

# Temperaturdifferenzregler

Die Bedeutung der richtigen Fühleranordnung für den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage

Seite 1



## Wirkungsgrad von Solaranlagen

Eine Solaranlage kann immer nur so gut sein, wie es ihre einzelnen Komponenten sind. Außerdem besteht eine große Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der guten Anordnung der einzelnen Komponenten zueinander.

Man spricht daher auch von einem **Gesamtwirkungsgrad** oder **globalen Wirkungsgrad**.

Bei Kollektoren werden Wirkungsgrad-Kurven gezeigt und bei Vergleichstests differieren einzelne Hersteller um wenige Prozentpunkte.

Fallen Schatten auf die Kollektoren, dann ist es einleuchtend, daß das Betriebsergebnis weniger gut ausfällt.

Bei Brauchwasser-Speichern werden u. a. die Wärmeverluste oder das Übertragungsvermögen des Solarwärmetauschers gemessen und verglichen. Steht z. B. der Speicher in einem zugigen Kellerflur auf Betonboden ohne Hartholzunterlage (oder ähnlichem), so sind seine Wärmeverluste eindeutig größer als bei guter Isolation.

In einer Solaranlage ist es der elektronische Regler, der aufgrund der Wärmedifferenzen den Wärmefluß zu dem oder den Speichern steuert, d. h. der Wärmeträger soll sich nur kontrolliert in Bewegung setzen. Daher ist es notwendig, in die Vor- und Rücklaufleitungen Schwerkraftbremsen einzubauen, damit bei Stillstand in der Nacht keine negativen Bewegungen des Wärmeträgers stattfinden können. Diese sind bei kalten Kollektoren und warmen Speicheranschlüssen innerhalb der Rohre möglich und verursachen sonst zusätzliche Wärmeverluste.

Beim Temperaturdifferenzregler ist es die optimale Anordnung seiner Fühler, die auf den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage erheblichen Einfluß nimmt, weshalb die hier vom Hersteller gemachten Hinweise unbedingt beachtet werden sollten.

## Aufgabe des Temperaturdifferenzreglers

Bei einer thermischen Solaranlage soll die auf die Kollektorguppe eingestrahlte Sonnenenergie auf optimale Weise in den oder die Wärmeempfänger (Wasserspeicher) eingebracht werden. Das macht in erster Linie eine Temperaturkontrolle in diesen beiden Bauteilen notwendig.

Dazu dient ein Temperatur-Differenz-Regler, der im einfachen Fall mit zwei Temperaturfühlern arbeitet. Diese messen die Temperaturen einmal am Ende der Kollektorguppe und zum anderen an einer bestimmten Stelle im Speicher. Sind mehrere Speicher vorhanden, werden auch entsprechend mehr Fühler benötigt.



Abbildung 1,  
Temperaturdifferenzregler  
RESOL EL3

# Temperaturdifferenzregler

Die Bedeutung der richtigen Fühleranordnung für den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage

Seite 2



## Der Regelkreis

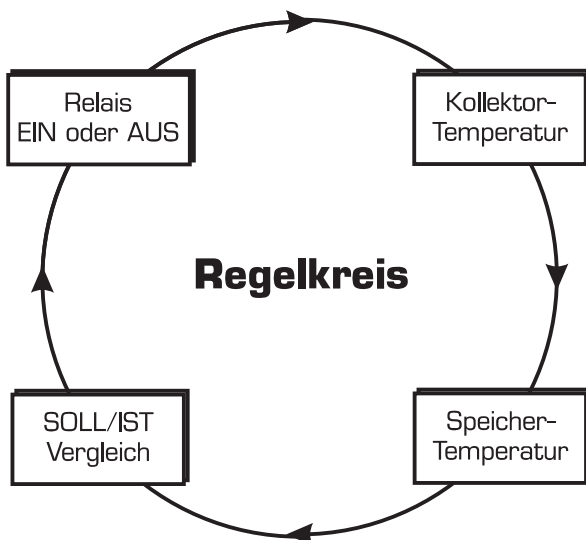


Abbildung 2, Regelkreis

Der Temperaturdifferenzregler (TDR) ist, wie in den Lehrbüchern der Regelungstechnik zu lesen ist, in den sogenannten Regelkreis einbezogen, der in unendlicher Folge besagt:

**MESSEN -  
MIT DEM SOLLWERT VERGLEICHEN -  
ÄNDERN (falls nötig) -**

und danach beginnt der Zyklus wieder von vorne.

