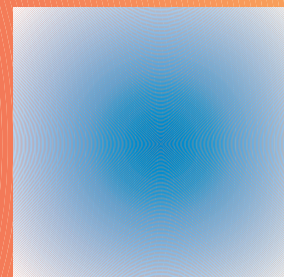
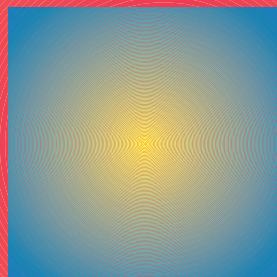
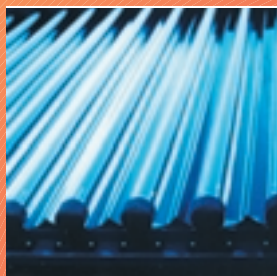
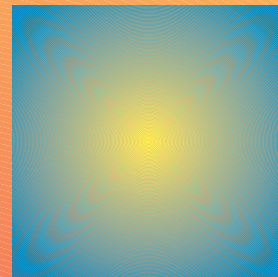
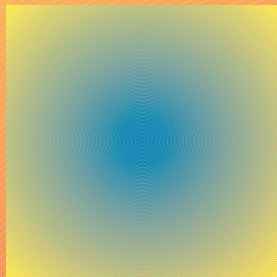


Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung



Herausgeber Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
Theodor-Heuss-Straße 4
70174 Stuttgart
Tel.: (07 11) 123-25 26
Fax: (07 11) 123-21 45
E-Mail: ortrud.stempel@wm.bwl.de
Internet: www.wm.baden-wuerttemberg.de

Autor Dipl.-Ing. Hans-Peter Lutz
Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
Referat „Regenerative Energie und
rationelle Energieanwendung“
E-Mail: hans-peter.lutz@wm.bwl.de

**Text- und
Bildgestaltung** ID-Kommunikation, Mannheim

Druck Pfitzer Druck GmbH, Renningen

1. Auflage: 1. – 10. Tsd. Juni 2003
2. Auflage: 11. – 20. Tsd. November 2003
3. Auflage: 21. – 30. Tsd. November 2004
4. Auflage: 31. – 40. Tsd. November 2005
5. Auflage: 41. – 55. Tsd. November 2006
6. Auflage: 56. – 65. Tsd. Februar 2008



Die thermische Solarnutzung mit jährlichen Wachstumsraten bis zu 25 % ist schon seit längerem der Pionierphase entwachsen und hat das Potenzial, fester Bestandteil der Gebäudewärmeversorgung zu werden. Deutschland ist mit über 50 % Marktvolumen der bedeutendste Absatzmarkt in Europa. Die Hersteller haben ihre Produktionskapazitäten kräftig ausgebaut; derzeit befindet sich die Branche an der Schwelle zur Automatisierung der Produktion.

Allerdings bekommt auch die Solarindustrie die momentane wirtschaftspolitische Unsicherheit und die damit verbundene allgemeine Kaufzurückhaltung zu spüren. Doch gerade turbulente Zeiten rücken auch den Aspekt der eigenen Versorgungssicherheit wieder ins Bewusstsein: So erspart eine Standard-Solaranlage zur Warmwasserbereitung bereits 10 % an konventionellem Brennstoff im Eigenheim. Mit heizungsunterstützten Kombianlagen kann sogar ein Viertel des Brennstoffbedarfs mit vertretbarem Aufwand solar abgedeckt werden; die damit verbundenen Anschaffungskosten liegen im Bereich von 1 % der Baukosten eines Wohnhauses.

Die Solartechnik wird allgemein begrüßt und akzeptiert – allerdings ist der Informationsbedarf noch sehr groß. Von besonderem Interesse ist vor allem die Frage nach der richtigen technischen Lösung für den konkreten Anwendungsfall.

In dieser Broschüre stellt das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg die thermische Solarnutzung als praxistaugliche Ergänzung der Gebäudewärmeversorgung vor – mit ihren Möglichkeiten und Grenzen. Es will damit in allgemein verständlicher Form bei allen, die sich mit diesem Thema beschäftigen, für mehr Transparenz sorgen.

Diese Broschüre richtet sich sowohl an Hausbesitzer als auch an Betriebe und Multiplikatoren. Sie kann – eventuell ergänzend zu unserer ausleihbaren Wanderausstellung „Thermische Solaranlagen“, sowie dem aus dem Internet herunterladbaren Vortragsfoliensatz – von diesen Akteuren auch für eigenständige Informations- und Werbekampagnen vor Ort bei uns angefordert werden. Bitte sprechen Sie uns darauf an.

Ich hoffe, wir können Ihnen mit dieser Schrift nützliche Anregungen und Entscheidungshilfen geben.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ernst Pfister'. The signature is stylized and written in a cursive-like script.

Ernst Pfister, MdL
Wirtschaftsminister und
stellvertr. Ministerpräsident
des Landes Baden-Württemberg

Vorwort	3
1 Aufbruch ins Solarzeitalter	5
1.1 Solaranlagen im Aufwind – Installationsraten in Deutschland	5
1.2 Energetisches Potenzial auf Dächern und an Fassaden	6
1.3 Warmes Wasser für Küche und Bad	6
1.4 Warum nicht auch mit der Sonne heizen?	7
1.5 Energetische Amortisation und Anlagenrecycling	7
2 Komponenten einer thermischen Solaranlage	8
2.1 Kollektoren sammeln das Sonnenlicht	8
2.2 Pack’ die Sonne in den Tank	11
2.3 Regelung, Pumpengruppe und Sicherheitskomponenten	14
3 Anlagenkonzepte von Warmwasser-Solaranlagen	16
3.1 Unterschiede bei der Wärmeträgerumwälzung	16
4 Einheizen mit Solarwärme	18
4.1 Speicherkonzepte als Unterscheidungsmerkmal von Kombianlagen	18
4.2 Gängige Anlagenkonzepte im Überblick	19
5 Ein Platz an der Sonne	22
5.1 Einfluss der Kollektorausrichtung auf den Energieertrag	22
5.2 Montagemöglichkeiten am Gebäude	23
5.3 Ihr Recht auf Solarenergie: Zu Baurecht und Denkmalschutz	23
6 Planen mit der Sonne	24
6.1 Auslegung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung	24
6.2 Auslegung von Kombianlagen	25
7 Von der Theorie zur Praxis	27
7.1 Inbetriebnahme	27
7.2 Betriebskontrolle und Wartung	29
8 Das Angebot der Sonne: Energie zum Nulltarif	31
8.1 Tipps für die Marktrecherche	31
8.2 Kostenrahmen für Anlagenkomponenten und Gesamtsystem	34
8.3 Wärmegestehungskosten	35
8.4 Solarwärmenutzung wird belohnt: Informationen über Fördermaßnahmen	37
9 Kurz und bündig: Die Zusammenfassung	37
10 Ihr heißer Draht zur Sonne: Informationsstellen in Baden -Württemberg (Auswahl)	38
11 Wanderausstellung „Thermische Solaranlagen“	39
12 Vortragsfoliensatz „Thermische Solaranlagen“	39

1 Aufbruch ins Solarzeitalter

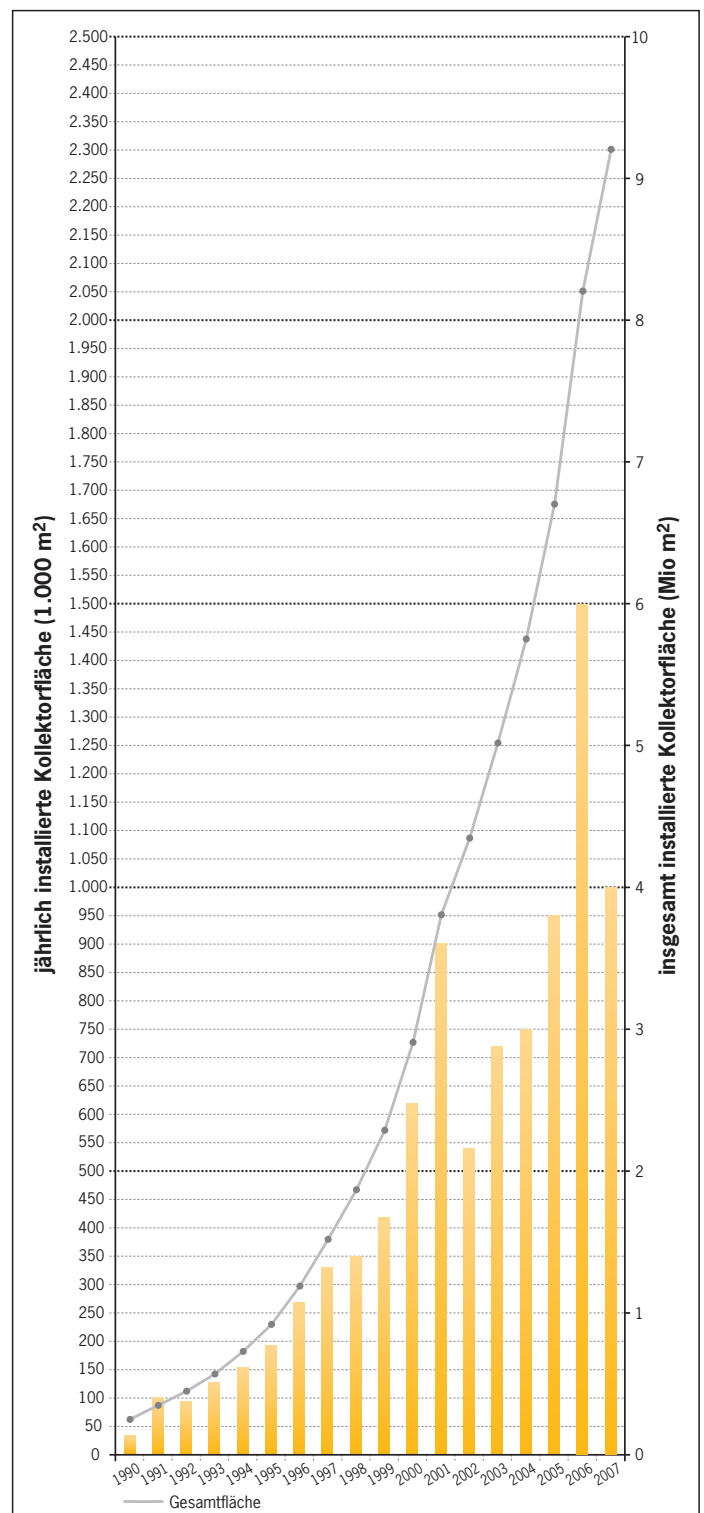
1.1 Solaranlagen im Aufwind – Installationsraten in Deutschland

