

Schlussbericht Dezember 2003

ACCADUEO

Solaranlage ohne Frostschutzmittel

Ausgearbeitet durch
Leo Engeler, Basso Salerno
Salerno Engeler GmbH
Schwengistrasse 12
4438 Langenbruck

Inhaltverzeichnis

Inhaltverzeichnis	1
Zusammenfassung	2
1. Ausgangslage	3
2. Ziel	4
3. Die Anlage	5
3.1 Allgemein	5
3.2 Funktionsprinzip und Solarkreis	8
3.3 Das Kollektorfeld	9
4. Wirtschaftliche Aspekte	10
5. Ergebnisse	11
5.1. Wärmeenergie-Bilanz	11
5.2 Die Kollektorfelder	14
5.3 Temperaturschichtung im Speicher	15
6. Schlussfolgerung und Aussicht	19
6.1 Sonnenkollektorenanlage	19
6.2 Temperaturschichtung im Speicher	19
7. PR Aktionen, Meinung der Einwohner	20
8. Verantwortliche Personen	20

Zusammenfassung

Eine 34 m²-**Solaranlage** wurde in Waldenburg (BL) installiert. Diese ist die erste Anlage dieser Grösse in der Schweiz, die **ohne Frostschutzmittel** mit dem Drain-Back-Prinzip funktioniert.

Die bisher in der Schweiz installierte Solaranlage nutzen als Medium ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel. Der Einsatz von Frostschutzmittel einerseits schützt die Anlage bei Minus-Temperaturen andererseits wird eine zusätzliche Belastung der Komponenten bei einer Stillstands-Phase. Bei den hohen Temperaturen in der Stillstands-Phase entstehen eine unkontrollierte Erhöhung des Systemdrucks, Dampf und eine Zersetzung des Frostschutzmittels. Diese Zustände sind eine starke Belastung für die Komponente, verursachen Ablagerungen und verringern die Wirkung des Frostschutzes.

Mit einem frostschutzmittelfreien Drain-Back-System können die genannten Probleme vermieden werden.

Die Anlage versorgt ein 3-Familienhaus in Waldenburg (BL) auf ca. 620 M.ü.M.. Es handelt sich um eine Stückholz-Zentralheizung mit Speicher und integrierter Warmwasserbereitung sowie einer Sonnenkollektorenanlage für Warmwasser und Heizung. Das Haus wird zur Zeit von 7 Personen bewohnt.

Die Komponenten sind der 35kW-Stückholzkessel, der 6m³-Speicher mit dem integrierten 275-Liter-Boiler, und die Solaranlage mit 2 Kollektorfeldern von 15.1 und 18.2 m². Bei den Kollektoren handelt es sich um Parallel-Finnen-Absorber, die bei einem Feld mit Durchfluss-Widerstand (ein federartiges Element im Finnenrohr) versehen sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass

- ein hohes Grad an Sicherheit und Zuverlässigkeit mit einem Drain-Back-System erreicht werden kann
- die Effizienz des Feldes ohne Durchfluss-Widerstand höher als die eines guten marktüblichen Absorber ist
- das Einbau von Durchfluss-Widerstand in im Absorber-Rohr eine Ertragsteigerung (bis 15%) bewirkt.

Temperaturmessung im Wasserspeicher zeigen, dass die Schichtung bei der Solarladung im geringen Mass gestört wird. Der Einbau einer Schichtlanze konnte aus Gründe, die nicht in unserer Kompetenz liegen, nicht durchgeführt werden. Eine theoretische Betrachtung der durch den Schichtungsstörung verursachten Effizienzverlust sprängt den Rahmen diesem Projekt.

1. Ausgangslage

Energieeffizienz von Solar- sowie Speicher-Anlagen verbessern ist ein Dauerthema und Haupt-Motivation für die Realisierung des aktuellen Projektes.

Die konventionellen in der Schweiz gebauten Solaranlagen verwenden als Medium ein Frostschutzmittel-Gemisch aus Glykol und Wasser. So kann eine Anlage auch die Minus-Temperaturen ohne Schäden überstehen.

Bei längeren Schönwetter-Perioden im Sommer kann bei Erreichung der gewünschten maximalen Temperatur im Speicher oder Boiler (z.B. 80 °C) ein Stillstand im Kreislauf eintreten. Der Speicher kann keine Energie mehr aufnehmen, die Zirkulationspumpe des hydraulischen Solarkreises wird abgeschaltet. Das im Kollektor verbleibende Medium kann in Abhängigkeit der Solarstrahlung Temperaturen bis 180 °C erreichen. Bei solch hohen Temperaturen entsteht die Zersetzung des Frostschutzmittels und ein hoher Dampfdruck. Diese Zustände sind eine starke Belastung für die Komponenten.

Da es noch kein Anlagensystem gibt, das eine einwandfreie Funktion und eine vollständige Entleerung garantiert, wird die frostschutzmittel-freie Technik bis heute nur bei kleinen Anlagen (<15 m²) angewendet. Wobei in der Schweiz diese aus Sicherheitsgründen meist doch mit Frostschutzmittel gefüllt werden.

Mit dem frostschutzfreien System (Betriebsweise siehe weiter) sind folgende Vorteile zu erwarten:

Kostenreduktion	Investitions- und Betriebskosten (durch einfachere Systemkomponenten und wegfallende Frostschutz-Füllung) können reduziert werden.
Höherer Ertrag	Da sich die Kollektoren im Stillstand ins wärmegeämmte Drainback-Gefäss entleeren, ist der Wärmeverlust des Mediums (Wasser) minimal. Zusätzlich kann dank der höheren Wärmekapazität und geringeren Zähigkeit des Wassers gegenüber der Frostschutzmittel-Lösung ein höherer Kollektor-Ertrag erreicht werden.
Sicherheit	Durch die selbstständige Entleerung der Kollektoren ist auch die Überhitzungsgefahr der gesamten Anlage gebannt. Im Sommer kann bei vollem Speicher der Kollektorertrag auf Null reduziert werden. So ist auch das Überschusswärme-Problem gelöst, ohne negative Folgen für System und Medium.
geringere Korrosions- und Verschmutzungsgefahr	Das Frostschutzmittel ist bei Temperaturen über 150 °C chemisch instabil, so dass der Korrosionsschutz nicht mehr garantiert ist. Das aus der Korrosion und Zersetzung entstehende Material (Schlamm und Kristalle) bleibt im Kreislauf und kann Schäden an den Armaturen und Leitungen sowie erhöhten Widerstand, Verstopfungen und reduzierten Wärmetransfer einzelner Teilstrecken verursachen. Leckage und Probleme mit zersetztem Frostschutz und deren Folgen sind Dauerthemen in der Solarbranche.

2. Ziel

Ziel des Projektes ist eine 100%-betriebssichere Anlage mit einem 34m²-Kollektorfeld zu bauen und testen.

Die Anlage basiert auf dem Drain-Back-Prinzip und nutzt Wasser als Fluid. Das heisst, der Absorber wird erst dann mit Wasser gefüllt, wenn eine Energiegewinnung möglich ist. Ansonsten bleibt das Wasser in einem Drain-Back-Gefäss im frostfreien Bereich liegend (Siehe Funktionsprinzip).