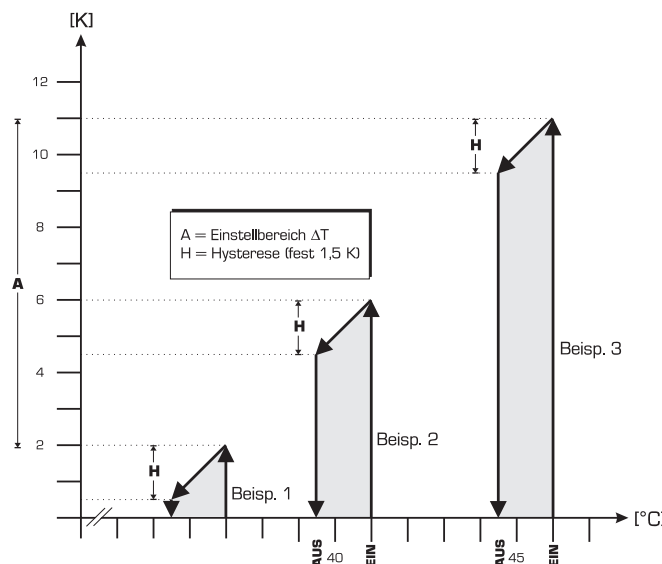
## Hysterese

Bei dem TDR handelt es sich um einen Regler, der eine bestimmte, zwischen 2 K und 11 K (Kelvin) einstellbare Temperatur-Differenz als „SOLLWERT“ hat.

Dieser SOLLWERT ist die **Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ )** zwischen der gemessenen Kollektor- und gemessenen Speichertemperatur.

Wenn dieser z. B. auf 6 K eingestellt ist, so können dies nun alle Differenzen im messbaren Temperaturbereich sein. Beispielsweise: 16 °C am Kollektor und 10 °C im Speicher

oder 72 °C am Kollektor und 66 °C im Speicher: Immer dann, wenn am Kollektorfühler (FK) eine (in diesem Beispiel) um sechs Grad höhere Temperatur anliegt als am Speicherfühler (FR), gibt der Regler den Transport von Sonnenenergie zum Speicher hin frei. Wird der eingestellte Sollwert um einen gewissen Betrag (**Hysterese** genannt) unterschritten, so sperrt der Regler den Wärmetransport. Die Freigabe und das Sperren erfolgt über ein (oder mehrere) im TDR vorhandene Relais.



Der Arbeitsbereich (A) (zugleich Einstellbereich) für die Temperaturdifferenzen beträgt neun K und zwar von 2 K bis 11 K. Die Hysterese ist im Regler mit 1,5 K fest eingestellt.

Abbildung 3, Schalttemperaturen

# Temperaturdifferenzregler

## Die Bedeutung der richtigen Fühleranordnung für den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage

Seite 3



Im Beispiel 1 ist die Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ) auf 2 K eingestellt und die Einschalttemperatur ( $T_{\text{EIN}}$ ) sei 37 °C am Kollektorfühler FK, was eine Temperatur am Speicherfühler FR von 37 °C - 2 °C = 35 °C bedeutet. Wenn nun  $\Delta T$  unter 2 K absinkt und schließlich 0,5 K erreicht, dann schaltet der Regler AUS. Bezogen auf die absinkende Kollektortemperatur wären das 37 °C - 1,5 °C = 35,5 °C.

Des leichteren Verständnisses wegen ist hierbei die Speichertemperatur FR als konstant angenommen, in der Praxis sind beide Temperaturen in ständiger Veränderung. Derart niedrige Werte sind in der Praxis nicht empfehlenswert, weil die Wärmeverluste in den Rohrleitungen zwischen Kollektorgruppe und Speichern mehr als 0,5 K betragen können, wodurch zeitweise ein umgekehrter Wärmetransport hervorgerufen werden kann.

Im Beispiel 2 ist die Einstellung für  $\Delta T$  auf 6 K eingestellt und die Einschalttemperatur  $T_{\text{EIN}}$  sei 41 °C am

Kollektorfühler FK, was eine Temperatur am Speicherfühler FR von 41 °C - 6 °C = 35 °C bedeutet. Wenn das  $\Delta T$  unter 6 K absinkt und schließlich 4,5 K erreicht, dann schaltet der Regler bei 41 °C - 1,5 °C = 39,5 °C am Kollektorfühler FK auf AUS. Die Einstellung auf 6 K entspricht dem Normalfall der Installationen.

