh	32.3 kWh	233 h	19.6 kWh	14.4%	
Mai 03	587.5 kWh	139.9 kWh	167.6 kWh	39.9 kWh	273 h	22.8 kWh	13.6%	
Jun 03	791.3 kWh	188.4 kWh	321.0 kWh	76.4 kWh	309 h	25.7 kWh	8.0%	
Jul 03	667.3 kWh	158.9 kWh	192.2 kWh	45.8 kWh	272 h	22.7 kWh	11.8%	2
Aug 03	620.7 kWh	147.8 kWh	207.5 kWh	49.4 kWh	268 h	22.4 kWh	10.8%	2
Sep 03	462.6 kWh	110.1 kWh	122.6 kWh	29.2 kWh	230 h	19.3 kWh	15.8%	
Okt 03	183.5 kWh	43.7 kWh	33.0 kWh	7.9 kWh	127 h	11.1 kWh	33.7%	4
Nov 03	134.0 kWh	31.9 kWh	5.1 kWh	1.2 kWh	99 h	8.9 kWh	174.0%	
Dez 03	6.9 kWh	1.6 kWh	-5.0 kWh	-1.2 kWh	7 h	1.5 kWh	-30.6%	29
Jahressummen	4658 kWh	1109 kWh/m <sup>2</sup> a	1311 kWh	312 kWh/m <sup>2</sup> a	2143 h	183 kWh		
Wirkungsgrad			28.1%					
Verbrauch			13.9%					

Die Aufzeichnung der Anlage zeigt, dass die Anlage (eines bekannten CH-Herstellers) nicht sehr optimal läuft. Sie hat trotz „low flow - Prinzip“ eine hohe Pumpenleistung mit hoher Geräuscentwicklung. Im Sommer treten Überhitzungen mit Verdampfung auf, was die Messung beeinträchtigt. Unter gleichem Namen wurde einige Jahre später eine Drain-Back-Anlage auf den Markt gebracht.

#### Diskussion der Resultate:

Der Verbrauch der Umwälzpumpe im Vergleich zur geernteten Energie liegt mit 13,9% bzw. Faktor 7,2 hoch. In den Monaten November bis Januar hat die Anlage kaum eine Wirkung. In den Sommermonaten kann die Anlage den WW-Bedarf aber komplett decken.

#### **3.4.2. Anlage Nr. 3: „POWERPAK 10/ 7 K WW mit TSH Drain-Back“**

Anlage Nr. 3 ist südwärts ausgerichtet und steht im CH-Mittelland bei Lyss. Sie wird für die Warmwasseraufbereitung (4 Personen) und das teilsolare Heizen benötigt. Diese Anlage benötigt eine zusätzliche Boosterpumpe um den Scheitelpunkt der Anlage zu überwinden. Deshalb beträgt die Pumpenleistungen über 480 VA (je nach Pumpeneinstellung). Diese könnte reduziert werden durch eine gezielte Abschaltung der Boosterpumpe nach korrektem Umlauf der Wärmeträgerflüssigkeit. Dies wurde bei der Anlage 6 (siehe dort) gemacht.

SIC-Nr.		14008242							
Kunde		Hüppi							
Standort		Grossaffoltern							
Fläche		13.02 m <sup>2</sup>							
Monat	Einstrahlung total	Einstrahlung normiert	Abgabe	Abgabe normiert	Pumpenenergie inkl. Steuerung	Pumpenleistung /geerntet	Ausfall Tage		
Jan 03	303.7 kWh	23.3 kWh	58.9 kWh	4.5 kWh	10.4 kWh	17.7%		11	
Feb 03	892.2 kWh	68.5 kWh	311.8 kWh	23.9 kWh	28.1 kWh	9.0%			
Mrz 03	1977.2 kWh	151.9 kWh	865.6 kWh	66.5 kWh	60.7 kWh	7.0%			
Apr 03	1975.2 kWh	151.7 kWh	672.7 kWh	51.7 kWh	51.8 kWh	7.7%			
Mai 03	1931.1 kWh	148.3 kWh	547.8 kWh	42.1 kWh	47.1 kWh	8.6%			
Jun 03	2401.2 kWh	184.4 kWh	367.5 kWh	28.2 kWh	35.7 kWh	9.7%		1	
Jul 03	795.5 kWh	61.1 kWh	106.2 kWh	8.2 kWh	13.3 kWh	12.5%		17	
Aug 03	2265.1 kWh	174.0 kWh	242.3 kWh	18.6 kWh	31.1 kWh	12.9%			
Sep 03	1852.0 kWh	142.2 kWh	241.2 kWh	18.5 kWh	34.9 kWh	14.5%		2	
Okt 03	1036.0 kWh	79.6 kWh	233.1 kWh	17.9 kWh	31.7 kWh	13.6%			
Nov 03	492.1 kWh	37.8 kWh	118.3 kWh	9.1 kWh	17.9 kWh	15.1%		13	
Dez 03	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0%		31	
Jahressummen	15921 kWh	1223 kWh/m <sup>2</sup> a	3765 kWh	289 kWh/m <sup>2</sup> a	363 kWh			75	
Wirkungsgrad			23.6%						
Verbrauch			9.6%						

#### Diskussion der Resultate:

Die fehlende Boosterpumpenabschaltung führt zur hohen Pumpenenergie von 363 kWh. Das Verhältnis „abgegebene Energie/ Pumpenenergie“ 10,4 ist bereits besser als bei der Referenzanlage Nr. 1 mit 7,16 aber immer noch nicht sehr hoch. Mit der Boosterpumpenabschaltung kann eine annähernde Verdoppelung erwartet werden.

Bei dieser Anlage traten im Sommer 2005 Probleme mit dem Pumpen der Wärmeträgerflüssigkeit auf. Nach dem Ausbau des Durchflussmessers funktioniert die Anlage wieder einwandfrei.

#### **3.4.3. Anlage Nr. 4: „POWERPAK 10/ 8 K –Kollektoren für solare Vorwärmung des Warmwassers einer Turnhalle“**

Die Turnhalle einer Schule im Unerland wird primär während der Schulzeit benutzt. Sie ist gut südwärts ausgerichtet und hat in den Wintermonaten Horizontbeschränkungen durch die Berge. Das POWERPAK-System hat eine sehr kurze Leitung. Es wird keine Boosterpumpe benötigt. Als

Wärmetauscher wird der interne POWERPAK-Wärmetauscher benutzt. Die Sekundärpumpe befördert die Wärme in den Speicher.

Hier traten Ausfälle bei der Messwerterfassung auf. Die Resultate konnten extrapoliert werden.

SIC-Nr.	14002242													
Kunde	EW													
Standort	Erstfeld													
Fläche	14.88 m <sup>2</sup>													
Monat	Einstrahlung total		Einstrahlung normiert		Abgabe		Abgabe normiert		Pumpenenergie inkl.Steuerung		Pumpenleistung / geerntet		Ausfall Tage	
Jan 03	0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0%		31	
Feb 03	0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0%		28	
Mrz 03	1098.8 kWh		73.8 kWh		432.4 kWh		29.1 kWh		15.7 kWh		3.6%		15	
Apr 03	2035.8 kWh		136.8 kWh		705.4 kWh		47.4 kWh		25.5 kWh		3.6%			
Mai 03	1869.8 kWh		125.7 kWh		599.1 kWh		40.3 kWh		25.3 kWh		4.2%		2	
Jun 03	2422.9 kWh		162.8 kWh		802.7 kWh		53.9 kWh		31.9 kWh		4.0%			
Jul 03	2057.6 kWh		138.3 kWh		624.1 kWh		41.9 kWh		25.8 kWh		4.1%			
Aug 03	2213.0 kWh		148.7 kWh		748.5 kWh		50.3 kWh		29.4 kWh		3.9%			
Sep 03	1749.1 kWh		117.5 kWh		624.8 kWh		42.0 kWh		24.5 kWh		3.9%			
Okt 03	990.9 kWh		66.6 kWh		305.7 kWh		20.5 kWh		13.5 kWh		4.4%			
Nov 03	495.6 kWh		33.3 kWh		102.8 kWh		6.9 kWh		7.3 kWh		7.1%		9	
Dez 03	0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0 kWh		0.0%		31	
Jahres- summen	14934 kWh		1004 kWh/m2a		4945 kWh		332 kWh/m2a		199 kWh				116	
Wirkungsgrad					33.1%									
Verbrauch					4.0%									

#### Diskussion der Resultate:

In der Messperiode ergibt sich Verhältnis „abgegebene Energie/ Pumpenenergie“ von 24,8. Das ist ein guter Wert. Die normierte Abgabe liegt mit Extrapolation der fehlenden Daten bei einer Abgabemenge von ca. 5'700 kWh bei ca. 400 kWh/ m<sup>2</sup>. Dadurch dass der Verbrauch zur Anlagen-grösse höher ist als bei den vorherigen Anlagen, liegt auch der hydraulische Wirkungsgrad bei 33,1%. Würde auch während der Schulferien mehr Warmwasser benötigt, so könnte dieser Wert auf über 415 kWh/m<sup>2</sup> steigen. Der hydraulische Wirkungsgrad steigt dann gegen 40%.

#### **3.4.4. Anlage Nr. 6: ENERGYPAK EP 365/ 3 K Drain-Back für WW“**

Die Anlage Nr. 6 wurde nachträglich in die Messreihe integriert. Sie ist interessant, weil sie ähnlich wie die Referenzanlage Nr. 1 ist. Das ENERGYPAK 365/ 3 K ist eine Drain-Back-Anlage mit integriertem Speicher von 325 Liter Brauchwasservolumen. Sie ist als kompakte Warmwasser-Anlage konzipiert. Anlage Nr. 6 wurde nachträglich installiert und einem 300 Liter Elektrospeicher vorge-schaltet (Vorwärmung).

Aufgrund der Messungen wurden an der Anlage Nr. 6 Verbesserungen vorgenommen. Dies um-fasst die Beschaltung mit dem Zusatzspeicher, die Nachheizung, die Fühlerpositionierung und die Kollektoren. Das ENERGYPAK 365/ 3 ist mittlerweile ausverkauft.

Sehr erfreulich ist die Tatsache, dass Umwälzpumpe und Steuerung des EP365 dank Abschaltung der Boosterpumpe nur gerade 2.5% der Gesamtarbeit ausmachte. Die Stromkosten für den Be-trieb der WW-Solaranlage beliefen sich auf nur sFr. 20.- / Jahr !

**Messwerte :**

Solare Warmwasservorwärmung					Nacherw. EP365			Nacherwärmung Boiler				Energiebezug ab WW				Verluste
Datum	Arbeit kWh	Arbeit kWh/	Kosten Fr.	h/Mt h	Arbeit kWh	kWh/M kWh	Kosten Fr.	Zeit h	h/Mt h	kWh/M kWh	Kosten Fr.	Arbeit kWh	kWh/M kWh	Menge l	lt/Mt lt/Mt	Polysun kWh
		Monat			0.3			287.54				1834	1.32	39930		
Jan05	3.4	3.37	0.73	55	0.3	0.00	0.00	338.17	50.63	304	32.69	2071	313	44470	4540	63
Feb05	7.4	3.98	0.86	70	0.3	0.00	0.00	378.57	40.40	242	26.08	2278	273	48340	3870	61
Mär05	17.8	10.40	2.24	211	0.3	0.00	0.00	409.01	30.44	183	19.65	2502	296	52630	4290	82
Apr05	26.2	8.49	1.64	169	0.3	0.00	0.00	437.72	28.71	172	16.68	2683	239	56260	3630	88
Mai05	40.1	13.90	2.69	288	0.3	0.00	0.00	461.44	23.72	142	13.78	2896	281	60810	4550	98
Jun05	56.7	16.60	3.22	349	0.3	0.00	0.00	464.57	3.13	19	1.82	3067	226	65820	5010	98
Jul05	71.9	15.20	2.94	317	0.3	0.00	0.00	466.35	1.78	11	1.03	3207	185	70950	5130	113
Aug05	83.1	11.20	2.17	229	0.3	0.00	0.00	473.95	7.60	46	4.42	3359	201	75810	4860	108
Sep05	3.4	8.48	1.64	169	0.3	0.00	0.00	481.69	7.74	46	4.50	3513	203	80900	5090	93
Okt05	9.1	5.70	1.10	104	97	96.8	9.37	488.27	6.58	39	3.82	3711	261	85800	4900	62
<b>Arbeit gesamt 106.47 kWh</b>					<b>0 kWh</b>			<b>1988 kWh</b>				<b>3017 kWh</b>				<b>985</b>
<b>Mittelwerte 8.87 kWh/Mt</b>					<b>0.00 Wh/M</b>			<b>165.68 kWh/Mt</b>				<b>251.42 kWh/Mt</b>				<b>82.11</b>
<b>Betriebsdauer 2128 h</b>								<b>331 h</b>								
<b>3.2% der ges.Arbeit</b>																
<b>Kosten ges 21.19 Fr.</b>					<b>0.00 Fr.</b>			<b>206.93 Fr.</b>								

Durch das Versetzen des unteren Temperaturfühlers ist zu erwarten, dass die Anlage noch weniger elektrische Energie brauchen wird, weil nun abends die Pumpe früher abgeschaltet wird und so ein Wärmetransport aufs Dach verhindert wird. Dies bringt zum elektrischen Nutzen zusätzlich weniger Wärmeverluste, also insgesamt eine noch bessere Effizienz.

Die elektrische Nachwärmung im Boiler wurde ab Juni 2005 nur noch sporadisch eingesetzt. Die Kosteneinsparung ist signifikant und wird sich während des nächsten Betriebsjahres noch stärker auswirken.

Die insgesamt gewonnene Sonnenenergie beträgt 2076 kWh bzw 52% der Gesamtarbeit. Dieser Wert ist nicht sehr hoch. Grund dafür sind die zu grossen Wärme-verluste durch die hydraulische Nachschaltung des Boilers, zusätzlich braucht die Familie nur unterdurchschnittlich viel Wasser. Bei grösserem Wasserverbrauch steigt durch die eher grosse Dimensionierung der Anlage – es hat noch Reserven – automatisch die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Gew. Sonnenenergie			Parameter						
Arbeit kWh	Ertrag Fr.	In % der Ges. arbeit	Strom		Solaranlage				
			Kosten pro kWh	MWST	Last	Steuerung	Tage	Grundarbeit	
			Hochtarif	Niedertarif	Watt	Watt		kWh	
69	7.42	18%	20	10	1.076	45.1	1.2	31	0.9
88	9.46	26%	20	10	1.076	45.1	1.2	28	0.8
185	19.91	49%	20	10	1.076	45.1	1.2	31	0.9
146	14.17	45%	18	9	1.076	45.1	1.2	30	0.9
223	21.56	59%	18	9	1.076	45.1	1.2	31	0.9
289	27.95	89%	18	9	1.076	45.1	1.2	30	0.9
272	26.29	91%	18	9	1.076	45.1	1.2	31	0.9
252	24.39	82%	18	9	1.076	45.1	1.2	31	0.9
241	23.34	81%	18	9	1.076	45.1	1.2	30	0.9
181	17.56	56%	18	9	1.076	46.1	1.2	31	0.9
86	8.29	26%	18	9	1.076	46.1	1.2	30	0.9
45	4.32	13%	18	9	1.076	46.1	1.2	31	0.9
<b>2076 kWh 51.5%</b>									
<b>172.97 kWh/Mt</b>									
<b>Ertrag (inkl. MwSt) 204.68 Fr. 49.7%</b>									

**Diskussion der Resultate:**

In der Messperiode ergibt sich ein Verhältnis „abgegebene Energie/ Pumpenenergie“ von 20,3. Das ist gut für eine DB-Anlage mit Booster-Abschaltung. Es kann aber noch gesteigert werden.

Der Ertrag von 2076 kWh ist etwas bescheiden. Dafür kann zwar ein geringer Warmwasser-Verbrauch ins Feld geführt werden. Weiter ist die Anlage auf die Westseite ausgerichtet. Der schwache Deckungsgrad von nur 52% verweist aber noch auf andere Faktoren.

Es wurden daher gezielte Änderungen vorgenommen. Der Speicherfühler wurde neu nach Angaben des Herstellers umplatziert, was die Pumpenlaufzeit verringerte. Dann wurde die Vorwärmung des bisherigen Speichers ausgeschaltet, in dem dieser Speicher abgehängt wurde. Das verringert die Verluste erheblich. Die Nachheizung erfolgt nun im ENERGYPAK 365. Im Oktober wurden die bisherigen K-Kollektoren durch die neuen Bt-Kollektoren ersetzt.

Mit diesen Massnahmen wurde der Ertrag im Oktober 2005 auf 181 kWh (Pumpenlaufzeit 104 Std.) gesteigert. Im Jahre 2004 lagen diese Werte bei 96 kWh (Pumpenlaufzeit 181 Std.).

Damit liegt der Faktor geerntete Energie zu Pumpenenergie (inkl. Steuerung) bei 34.8. Es ist nun interessant die Folgemonate zu studieren.

#### **3.4.5. Anlage Nr. 7: POWERPAK 10/ 8 Bt Drain - Back für WW und TSH**

Die Anlage Nr. 7 wurde im Herbst 2005 installiert und beinhaltet alle Erkenntnisse des P+D-Projektes „Drain-Back“. Zur Datenerfassung wurde ein SIC 100+ installiert. Es wird vom Kunden selber ausgelesen. Die Anlage für Warmwasser und teilsolares Heizen steht in der Stadt Basel auf einem EFH. Es ist eine der ersten Anlagen in der Schweiz mit dem Bt-Kollektor. Erste Messungen liegen Anfang 2006 vor.