Mit dieser Anlage sollen folgende Erkenntnisse eruiert werden:

- Die Funktionsfähigkeit der Drainback-Technik bezüglich vollständige Entleerung und automatische Wieder-Befüllung der Kollektoren
- Zuverlässigkeit der sich beliebig wiederholenden Abläufe des Füllens und Entleerens der Kollektoren und der eingesetzten Komponenten
- Sicherheit der Anlage bei Stillstand sowohl bei extremer Solarstrahlung wie auch bei tiefen Minustemperaturen.
- Ertrag der gesamten Anlage und Effizienz des Kollektorfeldes
- Der Vergleich des Ertrags von zwei ohne Frostschutzmittel betriebenen Absorber-typen
- Temperaturverteilung im Speicher

Mit dem Temperaturprofil im 4,7m-hohen Speicher wird die Möglichkeit des Einbaus einer Schichtlanze in Betracht gezogen.

Die Schichtlanze nutzt die physikalischen Eigenschaften des Wassers bei verschiedenen Temperaturen. Dank diese sollen während der Ladung im Speicher die thermischen Schichte nicht durcheinander gebracht werden.

Die Strömungsverteilung im Kollektorfeld der genannte Anlage ist Objekt einer Studie des Instituts SPF. Detaillierte Messungen im Kollektorfeld wurden durchgeführt, um die Strömungsverteilung in den einzelnen Finnen zu eruieren. Informationen sind in **www.solarch.ch** Stichwort sesolar/spf zu finden.

Die Anlage wurde auch von Kanton Baselland finanziell unterstützt.

3. Die Anlage

3.1 Allgemein

Die Anlage versorgt ein 3-Familienhaus in Waldenburg (BL) auf ca. 620 M.ü.M.. Es handelt sich um eine Stückholz-Zentralheizung mit Speicher und integrierter Warmwasserbereitung sowie einer Sonnenkollektorenanlage für Warmwasser und Heizung. Das Haus wird zur Zeit von 7 Personen bewohnt.

Die Komponenten sind der 35kW-Stückholzkessel, der 6m³-Speicher mit dem integrierten 275-Liter-Boiler, und die Solaranlage mit 2 Kollektorfeldern von 15.1 und 18.2 m².



Abb. 3.1 Die zwei Kollektorfelder mit einer Gesamtfläche von 33.3 m² auf dem renovierten Bauernhaus.

Der Speicher ist 4.7 Meter hoch und ist in der Mitte des Haus neben dem Heizkesselraum platziert. Im Bereich des unteren Teils sind Pumpe und Armaturen angebracht, wie in Abb. 3.2 zu sehen ist.

In der folgenden Tabelle 3.1 sind im Detail die Eigenschaften der Anlage und der diversen Komponenten verzeichnet.

Kollektorfeld	
Orientierung	35° West
Anstellwinkel	30°
Beschattung	im Winter durch hohen Horizont und teilweise Bäume. Am kürzesten Tag 3.5 Stunden Sonne.
Abmessugen	Feld West 8.15 m x 2.0 m Feld Ost 7.30 m x 2.8 m
Absorberfläche	Feld West 15.1 m ² 68 Finnen Feld Ost 18.2 m ² 60 Finnen (mit Durchflusswiderstand)
Absorber	Finnenabsorber aus Kupfer mit Schwarzchromschichtung Finnendurchmesser: 8/7mm
Verschaltung	Alle Finnen vertikal parallel geschaltet Sammelrohr Durchmesser 35/32mm
Aufbau	Feldkasten durchgehend ohne vertikale Zwischenunterteilungen, Aufbau und Dämmung gemäss branchenüblicher Technik und Materialien.
Kombispeicher	
Inhalt Speicher	6000 Liter
Integralboiler	275 Liter
Solar-Wärmetauscher	Oben 4.8 m ² Unten 2 x 3.6 m ² (Doppelwendel)
Dämmung	untere Hälfte 20 cm Glaswoll-Lamell-Matten Obere Hälfte >25 cm Cellulosefaser
Solarkreislauf	
System	Drainback
Medium	Wasser ohne Zusätze
Leitungen	Kupfer 22 mm, 28 mm, 35 mm
Pumpe	Heizungspumpe Serienprodukt
Drainback-Gefäss	65 Liter Spezialanfertigung
Armaturen	Standard-Heizungskomponenten
Steuerung	
Art	Temperaturdifferenzsteuerung mit Drehzahlregelung für zwei Register (mit Umschaltventil)
Schaltkriterien	Delta T ein: 4K, aus: 2 K
Maximalbegrenzung	T Speicher >80 °C => Pumpe aus

Tab. 3.1 Merkmale und Eigenschaften der Anlage.



Abb. 3.2 Armaturen, Pumpe und Wärmezähler

In Abb. 3.3 ist das Prinzipschema zu sehen. Das Herz des Systems ist der Speicher mit dem Rossnagel-Boiler. Der obere Teil ($\frac{2}{3} \cdot 4 \text{ m}^3$) ist in der Heizperiode für den mit der Rücklaufhochhaltung ausgerüsteten Stückholz-Kessel reserviert. Für den Solarkreis sind 2 Wärmetauscher vorhanden, der Untere für den High-Flow-, der Obere für den Low-Flow-Betrieb.