Im Beispiel 3 ist das Poti für  $\Delta T$  auf den Wert 11 K eingestellt und die Einschalttemperatur  $T_{\text{EIN}}$  sei 46 °C am Kollektorfühler FK, was eine Temperatur am Speicherfühler FR von 46 °C - 11 °C = 35 °C bedeutet. Wenn die Temperaturdifferenz unter 11 K absinkt und schließlich 9,5 K erreicht, dann schaltet der Regler bei 46 °C - 1,5 °C = 44,5 °C am Kollektorfühler FK auf AUS.

Diese hohe  $\Delta T$  - Einstellung auf 11 K ist in der Regel speziellen Installationen vorbehalten.

## Anordnung der Temperaturfühler

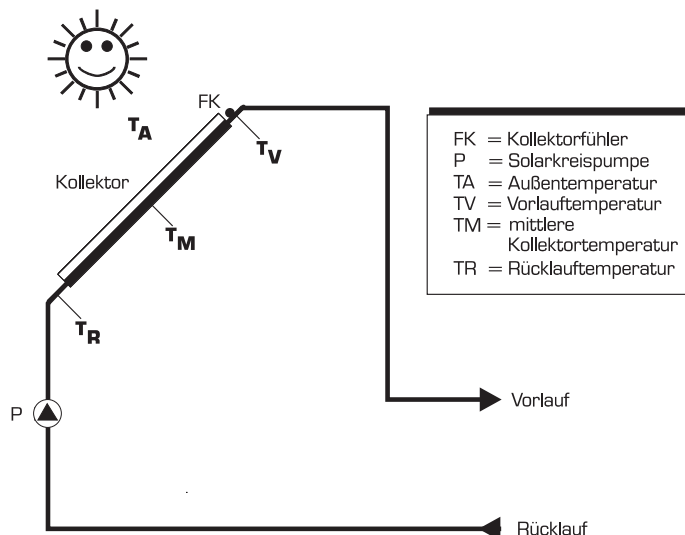


Abbildung 4, Kollektorkreislauf, vereinfachte Darstellung

In Abb. 4, ist der Kollektorkreislauf vereinfacht dargestellt.

Die Position des Kollektorfühlers FK wird hier lediglich schematisch als Punkt eingezeichnet.

In der Praxis sieht das natürlich anders aus. Da werden Verbindungselemente installiert und meistens befindet sich am Ende der Kollektorgruppe ein T-Stück, wie beispielsweise in der Abb. 5, dargestellt.

### Tauchfühler

Die Tauchhülse, die den Fühler aufnimmt, darf nicht den Durchfluß behindern. Man muß sowohl den statischen als auch dynamischen Zustand des Wärmeträgers (Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch) betrachten. Zunächst einmal bewegt sich die Flüssigkeit solange nicht, bis der erforderliche Temperatur-Differenzwert erreicht

ist und damit die Pumpe eingeschaltet wird. Je größer nun der Abstand vom Kollektorrand bis zu der Tauchhülse ist, desto länger dauert es am Morgen, bis die Temperatur der Kollektorflüssigkeit vom Temperaturfühler erfaßt, und dem TDR übermittelt werden kann.

