

# Der Unterschied zwischen Temperatur und Energie

## oder

### Was kann mit exergiegerechter Speicherentladung bei Sonnenenergieanlagen erreicht werden?

Teil 2

- Dieser Artikel ist die **Fortsetzung der ersten Publikation** "Der Unterschied zwischen Temperatur und Energie", die sich mit der exergiegerechten Ladung des Speichers befasst. Das Wissen aus dem ersten Teil wird im zweiten vorausgesetzt.
- Das Thema "**exergiegerechte Speicherentladung**" ist eher weniger spektakulär oder weniger offensichtlich und wird deshalb oft zu wenig oder gar nicht beachtet.
- Um bei Sonnenenergieanlagen **optimale Erträge** zu erzielen, muss sich durch geschichtete Entladung eine kalte Temperaturzone bilden können. Anschließend ist es wichtig, diese Zone bis zur nächsten Ladung zu erhalten, weil der Kollektorwirkungsgrad von der Arbeitstemperatur abhängt. (Eine von 40 auf 50°C erhöhte, mittlere Kollektor-Arbeitstemperatur reduziert den Jahreswirkungsgrad um ca. 15 %.)  
Ebenso erwünscht ist zur Komforterhaltung die geschichtete Ladung des Wärmespeichers von oben.  
Es ist nicht möglich, kalte und warme Temperaturzonen zu erhalten, wenn ein Speicher zwar geschichtet geladen, durch die Entladung aber laufend durchmischt wird.
- Es genügt nicht, einen Speicher "Schichtspeicher" zu nennen und dann zufrieden zu sein. Schichtung erfordert ein **durchdachtes Gesamtkonzept**.
- Im Folgenden geht es darum aufzuzeigen, welche **Schaltungen, Ideen und Tricks** zu einer möglichst guten Entladung führen, aber auch was falsch gemacht werden kann.
- Dieser Artikel will Solaranlagenbauer sensibilisieren, so dass **leistungsfähigere Sonnenenergieanlagen** entstehen können. Es nützt nichts, wenn eine Sonnenenergieanlage aus den besten Komponenten besteht, diese aber ungeschickt verschaltet sind, die Steuerung nicht richtig funktioniert oder falsch eingestellt ist usw.



Sonnenenergienutzung

## Jenni Energietechnik AG

Lochbachstrasse 22, Postfach  
CH-3414 Oberburg bei Burgdorf

Tel. ++41 (0)34 422 97 77

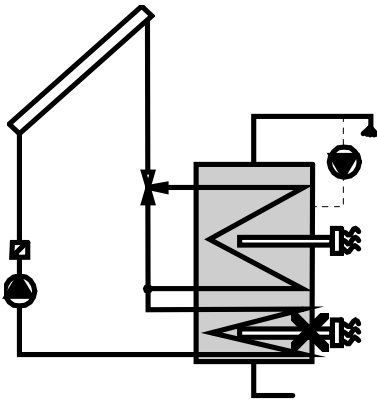
Fax ++41 (0)34 422 97 27

info@jenni.ch www.jenni.ch

von  
**Josef Jenni**



## 1 Anlagen für Warmwasser



Als Erstes ist wichtig, dass beim Verbrauch das kalte Leitungswasser unten in den Speicher (Boiler) fliesst und das warme oben entnommen wird. Beide Anschlüsse müssen so gestaltet sein, dass keine Wirbel entstehen.

Eine Nachladung sollte so hoch oben wie möglich erfolgen und sich auf ein dem Warmwasserbedarf entsprechendes Minimum beschränken.