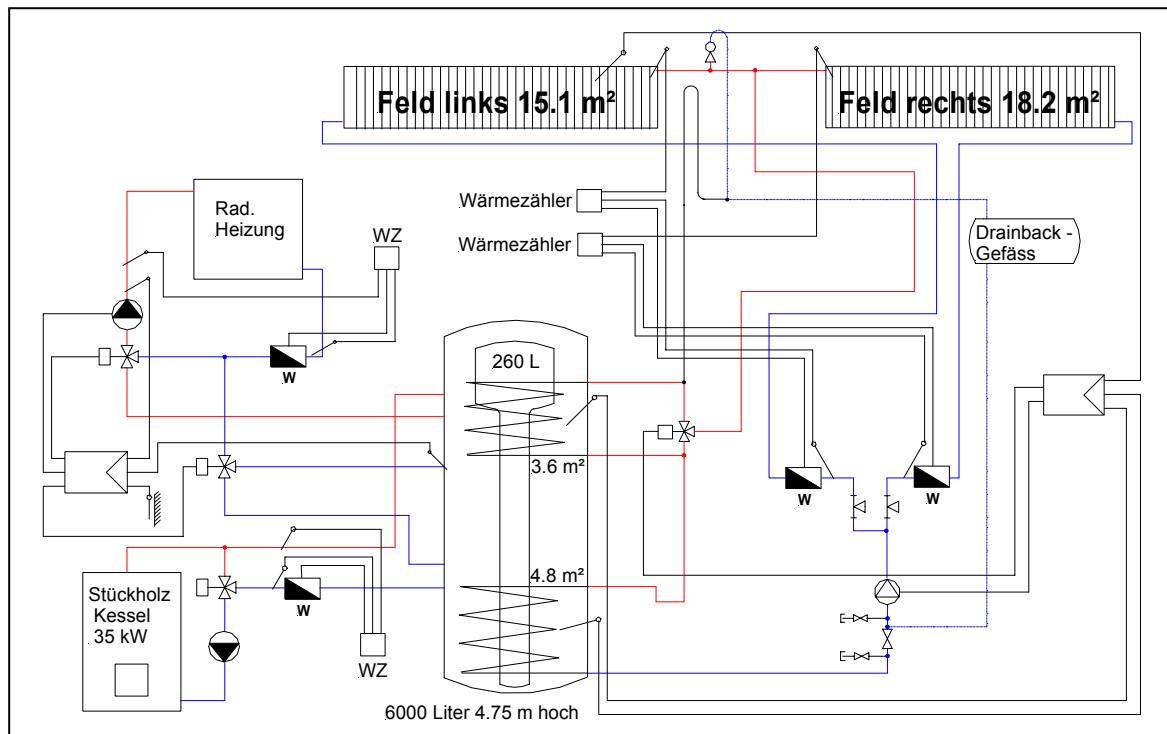


Abb. 3.3 Prinzipschema der Anlage. Im Feld links (oder West) sind Durchflusswiderstände eingebaut. Das Drainback-Gefäß liegt im frostfreien Bereich.

Die Zentralheizung ist mit Niedertemperatur-Radiatoren und Konvektoren im Ganzen Haus bestückt. Geregelt wird sie über eine gemeinsame aussentemperatur-geführte Steuerung. Der Rücklauf kann je nach Temperaturverhältnis über einen der zwei fest eingeschweissten Stutzen erfolgen.

3.2 Funktionsprinzip und Solarkreis

Die Anlage funktioniert nach dem „Drainback-Prinzip“ (Siehe Abb. 3.4).

Ohne aktive Pumpe bleibt der Kollektor leer. Sobald der Absorber $>4\text{K}$ zum Speicher unten aufweist, schaltet die Pumpe ein. Das Medium wird direkt aus dem Drainback-Gefäß angesaugt und in die Kollektoren gepumpt. Die Luft im Absorber wird ins Drainback-Gefäß gedrückt. Die beiden Kollektorfelder werden parallel betrieben über die selbe Pumpe.

Besteht Bedarf für Nachwärmung im Warmwasserbereich (Fühler Speicher oben $<50^\circ\text{C}$) des Speichers, drosselt die Steuerung die Pumpendrehzahl, um die nötige Wärme zu erzeugen. Gleichzeitig wird über das Dreiweg-Ventil das obere Register vor das Untere geschaltet.

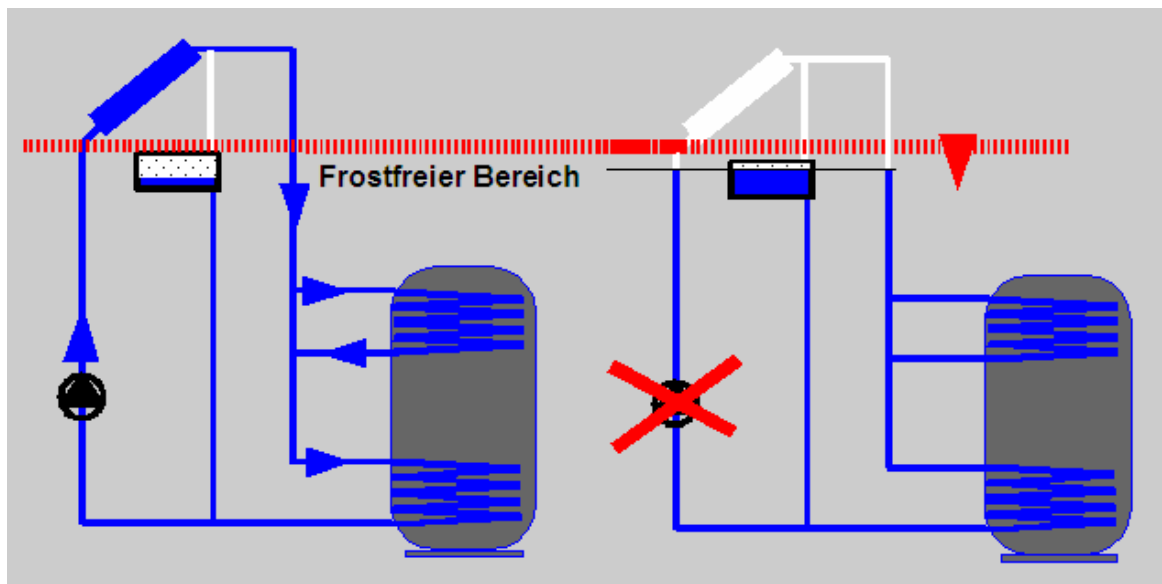


Abb. 3.4 Funktionsprinzip des Drain-Back-System. Die Pumpe läuft nur wenn nutzbare Energie im Kollektorfeld vorhanden ist. In allen anderen Fällen (Speichertemperatur $>80^\circ\text{C}$, Stromausfall, keine genügende Sonnenstrahlung) ist sie ausgeschaltet, daher bleibt das Kollektorfeld leer und das Medium (Wasser) im frostsicheren Bereich.

3.3 Das Kollektorfeld



Abb. 3.5 Die Absorberfinnen vor der Verlötung mit dem Sammelrohr.

Um eine vollständige Entleerung des Kollektorfeldes zu erreichen, ist die Geometrie des Feldes besonders wichtig. Bleibt Wasser im Kollektor gefangen, kann dieses bei Frost oder hohe Strahlung zu ernsthaften Konsequenzen führen. Die parallelgeschalteten vertikalen „Finne“ garantieren eine vollständige Entleerung. Auch das Sammelrohr muss vollständig entleert werden, dazu ist eine minimalen Neigung von $3-5^\circ$ notwendig.

Die Parallel-Schaltung kann bei tiefen Wassergeschwindigkeiten im Finnenrohr eine un stabile Strömungsverteilung verursachen. Eine Studie von SPF (Solar- Prüfung- und Forschungsanstalt in Rapperswil) zeigt, dass un stabile Bereiche vorhanden sind. Die haben aber für den Betrieb keinen bedeutenden negativen Einfluss.

Mehr über den Messbericht unter **www.solarch.ch**

stichwort sesolar/spf.



Abb. 3.6 Nahaufnahme vom Kollektorfeld ohne Scheibe. Das obere Sammelrohr und die Messfühler des SPF-Strömungsverteilungsprojekts sind zu sehen.

4. Wirtschaftliche Aspekte

Da es sich um ein Anlageprototyp handelt ist eine zuverlässige Wirtschaftlichkeitsberechnung noch nicht möglich. Aufgrund der Erfahrung dieser ersten Anlage kann angenommen werden, dass die zukünftigen in Serie produzierten Anlagen wegen des höheren Ertrag und die bedeutend verbesserter Stillstands-Unempfindlichkeit konkurrenzfähig werden können.

Kosten und Beiträge von Kanton und Bund sind in der Tab. 4.1 ersichtlich.