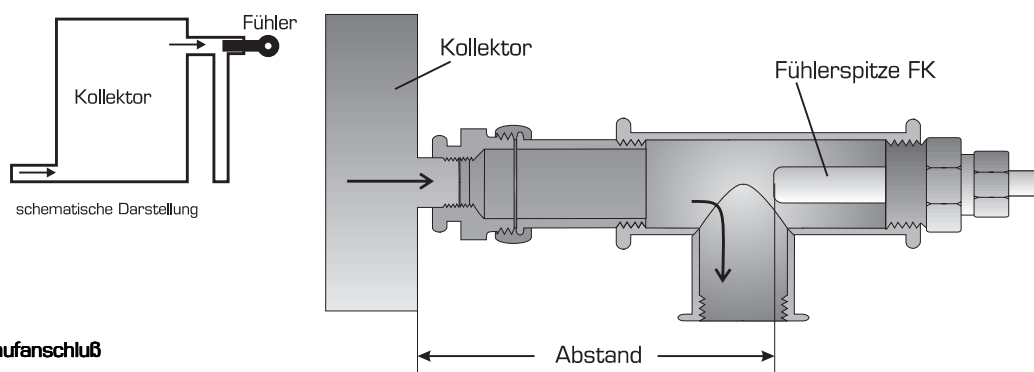


Abbildung 5,  
Kollektor-Vorlaufanschluß

Bei einer solchen Anordnung des Fühlers kann jeden Morgen eine halbe Stunde Zeit verloren gehen, bis der Wärmetransport zum Speicher einsetzt. Nimmt man z. B. eine tägliche Betriebszeit einer Solaranlage mit acht Stunden an, so ist der Verlust von einer halben Stunde eine Minderung von etwa 6% der möglichen Betriebszeit. Besser ist, wenn es Kollektor und Installation er-

möglichen, die in der Abb. 6 gezeigte Anordnung des Fühlers FK am letzten Kollektor der Gruppe vorzunehmen. Damit wird die Temperatur des Wärmeträgers viel direkter erfaßt und die Tauchhülse behindert den Durchfluß nicht, siehe Abb. 6.

Vor allem bei Stillstand dürfen keine Luftblasen im Kollektor sein, die die Wärmeleitung unterbinden würden.

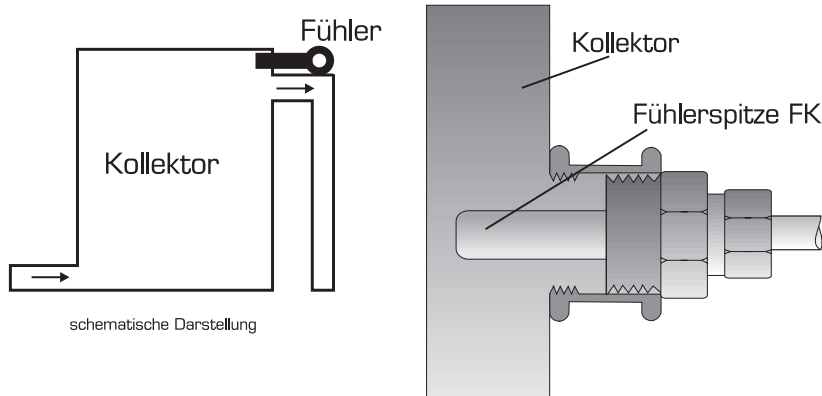


Abbildung 6,  
Kollektor-Vorlaufanschluß

# Temperaturdifferenzregler

## Die Bedeutung der richtigen Fühleranordnung für den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage

Seite 5

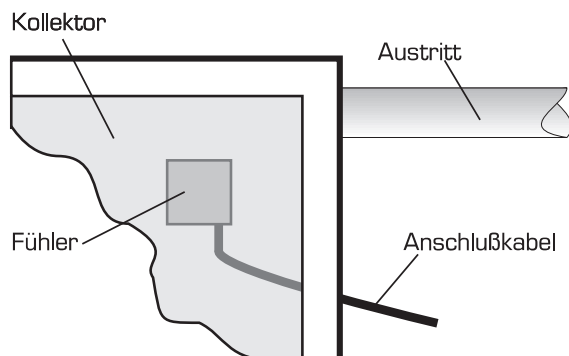


Abbildung 7, Flächenlegefühler

### Flächenlegefühler

Einige Kollektorhersteller benutzen sogenannte Flächenlegefühler. Diese werden an einer für die Wärmeträgertemperatur repräsentativen Stelle im Kollektor auf dem Absorber während der Fertigung montiert, wie annäherungsweise in der Abb. 7 dargestellt.