Seit Anfang der 90er Jahre wächst der Solarmarkt kontinuierlich mit jährlichen Wachstumsraten von durchschnittlich 25 %. Die wichtigsten Ursachen für diesen Aufschwung sind das zunehmende Umweltbewusstsein in der Bevölkerung, technologische Fortschritte und entsprechende Förderanreize von Bund, Ländern und Gemeinden. Hinzu kommt ein zunehmend stärkeres Engagement seitens Industrie und Handwerk, bei denen die Überzeugung heranreift, dass Solaranlagen in Zukunft einen nennenswerten Anteil ihres Umsatzes ausmachen werden. Insbesondere die Heizkesselhersteller sowie die Bauteilindustrie treiben diese Entwicklung voran, indem sie Sonnenkollektoren mit in ihr Programm aufnehmen.

Innerhalb der zurückliegenden Dekade stieg, wie aus **Abb. 1.1** ersichtlich, die jährlich in Deutschland installierte Kollektorfläche von unter 100.000 m²/Jahr auf ca. 900.000 m²/Jahr in 2001. Allerdings ging in 2002 die Installationsrate um 40% auf 540.000 m² zurück; in 2003 erholte sich die Nachfrage wieder auf 720.000 m² und blieb in 2004 mit 750.000 m² auf diesem Niveau. In 2005 wurde mit 950.000 m² die bisherige Bestmarke übertroffen. Der aktuelle Rekordumsatz wurde in 2006 erzielt mit 1,5 Mio. m². In 2007 ging die Installationsrate um rund 1/3 auf 1 Mio. m² zurück. Bei durchschnittlichen Systemkosten von derzeit ca. 750 € pro m² Kollektorfläche ergab sich für 2007 ein Endkundenumsatz von ca. 0,75 Mrd. €. Mittlerweile sind in Deutschland ca. 9,2 Mio. m² Kollektorfläche installiert. Diese erzeugen etwa 4 Mrd. kWh Nutzenergie pro Jahr – was in etwa drei Promille des Wärmebedarfs in Deutschland abdeckt. Dadurch können annähernd 400 Mio. Liter Öl bzw. Kubikmeter Gas eingespart und damit Energieressourcen geschont werden.

Bezüglich der Installationsraten ist in Deutschland ein ausgeprägtes Süd-Nord-Gefälle festzustellen: Rund 60 % der Solarwärmeanlagen werden allein in Baden-Württemberg und Bayern installiert.

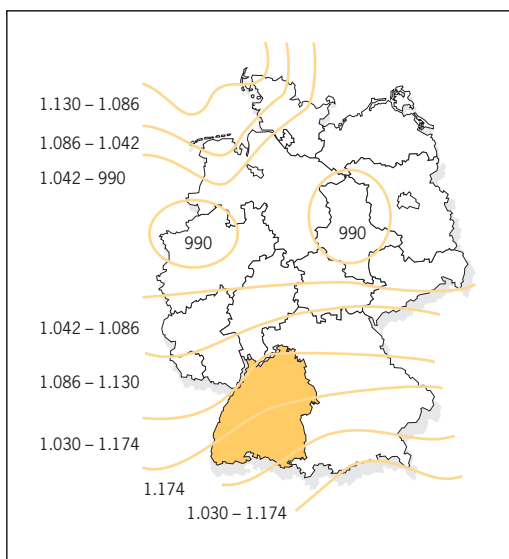
Abb. 1.1:
Zuwachs an
neu installierter
Kollektorfläche
in Deutschland
(1990 – 2007)
[BSW]



1.2 Energetisches Potenzial auf Dächern und an Fassaden

Mit dem Sonnenlicht wird ca. 10.000 mal mehr Energie auf die Erde eingestrahlt, als die Menschheit verbraucht. In wolkenarmen Wüstenregionen wie z. B. der Sahara sind dies pro Jahr ca. 2.200 kWh/m²; in Deutschland immerhin etwa halb so viel – was dem ca. 100fachen unseres derzeitigen Primärenergiebedarfs entspricht!

Aus **Abb. 1.2** geht hervor, dass in Deutschland selbst die Nutzung der Sonnenenergie nur wenig von der geographischen Lage abhängig ist: Die Solareinstrahlung in den Regionen unterscheidet sich nur um ca. 20 % und liegt in etwa zwischen 950 und 1.200 kWh je Quadratmeter und Jahr. Etwa drei Viertel davon entfallen auf das Sommerhalbjahr von April bis September. Daraus können in Deutschland je m² Kollektorfläche jährlich ca. 450 bis 600 kWh an Sonnenwärme gewonnen werden.

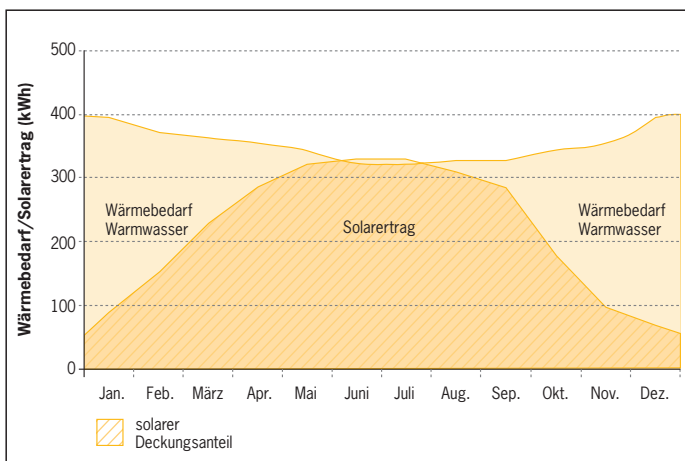


Die zur Trinkwassererwärmung pro Person einzusetzende Kollektorfläche beträgt in etwa 1 bis 1,5 m². Bei rund 82 Mio. Einwohnern in Deutschland ergibt sich daraus eine theoretisch erforderliche Kollektorfläche von 80 bis 120 Mio. m². Dem gegenüber stehen solargeeignete Dachflächen in Deutschland von ca. 800 Mio. m²; hinzu kommt noch das große Flächenpotenzial der südorientierten Gebäudefassaden.

1.3 Warmes Wasser für Küche und Bad

Der Warmwasserbedarf eines Haushaltes verläuft – wie in **Abb. 1.3** dargestellt – über das Jahr betrachtet annähernd konstant. Die Übereinstimmung zwischen Energiebedarf und solarem Energieangebot ist daher größer als z. B. bei der Solarenergienutzung zu Heizzwecken (vgl. **Abb. 1.4**). Hinzu kommt noch, dass infolge der laufenden Verbesserungen bei der Gebäudedämmung die Heizperiode kürzer wird – und sich entsprechend der Sommerbetrieb des Heizkessels ausschließlich für die Warmwasserbereitung verlängert. Gerade bei dieser Betriebsweise sind jedoch die Kesselverluste hoch, da für die Warmwasserbereitung nur vergleichsweise geringe Wärmemengen angefordert werden, dazu aber stets der Heizkessel auf Betriebstemperatur gebracht wird. Selbst bei modernen Niedertemperaturkesseln liegt deren Nutzungsgrad im Sommerbetrieb nur bei 50 % und darunter. Daneben erhöhen diese kurzen Betriebsintervalle und häufigen Kaltstarts noch den Kesselverschleiß. Hier ergibt sich für die solarunterstützte Warmwasserbereitung ein interessanter Ansatzpunkt! Eine Solaranlage kann – bei richtiger Dimensionierung – während der Sommermonate den hierzu erforderlichen Wärmebedarf nahezu vollständig (70 % ... 100 %) decken und leistet in der Übergangszeit (30 % ... 40 %) und im Winter (10 % ... 20 %) einen Beitrag zur Wasservorwärmung (vgl. **Abb. 6.2**).

Abb. 1.3: Wärmebedarf zur Warmwasserbereitung für einen 5-Personenhaushalt und Solarertrag von 5 m² Flachkollektoren im Jahresverlauf



Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung zeichnen sich durch eine einfache Anlagentechnik aus und sind technisch ausgereift. Mit 5 bis 6 m² Flachkollektoren können in einem 5-Personen-Haushalt zwischen 40 und 60 % der für die Trinkwassererwärmung benötigten jährlichen Energie mit Solarwärme gedeckt und damit ca. 200 Liter Öl bzw. Kubikmeter Gas eingespart werden.