### Beispiel:

Füllen einer Badewanne mit total 160 l Wasser à 40°C; Kaltwasser à 10°C

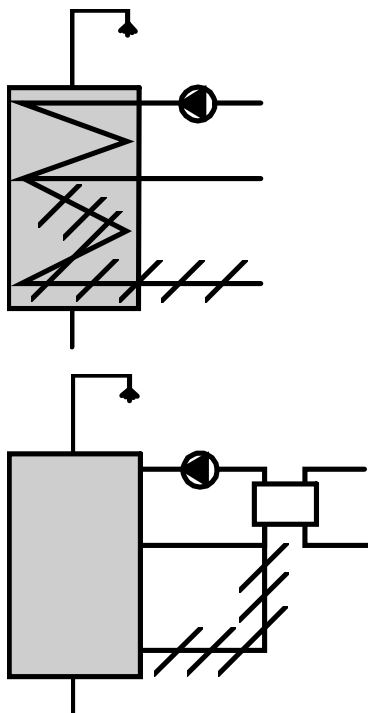
#### 1. Variante

Warmwasser auf 50°C nachgeheizt – benötigt 120 l à 50°C und 40 l à 10°C

#### 2. Variante

Warmwasser auf 70°C nachgeheizt – benötigt 80 l à 70°C und 80 l à 10°C

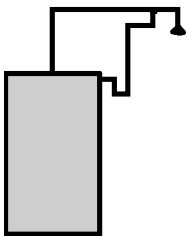
Im ersten Fall stehen den Kollektoren 120 l Wasser zur Verfügung, die von 10°C aus aufgeheizt werden können, im zweiten Fall nur 80 l. Im ersten Fall bleiben die Kollektoren länger kühl, der Wirkungsgrad bleibt besser.



Wird der Boiler ganz zuunterst z. B. mit einem Elektroerwärmeelement nachgeheizt, nimmt man den Kollektoren ganz offensichtlich das kalte Wasser weg. Analog verhält es sich mit anderen Nachlademethoden.

Die Nachladung muss im richtigen Bereich erfolgen, d. h. Ladung Eintritt zuoberst und Austritt nur so weit unten wie nötig, so dass genügend Volumen von nicht allzu hoher Temperatur vorhanden ist. Ein interner Wärmetauscher sollte genügend gross ausgelegt sein und mit angepasster Leistung betrieben werden. Ein überlasteter oder mit zu grosser Wassermenge betriebener Wärmetauscher zerstört die Schichtung.

Wird der Boiler über einen externen Tauscher nachgeladen, sollte dies mit nicht zu grosser Wassermenge geschehen. Die Anschlüsse müssen richtig platziert und so konstruiert sein, dass das ein- und austretende Wasser keine Wirbel erzeugt. Diese würden die Schichtung zerstören. Ist der Boiler fertig geladen, muss die Umwälzpumpe ausgeschaltet werden.

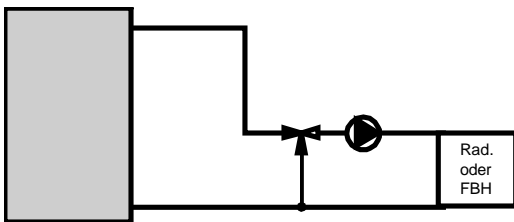


Die Warmwasserzirkulation ist ein richtiger Störenfried und sollte wenn irgend möglich vermieden werden. Im Einfamilienhaus hat sie so oder so keine Berechtigung. Einzelstichleitungen mit kleinem Querschnitt sind mit Abstand das Beste. Man muss auch bedenken, wie viele Zirkulationssysteme ausser Betrieb gesetzt sind und welche Nachteile die Kunden damit tragen (abgestandenes Wasser, lange Ausstosszeiten des Warmwassers).

Wenn eine Zirkulation unvermeidbar ist, sollte sie so einfach und kurz wie möglich geführt werden. Ab der Hauptleitung, z. B. je für eine ganze Wohnung, sind möglichst dünne Einzelstichleitungen sinnvoll. Wenn die Zirkulation mit einer Umwälzpumpe betrieben wird, sollte die Wassermenge so klein wie möglich und eine Zeit- und Temperatursteuerung vorhanden sein.

Der Einsatz einer elektrischen Begleitheizung ist im Zusammenhang mit einer Sonnenenergieanlage noch schlechter. Damit wird dauernd hochwertige elektrische Energie verheizt, selbst dann, wenn die Sonne alle Energie liefern könnte.