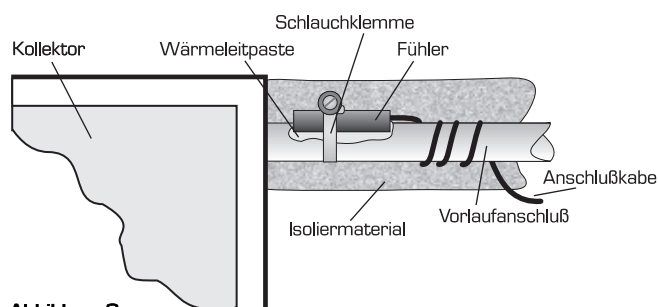


Abbildung 8, Rohranlegefühler

### Rohranlegefühler

Rohranlegefühler besitzen an ihrer Längsachse eine Einkerbung und werden außen am Rohr mittels einer Bandschelle befestigt. Sie sollten als Kollektorfühler FK möglichst vermieden werden, weil die Außentemperatur einen erheblichen Einfluß auf die Temperaturmessung ausübt. Wenn jedoch ein Rohranlegefühler verwendet wird, so ist an der Befestigungsstelle Wärmeleitpaste zu verwenden und das Kabel muß wenigstens zweimal um das Rohr gewickelt werden. Schließlich ist die Stelle mit einer dicken, wasserdichten Wärmedämmung zu isolieren, siehe Abb. 8.

## Sonderfälle

Solaranlagen, die mit Vakuum-Kollektoren ausgerüstet sind, lassen bauartbedingt eine direkte Messung der Wärmeträger-Temperatur im Kollektor nicht zu. Diese werden mit einem Regler ausgerüstet, der zunächst über eine Solarzelle die Solarintensität mißt. Wird ein eingestellter Schwellenwert überschritten, schaltet zunächst

die Solarpumpe ein, die weitere Steuerung der Anlage übernimmt dann der im Regler integrierte TDR wie vorstehend beschrieben.

Bei zurückgehender Sonneneinstrahlung schaltet die Solarzelle bei Unterschreiten eines eingestellten Schwellenwertes die Anlage ab.

## Speicher

Der Speicher soll ein Solarspeicher sein, also ein Speicher, der nur für diesen Zweck konstruiert wurde. Doppelmantelspeicher sind für diesen Zweck nicht optimal geeignet.

Bei den Wärmeempfängern, egal ob Brauchwasser- oder Heizwasserspeicher, Fußbodenheizsysteme oder Schwimmbadwasser-Anlagen, ist jeder „Speicher“ für sich zu betrachten und die optimale Stelle für den Temperaturfühler FR des TDR zu bestimmen.

Speicher unterscheiden sich im wesentlichen dadurch,

ob sie einen eigenen internen Wärmetauscher besitzen, oder die Wärme über einen externen, meist Platten-Wärmetauscher erhalten.

Grundsätzlich soll durch die gezielte Anordnung des Speicherfühlers FR die größtmögliche Aufnahme an Solarkapazität erreicht werden, weil damit ein guter Gesamtwirkungsgrad der Anlage gewährleistet ist. Solarkapazität ist das Verhältnis von dem durch Sonnenenergie erwärmten Volumen zum Gesamtvolumen des Speichers, siehe dazu Abb. 9 und 11.

## Brauchwasserspeicher

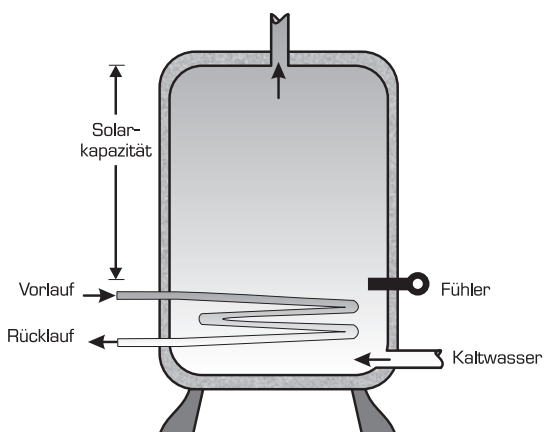


Abbildung 9,  
richtige Fühleranordnung

Bei Brauchwasserspeichern mit internem Wärmetauscher (WT), der bei einem Solarspeicher groß dimensioniert und ganz unten im Speicher angeordnet ist, soll der Speicherfühler FR an der Oberkante des WT die Wassertemperatur messen. Das hat folgenden Grund: Der Fühler FR soll sobald wie möglich die Temperatur des kalten Wassers unten im Speicher melden. Andererseits soll dieser Fühler aber auch die Erwärmung des Wassers, die oberhalb des WT erfolgt ist, feststellen. Der optimale Punkt ist also gleich oberhalb des WT, wie in der Abb. 9 zu sehen ist.