### **3.5. Interpretation der Resultate:**

#### **3.5.1. Fragestellungen und ihre Beantwortung:**

Bei Projektbeginn wurden Fragen formuliert, auf die die Messungen Antworten liefern sollten:

##### 1. Wie häufig schaltet das Drain-Back-System pro Tag (maximal/ minimal)?

Es sollte mindestens 3 Minuten einschalten (siehe 2.). Minimal könnte es einmal einschalten. Eine Zeitverzögerung ergibt sich durch den Sonnenkollektor. So liegt beim M-Kollektor die Zeitkonstante für die Erwärmung bei über einer Minute.

##### 2. Wie lange ist eine optimale bzw. minimale Einschaltzeit?

Die Pumpenarbeit ist bei einer 15 m langen Leitung mit 15 mm Durchmesser mit Boosterpumpe und 400 VA Leistung ca. 20 VAh, bis die maximal 8 Kollektoren gefüllt sind. Das sollte nicht länger als 3 Minuten dauern. Die Einschaltzeit muss also grösser als 3 Minuten sein.

##### 3. Dieser Einschaltzeit wird eine Temperaturdifferenz zugeordnet.

Die Temperaturdifferenz zum Einschalten beträgt in der werksseitigen Einstellung 5 Grad Celsius beim Ein- und 2 Grad beim Ausschalten. Diese Temperaturen können optional auf 10 bzw. 5 Grad ausgedehnt werden. In der Praxis wird 5 Grad/ 2 Grad Celsius gewählt.

##### 4. Verhältnis von Solar- zu elektrischer Leistung?

Es liegt zwischen Faktor 10,4 und 24,8 bzw. 34 im Falle der Anlage Nr. 6 im Oktober 2005. Der Boosterpumpen - Abschaltung bzw. fehlender Boosterpumpe und/oder hohem Verbrauch kommen hier grosse Bedeutung zu.

##### 5. Wie sieht dieser Vergleich für eine kleine gepumpte Anlage aus?

Der Faktor liegt bei 7,2, also tiefer, muss er doch mit Anlage Nr. 6 verglichen werden. Dort war der Faktor bei über 20, wird durch die Änderungen aber noch massiv steigen (siehe auch 4.4. im Oktober 2005 bei 34,8).

#### **3.5.2. Erwartete Zusatzkenntnisse**

##### 6. Wie ist die optimale Systemkonfiguration?

Die Anzahl der Kollektoren zur Speichergrösse und dem Verbrauch gestaltet sich in erster Näherung wie bei anderen „high-flow“-Anlagen. Für die Auslegung der Systeme wurde eine Dimensionsierungsübersicht für alle Anlagenvarianten erstellt (Beilage Schlussbericht).

Vorsichtsmassnahmen bezüglich Überhitzung können vernachlässigt werden. Die Leitungen müssen zwingend fallend sein. Sonst ist dieser Anlagentyp nicht möglich. Eine Boosterpumpe sollte vermieden werden. Dazu kann der interne Wärmetauscher mit der Sekundärpumpe eingesetzt werden. Das POWERPAK kann dann in der Nähe der Kollektoren platziert werden. Wenn die Boosterpumpe nicht zu vermeiden ist, sollte sie abgestellt werden.

##### 7. Kann die Pumpenleistung variiert werden?

Ja, wenn die Leistung ausreicht um den Scheitelpunkt zu überwinden. Dies bedingt eine kleine Höhendifferenz zwischen POWERPAK und Sonnenkollektor (siehe auch 6.). Die Pumpen haben drei Leistungsstufen. Es wird angestrebt, dass sie in der Praxis in der mittleren Stufe arbeiten.



### 8. Wie gross ist die Bruttowärmemenge in Funktion der Fläche und Einstrahlung?

Siehe Monatsdaten der Anlagen in Kapitel 4. Am höchsten ist der hydraulische Wirkungsgrad bei der Anlage Nr. 3 im März mit 43,8% wo die WW- und TSH - Funktion voll zum Tragen kommen und der Speicher nicht zu warm ist.

„Überdimensionierte Anlagen“ für WW und TSH weisen kleinere Bruttowärmemengen auf als Anlagen, welche die Energie möglichst komplett abgeben können, wie die Anlage Nr. 4 auf der Turnhalle.

### 9. Wie ist der Vergleich zu einem konventionellen System das im Sommer nicht abstellt?

Obgleich die Referenzanlage Nr. 1 aufgrund der Grösse und ungünstiger Feldausrichtung nicht so viele Überschussenergie hat, zeigt sich die Tendenz schon. Das Verhältnis Pumpenenergie zu geernteter Energie ist mit 7,2 das schlechteste.

### 10. Lohnt sich die Suche nach besseren Pumpen?

Ja, siehe auch Schlussfolgerungen 5.3.

### **3.5.3. Allgemeine Schlussfolgerungen aus den Messungen**

Die mit viel zeitlichem Aufwand vorgenommenen Messungen haben im Vergleich zum Aufwand wenige zusätzliche Informationen ergeben, auf die man nicht auch anderweitig hätte kommen können. Diese Erkenntnis ist nun mit Messungen abgesichert, was sehr wertvoll ist:

- Die Boosterpumpen - Abschaltung ergibt eine markante Verbesserung in den Kennzahlen. Für den Benutzer selber ist das weniger wichtig, sind die Stromkosten doch nicht sehr gross. Zudem wird ein Teil der Pumpenenergie als Wärme in den Kreislauf einfließen, ist also nicht komplett verloren. Trotzdem ist die Boosterpumpenabschaltung rentabel.
- Die Boosterpumpe selber ist eine Zusatzinvestition, die vermieden werden sollte. Besser wäre eine stärkere Pumpe, die nicht mehr Energie verbraucht. Könnte diese Pumpe die Leistung nach erfolgtem Start reduzieren, so wäre eine optimale Lösung erreicht. Vielleicht ergäben sich Vorteile, wenn die Durchflussmenge reguliert werden könnte. Es stellt sich dann die Fragen der Kosten.
- Im Boosterpumpenbereich ist also noch Verbesserungspotential.
- Durch das „ungezwungene Zurückfliessen“ der Wärmeträgerflüssigkeit werden Temperaturen über 100 Grad Celsius und Verdampfungen vermieden. Das ist positiv, bedingt aber eine „high-flow-Strategie“ der gesamten Anlage. Das hat Vorteile beim Ertrag, Nachteile bei der direkten Nutzung der Solarwärme.
- Die „Drain-back – high-flow“-Strategie bedingt entsprechend konstruierte Kollektoren mit vielen parallel geführten Kanälen zur Senkung der Strömungswiderstände. Das sind beim K-Kollektor 35 Kanäle, beim M-Kollektor 7- und beim neuen Bt - Kollektor 13 Kanäle. Für den Bt-Kollektor wird ein Durchfluss von 75 Liter bei einer Fläche von 1,86 m<sup>2</sup> empfohlen.
- Der Aufbau der gesamten Anlage, die Dimensionierung und die Betriebsführung sind wichtiger als die Frage „Drain-back“ - System oder nicht. Die Forderung nach „fallenden Leitungen“ ist eine zentrale Forderung.
- Mit Drain-Back-Anlagen kann die bereits heute sehr gute Ökobilanz von thermischen Solaranlagen noch weiter verbessert werden. Dies ist besonders auch bei Minergie-Häusern interessant, bei welchen der Stromverbrauch mit einem Faktor (z.B. 2) gewichtet wird. Drain-Back-Anlagen eignen sich also speziell für Minergie- und Passivhäuser.

Daraus kann man auch folgern:

- dass es am besten ist, gar keine Umwälzpumpe und Steuerung zu haben. Dies ist aber nur bei kleinen Thermosyphonanlagen, welche nach dem Schwerkraftprinzip arbeiten, möglich. Solahart bietet solche Systeme bis 440 Liter Speicher und 7,36 m<sup>2</sup> pro System an. Für grösseren Verbrauch werden mehrere Systeme eingesetzt. Gepumpte Anlagen mit Solarmodulen sind die zweitbeste Lösung.
- Für grössere Anlagen, speziell für teilsolares Heizen, wie Anlage 3 und 4, müssen Pumpen eingesetzt werden. Hier ist es vorteilhaft die Pumpen abzustellen, wenn keine Energie

---

benötigt wird. Speziell ungünstig sind Systeme, welche im Sommer die Pumpen tagsüber und in der Nacht einschalten.

- Grössere Anlagen für die Warmwasseraufbereitung wie Schulen, Heime, Turnhallen etc., welche bis anhin aufgrund der Überhitzung problematisch sind, eignen sich besonders gut für „Drain-Back“-Anlagen.

#### **4. Informationsarbeit und Schulungen**

Die Schulung und Information wurde in all den Jahren stark gepflegt. Für die Schulung wurde die Plattform der Schulungsreihe von „Muntwylers Solar-Akademie“ genutzt. Im März 2006 findet der 10. Solahart-Schulungstag mit Schwerpunkt „Drain-Back-Systeme“ statt. In verschiedenen Fachmedien wurden die Drain-Back-Systeme vorgestellt. Speziell hervorzuheben ist der ausführliche Artikel in der deutschen Fachzeitschrift „Sonnenenergie“, den wir ganz wesentlich geprägt haben. Daneben wurden verschiedene Referaten vor Fachleuten gehalten.

Detaillierte Informationen wurden über das „Muntwylers SolarHandbuch“ und das „Manuel Solaire Muntwyler“ sowie die SolarNews abgeben.

Die Systeme wurden auf über 20 Messen in der Deutsch- und Westschweiz vorgestellt, darunter an Fachmessen wie „Swissbau“, „Minergie-Messe“, „Altbau-Messe“, „Hilsa“, „ISH“, „Habitat und Jardin“ (Bereich Energie) sowie an Publikumsmessen etc.

#### **5. Nationale Zusammenarbeit**

Die nationale Zusammenarbeit konzentrierte sich auf die Kommunikation mit den über 100 Anwendern und einigen Installationsfirmen. Im Rahmen der Schulung von „Muntwylers SolarAkademie“ wurde detailliert über die Resultate informiert. Vermehrt werden „Drain-Back“-Systeme nun auch von Installateuren eingesetzt. Mit dem POWERPAK vergleichbare Einheiten werden vermehrt auf dem CH-Markt angeboten.

#### **6. Internationale Zusammenarbeit**

Die internationale Zusammenarbeit im Rahmen der Solahart-Gruppe war in allen Jahren sehr eng. Die technischen Arbeiten wurden mit dem technischen Applikationsingenieur von Solahart Europe, Rob Meesters, sowie den technischen Mitarbeitern von Solahart Australien angegangen. Die Resultate dieses Projektes fliessen in die Weiterentwicklung des POWERPAK-Systems ein.

An Solahart-Händler-Meetings in Australien, Italien und Spanien wurde der Informationsaustausch mit den Händlern aus Europa und Übersee gepflegt. Dies speziell mit der italienischen Firma Accomondita, welche weltweit am meisten POWERPAK-Anlagen realisiert.

#### **7. Allgemeiner Ausblick**

Der Einsatz von „Drain-back“-Systemen ist ein Trend im Solarmarkt. Es freut uns, dass wir in diesem Bereich eine Vorreiterrolle haben. Die Praxis und die Messungen zeigen, dass diese Systeme Vorteile haben. Dagegen sind die Planung und die Bauausführung anspruchsvoller. Dies bedingt eine entsprechende Schulung und die Bereitschaft, nur dann Anlagen mit „Drain-Back“-Prinzip zu realisieren, wo dieser Anlagentyp auch Vorteile bietet. „Drain-Back“-Anlagen sind eine Bereicherung des Sortiments für die optimale Lösung in den verschiedensten Anwendungen und Haustypen.

#### **8. Verdankungen**

Unter all den Beteiligten ist speziell den Anlagenbesitzern zu danken. Sie haben erhebliche Umtriebe auf sich genommen. Neben den Mitarbeitern des Solarcenters Muntwyler und von Solahart ist speziell Reto Fedeli (Schnottwil) zu danken, der den Datensalat in eine geordnete Reihung brachte. Dazu hat er mit seiner Anlage Nr. 6 die Diskussion wesentlich bereichert.

Weiter ist dem BFE und speziell Herrn Urs Wolfer zu danken, der mit seinen kritischen Anregungen und Hinweisen wesentlich geholfen hat.

## **9. Referenzen/ Literaturangaben (Auszug):**

- Muntwylers SolarHandbuch, 11. Auflage, S. 29 ff., Urs Muntwyler, Bezug: Solarcenter Muntwyler, Postfach 512, 3052 Zollikofen
- Kursunterlagen „Solahart-Schulungstag“, 21. März 2003, Bezug: Solarcenter Muntwyler
- Technical Bulletin Nr. 136, Solahart-Australia, Welshpool, Perth, Australia
- Sonnenenergie, DGS mit Solarpraxis AG, 2003
- Hartbeat: Solahart News Bulletin, december 2003, Seite 9
- Erneuerbare Energien, „Happy birthday-50 Jahre Solahart“, Dezember 2003



## 1. POWERPAK - Vorschlag für solare Warmwasser - Systeme:

Anzahl Personen	Warmwasser- verbrauch pro Tag zu 55°C [l/ Tag]	Energie Warm- wasserproduktion pro Tag [kWh]	Deckungs- grad An- nahme [%]	Energieer- sparnis pro Jahr [kWh]	Einsparung CO <sub>2</sub> [Ton- nen]*	Empfohlenes – Gesamtvolumen Speicher	Kollek- torfläche B <sub>t</sub>	Systemvorschlag (mit B <sub>t</sub> -Kollektoren)
2	100 Liter	5,2	> 60%	1'130	7	150 Liter	4/ 2	ENERGYPAK
2-3	100 - 150 Liter	max. 7,8	> 60%	max. 1'700	max. 10,5	365 Liter	4/ 2	EP 365/ 2 B <sub>t</sub>
4-5	200 - 250 Liter	max. 13,0	> 60%	max. 2'850	max. 17,6	365 Liter	4/ 3	EP 365/ 3 B <sub>t</sub>
6	300 Liter	15,6	> 60%	3'450	21,4	500 Liter	8/ 4	POWERPAK 10/ 4 B <sub>t</sub>
7	350 Liter	18,2	> 60%	4'000	24,8	600 Liter	9/ 5	POWERPAK 10/ 5 B <sub>t</sub>
8	400 Liter	20,8	> 60%	4'600	28,5	700 Liter	12/ 6	POWERPAK 10/ 6 B <sub>t</sub>
9	450 Liter	23,4	> 60%	5'100	31,6	750 Liter	12/ 6	POWERPAK 10/ 6 B <sub>t</sub>
10	500 Liter	26,0	> 60%	5'700	35,3	800 Liter	13/ 7	POWERPAK 10/ 7 B <sub>t</sub>
11	550 Liter	28,6	> 60%	6'300	39	900 Liter	13/ 7	POWERPAK 10/ 7 B <sub>t</sub>
12	600 Liter	31,2	> 60%	6'800	42	1'000 Liter	15/ 8	POWERPAK 10/ 8 B <sub>t</sub>
13	650 Liter	33,8	> 60%	7'400	45,9	1'110 Liter	15/ 8	POWERPAK 10/ 8 B <sub>t</sub>
> 14	2- und mehr POWERPAK!	36,4 und mehr	> 60%	8'000 und mehr	49,6 und mehr	Bis max. ca. 6'000 Liter	> x 15/ 8	Max. bis ca. 4 PP 10/ 8 B <sub>t</sub>

\* Betriebszeit: 20 Jahre! Alle Systeme sind auch mit Wärmetauscher mit Sekundärkreis lieferbar ( gegen Aufpreis)!

## **2. POWERPAK - Vorschlag für die Auslegung von solaren Wärme- und Warmwasser - Systemen in Einfamilien-, Mehrfamilienhäusern und Gewerbebauten:**

Anzahl Personen	Grösse Speicher für Heizung und Warmwasser	Totaler Jahresenergieertrag $Q_{\text{tot}}$ für Heizung und Warmwasser in MWh	Kollektorfläche $\text{m}^2$ / $B_t$ - Kollektoren	Systemvorschlag
< 5	800 Liter	10	8/ 4 $B_t$	POWERPAK 10/ 4 $B_t$
< 5	1'000 Liter	15	12/ 6 $B_t$	POWERPAK 10/ 6 $B_t$
< 6	1'300 Liter	20	15/ 8 $B_t$	POWERPAK 10/ 8 $B_t$
> 8	2- und mehr	POWERPAK-Einheiten nötig!		

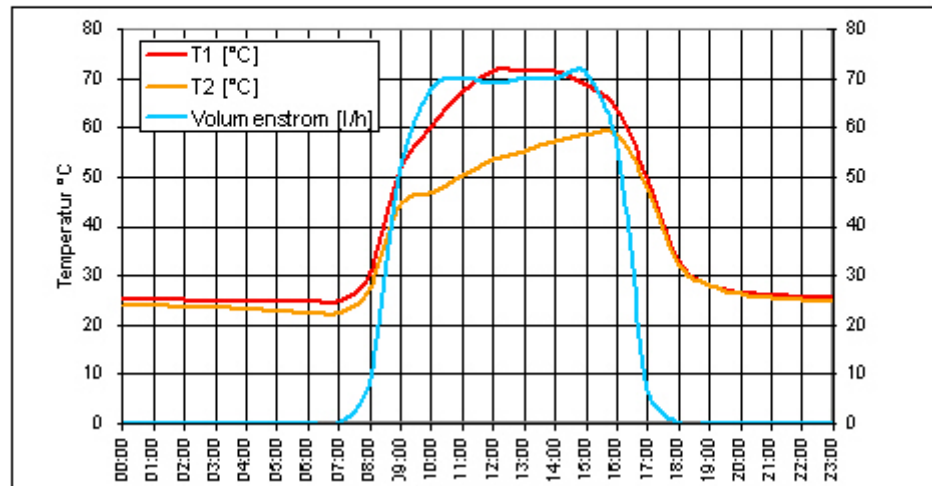
## Tageswerte

Tagesdiagramme liegen vom ganzen Jahr 2003 vor, insofern die Rohdaten vorhanden waren.