1.4 Warum nicht auch mit der Sonne heizen?

Sukzessiv verschärfte gesetzliche Vorgaben an den baulichen Wärmeschutz führten zu einer deutlichen Senkung des Energieeinsatzes für die Raumheizung. Diese Entwicklung lässt – in Verbindung mit ausgeklügelten Wärmespeicher- und Heizungssystemen – die Nutzung der Sonnenwärme auch für die Raumheizung immer interessanter erscheinen. Diese ist allerdings immer zu Jahreszeiten erforderlich, an denen die Sonne nur wenig scheint. Eine Auslegung zur nennenswerten Heizungsunterstützung im Winterhalbjahr führt dann, wie in **Abb. 1.4** dargestellt, zwangsläufig zu häufigen überschussbedingten Stillstandszeiten während der Sommermonate.

1.5 Energetische Amortisation und Anlagenrecycling

Der gesamte Primärenergieaufwand für Herstellung, Transport und Montage einer kompletten Solaranlage mit 5 m² Flachkollektoren für die Warmwasserbereitung beträgt ca. 5.000 kWh. Bei solaren Erträgen von jährlich ca. 500 kWh/m² haben sich diese Anlagen nach ungefähr 2 Jahren energetisch amortisiert.

Altkollektoren werden derzeit überwiegend als Sperrmüll entsorgt. Aufgrund des hohen Anteils an Metallen und Glas bietet sich eine stoffliche Verwertung an: Das Metallgehäuse und der Absorber können dem Altmetallrecycling zugeführt werden, die Glasabdeckung der Altglasverwertung. Für die Gummiabdichtungen und Isoliermaterialien gibt es bisher allerdings keine sinnvolle Wiederverwendung.

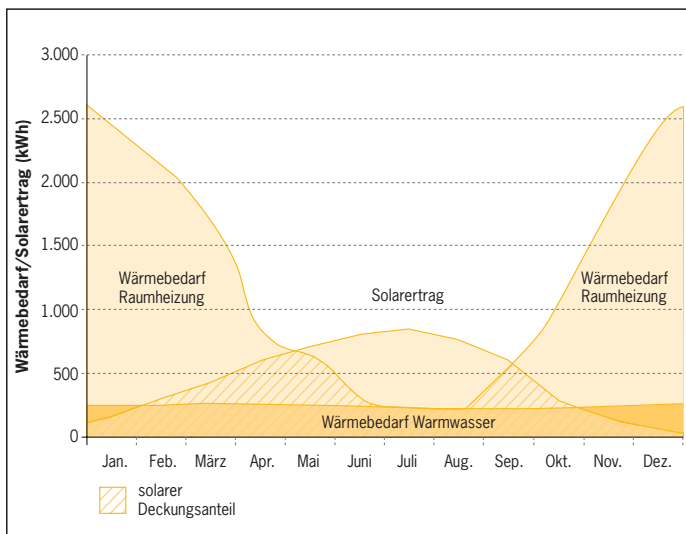


Abb. 1.4: Wärmebedarf eines typischen Einfamilienhauses und Solarertrag von 10 m² Flachkollektoren im Jahresverlauf

Kombianlagen mit 10 bis 15 m² Flachkollektoren bzw. 6 bis 10 m² Vakuumröhrenkollektoren können bei einem nach der Wärmeschutzverordnung '95 gebauten typischen Einfamilienhaus den Gesamtwärmebedarf um ca. 20 % verringern. Bei Gebäuden in Niedrigenergiebauweise lassen sich mit Kombianlagen dieser Größe sogar 25 bis 30 % des Wärmebedarfs abdecken.

2 Komponenten einer thermischen Solaranlage

2.1 Kollektoren sammeln das Sonnenlicht

Die photothermische Energieumwandlung

Die Umwandlung der Solarstrahlung in Wärme erfolgt auf dem Absorber. Dieser besteht aus Metall (Aluminium, Kupfer oder Edelstahl) und ist mit einer dunklen, sog. „selektiven“ Beschichtung überzogen, um die Solarstrahlung besser einzufangen. Diese Oberfläche bewirkt durch ihre besondere Struktur ein hohes Absorptionsvermögen im sichtbaren Bereich und gleichzeitig eine geringe Emission für die infraroten Wellen der Wärmestrahlung. Die erzeugte Wärme wird von der Wärmeträgerflüssigkeit aufgenommen und durch am Absorberblech angebrachte Rohre abtransportiert.

• Kollektorbauarten

Flachkollektoren

Der Flachkollektor, wie in **Abb. 2.1** dargestellt, ist die am weitesten verbreitete Bauform eines Sonnenkollektors. Bei diesem liegt der Absorber in einem meist aus Aluminium, teilweise auch aus Stahlblech, Kunststoff oder Holz gefertigten Gehäuse. Zur Reduzierung der Wärmeverluste durch Konvektion und Strahlung ist das Gehäuse mit einer Abdeckung aus eisenarmem, vorgespanntem Sicherheitsglas verschlossen, welches zumeist innen leicht strukturiert ist. Dessen Lichtdurchlässigkeit ist dem solaren Spektrum der diffusen und direkten Strahlung angepasst. Zur Minderung der Verluste durch Wärmeleitung werden auf der Rückseite und an den Rändern des Gehäuses Wärmedämmungen angebracht.

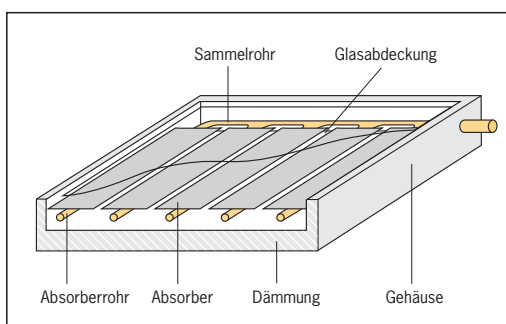


Abb. 2.1:
Schnittdarstellung eines Flachkollektors

Der Aufbau von Flachkollektoren wurde in den zurückliegenden 20 Jahren wesentlich optimiert, was zu einer deutlichen Leistungssteigerung und einer Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit führte.

Niedertemperatur-Flachkollektoren mit einer Arbeitstemperatur bis zu 100 °C werden vorwiegend zur Trinkwassererwärmung und teilweise auch für die Raumheizungsunterstützung eingesetzt.

Vakuumröhrenkollektoren

Ein Vakuumröhrenkollektor besteht aus mehreren evakuierten Glasröhren, in denen jeweils ein Absorberstreifen eingehängt ist. Ca. 5 bis 20 dieser Glasröhren werden über ein Sammelrohr an den Kollektorkreis angeschlossen. Durch die unterbundene Luftbewegung im Gehäuse werden Konvektionsverluste zwischen dem heißen Absorber und dem Deckglas vermieden. Die Wärmeverluste werden so im Vergleich zu Flachkollektoren vor allem bei niedrigen Außentemperaturen deutlich reduziert.

Bei der direkt durchströmten Vakuumröhre (**Abb. 2.2**) fließt der Wärmeträger – wie beim Flachkollektor – durch ein am Absorber angebrachtes U-förmig verlegtes Rohr bzw. ein koaxiales Doppelrohr. Bei waagerechter Verlegung können diese Absorberstreifen durch Drehen der einzelnen Röhren zur Sonne ausgerichtet werden – abweichend von der Neigung der Aufstellfläche. So kann bei einer Verlegung auf einem nur gering geneigten Satteldach, an einer senkrechten Balkonbrüstung oder an einer Hauswand die Ausrichtung des Absorbers zur Sonne optimiert werden.

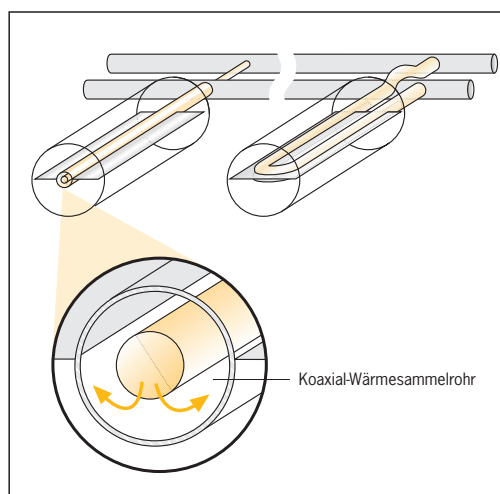


Abb. 2.2:
Direkt durchströmter Vakuumröhrenkollektor mit koaxialem (li.) und U-förmigem (re.) Absorberrohr

Beim sog. Thermoskannen-Röhrenkollektor (Abb. 2.3) sind zwei ineinander liegende Glasröhren miteinander verschmolzen; der Zwischenraum enthält das Vakuum. In der Innenröhre befindet sich ein ringförmiger Absorber mit direktdurchströmtem Absorberrohr. Teilweise wird zusätzlich rückseitig ein ebener oder rinnenförmiger Reflektor angebracht, der die seitlich vorbeigehende Sonnenstrahlung auf den Absorber zurücklenkt.

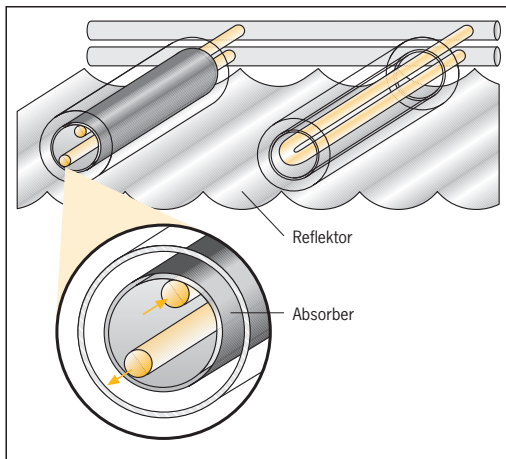


Abb. 2.3:
Vakuurröhrenkollektor im Thermoskannenprinzip mit rückseitigem Reflektor

Beim Vakuurröhrenkollektor mit Wärmerohr (Abb. 2.4) befindet sich eine schon bei geringen Temperaturen verdampfende Flüssigkeit in einem verschlossenen Absorberrohr. Der Dampf steigt im Wärmerohr auf und kondensiert am oberen Ende des Wärmerohrs. Die vom Dampf aufgenommene (Latent-)Wärme wird über einen Kondensator im Sammelrohr („trockene Anbindung“) an das Wärmeträgermedium abgegeben. Die kondensierte Flüssigkeit fließt anschließend wieder im Wärmerohr zurück. Damit der beschriebene Verdampfungs- und Kondensationsprozess ablaufen kann, müssen diese Röhren mit einer Mindestneigung von 25 Grad zur Horizontalen montiert werden.