Kosten	CHF
Heizung	
Kessel und Regelung	17'904
Speicher	9'999
Kamine	8'140
Installation und Heizkörper	24'631
Total Heizung exkl. MWST	60'674
Solar	
Kollektorfeld	25'960
Armaturen und Verbindungsleitung	8'970
Inbetriebnahme und Messungen	2'281
Fundamentheizung	2'920
Total Solar exkl. MWST	40'131
Total Gesamt exkl. MWST	100'805
MWST	7'661
Total inkl. MWST	108'466
Beitrag Bund	15'000
Beitrag Kanton	11'693
Total Beiträge	26'693

Tab. 4.1 Kosten und Beiträge

5. Ergebnisse

5.1. Wärmeenergie-Bilanz

Der gesamte Wärmeertrag aus Sonne und Holz beträgt 47.4 MWh/a (ca. 34 % Sonne) (Siehe Tab 5.1). Auf der anderen Seite beträgt der jährliche Wärmeverbrauch für die Raumheizung und das Warmwasser 35.9 MWh/a. Die Differenz aus den gemessenen Werten von 11.5 MWh/a (25 %) kann als Verlust bezeichnet werden, auch wenn ein Teil davon dem Gebäude zugute kommt. Die Verteilung der Verluste auf Solarkreis, Kessel und Speicher gliedert sich wie folgt:

- Verlust Solarkreisen Wärmeverluste vom Kollektor bis zum Speichereintritt
- Verlust Kessel Abgas-, Auskühl-, Strahlungs- und Armaturenverlust bis zum Speichereintritt
- Verlust Speicher Wird aus der Differenz von der Energieflüsse (input output) vom/zum Speicher errechnet.

Siehe Tabelle 5.1 und Abb. 5.1.

	MWh		bezogen auf Total-Energie	bezogen auf Nutz-Energie
Holz (ca. 16 Ster Hartholz)	31.2		66%	
Solarertrag (Kollektorertrag)	16.2		34%	
Total Energie	47.4		100%	
Verlust Kessel	-4.7		10%	
Verlust Solarkreis	-1.9		4%	
Total Energie INPUT Speicher	40.9		86%	
Speicherverluste	-4.9		10%	
Nutzenergie	35.9	35.9	76%	100%
Heizung		30.3	64%	84%
Fundamentheizung (Sommer)		1.4	3%	4%
Warmwasser		4.2	9%	12%

Tab.5.1 Übersicht der Energieflüsse der gesamten Anlage

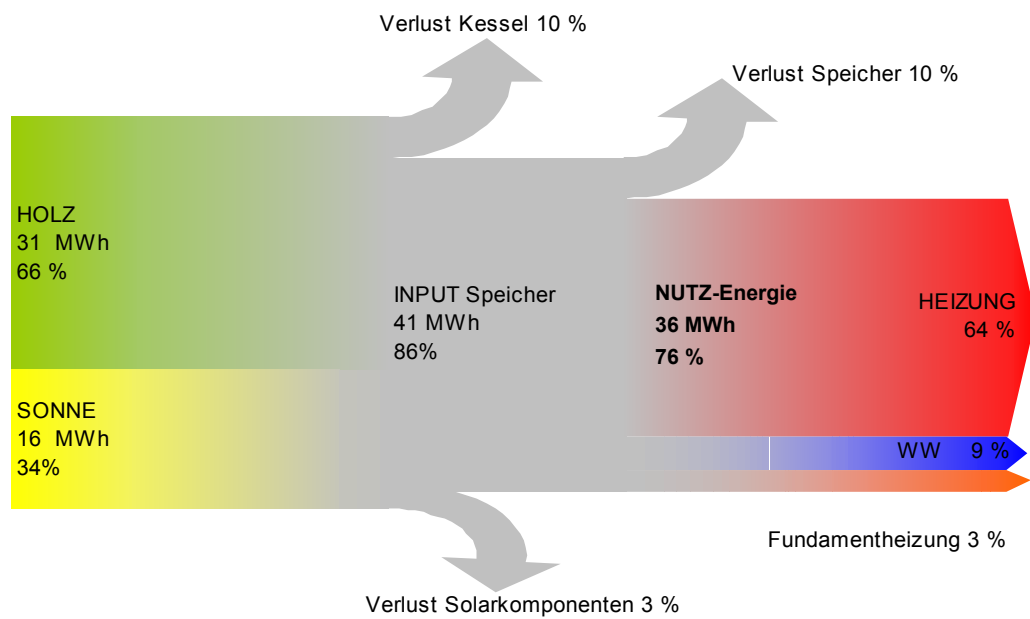


Abb. 5.1 *Energieflussdiagramm. Ein Drittel der Produzierten Energie kommt direkt von der Sonne. Der Anteil der Verluste ist fast 25%, ein Teil davon kommt indirekt dem Gebäude zugute.*

Ein Drittel der Energieproduktion kommt von der Sonne. Die monatlichen Energieverbrauchszahlen sind in der Abb 5.2 zu sehen. Im Sommer wird mit der überschüssig vorhandenen Sonnenenergie ein kalter Kellerraum (Werkstatt) mit einer Fundamentheizung temperiert.

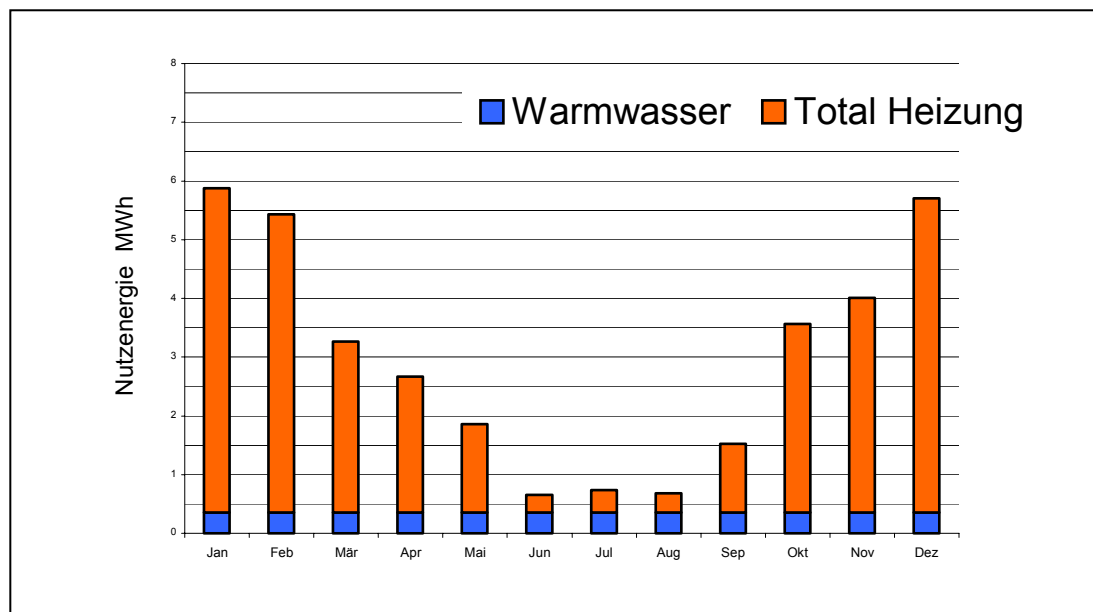


Abb. 5.2 Die monatliche Nutzung der Energie. Im Sommer wird eine Fundamentheizung eingeschaltet. Damit werden bei Bedarf kühlere Räume mit der überschüssig vorhandenen Sonnenenergie temperiert (orange Balken im Sommer).