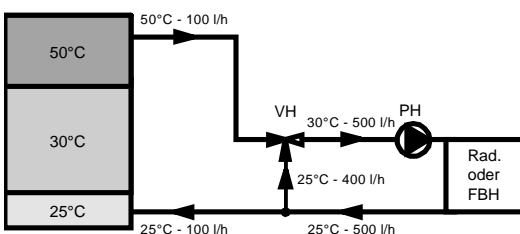
## 2 Anlagen für Heizung



Üblicherweise wird der Vorlauf für die Heizung aus dem oberen Speicherbereich (Bereich der Nachheizung) entnommen und mittels eines Mischventils (Rücklaufbeimischung) auf die erforderliche, relativ tiefe Temperatur heruntergemischt.

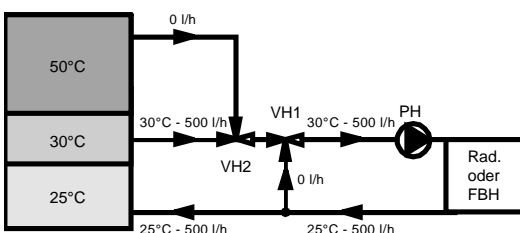
Dieses System funktioniert zwar, hat aber den Nachteil, dass hochwertige Zusatzenergie verbraucht wird, obschon von der Sonnenenergie genügend Energie (Temperatur) vorhanden sein könnte. Zudem wird die Rücklaufwassermenge reduziert, was für die Kollektoren ungünstig ist.

Dazu ein Beispiel:

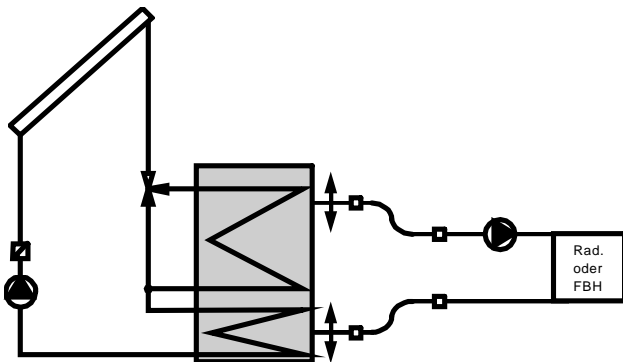


Temperatur im Speicher oben 50°C (von Zusatzenergie), in der Mitte 30°C (von der Sonne) und unten 25°C (vom Rücklauf der Heizung).

Die Heizung benötigt 30°C Vorlauftemperatur. Im Heizungskreis werden 500 l/h umgewälzt. Die Rücklauftemperatur beträgt 25°C (Heizleistung ca. 3 kW). Dem Speicher werden 100 l Wasser à 50°C entnommen, d. h. es fließen auch nur 100 l à 25°C zurück.



Wird mit einem weiteren Ventil (VH2) die Möglichkeit geschaffen, Wasser aus dem mittleren Speicherteil zu beziehen (nur solar geheizt), fließt die ganze Wassermenge, die in der Heizung umgewälzt wird, in den Speicher zurück. Das Wasser wird so im unteren Bereich schneller kühl. Den Sonnenkollektoren steht mehr kaltes Wasser zur Verfügung und der Speicher bleibt oben länger warm.



