

# Erfahrungen mit Plattenwärmetauschern

*In unseren Breitengraden müssen wir gelegentlich mit Frost rechnen. Um die Kollektoren vor Frostschäden zu schützen, wird ein Frostschutzmittel in den Solarkreis gefüllt. Damit dieses nicht in die Heizung oder gar ins Trinkwasser gelangt, müssen die Leitungen getrennt sein und trotzdem möglichst viel Wärme übertragen. Das wird durch einen Wärmetauscher erreicht. Von Georg Lachenmeier*

■ Ein Wärmetauscher vermindert immer den Wirkungsgrad einer Anlage. Zwar verliert er selbst praktisch keine Wärme, doch bewirkt er, dass bei gleicher Nutztemperatur höhere Kollektorentemperaturen entstehen. Heissere Kollektoren und Leitungen verlieren mehr Wärme. Man spricht daher von indirekten Verlusten.

Generell unterscheidet man interne und externe Wärmetauscher. Bei mittleren und kleinen Solaranlagen werden meistens interne Rohrbündel oder -spiralen eingesetzt. Bei grossen Anlagen verwendet man in der Regel externe Gegenstrom-Plattenwärmetauscher.

Die Gründe, warum so oft ein innenliegender Wärmetauscher gewählt wird, sind verschiedener Art: Planung und Installation sind etwas einfacher und der Preis dadurch etwas tiefer. Doch ist die spezifische Leistung des externen Wärmetauschers wesentlich höher.

Meine nachstehenden Ausführungen sollen aufzeigen, dass es auch bei kleinen Solaranlagen gut wäre, Plattenwärmetauscher einzubauen. Insbesondere sollen Vorurteile gegenüber diesen abgebaut werden. Vorteile, Nachteile und Grenzen sollen aufgezeigt werden.

## Charakteristik eines Rohrwärmetauschers

■ Der interne Wärmetauscher wird zu unterst in einen Speicher eingebaut, damit er von unten her den ganzen Speicher erwärmt. Manchmal wird auch ein zweiter Wärmetauscher eingesetzt, um oben eine warme Wasserschicht zu erzeugen. Das warme Wasser oben mischt sich nicht mit dem kalten unten. Eine korrekte Speicherbewirtschaftung darf diese Schichtung keinesfalls zerstören. Bei der Verwendung eines Rohrwärmetauschers findet kaum eine Unterstützung der Schichtung statt, manchmal wird sogar die wärmere Schicht im oberen Teil abgebaut. Untersuchungen von Jean-Marc Suter am EIR zeigten, dass

sich bei einer heissen Röhre spätestens 50 cm darüber das erwärmte Wasser mit der Umgebung seitwärts vermischt hat. Der Rohrwärmetauscher erzeugt also unterhalb einer Schichtung Turbulenzen, so dass sich der untere Teil des Speichers gleichmässig erwärmt. Diese Turbulenzen können durch Massenträgheit weit nach oben gelangen. Spätestens wenn im Bereich des Wärmetauschers die Schichtungstemperatur erreicht ist, wird die Schicht aufgelöst und der ganze Speicher gleichmässig erwärmt.

## Gegenstrom-Plattenwärmetauscher

■ Der Plattenwärmetauscher besteht aus einem Bündel von verlöteten oder verschraubten Platten. Die Plattenanzahl liegt je nach Leistung zwischen 9 bis 100 oder mehr, die Plattenfläche reicht von 0,015 bis 0,5 m<sup>2</sup> und mehr. Durch einen möglichst dünnen Spalt wird die Wasser-Frostschutz-Mischung durchgepresst und erwärmt dabei eine dünne Metallplatte. Auf der anderen Seite der Platte wird in der Gegenrichtung das Wasser aus dem Speicher durchgepumpt. Durch diese Konstruktion wird ein sehr guter Wärmeübergang erreicht. Da zur Leistungserhöhung das Speicherwasser im Wärmetauscher ebenfalls bewegt wird, benötigt man eine zusätzliche Pumpe im Vergleich zum internen Wärmetauscher. Dafür ist der Wärmetauschprozess total kontrollierbar. Es entstehen neue Möglichkeiten, die Wärme in den Speicher einzuspeisen.