In Abb. 5.3 ist die gesamte Energieproduktion dargestellt. Der Energiebedarf von Mai bis September ist vollständig mit Solarenergie gedeckt. In den Monaten März und April beträgt der Anteil Solar knapp zwei drittel (2/3). Im Winter beträgt die Solarenergie-Produktion 0.7 MWh oder 4 % der gesamten Solarproduktion.

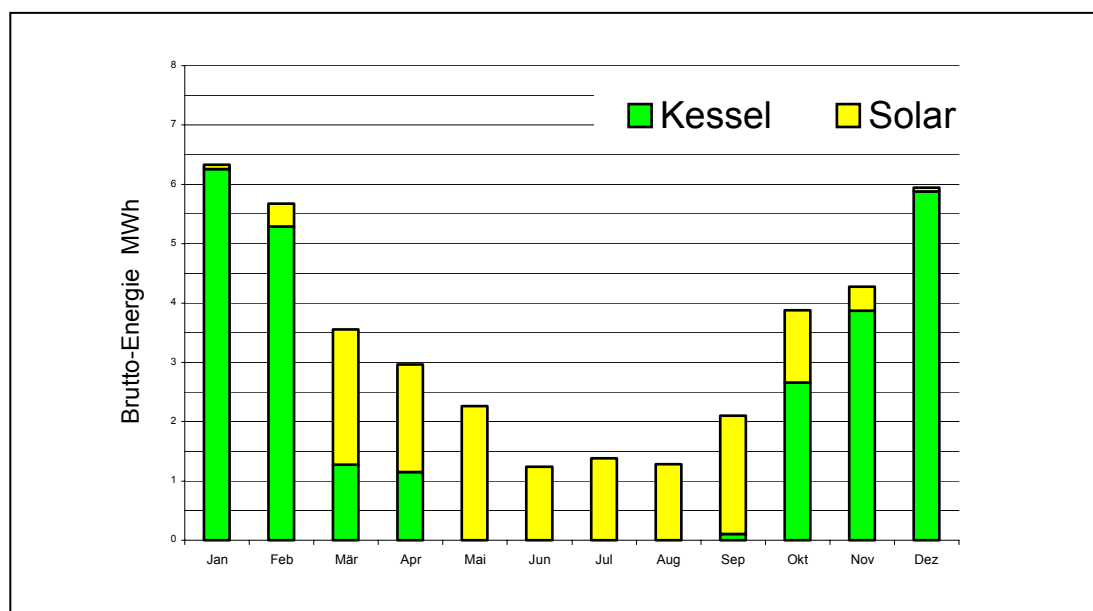


Abb. 5.3 Die monatliche Energieproduktion. Von Mai bis September reicht die Sonne allein zur Deckung des Energieverbrauchs. Brutto-Energie ist die an Speicher-Eintritt gemessen wird.

5.2 Die Kollektorfelder

Nach einer Anlaufzeit, in der einige Verbesserungen in der Hydraulik durchgeführt wurden, läuft die Anlage einwandfrei. Der Ertrag des Kollektorfeldes beträgt 16.2 MWh/Jahr (Periode von Jan03 bis Dez 03). Der Ertrag ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

	Anzahl Finnen	m ²	Durchfluss-Widerstand	Feld Ertrag MWh/Jahr	Brutto Ertrag MWh/Jahr	spez. Brutto Ertrag kWh/m ² Jahr
Feld West	68	15.1	Ja	8.01	7.03	470
Feld Ost	60	18.4	Nein	8.33	7.36	400

Tab. 5.2 Kollektordaten und –ertrag. Der spezifische (die am Speicher-Eintritt gemessene Energie) Brutto-Ertrag ist im grössten Teil Anlage-abhängig. Der Durchfluss-Widerstand im Absorberrohr ist für einen höheren (bis 15%) Ertrag verantwortlich. Der Brutto-Ertrag ist der Feldertrag abzüglich Leitungs- und Armaturenverluste.

Der spezifische Ertrag ist hier nicht von grosser Bedeutung, da er vor allem von der Anlage und der Nutzenergie abhängig ist. Mit Hilfe der vom SPF-Institut in Rapperswil durchgeführten Messungen ist es möglich, punktuell die Effizienz des Kollektorfeldes zu bestimmen. Diese Messungen beziehen sich auf Feld Ost ohne Durchflusswiderstand, also das nach unseren Messungen Schlechtere. In Abb. 5.5 ist der Vergleich mit der Effizienz-Kennlinie eines guten Kollektors mit ähnlichen Charakteristiken dargestellt.

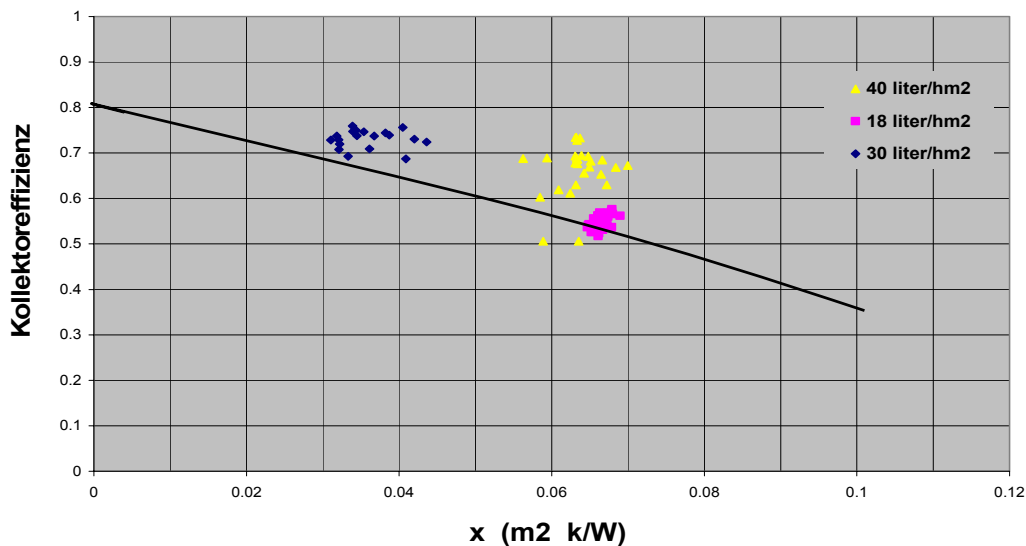


Abb. 5.5 Kollektoreffizienz des Feldes ohne Durchfluss-Widerstand bei drei verschiedenen Durchflussmengen. Bei 30 und 40 Liter/hm² liegt die Effizienz über der Effizienzkennlinie eines guten mit Frostschutzmittel betriebenen Kollektors; bei 18 Liter/hm² hingegen darunter.