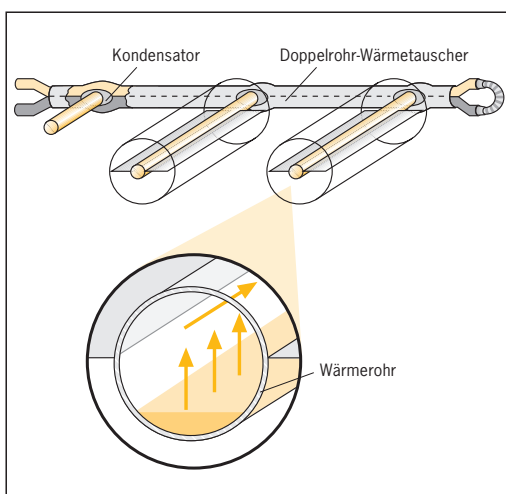


Abb. 2.4:
Vakuurröhrenkollektor mit Wärmerohr („heat pipe“-Prinzip)

Vakuurröhrenkollektoren liefern Wärme im Temperaturbereich bis 150 °C und eignen sich damit – neben der Warmwasserbereitung – zur Raumheizungsunterstützung, zur solaren Kühlung in Verbindung mit Absorptionskälteanlagen und auch zur Erzeugung von Prozesswärme.

Gebäudeintegrierte Kollektorbauformen

Kollektoren preisgünstiger herzustellen ist eines der Ziele zukünftiger Entwicklungsanstrengungen. Ein Weg dahin ist die Mehrfachnutzung einzelner Bauteile, wie z. B. bei der Integration eines Flachkollektors in die Gebäudehülle. Hierbei können zum einen Kollektorkomponenten entfallen – z. B. die rückseitige Wärmedämmung –, zum anderen werden so am Gebäude selbst Teile der Fassade oder der Dacheindeckung eingespart. Gebäudeintegrierte Kollektoren sind ein thermisch nicht trennbarer Teil der Gebäudehülle, der den Witterungsschutz mit übernimmt und die Wärmedämmung verbessert. Darüber hinaus bietet die Integration von Großflächenkollektoren in Südfassaden oder als komplette Dacheindeckung auch architektonisch interessante Optionen.

• Kollektorwirkungsgradverlauf und Anwendungsfelder

Die im Kollektor auftretenden Verluste (siehe **Abb. 2.5**) teilen sich auf in die optischen Verluste, die vor der Umwandlung der Strahlung in Wärme entstehen, und in die thermischen Verluste, welche die bereits umgewandelte Wärme vermindern. Optische Verluste entstehen durch Reflexion der Solarstrahlung sowohl an der transparenten Abdeckung als auch am Absorber – unabhängig von der Umgebungstemperatur. Wärmeverluste werden durch Wärmeleitung, Wärmetransport (Konvektion) und Wärmestrahlung verursacht; sie sind umso höher, je größer der Temperaturunterschied zwischen Absorber und Umgebung ist.

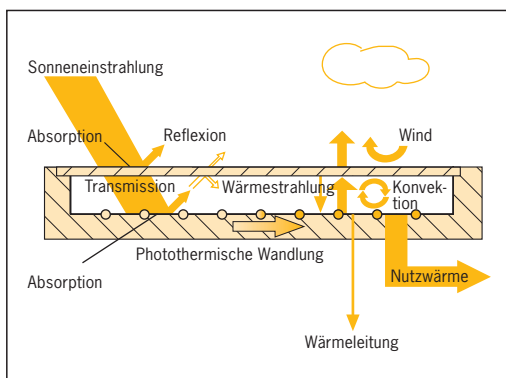


Abb. 2.5:
Der Energiefluss im Flachkollektor

Der Wirkungsgrad eines Kollektors gibt an, welcher Anteil der auftreffenden Solarstrahlung vom Kollektor in nutzbare Wärme umgewandelt werden kann; je nach Bestrahlungsstärke und Differenz zwischen Absorber- und Umgebungstemperatur ändert sich diese Größe. Aus diesem Grund wird der Wirkungsgrad eines Kollektors nicht als fester Wert, sondern entsprechend **Abb. 2.6** in Form eines Kennlinienfelds dargestellt.

Der Schnittpunkt der Wirkungsgradkennlinie mit der senkrechten Achse des Diagramms wird auch als „optischer Kollektorwirkungsgrad“ bezeichnet. Die optischen Verluste liegen etwa bei 20 %.

Wieviel von den übrigen 80 % tatsächlich von der Wärmeträgerflüssigkeit aufgenommen werden, hängt von der Temperaturdifferenz des Absorbers gegenüber der Außenluft ab – und damit auch von der Qualität der Wärmedämmung des Kollektors.

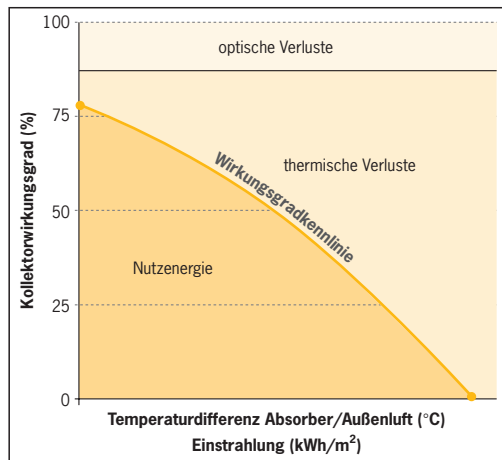


Abb. 2.6:
Verlauf der Wirkungsgradkennlinie mit Verteilung von Nutzenergie sowie optischen und thermischen Verlusten beim Flachkollektor [ITW]

Aus **Abb. 2.6** geht hervor, dass sich mit geringen Temperaturspreizungen hohe Wirkungsgrade erzielen lassen. Je schlechter die Dämmung des Kollektors und je größer das Temperaturgefälle zur Außentemperatur ist, desto mehr Wärme gibt er wieder an die Umgebung ab. Daher nimmt mit steigender Kollektortemperatur bzw. sinkender Umgebungstemperatur der Wirkungsgrad ab – bis zum sog. Stagnationspunkt.

Der optische Wirkungsgrad eines Vakuumröhrenkollektors ist aufgrund der Reflexionen an der Glasröhre niedriger als beim Flachkollektor. Andererseits liegen die Stillstandstemperaturen des Vakuumröhrenkollektors aufgrund der guten Wärmeisolation über den Werten des Flachkollektors. Wichtig für die richtige Wahl des geeigneten Kollektortyps ist daher vor allem der geforderte Einsatztemperaturbereich (siehe **Abb. 2.7**).

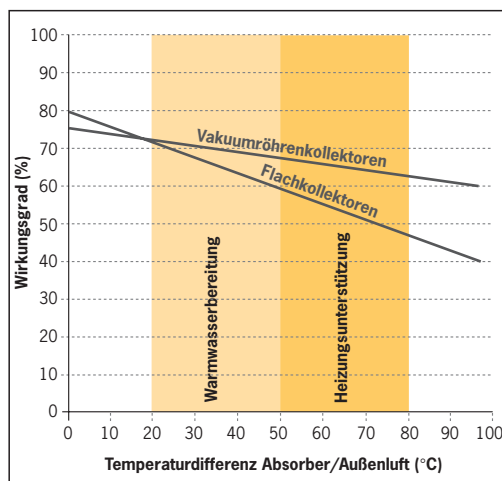


Abb. 2.7:
Typische Wirkungsgradkennlinien für Flach- und Vakuumröhrenkollektor [ITW]

Für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung werden sowohl Flachkollektoren als auch Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Im überwiegenden Arbeitsbereich weisen beide ähnliche Wirkungsgrade auf. Bei höheren Temperaturunterschieden, etwa im Winter,

sind die Wärmeverluste eines Vakuumröhrenkollektors geringer, so dass im Jahresmittel – bezogen auf die jeweilige Absorberfläche – ein um 30 % höherer Solarenergiegewinn als mit Flachkollektoren erwartet werden kann.

Für welchen Kollektortyp man sich entscheidet, hängt nicht zuletzt auch vom persönlichen Ästhetikempfinden ab. Im jeweiligen Einzelfall können auch Standortfaktoren wie z. B. das Platzangebot auf dem Dach ausschlaggebend sein.