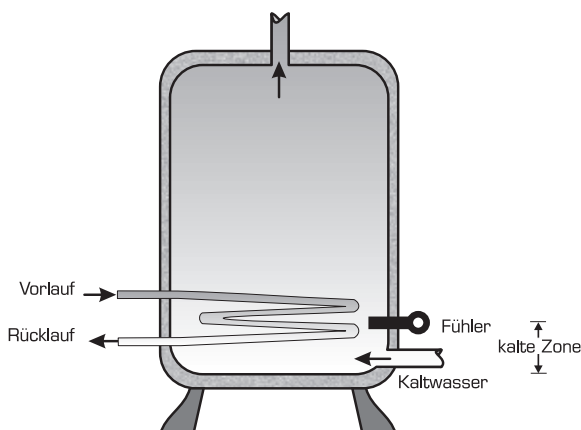


Abbildung 10,  
falsche Fühleranordnung

Wäre der Fühler FR „zu tief“ angeordnet - im Extremfall am Boden des Speichers - kann der Regler die in den Speicher eingebrachte Sonnenenergie-Wärme nicht wahrnehmen. Der Fühler FR würde ständig einen „kalten“ Speicher melden und somit die Solarpumpe (tagsüber) ständig eingeschaltet sein. Ab einem bestimmten Zustand würde Wärme wieder aus dem Speicher herausgefördert. Der Gesamtwirkungsgrad wäre natürlich sehr schlecht (siehe Abb. 10).

# Temperaturdifferenzregler

## Die Bedeutung der richtigen Fühleranordnung für den Gesamtwirkungsgrad einer Solaranlage

Seite 7

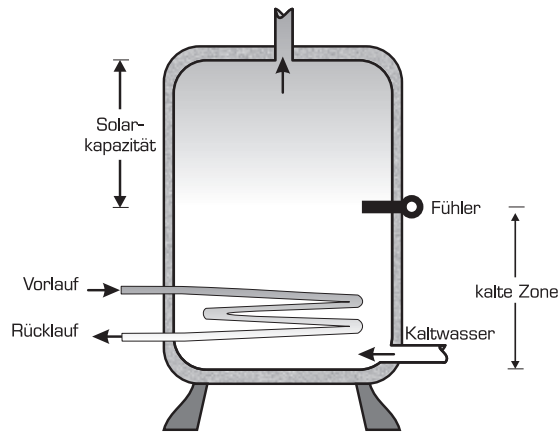


Abbildung 11,  
falsche Fühleranordnung

Wäre der Fühler FR im Speicher „zu hoch“ angeordnet, dann müßte sehr viel kaltes Wasser einfließen, bis die Solarpumpe eingeschaltet würde, siehe Abb. 11, und hätte eine erhebliche Minderung der Solarkapazität zur Folge, mit einem entsprechend schlechten Gesamtwirkungsgrad der Anlage.

Für Speicher mit einer äußeren Fühlerleiste gilt das vorher Gesagte in gleicher Weise. Es gibt für jeden Fall immer nur einen optimalen Punkt der Anbringung zur Erzielung des optimalen Gesamtwirkungsgrades.

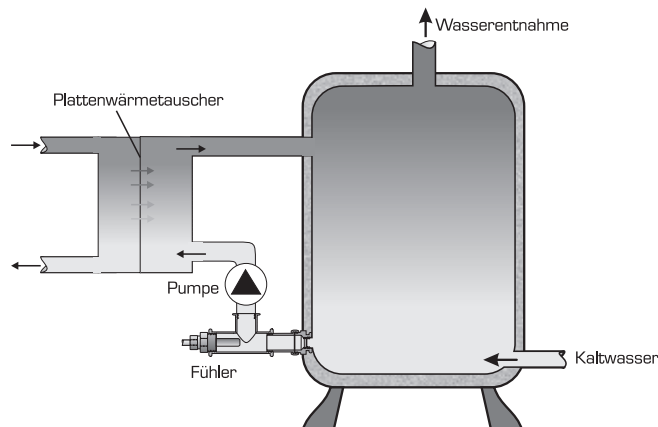


Abbildung 12,  
Speicher mit externem Wärmetauscher

Wird der Speicher mit einem externen WT gekoppelt, ist es zweckmäßig, den Fühler FR in der Rohrleitung zwischen Speicher und WT am Speicherausgang anzubringen, wie Abb. 12 zeigt.