## k-Wert-Vergleich

■ Der k-Wert ist das Mass der Wärmedurchlässigkeit. Man will bei einem Haus einen möglichst kleinen k-Wert erreichen, zum Beispiel als Merkmal guter Fensterisolation: sehr gute Verglasung < 1,3 W/m<sup>2</sup> K. Das heisst in diesem Falle, dass bei einer Aussentemperatur von 5°C folgende Energie durch einen Quadratmeter Scheibe verlorengeht:

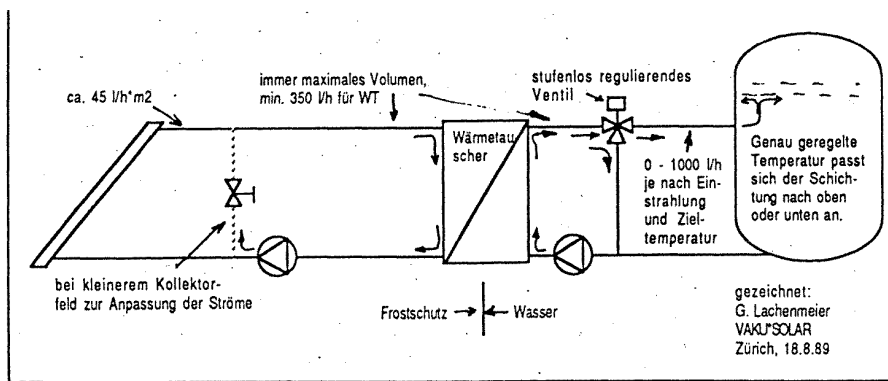
$$1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times (18-5)^\circ\text{C} = 16,9 \text{ W (Watt)}$$

Beim Wärmetauscher ist es gerade umgekehrt, denn man will möglichst viel Energie durch eine Schicht weiterleiten. Durch entsprechende Materialwahl und Konstruktion wird der k-Wert wesentlich grösser. Er beträgt bei einem Rohrwärmetauscher zwischen 200 und 600 W/m<sup>2</sup> K. Ein guter Rohrwärmetauscher hat also bis zu dreimal mehr Wärmedurchgang als ein schlechter. Der k-Wert bei einem Plattenwärmetauscher ist wesentlich mehr von äusseren Umständen abhängig und beträgt 5 (fünf!) bis 11 000 W/m<sup>2</sup> K. Dies ergibt ein Verhältnis von 1 zu 2200 (!), je nach Einbau und Konstruktion. Darauf ist bei der Anwendung des Plattenwärmetauschers besonders zu achten.

Da bei einem Rohrwärmetauscher der k-Wert in der Praxis nur etwa ± 15% schwankt, kann dieser als konstant betrachtet werden. In Wirklichkeit ist der k-Wert nicht stabil, sondern von der Wassergeschwindigkeit abhängig. Beim Plattenwärmetauscher kann sogar die Einbaulage einen Einfluss haben.

Wird ein Plattenwärmetauscher ohne genaue Berechnung eingesetzt, kann es passieren, dass man statt eines erwarteten k-Wertes von etwa 4000 nur einen solchen von 5 erreicht, das heisst, der Wärmetauscher «stürzt ab». Auch ich bin von dieser Erfahrung nicht verschont geblieben. Vor zwei Jahren stellten wir bei einer neuen Solaranlage folgende Temperaturen fest: Solarkreislauf 140 Grad Celsius, Wärmetauscher Richtung Speicher nur 35 Grad. In solchen Situationen denkt man an verstopfte Leitungen oder vermutet einen zu kleinen Wärmetauscher. In dieser Lage hat sich schon mancher vom Plattenwärmetauscher abgewandt.