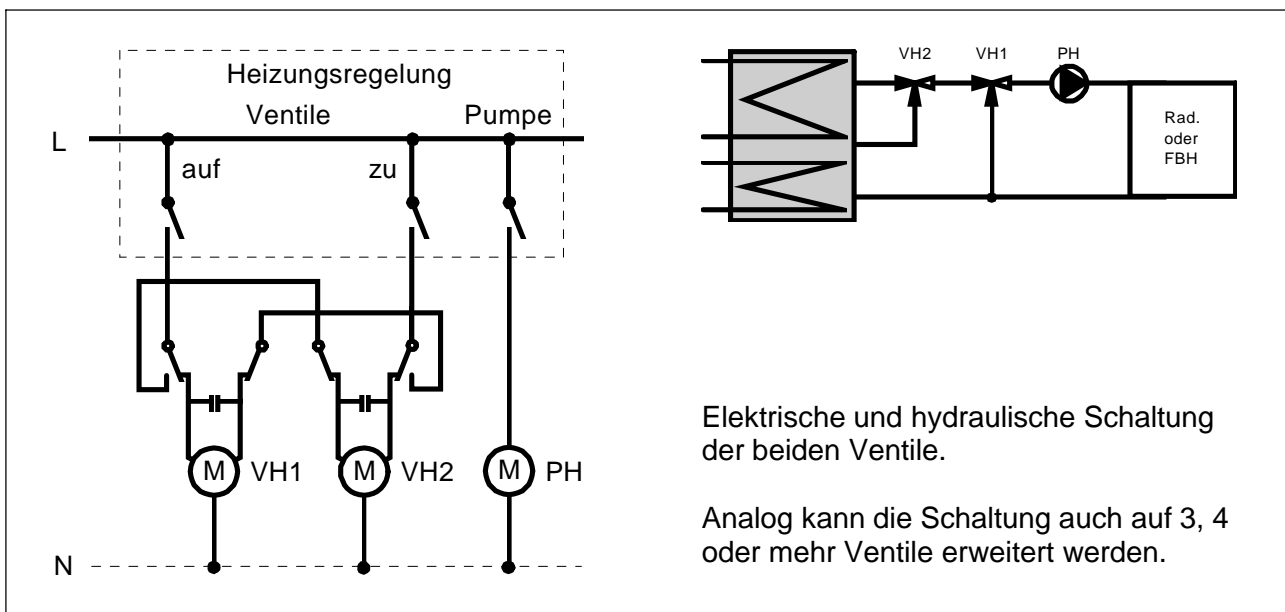
Ideal wäre es, wenn der Vorlauf der Heizung genau aus der Speicherschicht entnommen werden könnte, die der notwendigen Vorlauf-temperatur entspricht (z. B. mit einer Art "teleskopierbarem" Anschluss).

Wenn der Rücklauf ebenfalls genau dort zurückgeführt würde, wo der Speicher gleich warm ist wie der Rücklauf, würden so die Temperaturen des Speichers gar nicht gemischt.

## 2.1 Heizungsvorlauf

Im Bereich des Vorlaufs kann der Hauptnutzen bereits mit einer zweistufigen Entnahme (siehe Bild, Seite 3 unten) erreicht werden: indem der obere Vorlauf aus dem nachgeheizten Speicherteil und der untere aus dem rein solarbeheizten Bereich kommt.

Die Ventile werden stetig und nicht "entweder/oder" betrieben. Mit einer ganz gewöhnlichen Heizungsregelung werden die Steuerbefehle über die jeweiligen Endkontakte der Ventile auf das nächste Ventil weitergeschaltet, wenn eines ganz geöffnet respektive geschlossen ist.



Elektrische und hydraulische Schaltung der beiden Ventile.

Analog kann die Schaltung auch auf 3, 4 oder mehr Ventile erweitert werden.

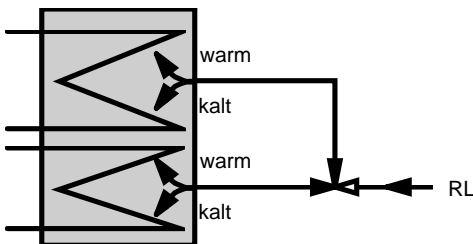


Vereinzelt sind auch Folgeschaltungsventile erhältlich. Mit 4 Anschlüssen übernehmen diese die Funktion von 2 oder mit 5 Anschlüssen von 3 konventionellen Ventilen.



## 2.2 Heizungsrücklauf

Zur Einschichtung des Rücklaufwassers kann mit dem Prinzip, dass kaltes Wasser schwerer ist als warmes, gearbeitet werden. Die Anschlüsse müssen so konstruiert sein, dass das Wasser langsam in den Speicher strömt und auf den Boden des Speichers sinkt, wenn es kalt ist, oder aufsteigt, wenn es warm ist.