## Zusatzheizung

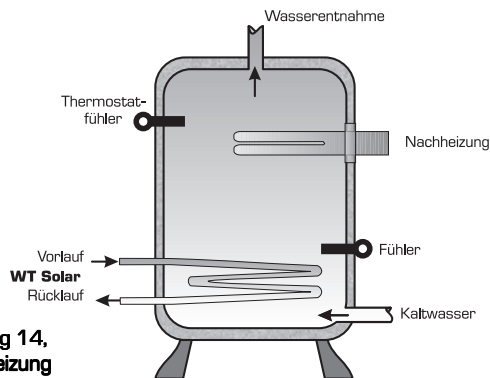


Abbildung 14, Zusatzheizung

In einem Solarspeicher mit Zusatzheizung sollte sich diese soweit wie möglich oben im Speicher befinden. Eine Zusatzheizung unten würde den Speicher solartechnisch unbrauchbar machen, weil damit der ganze Wasserinhalt auf eine bestimmte Temperatur geheizt wird, die dann von den Kollektoren mit vergleichsweise schlechtem Wirkungsgrad nur noch weiter erhöht werden könnte. Bekanntlich erreichen aber Kollektoren ihren besten Wirkungsgrad im niedrigen Temperaturbereich.

Die Anbringung des Fühlers „oben“ richtet sich nach der Speichergröße und dem Tagesbedarf an warmen Wasser. Bei einem Zwei-Familien-Haushalt kann in einem 1000-l-Speicher die Zusatzheizung höher sitzen als z. B. in einem 500-l-Speicher für einen Vier-Personen-Haushalt.

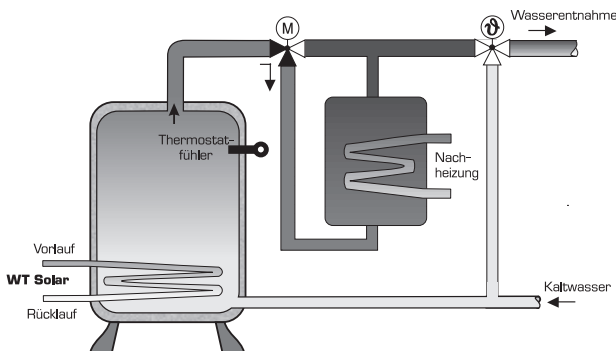


Abbildung 15 Nachgeschalteter Speicher mit Kesselheizung

Ob nun die Zusatzheizung eine Elektro-Heizpatrone (Abb.14) ist oder von einem Kessel her betrieben wird (wie in Abb.15), ist ein Rechenexempel. Den Heizkessel im Sommer, bei ein paar Regentagen, nur für die Warmwassernachheizung in Betrieb zu nehmen, kostet mehr als der Energieverbrauch einer Heizpatrone.

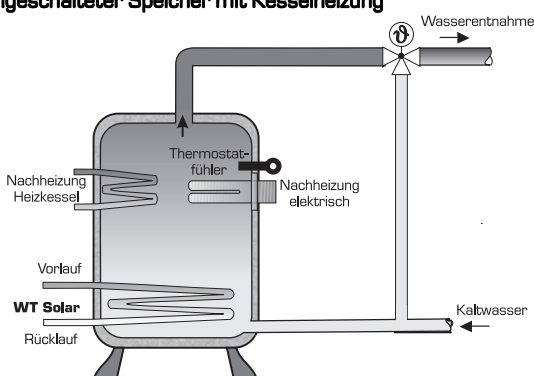


Abbildung 16, Solarspeicher mit Zusatzheizungen

Es gibt auch Solar-Speicher, die im oberen Wasserentnahmeteil sowohl eine Heizpatrone (Sommer) als auch ein an den Heizkessel angeschlossenes Rohrbündel für die Nachheizung besitzen. (Abb.16)

## Schlußwort

Mit Hilfe eines Temperaturdifferenzreglers (TDR) können, je nach Ausstattung des TDR, noch weitere Funktionen ausgeübt werden, wie z. B. Temperaturbegrenzung oder Frostschutz-Sicherung, um nur zwei dieser Möglichkeiten zu benennen. Die Firma RESOL hat ein umfangreiches Angebot an Solarregler, damit vom Planer für jede nur mögliche Solaranlage ein Lösungsvorschlag angeboten werden kann.

© R. Hoeffgen, RESOL 1995