Wir schätzen, dass die Effizienz des mit Durchfluss-Widerstand versehenen Feldes möglicherweise noch höher liegt, als beim anderen Feld.

Ein wichtiger Punkt ist aber der Vergleich der 2 Kollektorfelder. Da ist eine Differenz im Ertrag von 70 kWh/a m². Diese bedeutende Differenz im Ertrag der zwei Felder kann auf die vom Durchfluss-Widerstand verursachten turbulenten Strömung im Absorber-Rohr zurückgeführt werden.

5.3 Temperaturschichtung im Speicher

Die Nutzung der in einem Wasserspeicher enthaltenen Energie kann mit einer besseren Temperaturschichtung erhöht werden. Um die Temperaturverteilung im Wasserspeicher zu eruieren, wurden 23 Messstellen im Speicher (Siehe Bild) eingerichtet. Der Abstand der Messpunkte von der Speicherwand beträgt 35 cm, gleich viel wie der Abstand vom integrierten Boiler. In Abb. 5.6 sind die Messstellen zu sehen.

Die Fühler sind so eingebaut, dass kein Wärmeleitender Kontakt zu Speicherwand besteht und die Wärmeleitung durch die Messdrähte aufs Minimum reduziert ist.

In 5 Minuten-Schritten werden die Temperaturwerte gespeichert. Die Grafiken zeigen, wie sich die Schichtung ohne Schichtlanze innerhalb von 24 Stunden an einem bewölkten, respektiv sonnigen Tag verändert.

In Abb. 5.7 ist ein repräsentativer Temperaturverlauf der 23 Messstellen während 4 aufeinander folgenden Tagen zu sehen, in denen die Solarenergie für Heizung und Warmwasser verwendet wird. Um 3 Uhr morgens schaltet die Heizung ein. Ab ca. 10 bis 16 Uhr wirkt die Solarenergie.

Bemerkungen zu Abb. 5.7

- an allen 4 Tagen scheint die Sonne. Der Heizkessel wird nicht betrieben.
- Die Auskühlung der oberen Schichten bei einer Temperatur von 80 °C beträgt 2.5 °C/Tag, bei 60 °C 1.5 °C/Tag.
- Am 13.4.04 (oben links) ist die Temperaturdifferenz (mehr als 50 °C) zwischen Speicher oben und Speicher unten sehr gross. Dieser grosse Temperatur-Unterschied zusammen mit gleichzeitigem Ertrag von Solarenergie und die Einströmung des Heizungsrücklaufs stören die Schichtung so stark, dass ab ca. 11 h eine umgekehrte Situation eintritt: bei den mittleren Schichten ist die Temperatur tiefer als bei den untersten.
- Ist die Temperaturdifferenz Speicher-Oben/Speicher-Unten kleiner, so verlaufen die Temperaturkurven der Schichten ziemlich ruhig (14.4 bis 16.4). Da ist nur eine kleine Durchmischung zu sehen.

In Abb. 5.8 ist eine reine Entladungssituation dargestellt. Ab ca. 7 bis 23 Uhr läuft die Heizung. Die Speichertemperatur liegt zwischen 55 °C (unten) und 65 °C (oben). Nur gerade bei zwei Schichten im Bereich des Heizungsrücklaufs ist eine Temperatur-Veränderung zu beobachten.

Aus den Aufzeichnungen von verschiedenen Tagen wurde ersichtlich, dass sich im mittleren Temperaturbereich zwischen 40 °C und 60 °C eine Mischzone bildet, die bis etwa 20 cm hoch sein dürfte (Siehe Abb. 5.9).

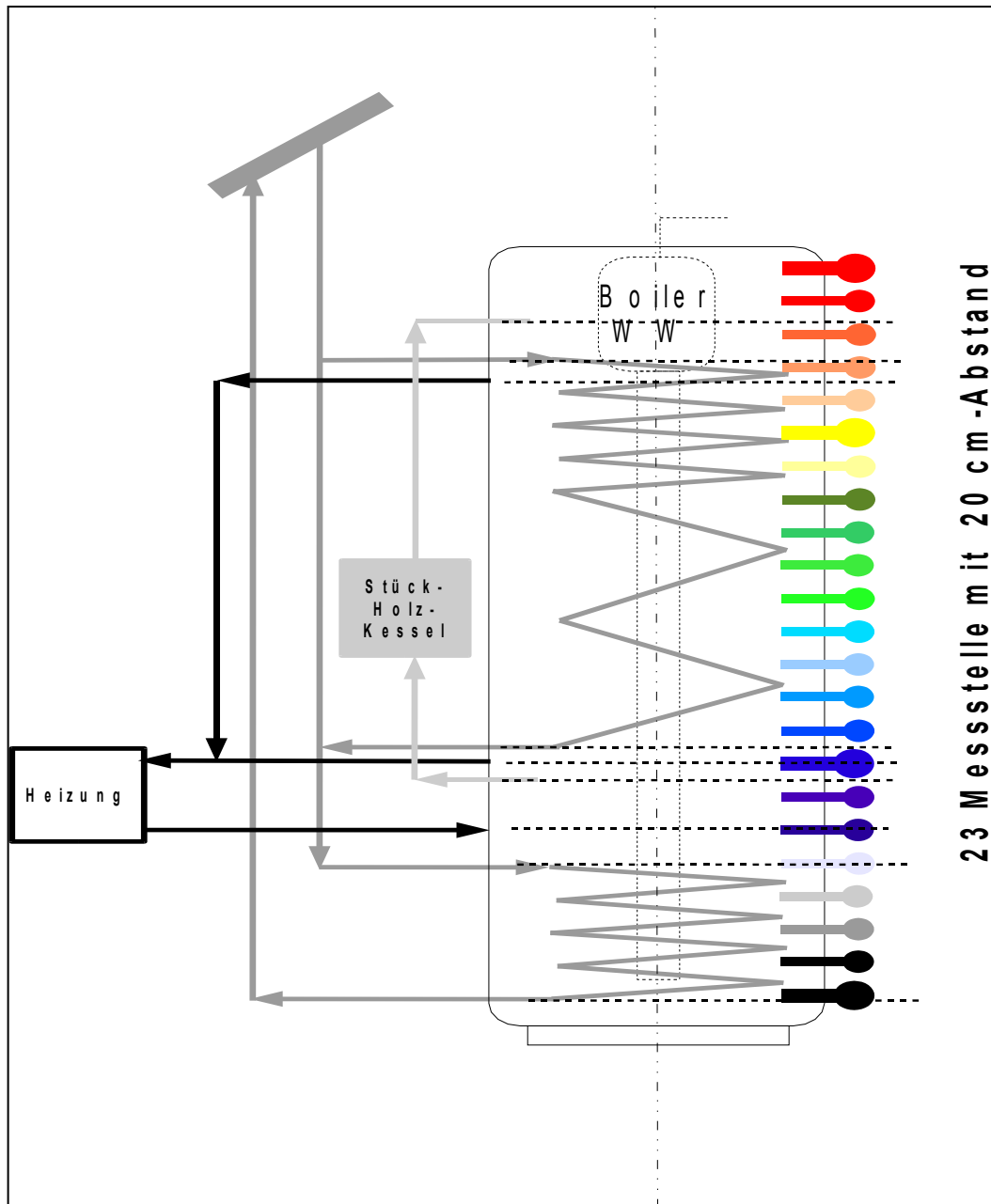


Abb. 5.6 Mit den Messstellen im Speicher kann das Stratifizierungsprofil oder der vertikale Temperaturverlauf aufgezeichnet werden. Zeitabstand der Messungen ist 5 Minuten.