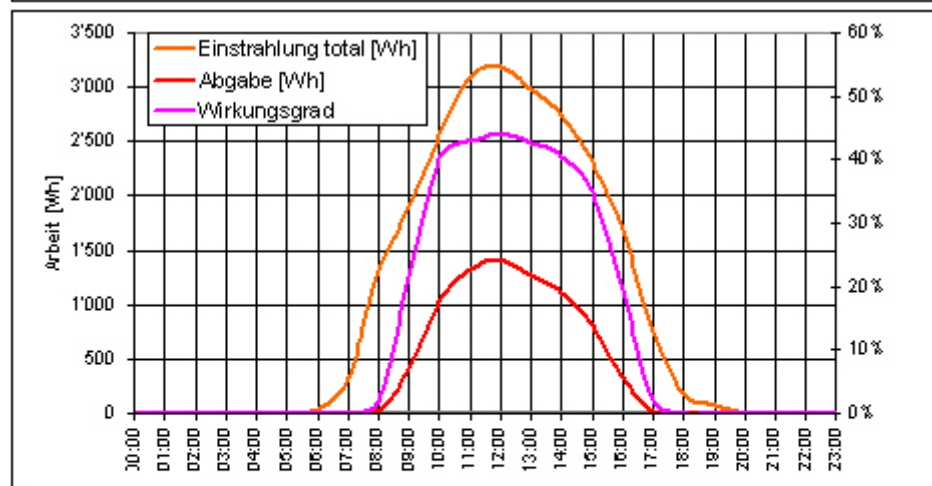
Beispiel : 25.08.2003 :

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**  
Datum **25.08.2003**

Verlauf von  
Temperaturen,  
Volumenstrom zeigen  
keine Abnormitäten.



Verlauf von  
Einstrahlung,  
abgegebener Arbeit  
und Wirkungsgrad  
zeigen keine  
Abnormitäten.



Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	23.123 kWh	7.734 kWh
Pumpenlaufzeit		10 h
Pumpenenergie inkl. Steuerung		0.831 kWh
Pumpenleistung / geerntet		10.75%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch.

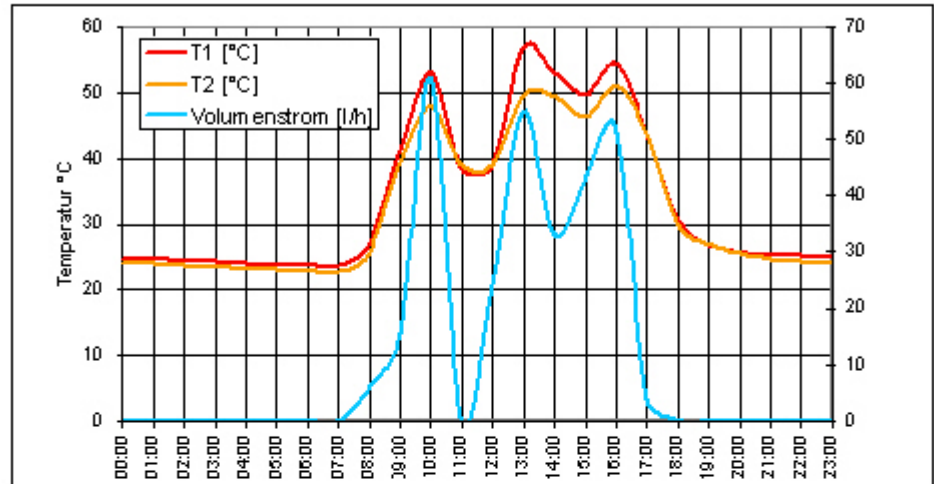
Auffallend : im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung 10.75 % Energie !

Beispiel : 28.08.2003 :

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**  
Datum **28.08.2003**

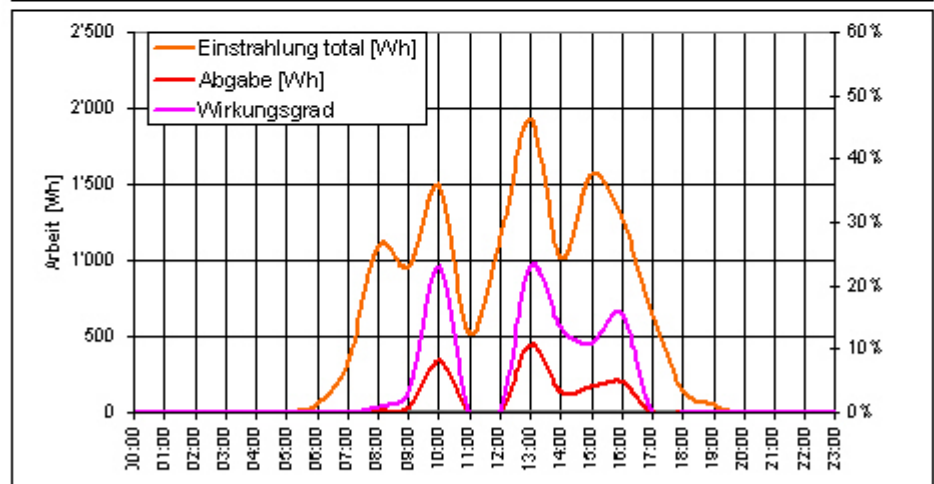
Verlauf von Temperaturen, Volumenstrom zeigen keine Abnormitäten.

Die Anlage hat sich offensichtlich während des Tages infolge zu wenig Einstrahlung ausgeschaltet.



Verlauf von Einstrahlung, abgegebener Arbeit und Wirkungsgrad zeigen keine Abnormitäten.

Meteo : vermutlich vorüberziehende Bewölkung, welche die Sonne stark abschirmten.



Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	12 215 kWh	1 337 kWh
Pumpenlaufzeit		9 h
Pumpenenergie inkl. Steuerung		0.751 kWh
Pumpenleistung / geerntet		56.17%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch für einen bewölkten Tag. Die zwischenzeitliche Abschaltung der Pumpe ist nachvollziehbar und logisch.

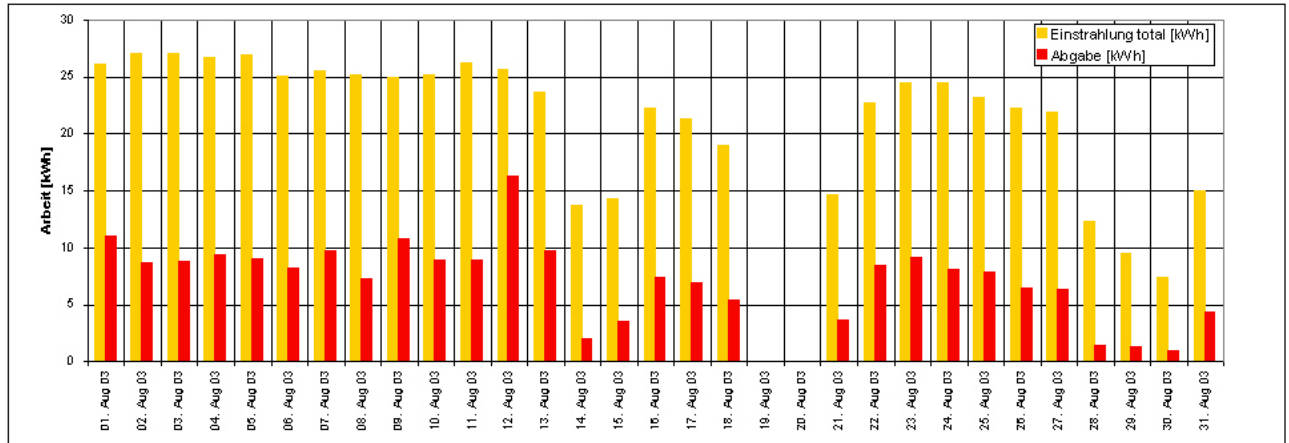
Auffallend : im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung 56.17 % Energie ! Dieser „schlechte“ Wert hat damit zu tun, dass ein Einschalten der Pumpe bei den Berechnungen als volle Laufstunde gewertet wird. Effektiv wurden „nur“ 293 Liter Wärmeträger umgewälzt, was bei der normalen Fördermenge dieser Anlage von 70 l/h einer Einschaltdauer von 4.2 Stunden entspräche. Damit berechnet sich das Verhältnis Pumpenleistung / geerntet neu auf 27.4 %. Aber auch dieser Wert ist immer noch sehr hoch !



## Monatzzusammenfassung

Für jeden Monat liegt eine Zusammenfassung vor. Beispiel : August 2003

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**  
Monat **Aug 03**



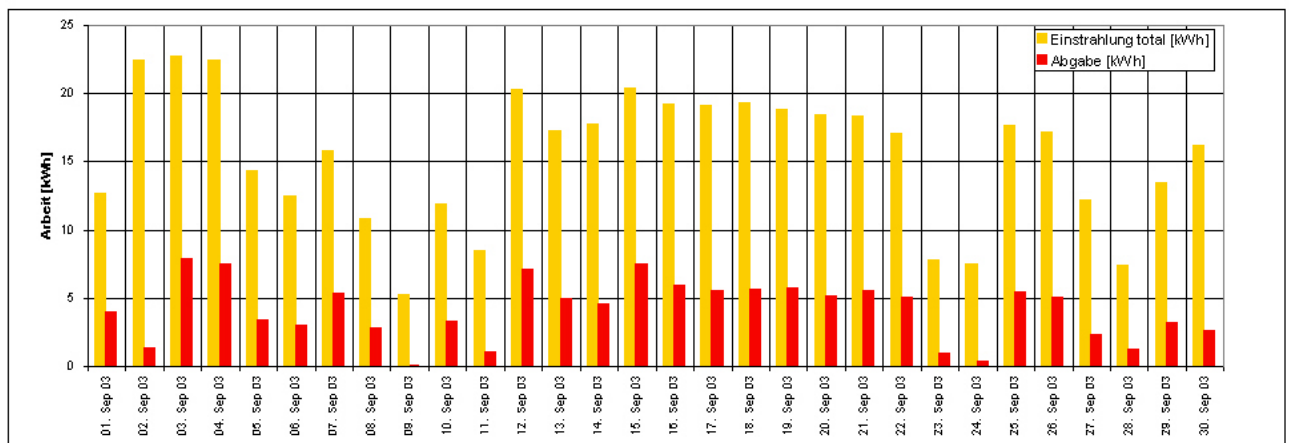
Weitere Berechnungen :      Einstrahlung      Abgabe  
Monatssummen                      620.671 kWh      207.484 kWh  
Pumpenlaufzeit                              268 h  
Pumpenenergie inkl. Steuerung              22.407 kWh  
Pumpenleistung / geerntet                      10.80%

Die Verläufe sind typisch. Die Monatssummen sind normal. Hier fehlen die Daten vom 19. und 20. des Monats.

Wieder auffallend ist, dass Pumpe und Steuerung rund 10% der geernteten Energie brauchte.

Beispiel : September 2003

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**  
Monat **Sep 03**

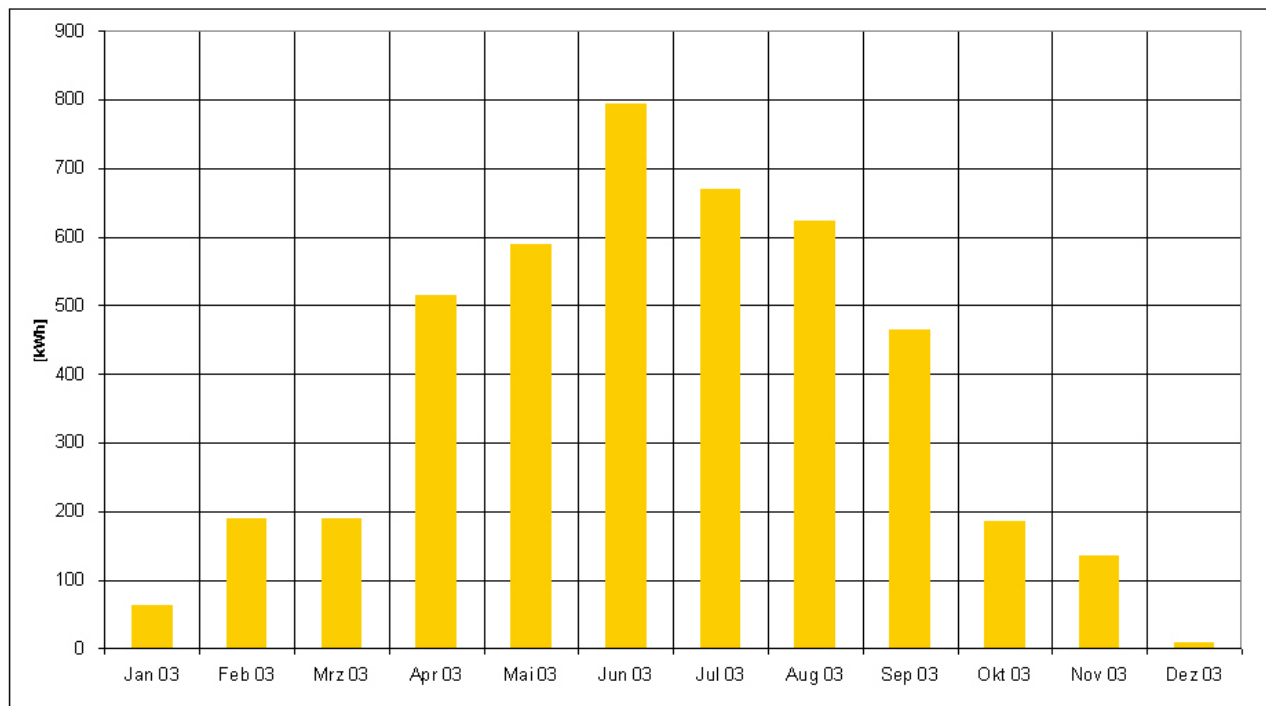


Weitere Berechnungen :      Einstrahlung      Abgabe  
Monatssummen                      462.598 kWh      122.614 kWh  
Pumpenlaufzeit                              230 h  
Pumpenenergie inkl. Steuerung              19.336 kWh  
Pumpenleistung / geerntet                      15.77%

## Jahreszusammenfassung 2003

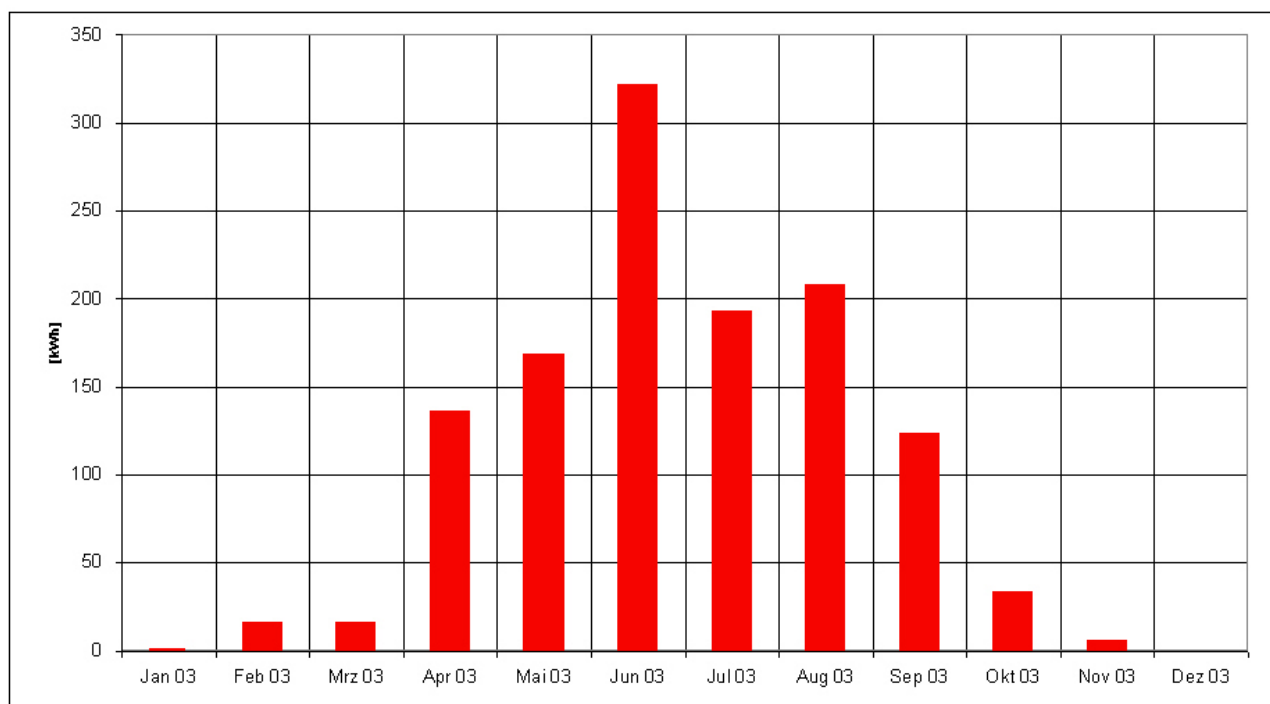
Einstrahlung total, für die ganze Kollektorenfläche :