Doch im vorliegenden Beispiel war der Wärmetauscher zu gross. Es mag unglaublich tönen, dass ein Wärmetauscher seine Leistung nicht bringt, weil er zu gross ist. Doch physikalisch lässt sich



Schema zur vollkommen kontrollierten Schichtung. In der Übergangszeit kann der Anlagewirkungsgrad wesentlich gesteigert werden.

das erklären: Der  $k$ -Wert ist vom  $\alpha$ -Wert, dem Wärmeübergangswert, abhängig. Dieser wiederum verändert sich je nach Fließgeschwindigkeit und ob turbulente oder laminare Strömung vorherrscht. Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter (darum bleiben Schichtungen erhalten). Bei langsamer Strömung bildet sich auf der Oberfläche der Wärmetauschplatten ein praktisch stehender, isolierender Film. Damit kein solcher Film entsteht, muss also die Flüssigkeit eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Wir haben also den zu grossen Wärmetauscher von  $1,7 \text{ m}^2$  Fläche gegen einen solchen von  $0,144 \text{ m}^2$  ersetzt. Entgegen jeglicher gefühlsmässigen Erwartung haben wir mit einer um  $91,5 \%$  reduzierten Fläche die Leistung um etwa  $3000 \%$  gesteigert! Siehe Diagramm.

Normalerweise wird angenommen, dass der  $k$ -Wert konstant bleibt. Die entsprechend gekennzeichnete Linie verdeutlicht, dass dieser mit steigender Durchflussgeschwindigkeit stetig zunimmt. Entsprechend steigt der Temperaturniveau-Verlust bei niedrigen Durchflussmengen ins Unermessliche. Dies ist klar ersichtlich, wenn wir versuchen,  $10 \text{ kW}$  durch den Wärmetauscher zu bringen. Unter  $300 \text{ Liter pro Stunde}$  ist das Ziel absolut nicht mehr zu erreichen: der Wärmetauscher stürzt ab. Würden wir wegen mangelnder Leistung in diesem Falle die Plattenzahl verdoppeln, würde der Wärmetauscher schon bei weniger als  $800 \text{ Liter}$  seine Dienste verweigern. Der unerfahrene Planer nimmt aber an, dass diese Kurve linear ist, und kann sich dieses Phänomen nicht erklären.

Positiv hingegen ist, dass der Temperaturverlust bei normalem Einsatz ziemlich konstant ist, wenn bei Leistungssteigerung auch der Durchfluss erhöht wird. Falsch wäre, anzunehmen, der Temperaturverlust sei proportional zur Leistung. Beim Wärmetauscher laut Diagramm (CB 12, 14 Platten) wählt man mindestens  $500 \text{ Liter}$  wegen dem  $k$ -Wert und weniger als  $1100 \text{ Liter}$  wegen dem sonst zu grossen Druckverlust. Das erlaubt, diesen Wärmetauscher für  $90 \%$  aller Anlagen einzusetzen. Bei Anlagen mit kleinem Kollektorfeld gleicht ein

von Hand eingestellter Bypass zwischen den Kollektorenleitungen den unterschiedlichen Literbedarf des Kollektorfeldes und des Wärmetauschers an. Obwohl wir also bei doppelter Kollektorfäche und doppelter Durchflussmenge den gleichen Wärmetauscher verwenden, ist bei doppelter Leistung der Temperaturverlust praktisch gleich.

Nun sind die Schwierigkeiten beim Einsatz des Plattenwärmetauschers bekannt, doch noch immer ist die Frage offen, welche Vorzüge er gegenüber dem internen Wärmetauscher hat. Den wichtigsten Vorteil erbringt der Plattenwärmetauscher in Verbindung mit einem Mischventil, das den Wärmeentzug aus dem Solar-System drosselt. Das Schema verdeutlicht dies.

■ Auf der linken Seite des Wärmetauschers ist der Solarkreis. Das oben erwähnte Drosselventil ermöglicht gegebenenfalls einen grossen Durchfluss durch den Wärmetauscher und einen kleineren durch den Kollektor (wenn gewünscht). Das ergibt dünnere Steigleitungen, somit weniger träge Masse, also schnelleres Reagieren der Solaranlage und damit besserer Anlagewirkungsgrad.