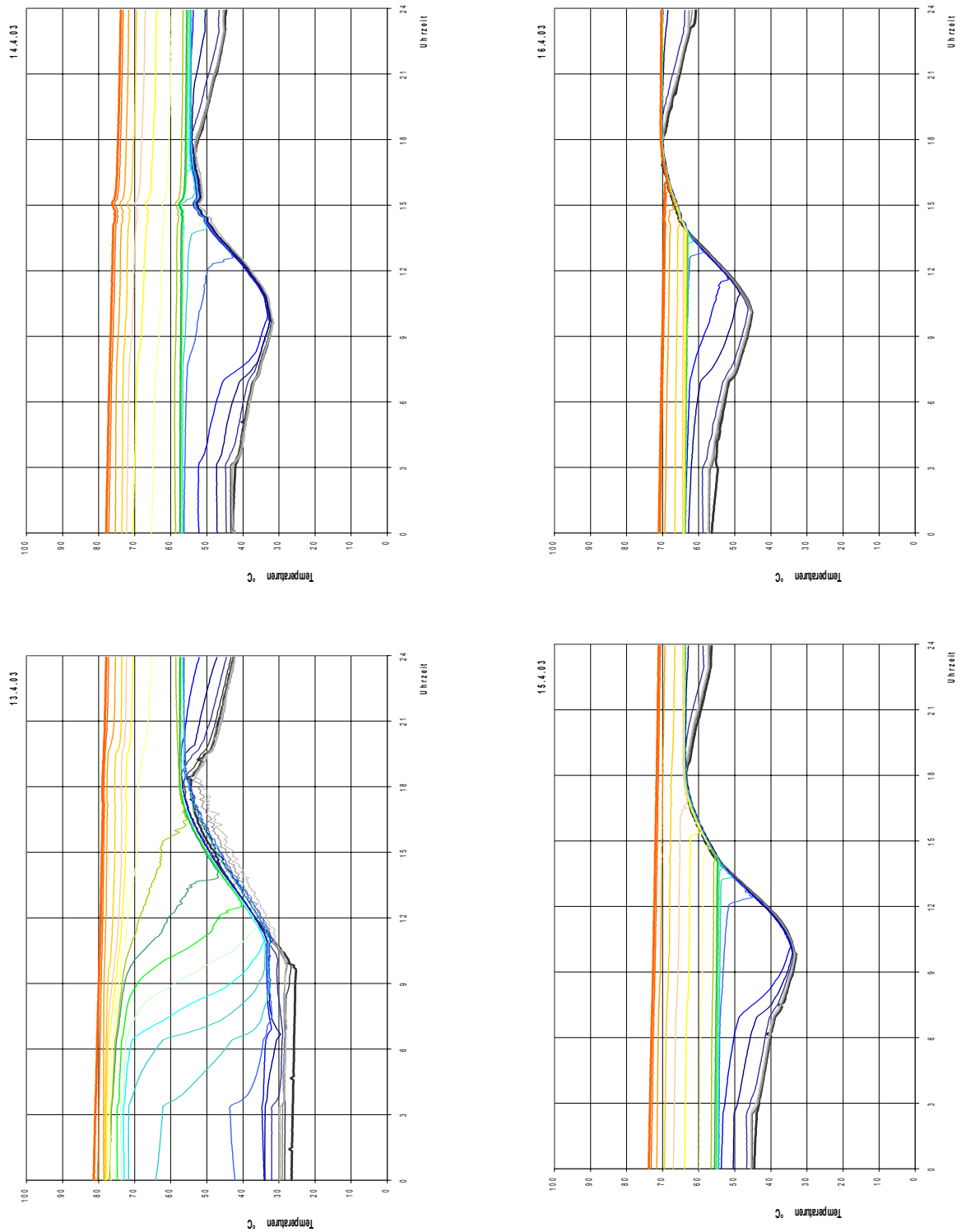


Abb. 5.7 Temperaturverlauf im Speicher bei schönem Wetter

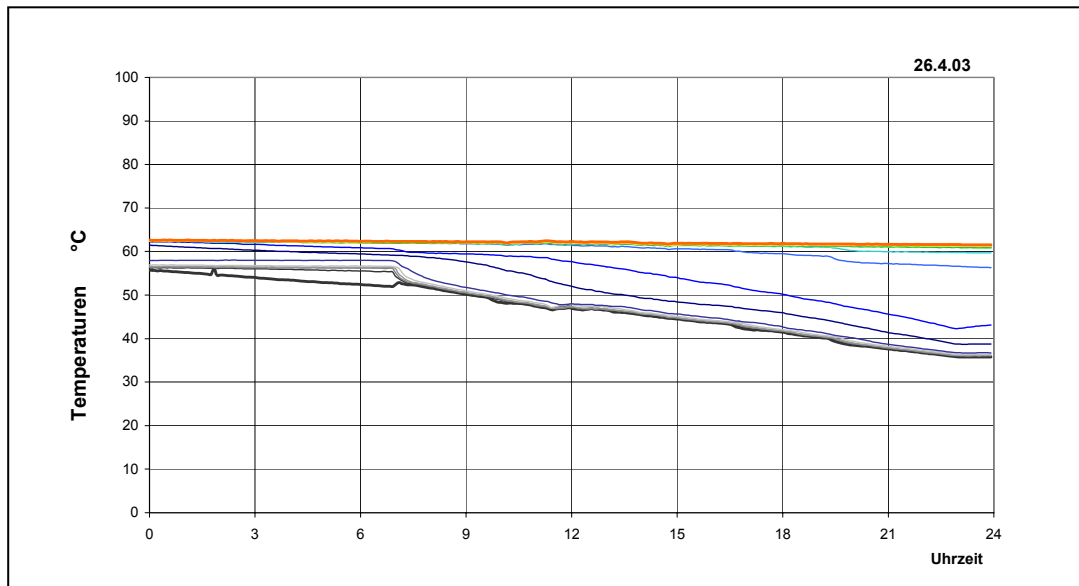


Abb. 5.8 Temperaturverlauf im Speicher bei bewölktem Wetter. Beim Entladung sind 2 Schichten betroffen. Eine Vermischung findet nicht statt.