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern** Jahressumme : 4404 kWh



Abgabe :

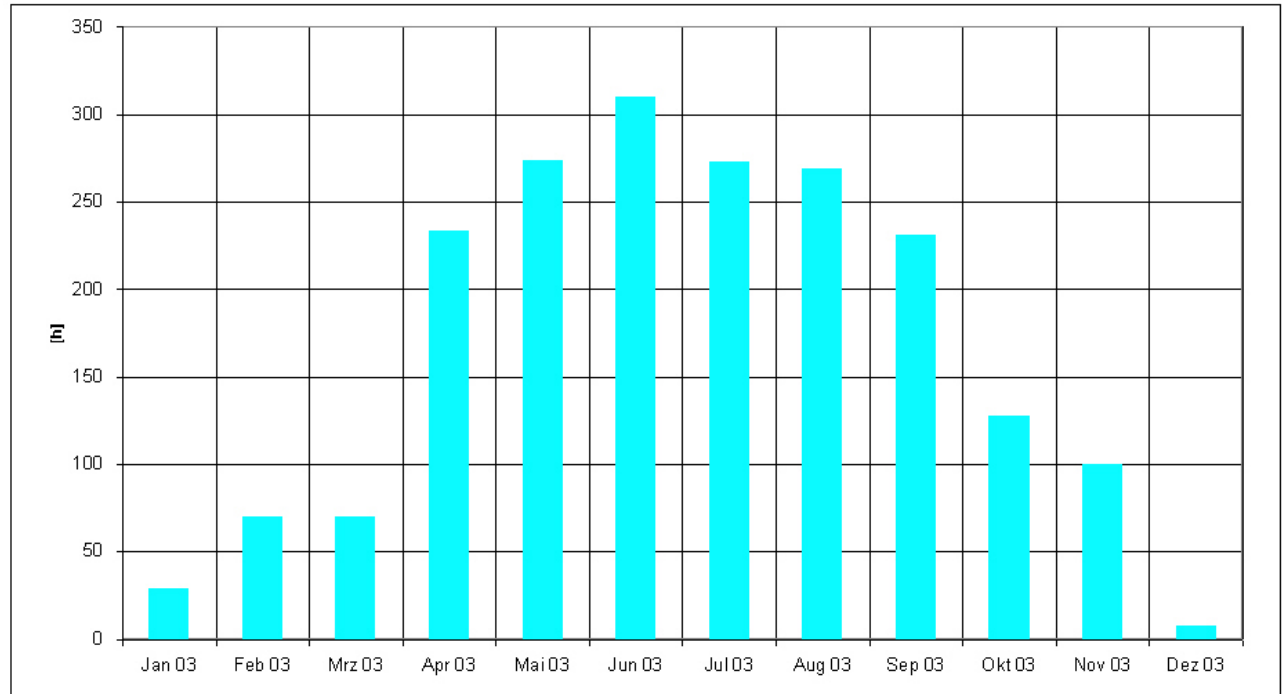
SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern** Jahressumme : 1211 kWh



## Betriebsdauer der Pumpe

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**

Jahressumme : 1984 h



## Zusammenfassung in Zahlen :

SIC-Nr. 14001242  
Kunde **Muntwyler**  
Standort **Bern**

Fläche 4.2 m2

Monat	Einstrahlung total	Einstrahlung normiert	Abgabe	Abgabe normiert	Pumpenlaufzeit	Pumpenenergie inkl.Steuerung	Pumpenleistung / geerntet	Anzahl Tage Ausfall
Jan 03	60.2 kWh	14.3 kWh	0.7 kWh	0.2 kWh	28 h	3.2 kWh	478.1%	8
Feb 03	188.4 kWh	44.9 kWh	15.5 kWh	3.7 kWh	69 h	6.4 kWh	41.2%	
Mrz 03	442.1 kWh	105.3 kWh	115.0 kWh	27.4 kWh	228 h	19.2 kWh	16.7%	
Apr 03	513.1 kWh	122.2 kWh	135.5 kWh	32.3 kWh	233 h	19.6 kWh	14.4%	
Mai 03	587.5 kWh	139.9 kWh	167.6 kWh	39.9 kWh	273 h	22.8 kWh	13.6%	
Jun 03	791.3 kWh	188.4 kWh	321.0 kWh	76.4 kWh	309 h	25.7 kWh	8.0%	
Jul 03	667.3 kWh	158.9 kWh	192.2 kWh	45.8 kWh	272 h	22.7 kWh	11.8%	2
Aug 03	620.7 kWh	147.8 kWh	207.5 kWh	49.4 kWh	268 h	22.4 kWh	10.8%	2
Sep 03	462.6 kWh	110.1 kWh	122.6 kWh	29.2 kWh	230 h	19.3 kWh	15.8%	
Okt 03	183.5 kWh	43.7 kWh	33.0 kWh	7.9 kWh	127 h	11.1 kWh	33.7%	4
Nov 03	134.0 kWh	31.9 kWh	5.1 kWh	1.2 kWh	99 h	8.9 kWh	174.0%	
Dez 03	6.9 kWh	1.6 kWh	-5.0 kWh	-1.2 kWh	7 h	1.5 kWh	-30.6%	29

**Jahressummen** 4658 kWh 1109 kWh/m2a 1311 kWh 312 kWh/m2a 2143 h 183 kWh

**Wirkungsgrad** 28.1%

**Verbrauch** 13.9%

## **Zusammenfassung**

Trotz zum Teil erheblicher Mängel während der Datenerfassung konnten die Daten aufbereitet und ausgewertet werden. Verlorene Daten können nicht wieder gewonnen werden und sind als echter Verlust zu werten.

Die Daten zeigen weitgehend (Ausnahmen z.B. 18.06.2003 oder 28.06.2003) typischen Verlauf. Es liess sich ermitteln, wann z.B. eine Temperatur falsch gemessen wurde oder dass die gemessene abgegebene Energie hydraulisch falsch ist. Hier sind Korrekturen nötig, wenn man diese letztlich gewonnene und weitergegebene Energie in Relation zu anderen Energien stellen will. Der Ausfall des Messgerätes ist schade aber nicht rückgängig zu machen.

Der Anteil der Pumpenarbeit von gegen 14% der gewonnenen Energie erscheint sehr hoch, ist aber für eine gepumpte Anlage typisch. Bessere Resultate erreichen hier Anlagen nach dem „drain back“ Prinzip, welche nach einem anfänglichen Anschieben des Wärmeträgers über den Scheitelpunkt, die sog. Boosterpumpe abschalten und mit einer wesentlich kleineren Umwälzpumpe die Strömungs- und Dichteverluste überwinden. Die so zu erzielenden Einsparungen auf der energetischen Seite liegen in der Grössenordnung von sFr. 55.- pro Betriebsjahr (Anlage Fedeli), womit sich die Mehrinvestition für die zusätzliche Pumpe und Steuerung in kurzer Zeit amortisieren lässt.

Wichtig ist auch folgende Anmerkung : in dieser Auswertung wurde die Pumpenarbeit jeweils zur gewonnenen Energie auf der Primärseite, sprich dem was der Wärmeträger transportiert und an das Wasser abgegeben hat, berechnet. Andere Berechnungen stellen die Pumpenarbeit in Relation zur Gesamtarbeit inkl. Verluste, was dann deutlich andere Zahlen gibt – welche nicht direkt miteinander verglichen werden dürfen !

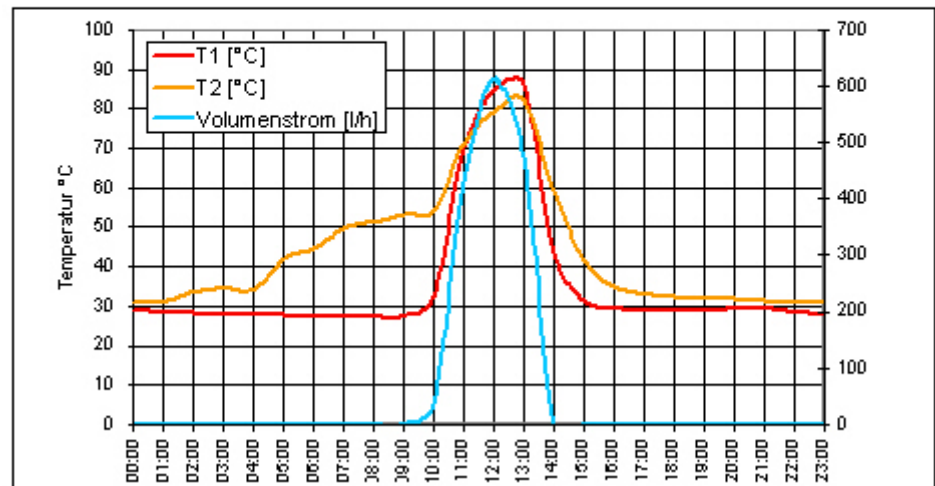
## Tageswerte

Tagesdiagramme liegen vom ganzen Jahr 2003 vor, insofern die Rohdaten vorhanden waren.

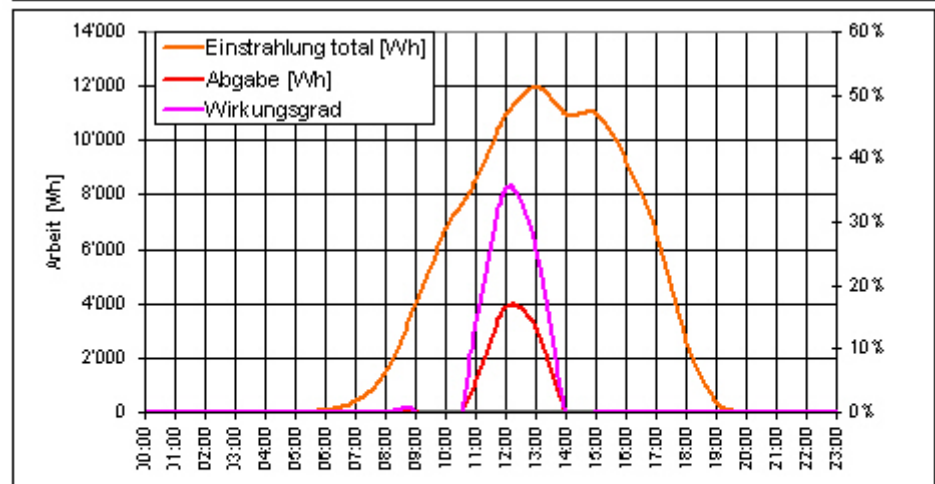
Beispiel : 25.08.2003 :

SIC-Nr. 14008242  
 Kunde **Hüppi**  
 Standort **Grossaffoltern**  
 Datum **25.08.2003**

Verlauf von  
 Temperaturen,  
 Volumenstrom zeigen  
 keine Abnormitäten.



Verlauf von Einstrahlung,  
 abgegebener Arbeit und  
 Wirkungsgrad zeigen  
 keine Abnormitäten.



Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	84.921 kWh	7.412 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		0.980 kWh
Pumpenleistung / geerntet		13.22%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch.

Auffallend :

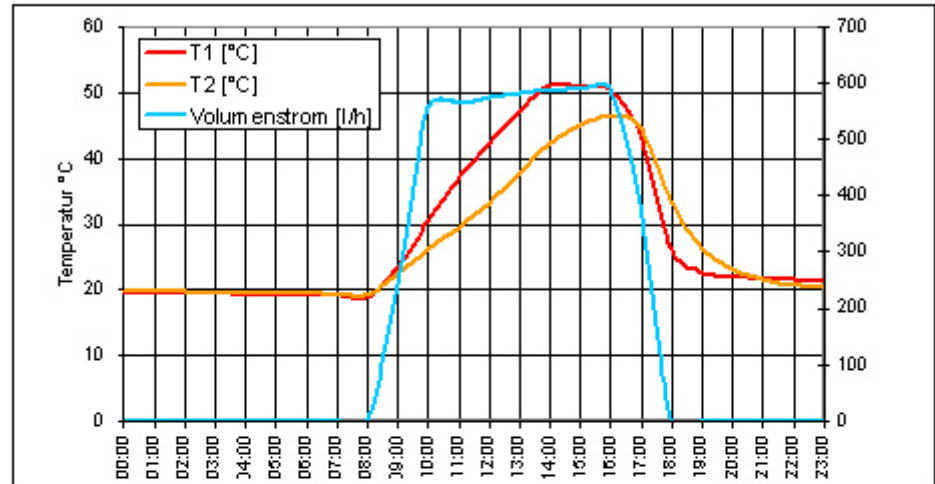
- Im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung 13.22 % Energie
- Im Verhältnis zur Einstrahlungsdauer – an diesem Tag 09:00 bis 17:30 – ist die „Erntedauer“ resp. die Laufzeit der Anlage sehr kurz ist, in diesem Beispiel nur ca. 4 Stunden.
- Die „Erntemenge“ ist mit 7.4 kWh relativ klein.

Beispiel : 13.10.2003 :

SIC-Nr. 14008242  
Kunde **Hüppi**  
Standort **Grossaffoltern**  
Datum **13.10.2003**

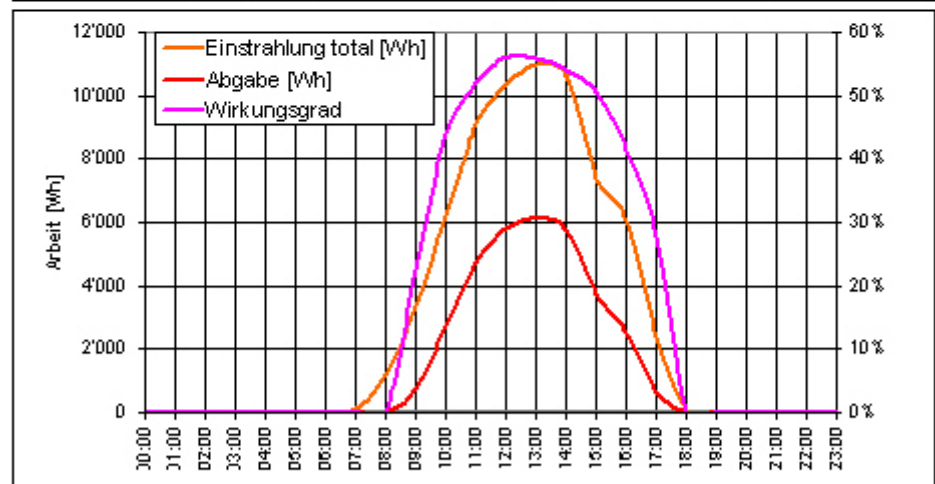
Verlauf von Temperaturen, Volumenstrom zeigen keine Abnormitäten.

Die Anlage hat sich offensichtlich während eines leicht bewölkten Tages eingeschaltet,  $T_1$  ist nur langsam angestiegen.



Verlauf von Einstrahlung, abgegebener Arbeit und Wirkungsgrad zeigen keine Abnormitäten.

Meteo : vermutlich leichte Bewölkung, welche die Sonne leicht abschirmten.



Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	67.904 kWh	32.840 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		2.573 kWh
Pumpenleistung / geerntet		7.84%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch für einen leicht bewölkten Tag.