• Vermessung und Qualitätsprüfung

Für jeden marktgängigen Flach- und Röhrenkollektor werden Wirkungsgradkennlinien auf Prüfständen nach einem genormten Messverfahren ermittelt. Mittels Computersimulation werden sämtliche Betriebszustände einer Warmwasser-Solaranlage während eines Referenzjahres berücksichtigt; die aufsummierten Energiegewinne ergeben eine Ertragsprognose für diesen Kollektor: Marktübliche Flachkollektoren liegen zwischen 440 und 500 kWh je Quadratmeter und Jahr, bei Röhrenkollektoren kann mit Jahreserträgen um 580 bis 620 kWh kalkuliert werden. [Marktübersicht Solarkollektoren, Solarthemen 155, 13.03.03] Sonnenkollektoren müssen auch extremen Witterungsverhältnissen wie z. B. Temperaturschock, UV-Strahlung, Hagel und Sturm standhalten. Zur Prüfung der Gebrauchstauglichkeit wird der Testkollektor über mehrere Monate dem realen Wetter ausgesetzt – insbesondere hohen Einstrahlungen. Nach Testabschluss wird er zerlegt und auf eventuelle Schäden untersucht. Ein Kollektor kann als dem Stand der Technik entsprechend angesehen werden, wenn aus der Prüfung die Gebrauchstauglichkeit, die Anlagensicherheit sowie die Vollständigkeit der Unterlagen hervorgeht.

Ein guter Kollektor ist aber bei weitem noch kein Garant für hohe Erträge aus der Solaranlage; entscheidend ist das Betriebsverhalten der Gesamtanlage aus Kollektorfeld, Speicher, Regelung, konventioneller Nachheizung und Wärmeverbraucher.

2.2 Pack' die Sonne in den Tank

• Wasser – ein ideales Speichermedium

Wegen seiner hohen Wärmekapazität ist Wasser ein ideales Speichermedium. Daneben hat Wasser noch zwei weitere, sehr vorteilhafte Eigenschaften, die es ermöglichen, kaltes und warmes Wasser in einem Speicher getrennt aufzubewahren:

- Die mit der Temperatur abnehmende Dichte erlaubt es, Wasser unterschiedlicher Temperatur so zu schichten, dass sich heißes und kaltes Wasser nicht vermischen. So wiegt z. B. heißes Wasser mit 90 °C etwa 1,5 % weniger als kaltes Wasser bei 10 °C.
- Die geringe Wärmeleitfähigkeit von Wasser erschwert einen Wärmeaustausch zwischen diesen wärmeren und kälteren Wasserschichten.

• Der Solarspeicher sorgt für Vorrat

Da Solarenergieangebot und Warmwasserverbrauch oftmals nicht zeitgleich auftreten, muss die Sonnenenergie zwischengespeichert werden. Für den Betrieb einer Solaranlage kann der vorhandene Warmwasserspeicher der Heizungsanlage nicht unmittelbar übernommen werden, da eine weitere Wärmeübertragungsmöglichkeit nötig ist, um die im Solarkollektor gewonnene Energie in den Speicher einzubringen. Hierzu wird das Heizungswasser entweder direkt eingespeist auf Speicherhöhe mit entsprechendem Temperaturniveau oder indirekt über im Speicher eingebaute Wärmetauscher. Ein wichtiges Kriterium eines Solarspeichers ist dessen Fähigkeit zur Temperaturschichtung. Im oberen (Bereitschafts-)Teil sammelt sich erwärmtes, im unteren Speicherteil dagegen kaltes Wasser an. Diese Zonen mit unterschiedlichen Temperaturen sollten über längere Zeit – auch beim Wasserzapfen – erhalten bleiben. Dies wird in Standspeichern durch deren hohe und schlanke Bauform unterstützt. Bei größeren (Schichten-)Speichern dienen eingebaute Aufströmröhre zur gezielten Einschichtung der Konvektionsströme in den Zonen mit gleicher Temperatur. Prallbleche beim Kaltwassereinfluss im Speicherboden lenken die Strömung in horizontale Richtung ab und unterbinden so unerwünschte Verwirbelungen. Dort kann die Wärme aus dem Kollektorkreislauf gut an das kalte Speicherwasser abgegeben werden.

• Wärmetauscher zum Be- und Entladen

In Solarspeichern mit innen eingebauten Wärmetauschern (vgl. **Abb. 2.9**) werden Spiralen aus Kupfer-Rippenrohren mit Aluminiumlamellen oder – in zunehmendem Maße – auch aus glattwandigen emaillierten Stahlrohren zur Wärmeübergabe eingesetzt. Die erstgenannte Bauform hat wegen der größeren Oberfläche Vorteile, neigt aber leichter zum Verkalken. In Plattenwärmetauschern (vgl. **Abb. 2.13b / 2.14**) – die außerhalb des Speichers angebracht werden – strömen das warme und kalte Medium jeweils in entgegengesetzter Richtung an einer wärmeübertragenden Wandung vorbei. Damit sind höhere Übertragungsleistungen als mit Rohrwärmetauschern möglich; allerdings ist eine weitere Umwälzpumpe auf der Speicherseite erforderlich – mit entsprechendem Energie- und Regelaufwand.

In Thermosiphonanlagen (vgl. Kap. 3.1) werden auch Wärmespeicher eingesetzt, die mit einem sog. Mantelwärmetauscher ausgerüstet sind (**Abb. 2.8**). Konstruktiv entspricht dieser einer doppelten Speicherwandung, zwischen der das Wärmeträgermedium hindurch fließt.

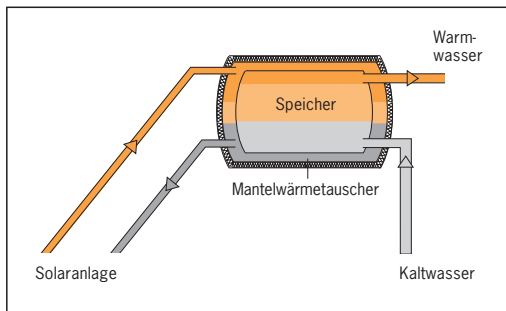


Abb. 2.8:
Trinkwasserspeicher mit Mantelwärmetauscher

• Speicherbauarten im Überblick

Der Trinkwasserspeicher

Merkmal dieses in **Abb. 2.9** dargestellten Speichers ist, dass das sauerstoffhaltige – und daher korrosive – Trinkwasser selbst als Speichermedium dient; daher kommen hierfür nur lebensmittelecht beschichtete, emaillierte Stahlspeicher oder Speicher aus Edelstahl in Frage. Die solar gewonnene Wärme wird über einen Wärmetauscher in den unteren Teil des Speichers eingebracht. Im oberen Speicherteil befindet sich ein weiterer Wärmeübertrager, über den der Bereitschaftsteil (etwa das obere Speicher-

drittel) bei Bedarf durch eine konventionelle Nachheizung auf Gebrauchstemperatur gehalten werden kann. Dies garantiert die Versorgungssicherheit mit warmem Wasser auch bei schlechtem Wetter.

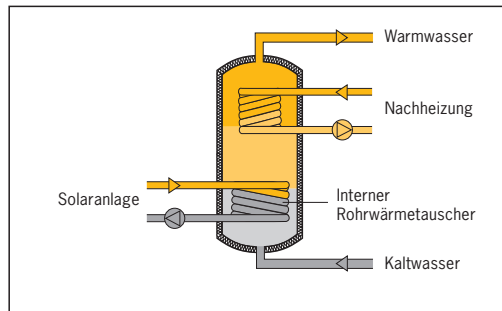


Abb. 2.9:
Trinkwasserspeicher (mit internem Wärmetauscher)

Der Kombispeicher

In Kombispeichern (**Abb. 2.10**) dient das Wasser aus dem geschlossenen Heizkreislauf als Speichermedium; diese Speicher können daher aus gewöhnlichem Stahl gefertigt sein.

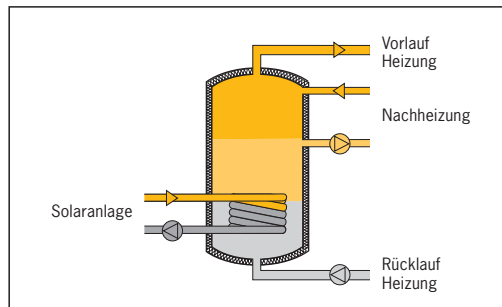


Abb. 2.10:
Kombispeicher

Im oberen Bereich befindet sich das Bereitschaftsvolumen für die Trinkwassererwärmung, im mittleren Bereich das für die Raumheizung. Der Solarwärmetauscher ist entweder in der Nähe des Speicherbodens angeordnet oder extern als Plattenwärmetauscher.

Kombispeicher dienen einerseits als Pufferspeicher für den Heizkessel; andererseits wird das Trinkwasser von diesen entweder im Durchlaufverfahren (**Abb. 2.11**), in einem eingebauten Behälter (**Abb. 2.12**) oder über einen externen Gegenstrom-Wärmetauscher (vgl. **Abb. 4.3b/4.4**) auf Solltemperatur gebracht. Da hierbei das Speicherwasser in das Heizungssystem hydraulisch eingebunden ist, entfällt beim Kombispeicher der Wärmetauscher für die Nachheizung.

Das Gesamtvolumen dieser Speicher reicht je nach Gebäudewohnfläche von ca. 600 Liter bis zu mehreren Kubikmetern. Die Typenvielfalt bei diesen Speichern ist beträchtlich; sie unter-

scheiden sich vor allem durch die Art der Warmwasserbereitung sowie der Integration des Kollektorkreises der Solaranlage.

durch seitliche Öffnungen aus, wenn sich außerhalb ähnlich warmes Wasser befindet. Für einen optimalen Ablauf sind die vom Speicherhersteller vorgeschriebenen Volumenströme für den Wärmetauscher genau einzuhalten.