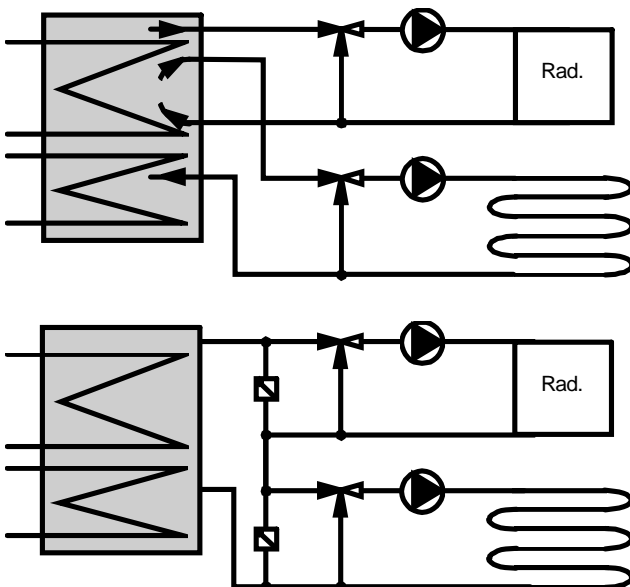
Wenn die Rücklauftemperatur grösseren Schwankungen unterliegt, kann als weitere Massnahme mit einem externen Ventil der Rücklauf umgeschaltet werden ("entweder/oder"). Wichtig ist, dass die Rücklaufstutzen auf der richtigen Höhe angebracht werden.

Bei komfortabel ausgelegten Niedertemperatur-Heizungen schwankt der Rücklauf nur sehr wenig z. B. 20 bis max. 25°C. Ein Rücklaufumschaltventil ist also nicht notwendig.

## 2.3 Heizkreise mit unterschiedlicher Arbeitstemperatur

Wenn zwei Heizkreise mit unterschiedlichen Arbeitstemperaturen (z. B. eine Gruppe mit Radiatoren und eine mit Fussbodenheizung) angeschlossen werden, sollte man diese prinzipiell in Serie schalten. Das warme Wasser von der Zusatzheizung sollte zuerst durch die Radiatoren und anschliessend durch die Fussbodenheizung fliessen. Dadurch entsteht eine gesamthaft tiefere Rücklauftemperatur.

Es gibt zwei Möglichkeiten:



1. Die Gruppen werden mit eigenen Anschlüssen an den Speicher angeschlossen. Durch geschickte Wahl der Höhe kann eine prinzipielle Serieschaltung erreicht werden.
2. Die Gruppen werden extern in Serie geschaltet. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Wassermengen sind die beiden Rückschlagklappen notwendig. Dank ihnen kann auch jede Gruppe unabhängig arbeiten. Am besten haben sich horizontal eingebaute, hängende Klappen bewährt.

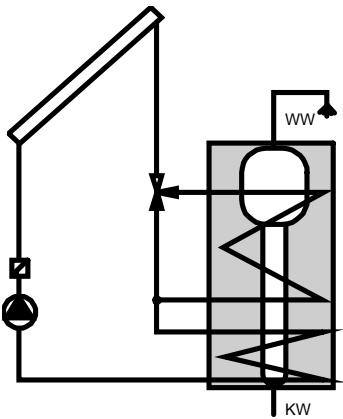
Wird mit einer mehrstufigen Wärmeentnahme gearbeitet, muss das bei der ersten Möglichkeit einzeln geschehen. Bei der zweiten Variante mit externer Serieschaltung ist es am einfachsten, das zusätzliche Ventil mit einer dritten Heizungsregelung anzusteuern.



Analoge Überlegungen sind auch bei Wärmeerzeugern mit unterschiedlichen Arbeitstemperaturen angebracht.

Arbeiten z. B. eine Wärmepumpe und ein Ölkessel auf einen Speicher, sollten diese nicht an den gleichen Anschlüssen angeschlossen werden. Prinzipiell sollte das kalte Rücklaufwasser zuerst durch die Wärmepumpe und anschliessend durch den Ölkessel fließen, d. h. der Ölkessel sollte oben in den Speicher einwirken und die Wärmepumpe darunter.