Auffallend :

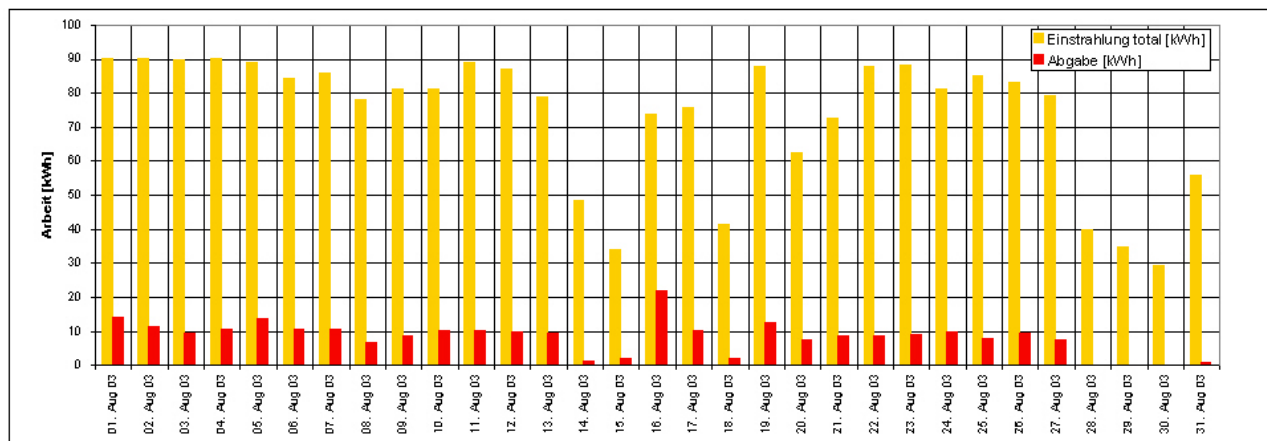
- Im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung 7.84 % Energie
- Die Anlage ist an diesem Tag ca. 10 Stunden gelaufen. Vermutlich war der Speicher nur noch wenig beladen.
- Die „Erntemenge“ ist mit 32.8 kWh hoch.
- Dadurch steigt sofort der Wirkungsgrad auf 48 % ! (Aus der Tabelle Monat Oktober)

## Monatzsammenfassung

Für jeden Monat liegt eine Zusammenfassung vor. Beispiel : August 2003

SIC-Nr. 14008242  
Kunde **Hüppi**  
Standort **Grossaffoltern**

Monat **Aug 03**



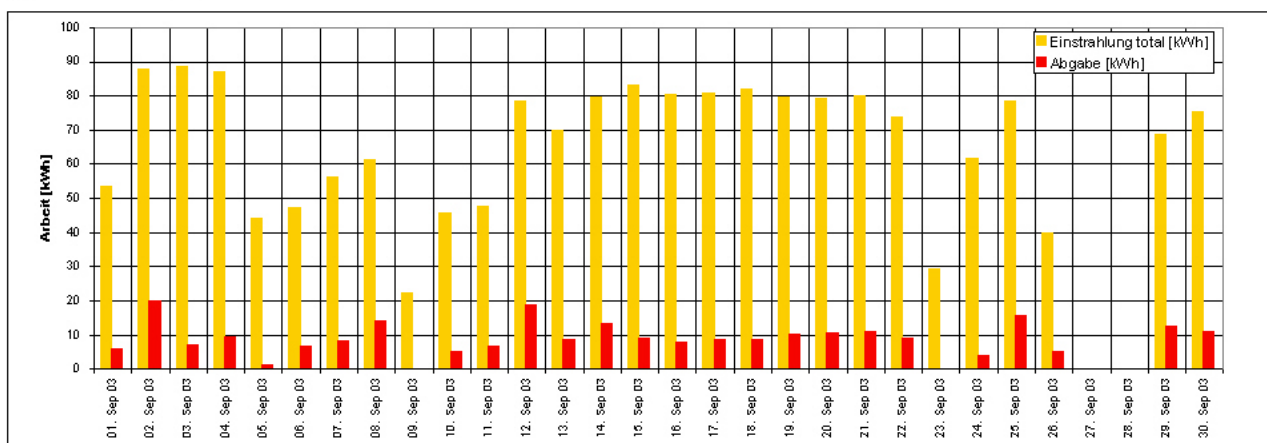
Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Monatssummen	2'265 kWh	242 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		31.1 kWh
Pumpenleistung / geerntet		13%

Die Verläufe sind typisch. Die Monatssummen sind normal. Hier fehlen die Daten vom 28. – 30. des Monats. Die Einstrahlung konnte mit anderen Anlagen verglichen und verifiziert werden. Auffallend ist, dass Pumpe und Steuerung rund 13% der geernteten Energie brauchte.

Beispiel : September 2003

SIC-Nr. 14008242  
Kunde **Hüppi**  
Standort **Grossaffoltern**

Monat **Sep 03**

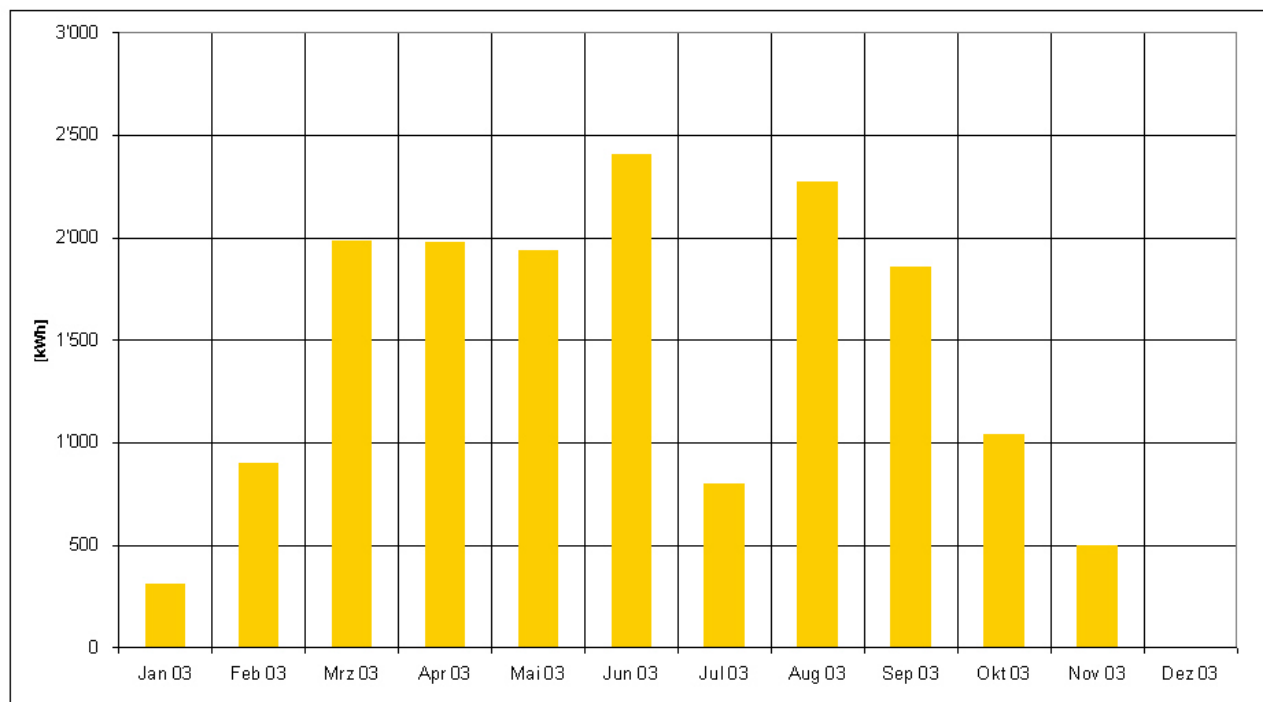


Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Monatssummen	1'852 kWh	241 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		34.9 kWh
Pumpenleistung / geerntet		14%

## Jahreszusammenfassung 2003

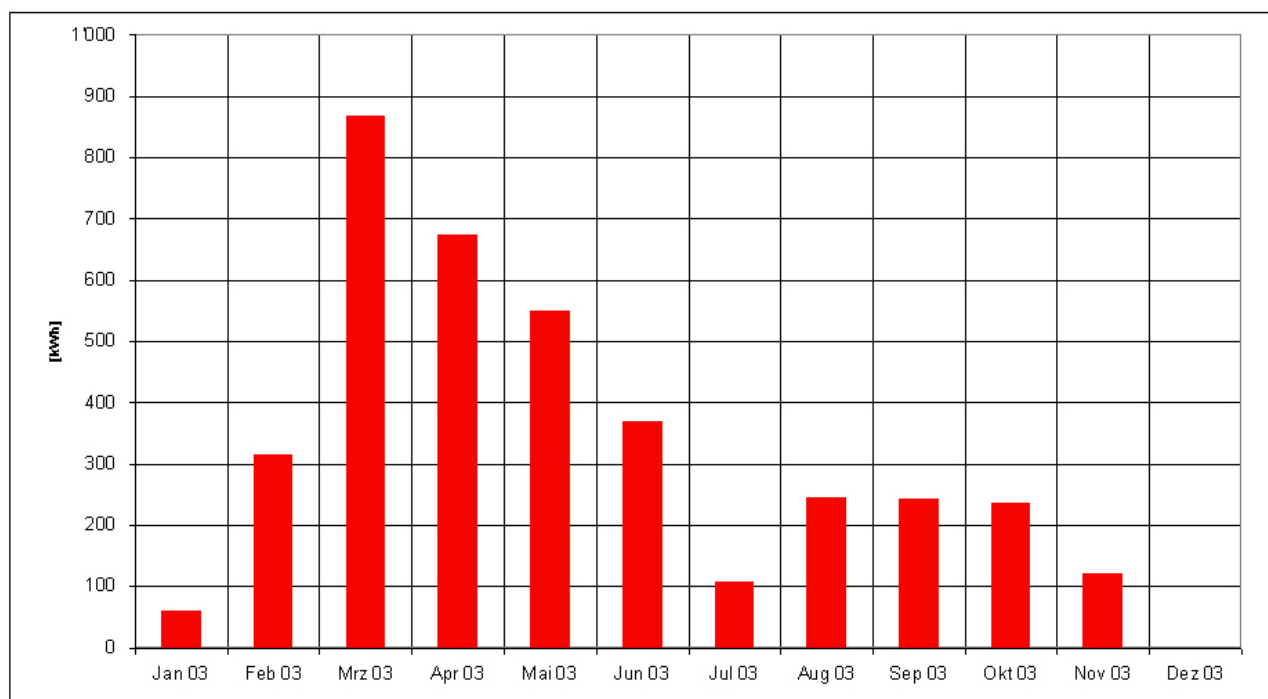
Einstrahlung total, für die ganze Kollektorenfläche :

SIC-Nr. 14008242  
 Kunde **Hüppi**  
 Standort **Grossaffoltern** Jahressumme : 15921 kWh



Abgabe :

SIC-Nr. 14008242  
 Kunde **Hüppi**  
 Standort **Grossaffoltern** Jahressumme : 3765 kWh

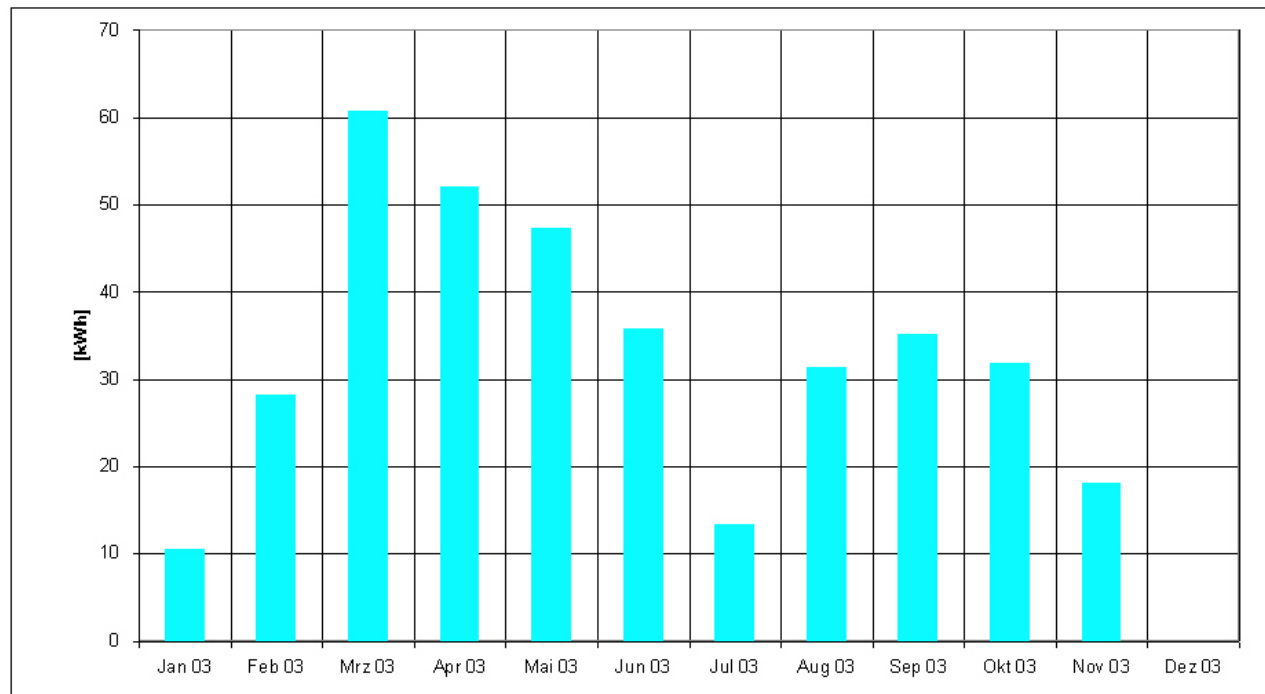




## Energieverbrauch von Pumpen und Steuerung

SIC-Nr. 14008242  
 Kunde **Hüppi**  
 Standort **Grossaffoltern**

Jahressumme : 363 kWh



## Zusammenfassung in Zahlen :

SIC-Nr. 14008242  
 Kunde **Hüppi**  
 Standort **Grossaffoltern**

Fläche 13.02 m2

Monat	Einstrahlung total	Einstrahlung normiert	Abgabe	Abgabe normiert	Pumpenenergie inkl.Steuerung	Pumpenleistung / geerntet	Anzahl Tage Ausfall
Jan 03	303.7 kWh	23.3 kWh	58.9 kWh	4.5 kWh	10.4 kWh	17.7 %	11
Feb 03	892.2 kWh	68.5 kWh	311.8 kWh	23.9 kWh	28.1 kWh	9.0 %	
Mrz 03	1977.2 kWh	151.9 kWh	865.6 kWh	66.5 kWh	60.7 kWh	7.0 %	
Apr 03	1975.2 kWh	151.7 kWh	672.7 kWh	51.7 kWh	51.8 kWh	7.7 %	
Mai 03	1931.1 kWh	148.3 kWh	547.8 kWh	42.1 kWh	47.1 kWh	8.6 %	
Jun 03	2401.2 kWh	184.4 kWh	367.5 kWh	28.2 kWh	35.7 kWh	9.7 %	1
Jul 03	795.5 kWh	61.1 kWh	106.2 kWh	8.2 kWh	13.3 kWh	12.5 %	17
Aug 03	2265.1 kWh	174.0 kWh	242.3 kWh	18.6 kWh	31.1 kWh	12.9 %	
Sep 03	1852.0 kWh	142.2 kWh	241.2 kWh	18.5 kWh	34.9 kWh	14.5 %	2
Okt 03	1036.0 kWh	79.6 kWh	233.1 kWh	17.9 kWh	31.7 kWh	13.6 %	
Nov 03	492.1 kWh	37.8 kWh	118.3 kWh	9.1 kWh	17.9 kWh	15.1 %	13
Dez 03	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 %	31

**Jahressummen** 15921 kWh 1223 kWh/m2a 3765 kWh 289 kWh/m2a 363 kWh 75

**Wirkungsgrad** 23.6 %

**Verbrauch** 9.6 %

## **Zusammenfassung**

Trotz zum Teil erheblicher Mängel während der Datenerfassung konnten die Daten aufbereitet und ausgewertet werden. Verlorene Daten können nicht wieder gewonnen werden und sind als echter Verlust zu werten.

Schwierig war die Auswertung, weil unter dem Jahr die Messbedingungen verändert wurden und dieser Schritt nicht dokumentiert ist. So wurde nicht immer mit dem gleichen Messintervall gearbeitet (5 Minuten-Intervall bis 20 Minuten-Intervall) oder die Pumpenleistung wurde nicht von Anfang an erfasst. In diesem Fall wurde die Pumpenleistung zurück gerechnet an Hand der Einschaltdauer der Pumpen und der Messungen der anderen Monate. Auch ist nicht immer offensichtlich, ob Integral oder Mittelwerte gespeichert wurden.

Der Anteil der Pumpenarbeit von gegen 10 % der gewonnenen Energie im Jahresmittel ist hoch, handelt es sich doch bei dieser Anlage um eine „drain back“ Anlage ! Bessere Resultate erreicht man hier, wenn nach einem anfänglichen Anschieben des Wärmeträgers über den Scheitelpunkt, die sog. Boosterpumpe abgeschaltet und mit einer wesentlich kleineren Umwälzpumpe die Strömungs- und Dichteverluste überwunden werden.

Die so zu erzielenden Einsparungen auf der energetischen Seite liegen für diese Anlage Hüppi in der Grössenordnung von 220 kWh resp. sFr. 40.- pro Betriebsjahr, womit sich die Mehrinvestition für die zusätzliche Steuerung (Abschaltrelais) in sehr kurzer Zeit amortisieren lässt. Die Abschaltung der Boosterpumpe ist jedoch sorgfältig zu prüfen, weil bei sieben Kollektoren entsprechend höhere Strömungsverluste zu überwinden sind.

Wichtig ist auch folgende Anmerkung : in dieser Auswertung wurde die Pumpenarbeit jeweils zur gewonnenen Energie auf der Primärseite, sprich dem was der Wärmeträger transportiert und an das Wasser abgegeben hat, berechnet. Andere Berechnungen stellen die Pumpenarbeit in Relation zur Gesamtarbeit inkl. Verluste, was dann deutlich andere Zahlen gibt – welche nicht direkt miteinander verglichen werden dürfen !

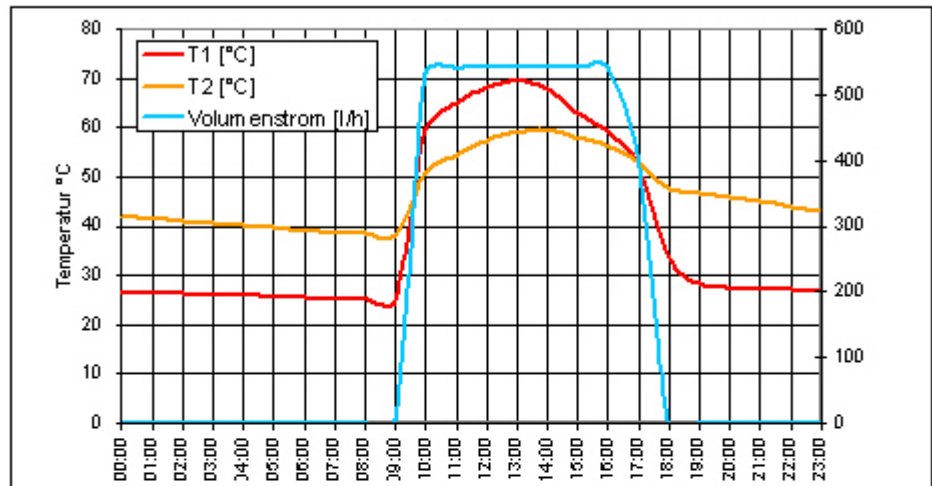
## Tageswerte

Tagesdiagramme liegen 2003 Mitte März bis Mitte November mit Lücken am 19. und 20. Mai.