Abb. 2.11:
Kombispeicher mit interner Warmwasserbereitung im Durchlaufverfahren

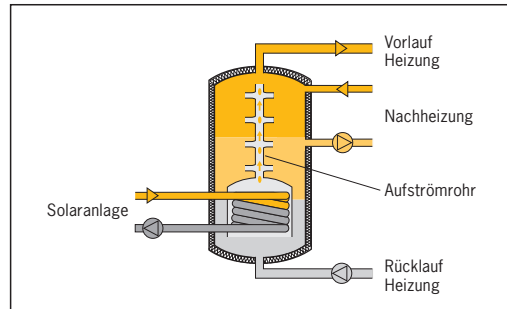
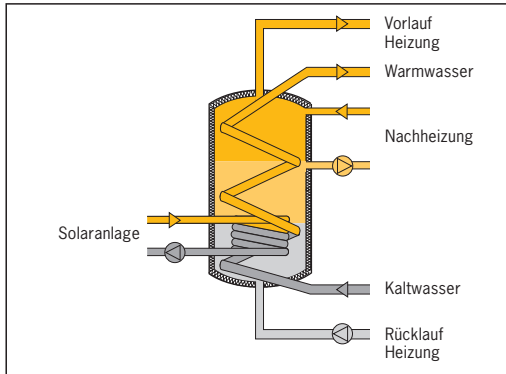


Abb. 2.13a:
Schichtenspeicher mit passiver Schichtbeladung über internen Wärmetauscher

„Tank im Tank“- Speicher

Hier ist, wie in **Abb. 2.12** dargestellt, in den mit Heizungswasser gefüllten Pufferspeicher ein zweiter, kleinerer Speicher eingebaut, in dem sich das Brauchwasser befindet; dieser wird vom umgebenden Heizungswasser erwärmt. Der Innenbehälter wird zumeist aus Edelstahl gefertigt, da bei diesem Material die Wärmeleitung besser ist als bei emailliertem Stahl. Dessen große Wärmeaustauschfläche verringert überdies die Verkalkungsanfälligkeit.

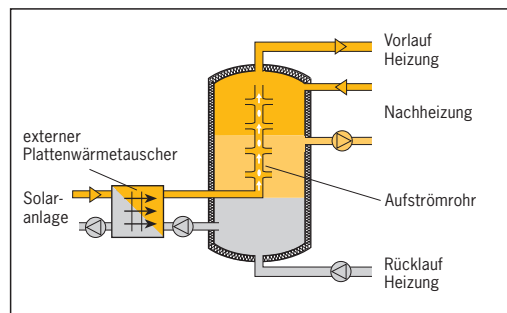
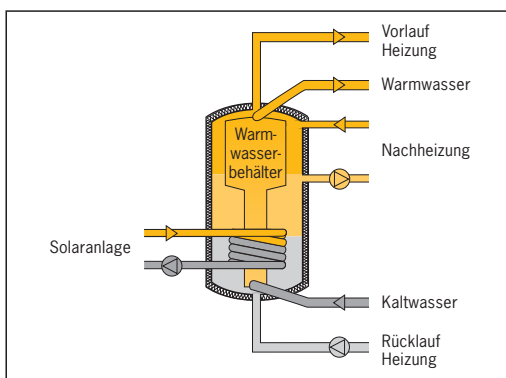


Abb. 2.13b:
Schichtenspeicher mit passiver Schichtbeladung über externen Plattenwärmetauscher

Abb. 2.12:
„Tank im Tank“- Speicher



Bei der aktiven Schichtbeladung wird – wie in **Abb. 2.14** dargestellt – ein Pufferspeicher über seitliche, in unterschiedlichen Speicherhöhen angebrachte Einfüllstutzen beladen. Diese werden über Ventile entsprechend angesteuert. Der hierzu erforderliche Regelaufwand steigt mit der Anzahl der Einfülllebenen.

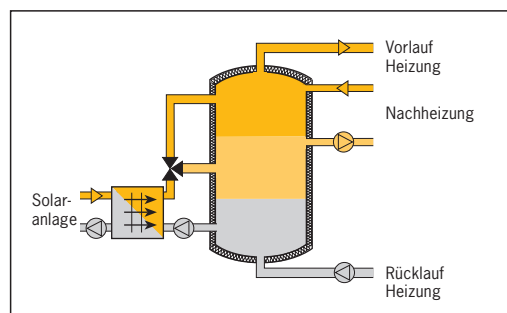


Abb. 2.14:
Schichtenspeicher mit aktiver Schichtbeladung über externen Plattenwärmetauscher

Schichtenspeicher

Gelingt es, die Solarwärme auf einem höheren Temperaturniveau direkt in den oberen Bereitschaftsteil einzubringen, dann muss die konventionelle Nachheizung nicht so häufig zugeschaltet werden. In Schichtenspeichern wird dies mit zweierlei Konzepten realisiert:

Bei der passiven Schichtung (gem. **Abb. 2.13**) erfolgt dies durch im Speicher eingebaute Schichtungsvorrichtungen. Aufgrund des Dichteunterschieds steigt das erwärmte Wasser im Aufströmrohr und tritt erst dann aus diesem

2.3 Regelung, Pumpengruppe und Sicherheitskomponenten

• Alles bestens geregelt: Der Solarregler

Der Solarregler als Schaltzentrale sorgt für einen effizienten Wärmetransport vom Kollektor zum Speicher. Er vergleicht hierzu die Kollektortemperatur mit der Temperatur im unteren Speicherbereich; entsprechende Temperaturfühler befinden sich im Kollektorgehäuse am Sammelrohr oder auf dem Absorber in der Nähe des Kollektorfeld-Vorlaufs sowie im Speicher, entweder auf mittlerer Höhe des Solarwärmetauschers oder in Höhe des Kollektorkreis-Rücklaufs. Wird die eingestellte Temperaturdifferenz – je nach Anlage zwischen 5 und 10 °C – erreicht, schaltet die Umwälzpumpe ein. Bei einem Rückgang der Temperaturspreizung auf einige wenige Grad Celsius wird die Pumpe wieder abgeschaltet; die Bandbreite zwischen diesen Schaltschwellen ist von der Rohrleitungslänge im Kollektorkreis abhängig.

Grundsätzlich zielt die Regelstrategie darauf ab, die Kollektortemperatur möglichst nahe über der jeweils kältesten Temperatur im Speicher zu halten (vgl. Kap. 2.1). Eine Ausnahme hiervon bilden lediglich sog. „Low Flow“-Systeme in Verbindung mit Schichtspeichern (vgl. Kap. 3.1). Damit kann schnell eine hohe Temperatur im oberen Bereitschaftsteil des Speichers erreicht werden. Anhand von Kontrolllampen und Textanzeigen kann man sich über den aktuellen Schaltzustand informieren. Optional angebotene Diagnosesysteme kontrollieren die Betriebsbereitschaft.

Der eingebaute Mikroprozessor ermöglicht eine Abfrage gespeicherter Messdaten; bei Reglern mit Computerschnittstelle können diese auch in einen Rechner eingelesen und grafisch aufbereitet werden. Durch eine Vernetzung über den Elektro-Installations-Bus (EIB) mit dem Heizsystem sowie über das Internet z. B. bezüglich der Wetterdaten soll die Regelgenauigkeit künftig weiter optimiert werden.

• Die Umwälzpumpe bringt den Solarkreislauf in Schwung

Die Anforderung an Solarpumpen weichen von denen an Heizungspumpen ab: Die umwälzenden Volumenströme im Kollektorkreis entsprechen etwa nur 10 % der Fördermenge von Heizungen. Andererseits übersteigen die Förderhöhen in Solaranlagen diejenigen einer Warmwasserheizung um ein Vielfaches. Auch die Viskosität der Wärmeträger und deren Temperaturbereiche sind verschieden. Heizungspumpen sind daher nur unzureichend auf den Betrieb im Solarkreis angepasst; sie erreichen bei dieser Anwendung nur Wirkungsgrade um 10 %.

Neuerdings sind hydraulisch optimierte, teilweise auch drehzahlgeregelte Solarpumpen auf dem Markt. Diese verbrauchen wesentlich weniger Strom und können ggf. in die Wärmemengenmessung integriert werden. Generell müssen die im Kollektorkreis eingesetzten Pumpen für die auftretenden Temperaturen ausgelegt sein; sie sollten immer im kälteren Rücklauf des Kollektorkreises eingebaut werden.

• Druck und Temperatur im Griff: Die Sicherheitskomponenten

Der Solarkreislauf (siehe **Abb. 2.15**) ist mit Armaturen ausgestattet, wie sie auch in einer konventionellen Warmwasserheizung benötigt werden: Thermometer, Entlüfter, Sicherheitsventil, Manometer und Membranausdehnungsgefäß, Füll- und Entleerhähne, Absperrschieber, Durchflussmesser, Rückflussverhinderer etc. Für Anlagenkonzept und Regelung gilt der Grundsatz: So einfach wie möglich! Die Anzahl von Pumpen und Ventilen sollte daher möglichst gering gehalten werden.

Thermometer im Vor- und Rücklauf zu den Kollektoren sowie im Bereitschaftsteil des Speichers dienen zur visuellen Betriebskontrolle der Anlage. Wichtig ist auch der Einbau mindestens einer Schwerkraftbremse im Kollektorkreis, da sonst der Speicher über die Kollektoren wieder auskühlt – z. B. über Nacht, sobald die Solaranlage keine Wärme mehr liefert.