■ Auf der rechten Seite des Wärmetauschers ist der Speicherladekreis. Das Bypass-Ventil kann den Wärmebezug aus den Kollektoren drosseln, woraus eine Anhebung der Temperaturen folgt. Wir haben damit zwei Ladestrategien zur Verfügung:

■ Möglichst viel Energie, Speicher von unten laden: Am wenigsten Verluste entstehen, wenn möglichst viel Wasser umgewälzt wird. Dieser Betriebszustand entspricht der Funktion eines innenliegenden Wärmetauschers.

■ Möglichst wenig Exergieverluste, Speicher von oben laden: Zu Lasten des Wirkungsgrades wird das Bypassventil nur so weit geöffnet, dass z. B. die Zieltemperatur von  $55 \text{ Grad}$  gehalten werden kann. Bei weniger Sonne wird das Ventil einfach weniger geöffnet. Dann haben wir die gleiche Erwärmung, jedoch die kleinere Menge. Wir können also auch bei schwacher Einstrahlung ein direkt brauchbares Warmwasservolu-

men erzeugen. Gerade in der Übergangszeit wird der Anlagewirkungsgrad damit wesentlich gesteigert. Statt den ganzen Speicher lauwarm zu haben und nachheizen zu müssen, haben wir einen Speicher, der nur zur Hälfte, dafür mit heissem Wasser von oben solar aufgeladen worden ist. Somit erübrigt sich ein Nachheizen.

#### ■ Nachteile:

■ Um die Möglichkeiten eines Plattenwärmetauschers voll zu nutzen, ist es wichtig, sowohl auf Exergie als auch Energie zu achten. Die logischen Entscheide sind praktisch nur mittels einer Computersteuerung zu fällen, die allerdings heutzutage für Solaranlagen preisgünstig erhältlich sind.

■ Da eine zweite Pumpe installiert wird, sind die Installationskosten etwas höher. Das Bypassventil wird hingegen von vielen Anlagebauern auch mit innenliegendem Wärmetauscher installiert.

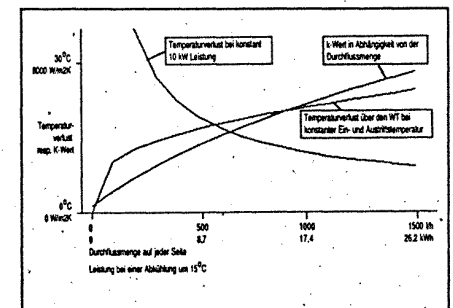
#### ■ Vorteile:

■ Billiger als zwei interne Wärmetauscher.

■ Besserer Anlagewirkungsgrad.

■ Bei schwächerer Einstrahlung praktisch keinen Temperaturverlust.

■ Weniger Wasserbewegungen im Speicher.



Das Diagramm verdeutlicht, dass der  $k$ -Wert mit steigender Durchflussgeschwindigkeit stetig zunimmt.

■ Genauere Wärmemessung möglich, da auf der Speicherladeseite Wasser gemessen werden kann. Im Solarkreis haben wir eine ungenau bestimmte Frostschutzmischung.

■ Speicher kann grösser gewählt werden, ohne dass dabei der Anlagewirkungsgrad abnimmt.

■ Richtig gesteuert, ist der Plattenwärmetauscher immer besser als ein interner Wärmetauscher.

■ Zweiter Wärmetauscher immer überflüssig.

■ Eine Schichtung kann über die Höhe von einem Meter (vom Stutzen  $\pm 50 \text{ cm}$ ) genau kontrolliert erzeugt werden.

Ich hoffe, dass dieser Artikel dazu beiträgt, die richtige Anwendung von Plattenwärmetauschern zu fördern und die Qualität der Anlagen zu erhöhen. Über die erwähnte Computersteuerung wird zu einem späteren Zeitpunkt ein Artikel erscheinen.

Georg Lachenmeier, VAKU\*SOLAR, Zürich