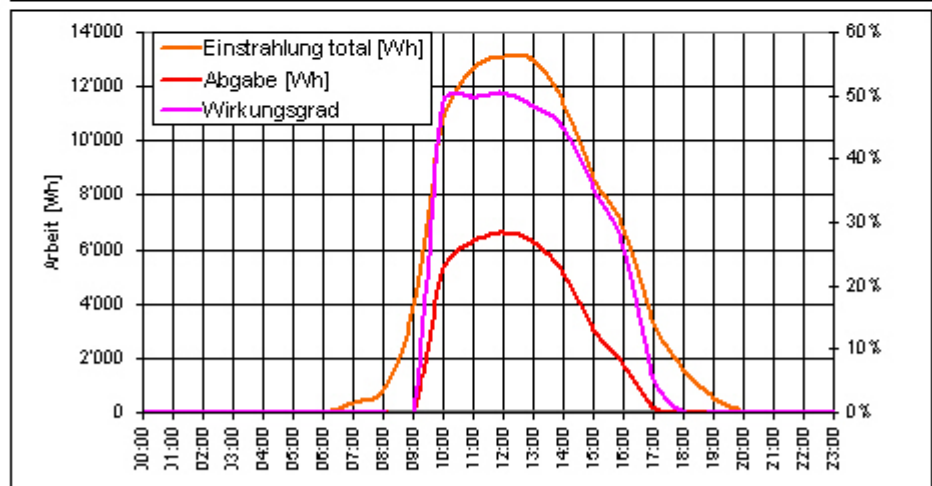
Beispiel : 25.08.2003 :

SIC-Nr. 14002242  
Kunde **EW**  
Standort **Erstfeld**  
Datum **25.08.2003**

Verlauf von  
Temperaturen,  
Volumenstrom zeigen  
keine Abnormitäten.



Verlauf von Einstrahlung,  
abgegebener Arbeit und  
Wirkungsgrad zeigen  
keine Abnormitäten.



Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	86.924 kWh	34.573 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		1.340 kWh
Pumpenleistung / geerntet		3.88%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch.

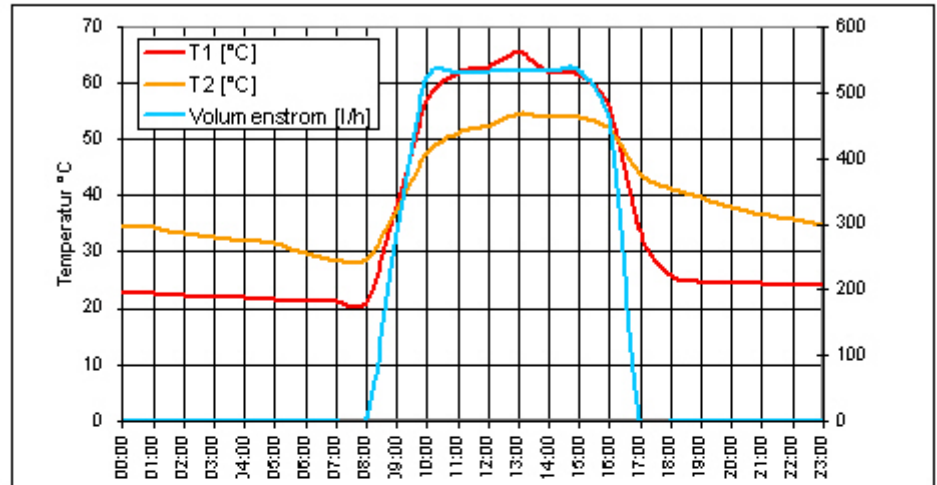
Auffallend :

- Im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung nur 3.88 % Energie
- Im Verhältnis zur Einstrahlungsdauer – an diesem Tag 09:00 bis 17:30 – ist die „Erntedauer“ resp. die Laufzeit der Anlage fast gleich lange. Daher auch ein hoher Tageswirkungsgrad von 40%.
- Die „Erntemenge“ ist mit 34.5 kWh hoch.

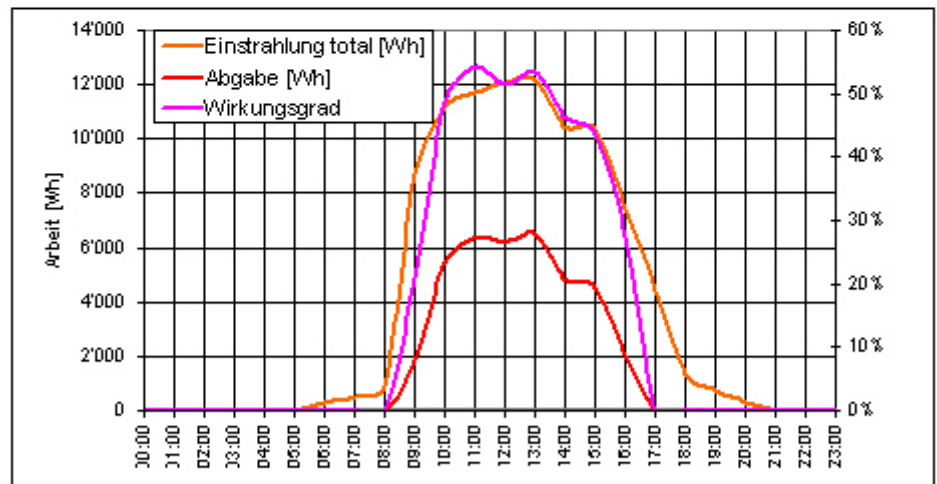
Beispiel : 30.05.2003 :

SIC-Nr. 14002242  
 Kunde **EW**  
 Standort **Erstfeld**  
 Datum **30.05.2003**

Verlauf von  
 Temperaturen,  
 Volumenstrom zeigen  
 keine Abnormitäten.



Verlauf von Einstrahlung,  
 abgegebener Arbeit und  
 Wirkungsgrad zeigen  
 keine Abnormitäten.



Bestens zu erkennen, wie  
 die Abgegebene Arbeit  
 der Einstrahlung folgt.

Weitere Berechnungen :	Einstrahlung	Abgabe
Tagessummen	92.653 kWh	37.701 kWh
Pumpenenergie inkl. Steuerung		1.322 kWh
Pumpenleistung / geerntet		3.51%

Sowohl die Einstrahlung an diesem Tag als auch der resultierende Wirkungsgrad sind typisch.

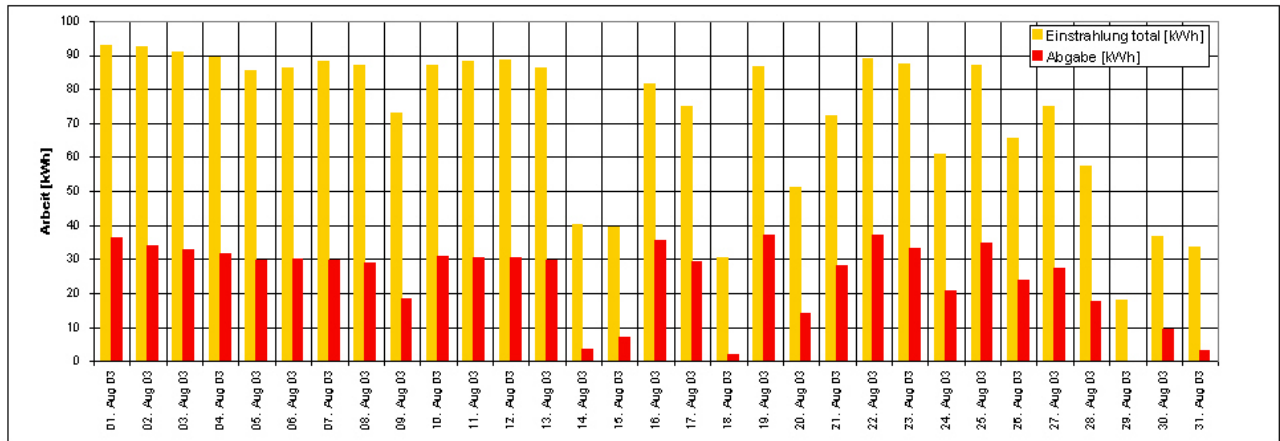
Auffallend :

- Im Verhältnis zur geernteten Sonnenenergie verbraucht die Pumpe und Steuerung 3.5 % Energie
- Auch an diesem Tag lief die Anlage während der ganzen Einstrahlungsdauer.
- Die „Erntemenge“ ist mit 37.7 kWh für einen Tag Ende Mai sehr hoch.
- Tageswirkungsgrad (hydraulisch) 41 % ! (Aus der Tabelle Monat Mai)

## Monatzzusammenfassung

Für jeden Monat (März – November) liegt eine Zusammenfassung vor. Beispiel : August 2003

SIC-Nr. 14002242  
Kunde **EW**  
Standort **Erstfeld**  
Monat **Aug 03**



Weitere Berechnungen :      **Einstrahlung**                      **Abgabe**

Monatssummen                      2'213 kWh                      748 kWh

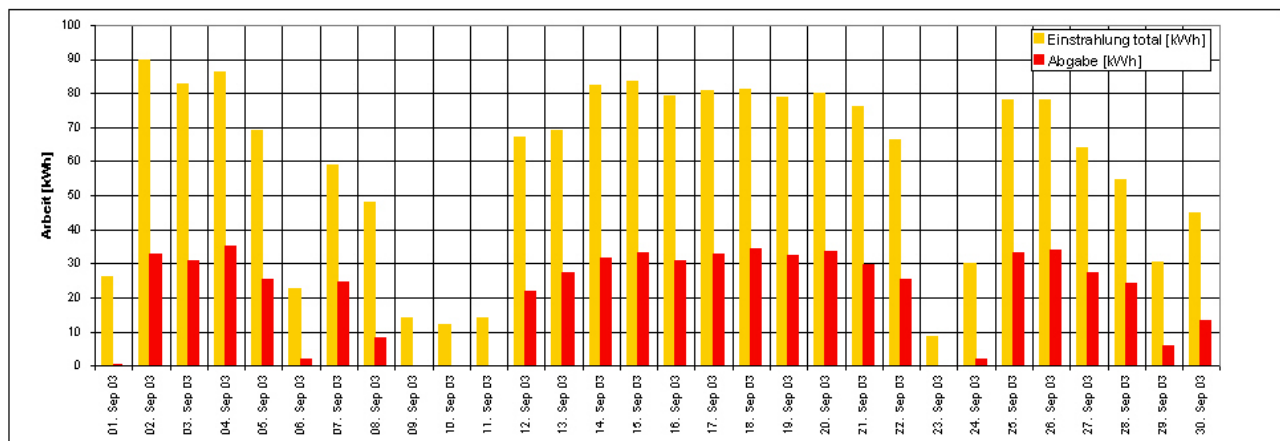
Pumpenenergie inkl. Steuerung                      29.4 kWh

Pumpenleistung / geerntet                      3.9%

Die Verläufe sind typisch. Die Monatssummen sind normal.  
Die Einstrahlung konnte mit anderen Anlagen verglichen und verifiziert werden.  
Auffallend ist, dass Pumpe und Steuerung nur 3.9 % der geernteten Energie brauchte.

Beispiel : September 2003

SIC-Nr. 14002242  
Kunde **EW**  
Standort **Erstfeld**  
Monat **Sep 03**



Weitere Berechnungen :      **Einstrahlung**                      **Abgabe**

Monatssummen                      1'749 kWh                      625 kWh

Pumpenenergie inkl. Steuerung                      24.5 kWh

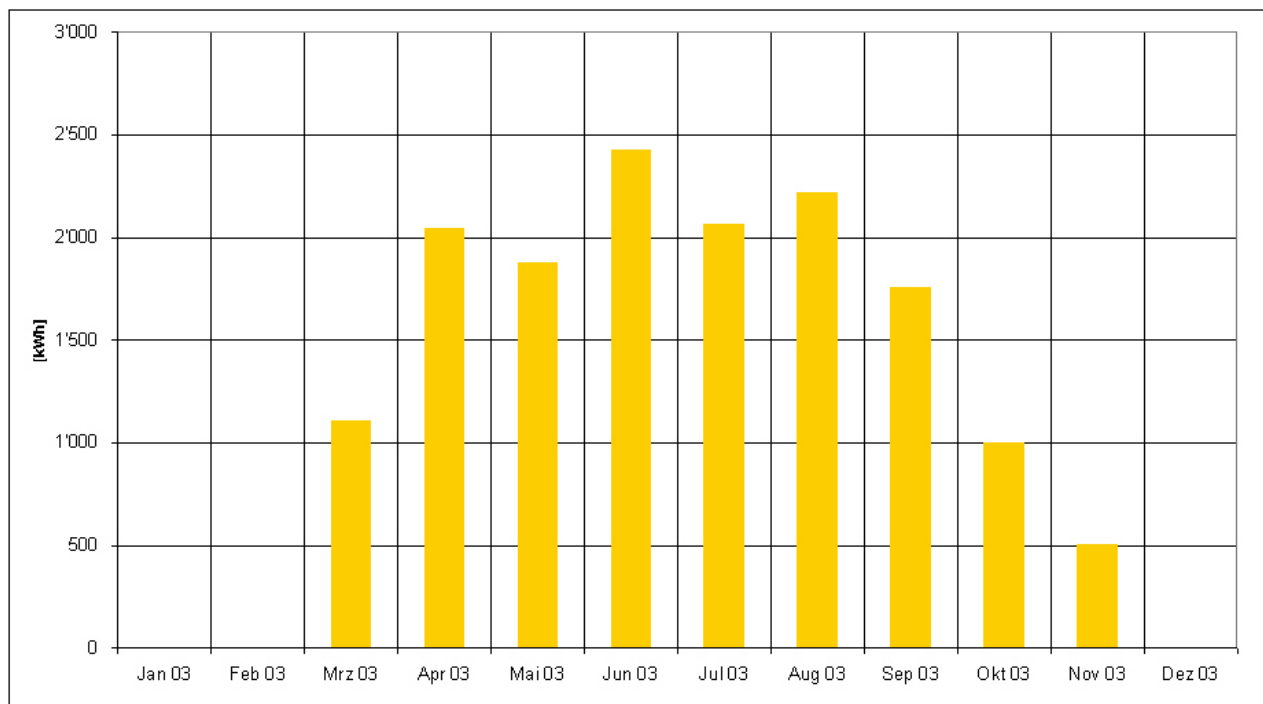
Pumpenleistung / geerntet                      3.9%

## Jahreszusammenfassung 2003

Einstrahlung total, für die ganze Kollektorenfläche (8 Kollektoren) Mitte März bis Mitte November :

SIC-Nr. 14002242  
Kunde **EW**  
Standort **Erstfeld**

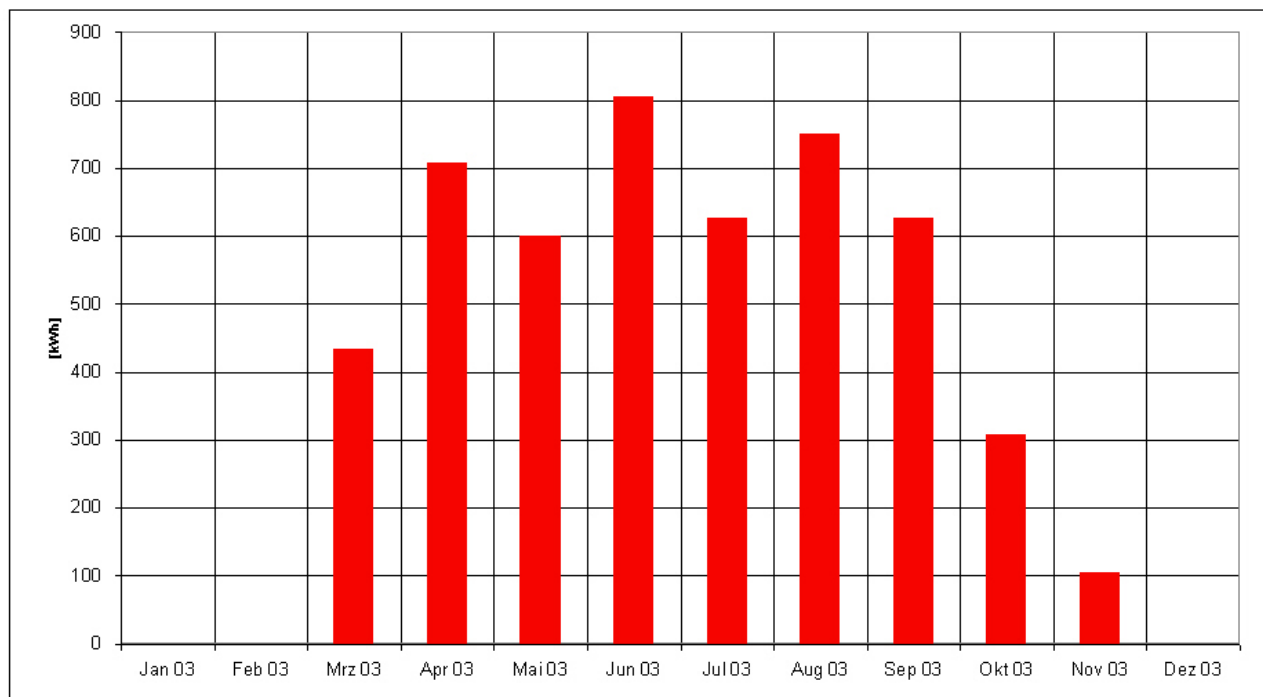
Jahressumme : 14934 kWh



Abgabe Mitte März bis Mitte November :