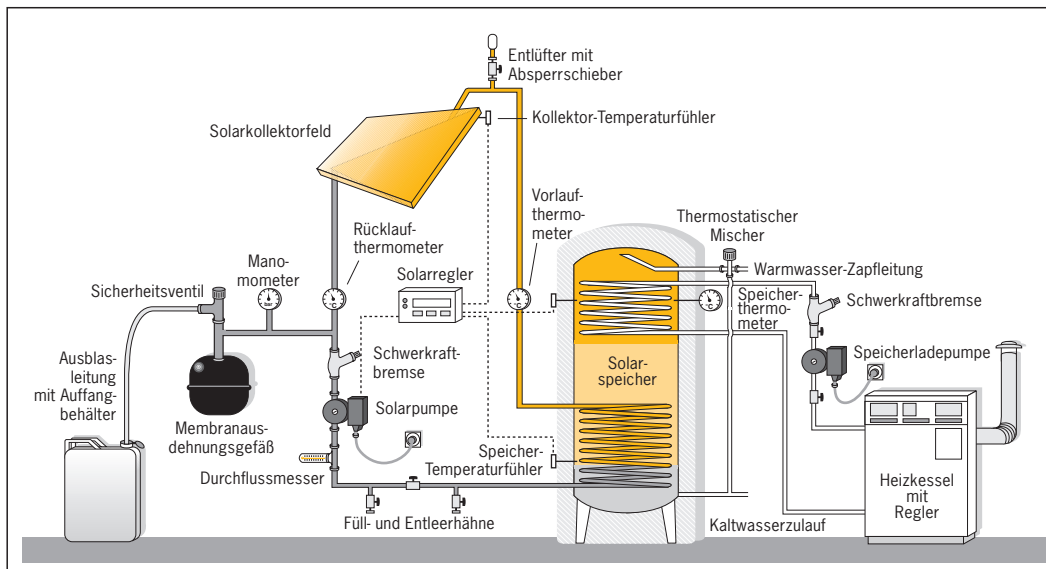


Abb. 2.15:
Armaturen und
Sicherheitsein-
richtungen in
Kollektorkreis
und Nachhei-
zung

Ein Entlüftungsventil wird an der höchsten Stelle im Kollektorkreis eingebaut; es dient zum manuellen Entlüften des Kollektorkreislaufs nach dem Befüllen mit der Wärmeträgerflüssigkeit sowie zum Ablassen von aus dem Wärmeträger freigesetzten Gasen.

Mit einem Sicherheitsventil wird die Anlage zusätzlich abgesichert. Die Betriebsdrücke, die am Manometer abgelesen werden können, liegen – meist um einen Sicherheitszuschlag über dem statischen Vordruck der Anlage – bei 1,5 bis 3 bar. Das Sicherheitsventil sollte dann auf einen Ansprechdruck von 6 bar eingestellt werden, um die Anlage auch bei hohen (Stillstands-)Temperaturen sicher betreiben zu können. Beim Ansprechen dieses Ventils wird der austretende Wärmeträger über die Ausblasleitung zum Auffangbehälter geleitet; dieser muss so dimensioniert sein, dass er eventuell die gesamte Flüssigkeit aus dem Kollektorkreis aufnehmen kann.

Da das Volumen des Wärmeträgers sich mit zunehmender Temperatur ausdehnt und dieser ggf. verdampft, muss zur Kompensation ein Membranausdehnungsgefäß in den Kollektorkreis integriert werden. Zwar sorgt die Temperaturbegrenzung der Regelung dafür, dass oberhalb eines eingestellten Wertes (z. B. 95 °C) keine Wärme mehr an den Speicher geliefert wird; hierzu wird dann die Umwälzpumpe abgeschaltet. Flachkollektoren können sich im Folgenden aber bis auf 200 °C erhitzen, Vakuumröhren sogar bis zu 280 °C. Hierbei verdampft die Wärmeträgerflüssigkeit im Kollektor sowie in einem Teil der Anschlussleitungen. Damit ein solcher Betriebsfall („Leerlauf“) nicht zum Störfall wird, fordert DIN 4757 die Eigensicherheit für eine Solaranlage:

Sowohl das im Leerlauf entstehende Dampf-volumen als auch die Wärmeausdehnung des Wärmeträgers muss das Ausdehnungsgefäß aufnehmen können – ohne ein Ansprechen des Sicherheitsventils und dem damit verbundenen Austreten von Wärmeträgerflüssigkeit. So kann die Anlage nach Abbau der Überschussenergie wieder von selbst in Betrieb gehen – wobei dann aber kurzzeitig Temperaturen von über 100 °C im gesamten Kollektorkreis auftreten können.

Über die Füll- und Entleerhähne kann zusätzlich Wärmeträgerflüssigkeit oder Wasser nachgefüllt werden bzw. überschüssige Flüssigkeit abgelassen werden.

Am Durchflussmesser ist abzulesen, ob das Wärmeträgermedium mit der entsprechend der Anlagenauslegung optimalen Geschwindigkeit von der Pumpe umgewälzt wird. Damit beim Auswechseln einer defekten Pumpe nicht das ganze System entleert werden muss, werden vor und hinter der Pumpe Absperrschieber montiert.

Da bei guter Einstrahlung im Speicher Temperaturen bis zu 95 °C auftreten können – sofern die Speichertemperatur zur Verminderung von Kalkablagerungen nicht auf 60 bis 65 °C begrenzt ist – muss laut Heizungsanlagenverordnung zur Vermeidung von Verbrühungen beim Wasserzapfen dann ein thermostatischer Mischer zur Temperaturbegrenzung auf max. 60 °C in die Warmwasserleitung eingebaut werden.

Ein Großteil dieser Komponenten wird oftmals zusammen mit dem Regler vormontiert und wärmege-dämmt zu einer sog. Solarstation zusammengefasst.

3 Anlagenkonzepte von Warmwasser-Solaranlagen

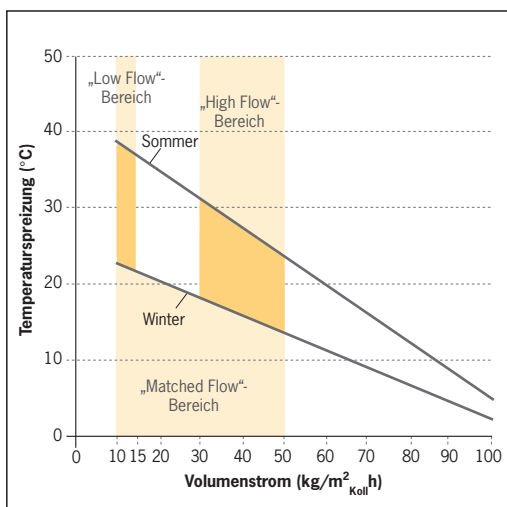
Die meisten in Deutschland installierten Solaranlagen sind als sog. Zweikreisanlagen aufgebaut: der Kreislauf zwischen Kollektor und Speicher – der ein Wasser-Frostschutz-Gemisch enthält – und die Warmwasserinstallation, die über einen Wärmetauscher hydraulisch getrennt sind.

Bei einer Naturumlauf- oder Thermosiphonanlage erfolgt die Umwälzung zwischen Kollektor und Speicher durch die Schwerkraft aufgrund temperaturbedingter Dichteunterschiede: Im Kollektor wird der Wärmeträger erwärmt – und damit leichter als im Speicherwärmetauscher. Damit dies eine Zirkulation auslöst, muss der Wärmespeicher aber höher angeordnet werden als der Kollektor.

Anlagen mit Zwangsumlauf haben den Vorteil, dass Speicher und Kollektor beliebig zueinander im Gebäude angeordnet werden können. Der Kollektor wird in der Regel auf dem Dach montiert und der Solarspeicher ersetzt den konventionellen Warmwasserspeicher im Heizraum.

Für den Betrieb des Kollektorkreislaufs gibt es drei Konzepte, die sich durch die jeweiligen Volumenströme unterscheiden. Entsprechend der nach Herstellerangabe eingestellten Durchströmungswerte ergibt sich eine Temperaturspannung zwischen Kollektorstrom und -rücklauf. Diese sollte im farblich gekennzeichneten Bereich von **Abb. 3.1** liegen; im Sommer nahe der oberen, im Winter im Bereich der unteren Begrenzungslinie. Diese Werte können – zur Kontrolle der Anlageneinstellung – an den Vor- und Rücklaufthermometern abgelesen werden.

Abb. 3.1: Anhaltswerte für die Temperaturdifferenz zwischen Kollektorstrom und -rücklauf bei unterschiedlichen Volumenströmen [ITW]



3.1 Unterschiede bei der Wärmeträgerumwälzung

• „High Flow“-Anlagen

Sog. „High Flow“-Anlagen (**Abb. 3.2**) weisen einen typischen Volumenstrom von ca. 30 bis 50 Liter pro m² Flachkollektorfläche je Stunde auf. Infolge dieser schnellen Umwälzung bleibt die Temperaturerhöhung zwischen Kollektoreintritt und -austritt gering. Somit arbeitet der Kollektor auf niedrigem Temperaturniveau – d. h. mit hohem Wirkungsgrad (vgl. Kap.2.1).