### 3 Anlagen für Heizung und Warmwasser (Integrierter Boiler)



Bei Anlagen für Heizung und Warmwasser werden meistens Speicher mit integriertem Boiler eingesetzt. Dadurch können einfache, gut arbeitende Anlagen ohne viele, bewegliche Teile und ohne grossen Steuerungsaufwand usw. realisiert werden.

Damit der Speicher möglichst gut geschichtet entladen werden kann, muss sich der Boiler über die ganze Höhe des Speichers erstrecken. Er muss ein dem Verbrauch angepasstes Volumen und eine genügend grosse Oberfläche aufweisen. Das Volumen des Boilers darf nicht zu klein sein, damit bei üblichem Spitzenverbrauch (baden, duschen) das kalte Wasser nicht zu hoch in den Speicher hinauf gezogen wird.

Das Boilervolumen und die Oberfläche im oberen Speicherbereich sind massgebend für die Warmwasserleistung.

Das Boilervolumen und die Oberfläche im unteren Speicherbereich sind massgebend für die Qualität der Speicherentladung.

Ein Boiler mit kleinem Volumen muss die geforderte Warmwasserleistung durch unmittelbaren Wärmeaustausch erbringen. Dies ist bei kleiner Temperaturdifferenz zwischen Speicher- und Boilerwasser und vor allem bei niedrigen Temperaturen im unteren Speicherbereich fast nicht möglich. Weist der Boiler aber ein Volumen auf, das z. B. zwei Drittel des üblichen Tages-Warmwasserverbrauchs entspricht, hat der Boiler genug Zeit, um sich zu erholen und die Temperaturdifferenzen vollständig auszugleichen.

#### 1. Füllen einer Badewanne

160 l à 40°C, Kaltwasser 10°C, in 5 Minuten:

Notwendige Energiemenge: 4'800 kcal = 5.6 kWh => notw. Leistung = ca. 70 kW

#### 2. Duschen

50 l à 40°C, Kaltwasser 10°C, in 5 Minuten:

Notwendige Energiemenge: 1'500 kcal = 1.8 kWh => notw. Leistung = ca. 20 kW



Ein Boiler, der die geforderten Warmwasserleistungen nur mit grosser Mühe erbringt, stellt einen überlasteten Wärmetauscher dar, der die Schichtung belastet.

Ein überlasteter Boiler belastet die Schichtung.

Weist der Boiler ein angepasstes, genügend grosses Volumen auf, gewinnt man einerseits Zeit und kann das Warmwasser praktisch mit Speichertemperatur beziehen. Andererseits erhält man eine gute Speicheraus Kühlung zu Gunsten eines optimalen Solarertrages.



Boiler mit Glocke im unteren Speicherbereich: das zusätzliche Wasser unten im Boiler führt zu einer besseren Auskühlung des unteren Speicherteils.

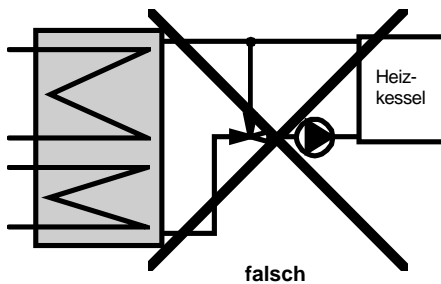
## 4 Störungen

### 4.1 Externe Rührwerke (der Möglichkeiten sind viele...)

Externe Rührwerke sind Pumpen, die sinnlos oder falsch (am falschen Ort) aus dem Speicher und in den Speicher pumpen.