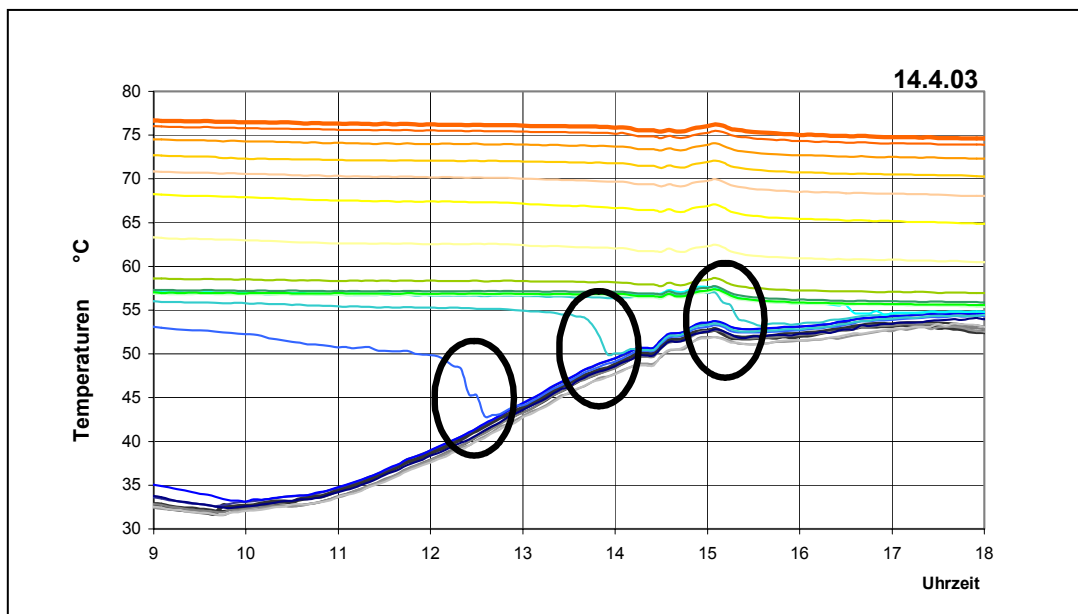


Abb. 5.9 Die Temperatur in Grenzschicht zur Solarladung stürzt bei einer Ladung aus dem Solarkreis ab. Die Höhe der Durchmischungszone ist von der Intensität der Solarladung abhängig. Dies wird als Schichtungsstörung interpretiert. Die Folgen sind einen Exergieverlust.

6. Schlussfolgerung und Aussicht

6.1 Sonnenkollektorenanlage

Die Solaranlage funktioniert reibungslos. Sowohl die teilweise harten Fröste wie auch die häufigen Stillstände im vergangenen Sommer haben zu keinerlei Problemen geführt. Der Gesamt-Ertrag ist mit 435 kWh/a m² für eine Anlage mit Heizungsunterstützung gut. Die Solarenergie deckt übers ganze Jahr 34 % des gesamten Energieverbrauchs. In Mai bis September ist die Deckung 100%ig.

Eine wichtige Erkenntnis ist die Differenz im Ertrag der zwei Kollektorfelder. Das mit Durchfluss-Widerstand (DW) versehene Feld verzeichnet einen 15%-höheren Ertrag, was auf die höhere Turbulenz der Strömung im Absorber-Rohr zurück zu führen ist.

Die Effizienz des Kollektorfeldes ohne Durchfluss-Widerstand liegt bei Durchflussrate über 30 Liter/hm² höher als die von guten mit Frostschutz betriebenen Kollektoren. Es ist zu erwarten, dass beim DW-Feld die Effizienz noch höher liegen dürfte. Dies ist Gegenstand von weiteren Messungen und Nachforschung.

Für die serienmässige Herstellung der Kollektoren und im Speziellen der Absorber sind weitere Optimierungen nötig. Das Hauptaugenmerk gilt dabei vor allem der Strömungsverteilung und deren Grenzen. Dazu kann leider nicht auf Fachliteratur und gemachte Messungen zurückgegriffen werden, da diese entweder nur auf theoretischer Basis oder auf anderen Voraussetzungen aufbauen. Gerade die Durchströmungsmessungen der Finnen (Zusatz-Messprojekt zusammen mit SPF Rapperswil (www.solarch.ch Suchwort sesolar/spf) haben mit der Theorie nicht vergleichbare Resultate gebracht, deren Weiterverfolgung in der Praxis vom grossen Interesse ist.

6.2 Temperaturschichtung im Speicher

Die Temperaturverläufe im Speicher ohne Schichtlanze zeigen, dass einerseits die Schichtung bzw. deren Störung durch die verschiedenen Bewirtschaftung vorhanden ist, jedoch in geringerem Ausmass als vermutet.

Die Quantifizierung der Exergieverlust und deren Verbesserungspotenzial wegen der Durchmischung der Wasserschichten ist wünschenswert, nicht aber Thema in diesem Projekt.

Mit zwei Herstellern von Schichtlanzen wurde verhandelt, doch bei beiden Produkten war die Einbringung des Teils nicht oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand möglich. Das ursprünglich vorgesehene und viel versprechende Produkt ist nicht mehr erhältlich.

Die Erfassung der Schichttemperaturen war eine knifflige Aufgabe, die zu einem erstaunlichen Resultat geführt hat (siehe Schichtverlaufsmessungen). Mit dieser Installation wird es möglich sein, künftige Versuche genau aufzuzeichnen.

Zur Zeit sind wir auf der Suche nach anderen geeigneten Ausführungen von Schichtlanzen, die den Einbau durch die gegebene Öffnung erlauben.

7. PR Aktionen, Meinung der Einwohner

Zwei PR-Aktionen wurden im Jahr 2003 durchgeführt. Die eine Aktion war für ein breiteres Publikum, die zweite für Fachleute und Interessierte. Die Erfahrung aus diesen PR-Aktionen erlaubt die folgende Bemerkungen:

- Leute, für die die Solarenergie noch ein unbekanntes Thema ist, haben sich mehr auf die Solaranlage auf einem bekannten Hausdach konzentriert. Das heisst: sie haben von der Spezialität des frostschutzmittelfreien Systems nicht viel mitbekommen.
- Für interessierte Leute, die sich auch ernsthafte Gedanken über eine eigene Solaranlage machen, ist hingegen der frostschutzmittelfreie Betrieb ein wichtiges Argument und kann die Wahl des Systems beeinflussen.
- Die Fachleute haben auch positiv reagiert. Der frostschutzmittelfreie Betrieb wird in der Schweiz zunehmend mehr Gewicht geschenkt. Es gibt klare Anzeichen, dass bei diversen Herstellern Anstrengungen in diese Richtung unternommen werden. Einige wenige bieten bereits die ersten Produkte und Systeme für diesen Einsatz an.

Fundierte wissenschaftliche Untersuchungen sollten der Branche einen wichtigen Impuls geben, diese Technik voran zu treiben zugunsten einer effizienteren und zuverlässigeren Solarenergie-Umsetzung.

8. Verantwortliche Personen

Salerno Engeler GmbH

062 390 10 23 Herr Leo Engeler

062 390 16 22 Herr Basso Salerno

www.sesolar.ch

info@sesolar.ch

Anlage-Besitzerfamilie

Franz und Andrea Spahr

Blüemlisalp

4437 Waldenburg