SIC-Nr. 14002242  
Kunde **EW**  
Standort **Erstfeld**

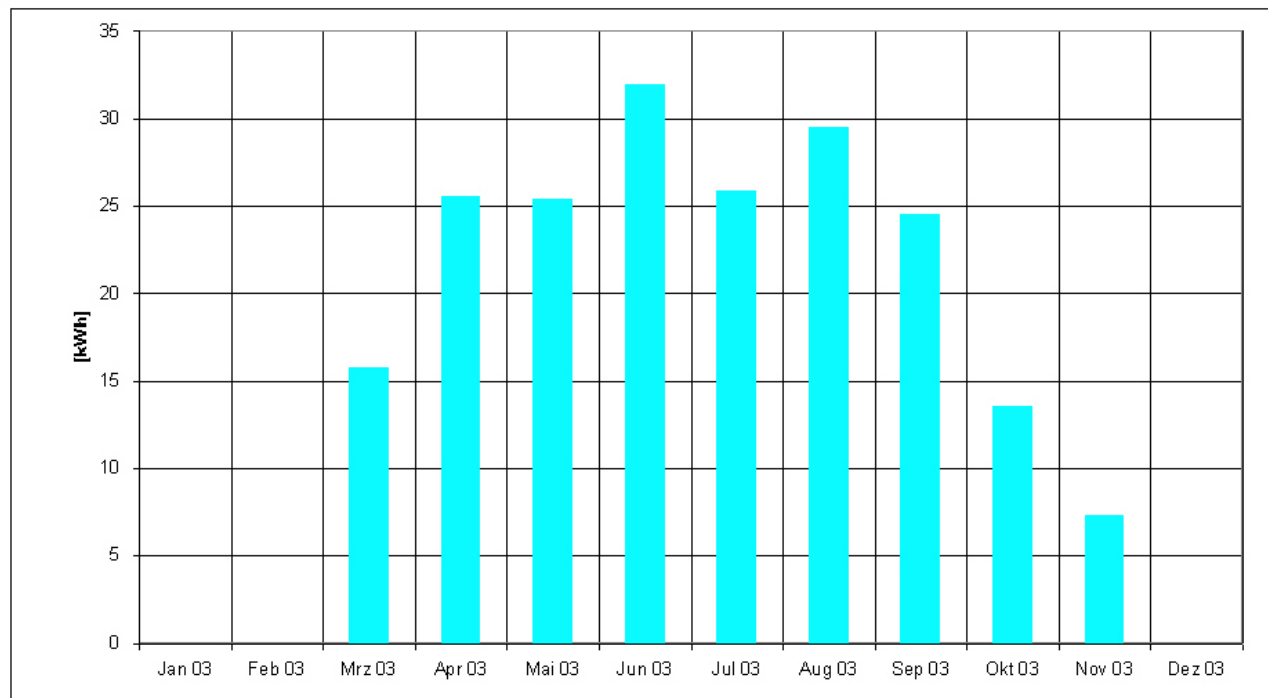
Jahressumme : 4945 kWh



## Energieverbrauch von Pumpen und Steuerung Mitte März bis Mitte November :

SIC-Nr. 14002242  
 Kunde **EW**  
 Standort **Erstfeld**

Jahressumme : 199 kWh



## Zusammenfassung in Zahlen :

SIC-Nr. 14002242  
 Kunde **EW**  
 Standort **Erstfeld**  
 Fläche 14.88 m2

Monat	Einstrahlung total	Einstrahlung normiert	Abgabe	Abgabe normiert	Pumpenenergie inkl.Steuerung	Pumpenleistung / geerntet	Anzahl Tage Ausfall
Jan 03	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0%	31
Feb 03	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0%	28
Mrz 03	1098.8 kWh	73.8 kWh	432.4 kWh	29.1 kWh	15.7 kWh	3.6%	15
Apr 03	2035.8 kWh	136.8 kWh	705.4 kWh	47.4 kWh	25.5 kWh	3.6%	
Mai 03	1869.8 kWh	125.7 kWh	599.1 kWh	40.3 kWh	25.3 kWh	4.2%	2
Jun 03	2422.9 kWh	162.8 kWh	802.7 kWh	53.9 kWh	31.9 kWh	4.0%	
Jul 03	2057.6 kWh	138.3 kWh	624.1 kWh	41.9 kWh	25.8 kWh	4.1%	
Aug 03	2213.0 kWh	148.7 kWh	748.5 kWh	50.3 kWh	29.4 kWh	3.9%	
Sep 03	1749.1 kWh	117.5 kWh	624.8 kWh	42.0 kWh	24.5 kWh	3.9%	
Okt 03	990.9 kWh	66.6 kWh	305.7 kWh	20.5 kWh	13.5 kWh	4.4%	
Nov 03	495.6 kWh	33.3 kWh	102.8 kWh	6.9 kWh	7.3 kWh	7.1%	9
Dez 03	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0%	31

<b>Jahressummen</b>	14934 kWh	1004 kWh/m2a	4945 kWh	332 kWh/m2a	199 kWh	116
<b>Wirkungsgrad</b>	33.1%					
<b>Verbrauch</b>	4.0%					

## **Zusammenfassung**

Die Auswertung dieser Daten war einfacher, lagen doch alle wichtigen Angaben vor.

Der Anteil der Pumpenarbeit von nur 4 % der gewonnenen Energie im Jahresmittel ist sehr gut. Dies lässt sich damit begründen, dass diese Anlage über keine Boosterpumpe verfügt weil der Wärmetauscher sehr nahe bei den Kollektoren steht. Die Anlage funktioniert nach dem „drain-back“ - Prinzip, weshalb Überhitzung und damit verbundene Laufzeiten während der Nacht nicht vorkommen.

Durch die lange Laufzeit der Anlage, bedingt durch den hohen Warmwasserbedarf, erreicht diese einen hohen hydraulischen Wirkungsgrad von ca. 33%.

Diese Anlage läuft nach meiner Beurteilung optimal !

Anmerkung : in dieser Auswertung wurde die Pumpenarbeit jeweils zur gewonnenen Energie auf der Primärseite, sprich dem was der Wärmeträger transportiert und an das Wasser abgegeben hat, berechnet. Andere Berechnungen stellen die Pumpenarbeit in Relation zur Gesamtarbeit inkl. Verluste, was dann deutlich andere Zahlen gibt – welche nicht direkt miteinander verglichen werden dürfen !



## Jahreszusammenfassung 2004-2005

Um diese Jahreszusammenfassung zu erstellen, wurden die Daten von September 2004 bis August 2005 berücksichtigt. Aufgrund einiger Modifikationen der Anlage wie Abschalten der Zusatzenergie im nachgeschalteten Boiler, neue Platzierung des Temperatursensors unten, Möglichkeit der Nachwärmung im EP365, Bypass des Boilers, Einsatz eines neueren Kollektors (Bt), Kollektorglas mit Nano-Veredelung, bessere Isolation der WW-Leitungen usw. sind für die weiteren Monate noch bessere Werte zu erwarten !

### Messwerte :

Solare Warmwasservorwärmung					Nacherw. EP365			Nachwärmung Boiler				Energiebezug ab WW				Verluste
Datum	Arbeit kWh	Arbeit kWh	Kosten Fr.	h/Mt h	Arbeit kWh	kWh/Mt kWh	Kosten Fr.	Zeit h	h/Mt h	kWh/Mt kWh	Kosten Fr.	Arbeit kWh	kWh/Mt kWh	Menge l	lt/Mt lt	25 kWh
Dez04	0.0	pro Mt			0.3			287.54				1834	1.32	39930		
Jan05	3.4	3.37	0.73	55	0.3	0.00	0.00	338.17	50.63	304	32.69	2071	313	44470	4540	25.0
Feb05	7.4	3.98	0.86	70	0.3	0.00	0.00	378.57	40.40	242	26.08	2278	273	48340	3870	25.0
Mär05	17.8	10.40	2.24	211	0.3	0.00	0.00	409.01	30.44	183	19.65	2502	296	52630	4290	25.0
Apr05	26.2	8.49	1.64	169	0.3	0.00	0.00	437.72	28.71	172	16.68	2683	239	56260	3630	25.0
Mai05	40.1	13.90	2.69	288	0.3	0.00	0.00	461.44	23.72	142	13.78	2896	281	60810	4550	25.0
Jun05	56.7	16.60	3.22	349	0.3	0.00	0.00	464.57	3.13	19	1.82	3067	226	65820	5010	25.0
Juli05	71.9	15.20	2.94	317	0.3	0.00	0.00	466.35	1.78	11	1.03	3207	185	70950	5130	25.0
Aug05	83.1	11.20	2.17	229	0.3	0.00	0.00	473.95	7.60	46	4.42	3359	201	75810	4860	25.0
Sep04	94.9	11.80	2.22	242	0.3	0.00	0.00	495.66	21.71	130	11.21	3530	226	79870	4060	25.0
Okt04	101.7	6.72	1.45	129	0.3	0.00	0.00	526.79	31.13	187	20.10	3689	210	83400	3530	25.0
Nov04	105.1	3.41	0.73	56	0.3	0.00	0.00	567.86	41.07	246	26.51	3898	275	87740	4340	25.0
Dez04	106.5	1.40	0.30	11	0.3	0.00	0.00	618.90	51.04	306	32.95	4120	293	92160	4420	25.0
Arbeit gesamt					0 kWh			1988 kWh				3017 kWh				300
Mittelwerte					8.87 kWh/Mt			165.68 kWh/Mt				251.42 kWh/Mt				25.00
Betriebsdauer					2128 h			331 h								
Kosten gesamt					21.19 Fr.			206.93 Fr.								
					3.2% der Ges. Arbeit											

Sehr erfreulich ist die Tatsache, dass Umwälzpumpe und Steuerung des EP365 dank Abschaltung der Boosterpumpe nur gerade 3.2% der Gesamtarbeit ausmachte. Die Stromkosten für den Betrieb der WW-Solaranlage belief sich auf nur sFr. 21.- / Jahr !

Durch das Versetzen des unteren Temperaturfühlers ist zu erwarten, dass die Anlage noch weniger elektrische Energie brauchen wird, weil nun abends die Pumpe früher abgeschaltet wird und so ein Wärmetransport aufs Dach verhindert wird. Dies bringt zum elektrischen Nutzen zusätzlich weniger Wärmeverluste, also insgesamt noch bessere Effizienz.

Die elektrische Nachwärmung im Boiler wurde ab Juni 2005 nur noch sporadisch eingesetzt. Die Kosteneinsparung ist signifikant und wird sich während des nächsten Betriebsjahres noch stärker auswirken.

Die insgesamt gewonnene Sonnenenergie beträgt 1222 kWh resp. 37% der Gesamtarbeit. Dieser Wert liegt unter den Erwartungen. Grund dafür sind einerseits die zu grossen Wärmeverluste durch die hydraulische Nachschaltung des Boilers, andererseits braucht die Familie nur unterdurchschnittlich viel Wasser (s. unten). Bei grösserem Wasserverbrauch steigt durch die eher grosse Dimensionierung der Anlage – es hat noch Reserven – automatisch die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Gew. Sonnenenergie			Parameter						
Arbeit kWh	Ertrag Fr.	In % der Ges. arbeit	Strom			Solaranlage			
			Kosten pro kWh	MWST		Last	Grundlast	Tage	Grundarbeit kWh
			Hochtarif	Niedertarif		Watt	Watt		
31	3.30	9%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
52	5.58	17%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	28	0.8
128	13.73	40%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
83	8.05	32%	18.0	9.0	1.076	45.1	1.2	30	0.9
150	14.52	49%	18.0	9.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
215	20.85	86%	18.0	9.0	1.076	45.1	1.2	30	0.9
184	17.81	88%	18.0	9.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
169	16.35	75%	18.0	9.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
109	9.38	43%	17.5	8.0	1.076	45.1	1.2	30	0.9
42	4.47	18%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
50	5.40	17%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	30	0.9
10	1.11	3%	20.0	10.0	1.076	45.1	1.2	31	0.9
1222 kWh			36.9%						
101.86 kWh/Mt									
Ertrag (inkl. MwSt)			34.6%						
120.56 Fr.									

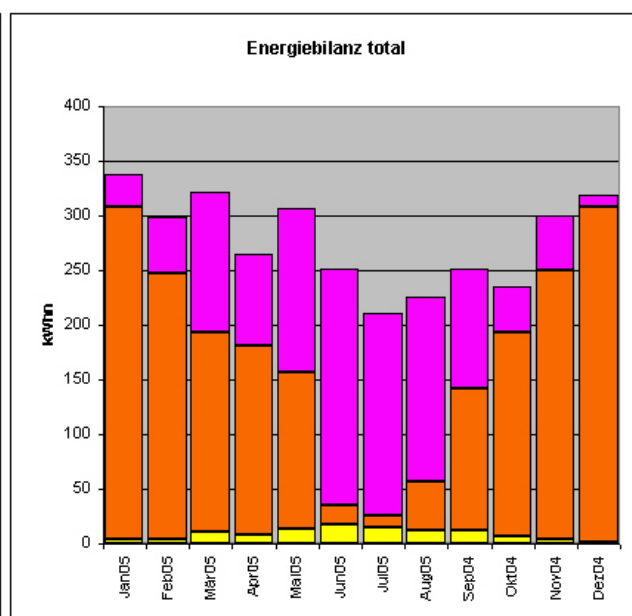
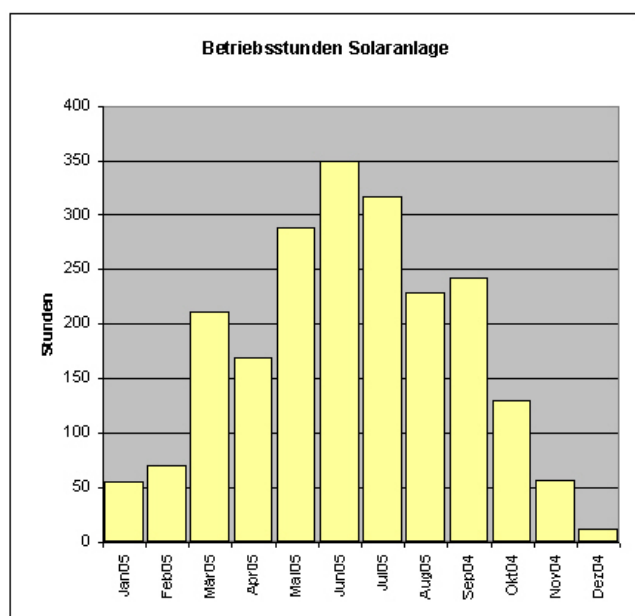
Mit dem eher bescheidenen Ertrag von sFr. 120.- pro Jahr lässt sich so eine Anlage jedenfalls nicht innert nützlicher Frist amortisieren !

Sehr interessant ist auch der normierte Ertrag der Anlage pro m<sup>2</sup>, lassen sich doch so WW Anlagen mit PV Anlagen vergleichen. Der Vergleich wurde in der Diskussion der PV-Messwerte vorgenommen.

Erträge		Boosterpumpe		
Ertrag pro m <sup>2</sup> Fr.	Ertrag pro m <sup>2</sup> kWh	Arbeit inkl. Booster		Kosten
5.52	5.52	kWh		Fr.
0.60	5.56	9.83		2.12
1.01	9.39	12.60		2.71
2.49	23.12	37.73		8.12
1.46	15.07	30.27		5.86
2.63	27.16	51.63		10.00
3.78	39.01	62.46		12.10
3.23	33.32	56.78		11.00
2.96	30.59	40.91		7.92
1.70	19.74	43.40		8.17
0.81	7.52	23.13		4.98
0.98	9.09	10.10		2.17
0.20	1.88	2.01		0.43

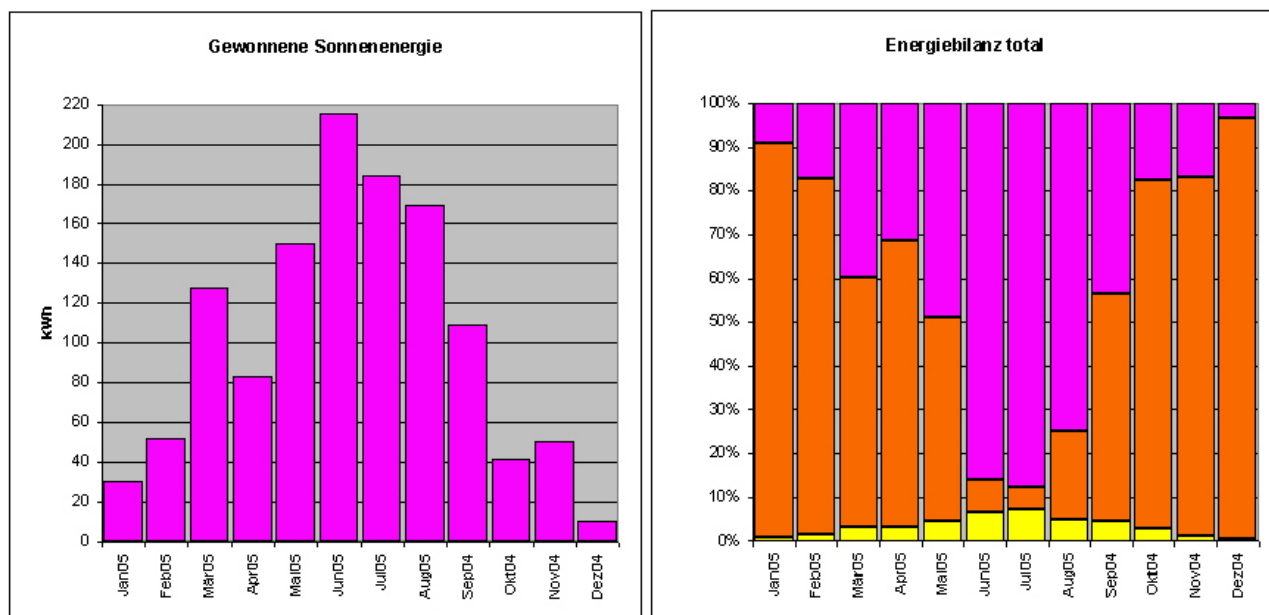
Hier wurde berechnet, dass sich die Abschaltung der Boosterpumpe in diesem Fall lohnt : pro Jahr werden sFr. 54.40 an Stromkosten eingespart ! Das Zeitrelais und die Installation amortisieren sich so innert ca. zweier Jahre.

	kWh		sFr.
Arbeit inkl. Booster	380.85	11.5%	75.58
Arbeit ohne Booster	106.47	3.2%	21.19
Booster	274.38	8.3%	54.40
Ausschalten der Boosterpumpe bringt :			
Gewinn / Jahr sFr			54.40
			inkl. MwSt.