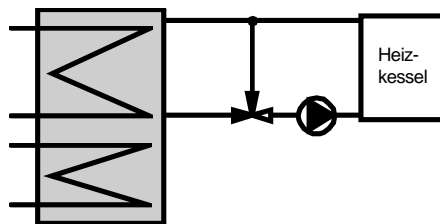
Beispiele:

1.



falsch

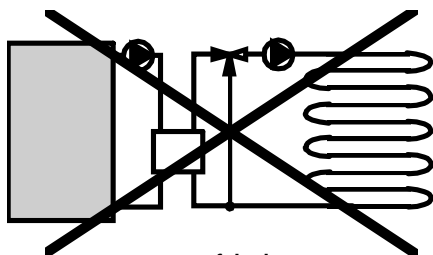
Der Heizkessel heizt den ganzen Speicher auf. Er nimmt der Sonne das kalte Wasser weg.



richtig

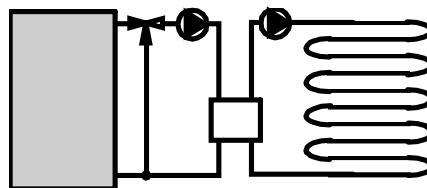
Der Heizkessel heizt den oberen Bereich. Der untere bleibt für die Sonne reserviert.

2.



falsch

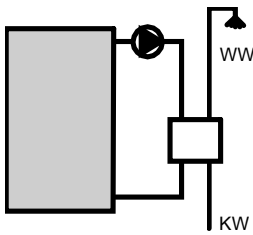
Wegen einer nicht diffusionsdichten Fussboden- oder Wandheizung wird ein externer Wärmetauscher als Systemtrennung eingesetzt. Die Vorlaufmischung muss auf der Primärseite des Wärmetauschers erfolgen, damit die Primärpumpe nicht laufend den Speicher durchmischt - Solarertrag und Speichernutzen nicht drastisch reduziert werden.



besser



3.



Sehr anspruchsvoll ist die Aufbereitung von Warmwasser mit einem externen Wärmetauscher. Läuft die Pumpe zuviel, wird der ganze Speicher homogenisiert. Läuft sie zuwenig, ist nicht genug Warmwasser verfügbar.

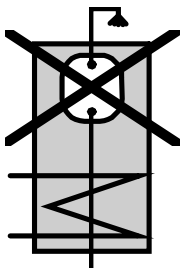
4. Ganz schlimm ist das Vertauschen (Verwechseln) von Vor- und Rücklauf, indem der Speicher "über Kopf" ent- oder beladen wird.

#### 4.2 Interne Rührwerke

1. Die Anschlüsse müssen so gestaltet sein, dass das Wasser nicht mit zu hoher Geschwindigkeit in den Speicher ein- und austritt. Wirbel und Strömungen im Speicher können einen Speicher innerhalb kurzer Zeit homogenisieren respektive lassen eine Schichtung gar nicht entstehen.

Die Ein- und Austrittsgeschwindigkeit sollte je nach Speichergrösse und umgewälzter Wassermenge 0.05 bis 0.1 m/sec nicht überschreiten.

2.



Wenn sich der Boiler nur im oberen Speicherbereich befindet, kann der Speicher nicht geschichtet entladen werden. Die Speicherkapazität wird dadurch sehr schlecht ausgenutzt. Der Solarertrag sinkt unter Umständen auf die Hälfte. Erfolgt die Nachladung mit einer Wärmepumpe, wird diese strapaziert und arbeitet mit schlechter Leistungsziffer.

3. Mangelhafte Dämmung des Speichers zerstört die Schichtung mit der Zeit.

## 5 Schlussbemerkungen

Damit Sonnenenergieanlagen optimal arbeiten, muss möglichst alles stimmen. Ein einziger Fehler kann den Ertrag deutlich reduzieren.

Gute Anlagen sind eine Frage des Wissens, der Fantasie und des Willens, sowohl des Komponenten-Herstellers, als auch des Planers und Installateurs.

Am besten sind einfache, durchdachte und überblickbare Anlagekonzepte.

Besser ein einfaches, narrensicheres System als ein System, das nur in der Theorie ideal ist. In der Praxis kann man nicht über längere Zeit damit rechnen, dass z. B. die Wassermengen immer genau stimmen, die Pumpen haargenau geregelt werden usw.

Gute Anlagen haben auch einen gewissen, fairen Preis.