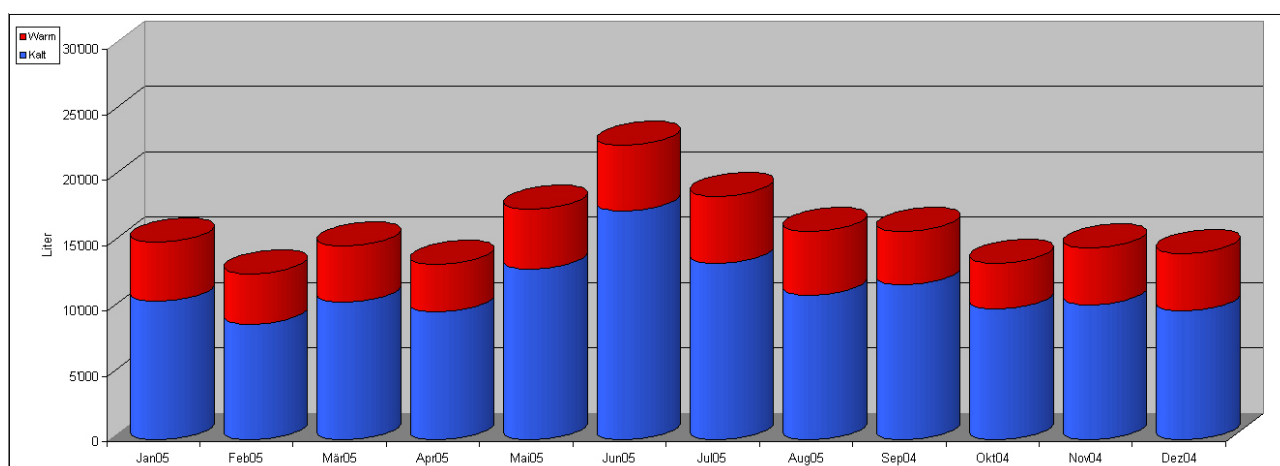
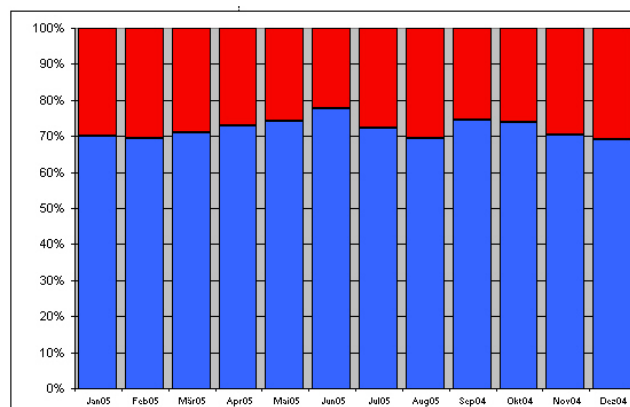
Betriebsstunden : typisches Bild, der „Einbruch“ im April 2005 konnte mittels den Meteodaten vom Raum Bern verifiziert werden. Auch der Vergleich mit dem Vorjahr 2004 und den Daten der PV-Anlage belegt, dass diese Angaben stimmen.

Energiebilanz : die oberste Säule zeigt die „geerntete“ Sonnenenergie, die mittlere Säule die elektrische Energie zum Nachheizen, der unterste Balken die Energie für Steuerung und Pumpe(n). Wie schon oben erwähnt, ist der Sonnenenergieanteil im Juni, Juli und August deutlich grösser als in den anderen Monaten. Das liegt sicher einerseits an den Meteobedingungen, aber auch daran, dass seit Juni 05 der Speicher nicht mehr – oder nur noch in Ausnahmefällen - elektrisch nachgeheizt wird. Auch mit der passierung des Boilers und dem Nachheizen im EP365 wird der Solaranteil grösser werden.



Kommentar : s. oben.

Nebstehende Grafik zeigt den Anteil Warm- resp. Heisswasser zu Kaltwasser. Typisch sind ca. 30% Heisswasseranteil.

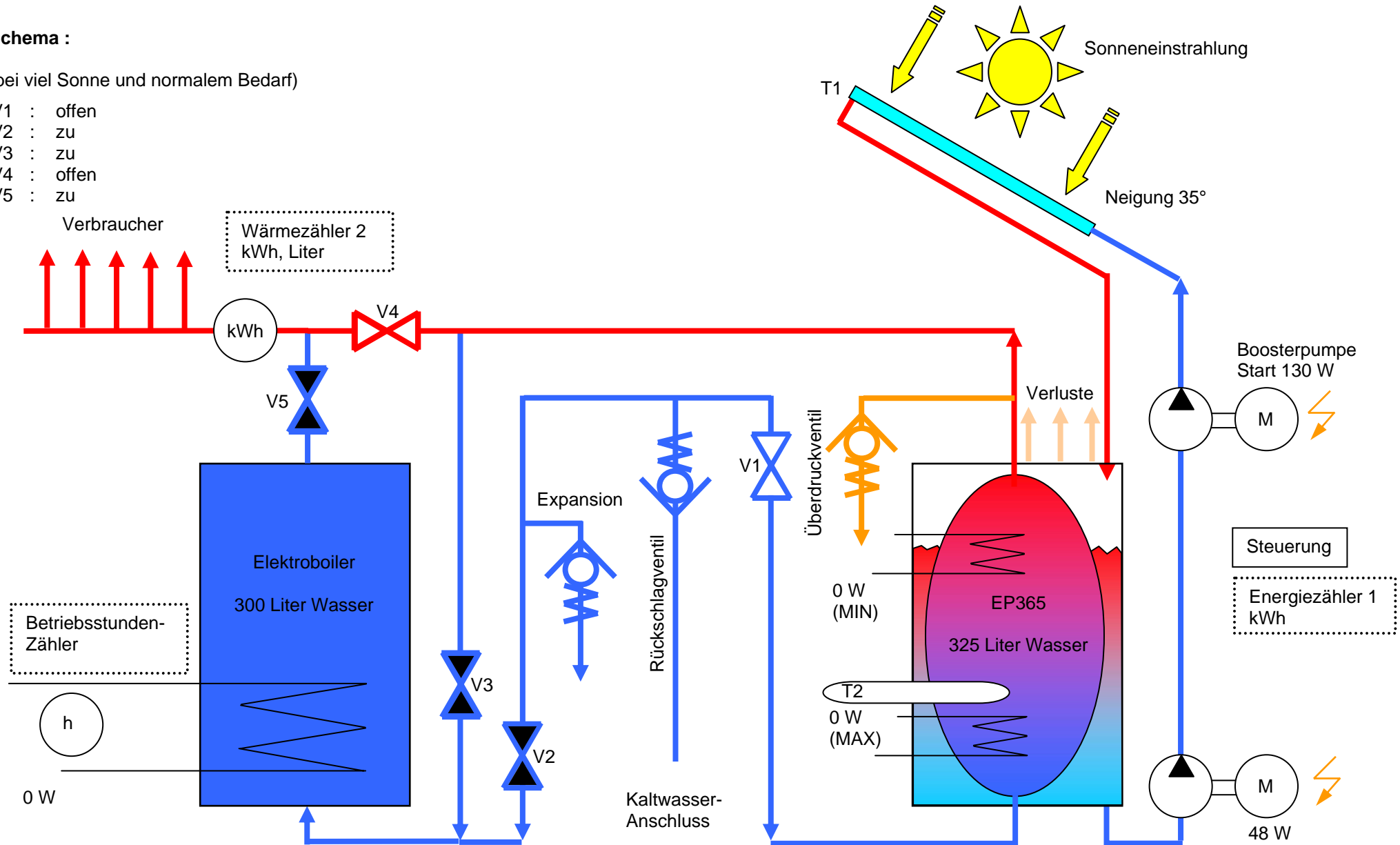


Oberer Teil : Warmwasser ab Speicher  
 Unterer Teil : Kaltwasser

# **Schema :**

(bei viel Sonne und normalem Bedarf)

- V1 : offen
- V2 : zu
- V3 : zu
- V4 : offen
- V5 : zu



### Problemstellung :

Mit entsprechender Messtechnik soll ermittelt werden, wie hoch der solare Wirkungsgrad der Anlage ist und wie lange die Anlage jeweils läuft. Dazu sind Beobachtungen der aufgenommenen elektrischen Energie interessant und geben Aufschluss über die gesamthaft eingesetzte Energie.

### Feststellungen :

Interessant wäre natürlich eine alles umfassende Messdatenerfassung inklusive Oel-Heizung, elektrische Nachwärmung, Wärmeverteilung der Heizung und des Warmwassers, Heisswasserverbrauch usw. Dies bedingt aber einen sehr grossen messtechnischen Aufwand. Daneben ist festzuhalten, dass dann die mit einzubeziehenden Einflüsse von aussen erheblich sind. Auch über die gegenseitige Beeinflussung durch die „geschachtelten“ Wärmetauscher im PSK950 müsste man sich dann zusätzliche Gedanken machen.

### Messtechnische Lösung :

Messung	Ort	Ort-Begründung	Weiterverwendung
Volumen und $\Delta T$	Energiegewinn, hydraulisch	Im „kalten“ Wärmeträgerstrang, nach dem Wärmetauscher, damit keine Beeinflussung des Drain-back	Gewonnene Solarenergie
Strahlungssensor SIC100+	Auf dem Dach Keller	Referenz meteo --	Wirkungsgrad solar Datenlogger

### Einmalige Messungen :

Energieverbrauch des PP (W) mit Booster-Pumpe und „kleine“ Pumpe : \_\_\_\_\_ Watt

Energieverbrauch des PP (W) ohne Booster-Pumpe, nur „kleine“ Pumpe : \_\_\_\_\_ Watt

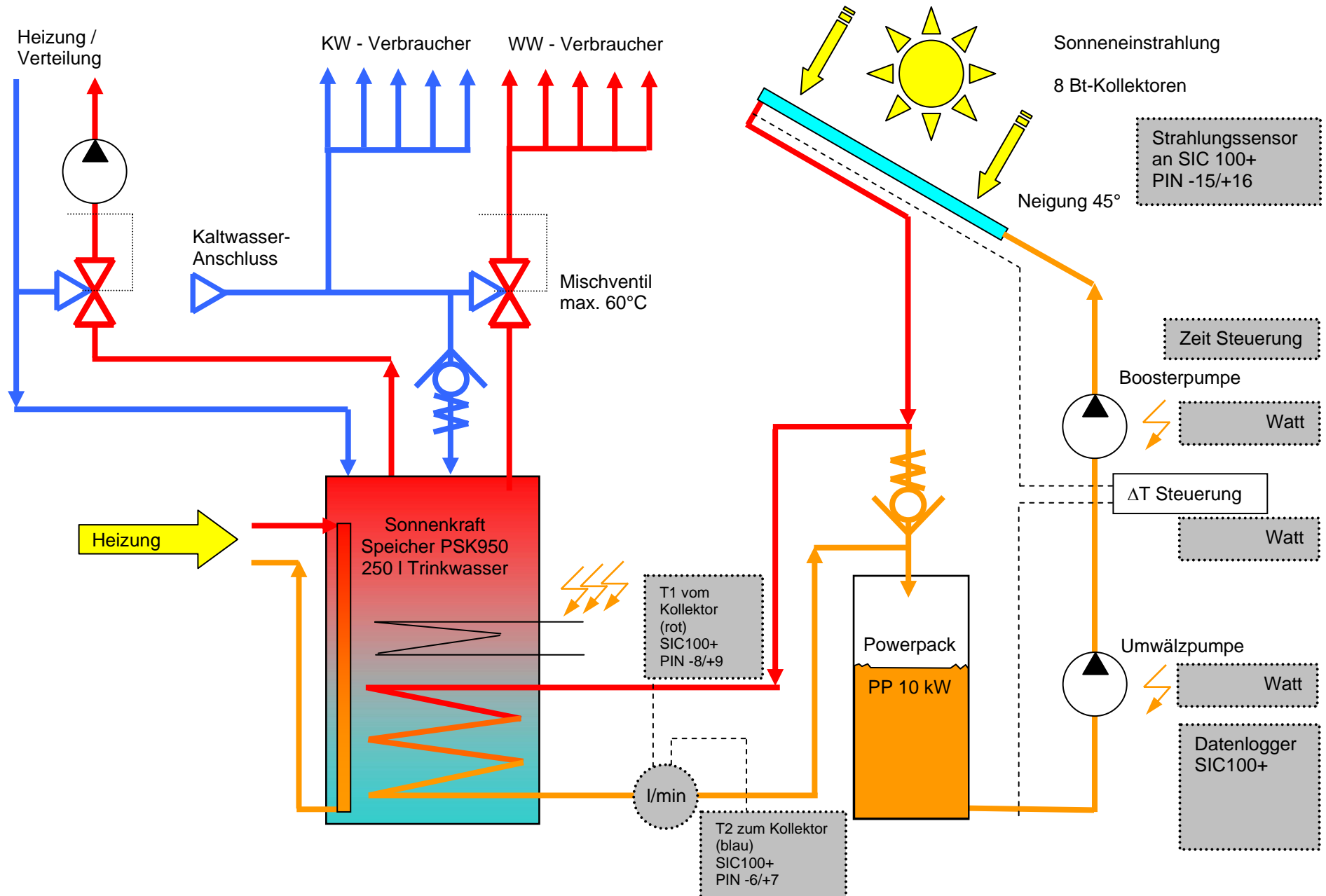
Energieverbrauch des PP (W) ohne Booster-Pumpe, ohne „kleine“ Pumpe, nur Steuerung : \_\_\_\_\_ Watt

### Korrekturen :

Aus den Erfahrungen bei meiner Anlage ist die Boosterpumpe mit einem Zeitrelais nachdem der Wärmeträgerkreislauf angelaufen und durchfüllt ist abzustellen. Der Energieverbrauch dieser Pumpe ist viel zu hoch, als dass man diese im Hochtarif dauernd laufen lassen müsste !  
(s. sep. Anweisung Boosterpumpensteuerung)

### Beilage :

Schema



**Konfiguration SIC100+****SiC+ Nr. 14003951**

Das SIC 100+ ist ein Messgerät mit Datenlogger. Erfasst und gespeichert werden (14003951 Hochreutener.mem):

Kanal	Messgrösse	Einheit	Einstellung	Intervall	Anzahl Minutenwerte	Tageswerte	Monatswerte
E-Kanal	Einstrahlung	W/m <sup>2</sup>	74.4 mV / 1000 W/m <sup>2</sup>	60 Minuten	1270	0	0
T1-Kanal	Temperatur 1	°C	Pt1000	60 Minuten	1270	0	0
T2-Kanal	Temperatur 2	°C	Pt1000	60 Minuten	1270	0	0
Impulseingang 1	Leistung	W	1.119	60 Minuten	1270	0	0

**Da pro Stunde 1 Messwert erfasst wird und 1270 Werte gespeichert werden, entsteht eine Messautonomie von 52 Tagen. Nach 52 Tagen werden die ersten Messwerte nach „first in / first out“ überschrieben. Empfehlung : 1 mal pro Monat, max. pro 1.5 Monat sind die Daten auszulesen !**

**Speicheraufteilung**

	Minutenwerte	Tageswerte	Monatswerte	Jahreswerte
E-Kanal	1270	0	0	0
T1-Kanal	1270	0	0	0
T2/dT-Kanal	1270	0	0	0
W1-Kanal	1270	0	0	0
W2-Kanal	0	0	0	0

**Speicherplätze**  
Gesamt: **5080**      Frei: **0**

**Zeitintervall f. Minutenwerte**  
60 min. (1h)

**Temperaturspeicherung**  
☒ T1/T2  
☐ T1/dT