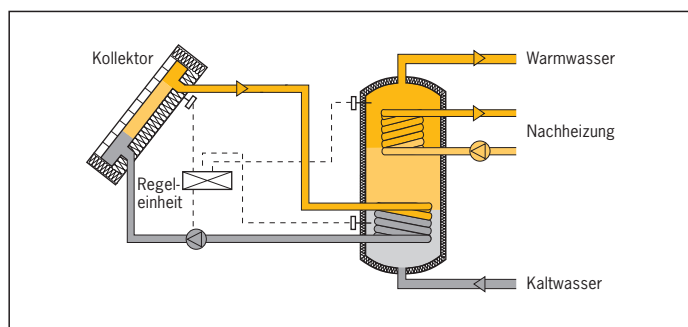
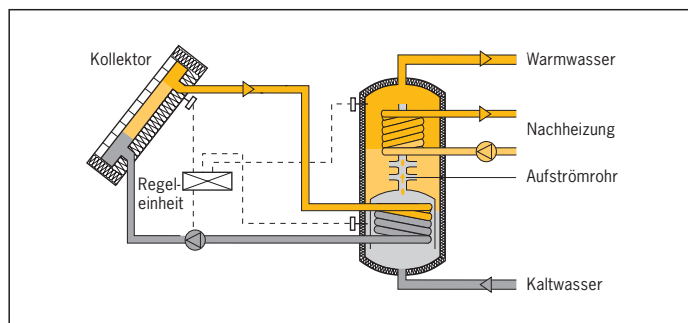


Abb. 3.2: Aufbau einer („High Flow“-) Solaranlage mit Zwangsumlauf

• „Low Flow“-Anlagen

Beim „Low Flow“-Betrieb – insbesondere in größeren Solaranlagen ab 20 m² Kollektorfläche – wird der Kollektorkreis mit einem geringeren Volumenstrom von 10 bis 15 Liter pro m² Kollektorfläche je Stunde durchströmt, um die Wärmeträgerflüssigkeit stärker zu erwärmen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für eine geschichtete Beladung des Speichers (**Abb. 3.3**) und eine schnellere Erwärmung des Bereitschaftsteils. Insgesamt arbeitet der Kollektor hierbei auf höherem Temperaturniveau, weshalb nur der Einsatz von Kollektoren mit geringen Wärmeverlusten sinnvoll ist (vgl. **Abb. 2.7**).

Abb. 3.3: „Low Flow“-Anlage mit Schichtladesystem



• „Matched Flow“-Anlagen

Auf einer Kombination aus beiden Betriebsweisen beruht die sog. „Matched Flow“-Technik. Über eine drehzahlregelte Pumpe wird der Volumenstrom – und damit die Vorlauf-temperatur des Kollektorkreises – je nach Bedarf gesteuert. Um möglichst schnell eine geforderte Mindesttemperatur im Bereitschaftsteil des Speichers zu erreichen, wird der Kollektorkreis zunächst mit geringem Durchsatz gefahren. Dies ist zwar mit einem verringerten Wirkungsgrad verbunden, andererseits erübrigt sich dadurch evtl. eine Nachheizung über den Heizkessel. Ist dieses Temperaturniveau erreicht, wird der Volumenstrom erhöht. Für diese Betriebsart ist ebenfalls ein Schichtspeicher erforderlich.

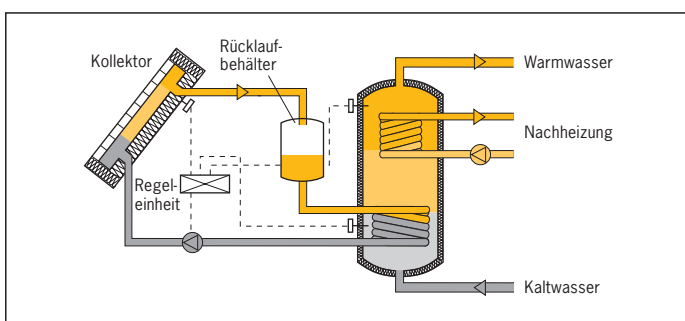
Dieser Vorgang läuft entsprechend auch bei voll geladenem Speicher ab, da die Pumpe dann ebenfalls die Umwälzung unterbricht. Der Temperaturanstieg im leer gelaufenen Kollektor verläuft dann ohne nennenswerten Druckanstieg, da hierbei kein Wasser auskochen kann. Ein Membranausdehnungsgefäß mit Sicherheitsventil ist daher nicht erforderlich. Entsprechend läuft der Kollektor auch über Nacht leer, so dass auch auf Schwerkraftbremsen verzichtet werden kann.

Voraussetzung für diesen Ablauf ist natürlich, dass alle Leitungen mit stetigem Gefälle verlegt werden, so dass keine Wassertaschen auftreten können.

• „Drain Back“-Anlagen

Eine weitere Betriebsweise ist das sog. „Drain Back“-Prinzip. Es definiert sich nicht über den Volumenstrom, sondern steht in Konkurrenz zu Anlagen, in denen Frostschutzmittel verwendet werden muss. „Drain Back“ bedeutet, dass im drucklos betriebenen, geschlossenen Solarkreis bei ausgeschalteter Pumpe der Kollektor leer läuft. Es befindet sich dann keine Flüssigkeit mehr im Kollektor, die bei Frost gefrieren könnte. Somit wird eine Zugabe von Frostschutzmittel im Kollektorkreis überflüssig – der Wärmeträger „Wasser“ hat dadurch eine um ca. 20 % höhere Wärmekapazität. Das aus dem Kollektorkreis strömende Wasser wird (siehe **Abb. 3.4**) in einem Bevorratungsgefäß gesammelt; sobald der Solarregler die Pumpe wieder startet, wird es von dieser in den Kollektorkreis zurückgepumpt. Um den hierzu erforderlichen hohen Druck aufzubringen, sind spezielle Zahnradpumpen erforderlich.

Abb. 3.4:
„Drain Back“-
Anlage



4 Einheizen mit Solarwärme

In Kombianlagen entspricht der Solarkreislauf prinzipiell dem der Anlagen zur Warmwasserbereitung. Kombianlagen benötigen grundsätzlich eine größere Kollektorfläche, da sie zwei Wärmeverbraucher zu versorgen haben: Trinkwassererwärmung und Raumheizung. Deren jeweils unterschiedliche Temperaturniveaus muss der Speicher bereithalten können. Diese Anforderung resultiert zu einen in den in Kap. 2.2 beschriebenen, konstruktiven Lösungen zu Speicheraufbau und -beladung. Andererseits stellen auch die unterschiedlichen Einbindungen der Speicher in die Gebäudewärmever-sorgung Lösungen dieser Aufgabenstellung dar.

4.1 Speicherkonzepte als Unterscheidungsmerkmal von Kombianlagen

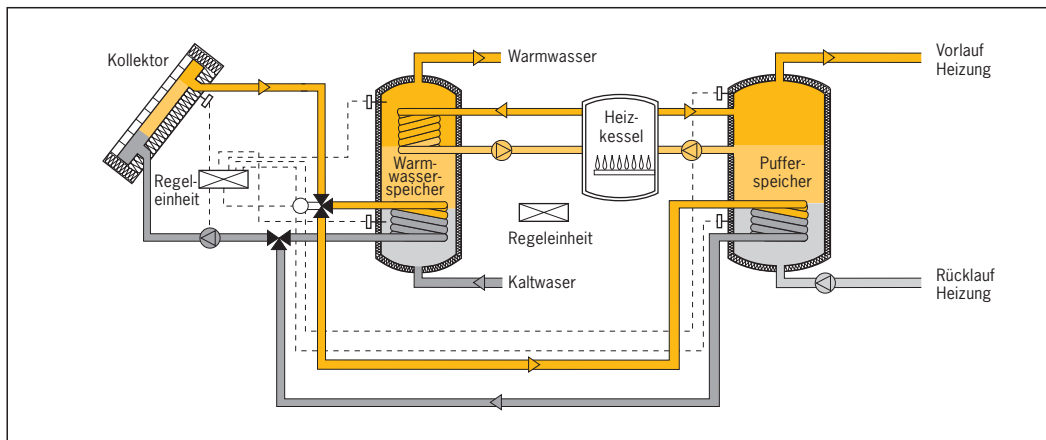
Von den Herstellern werden zur solar unterstützten Gebäudebeheizung unterschiedliche Anlagenkonzepte angeboten. Diese Kombianlagen können anhand des jeweiligen Speicherkonzeptes nach folgenden Gesichtspunkten unterschieden werden:

- **Anzahl der Speicher:**
Hier wird zwischen Ein- und Zweispeicheranlagen unterschieden. Der Zweispeicheranlage ist ihre historische Abstammung anzusehen: Eine Solaranlage zur Trinkwasserbereitung wird einfach um einen weiteren Pufferspeicher für die Heizung ergänzt. Die Weiterentwicklung der Zweispeicheranlage ist die Einspeicheranlage. Hier wird ein zentraler Speicher – der sog. Kombispeicher – als Wärmespeicher für die Solaranlage zur Erwärmung des Trinkwassers und auch als Pufferspeicher für den Heizkessel genutzt.
- **Art der Trinkwassererwärmung:**
Die Erwärmung des Trinkwassers kann entweder während der Entnahme im sog. Durchlaufverfahren erfolgen oder bereits davor. Beim Durchlaufverfahren wird die im Speicherwasser enthaltene Wärme erst während des Zapfens, z. B. mittels eines sich über die gesamte Speicherhöhe erstreckenden Wärmetauschers, an das Trinkwasser abgegeben. Anlagen, bei denen das Trinkwasser bereits vor der Entnahme erwärmt wird, arbeiten nach dem „Speicherprinzip“ und benötigen daher für das Trinkwasser einen zusätzlichen Speicherbehälter. Bei der Zweispeicheranlage ist dies ein separater

Trinkwasserspeicher, bei Einspeicheranlagen ist der Speicher für das Trinkwasser in den Kombispeicher eingebaut. Diese Kategorie von Kombispeichern wird als „Tank im Tank“-Speicher bezeichnet.

- **Pufferfunktion des Kombispeichers für den Heizkessel:**
Hier wird zwischen Kombianlagen mit und ohne Pufferfunktion für den Heizkessel unterschieden. Die vom Heizkessel abgegebene Wärme wird bei ersterem immer dem Speicher zugeführt. Wird das Wasser des Heizungsrücklaufs vom Speicher solar nur vorgewärmt (Rücklaufanhebung), bevor es im Heizkessel vollends auf Vorlauftemperatur erhitzt wird, spricht man auch von sog. Vorwärmanlagen.
- **Kombispeicher mit eingebauter Wärmequelle:**
Bei diesen Anlagen sind Heizkessel und Pufferspeicher durch einen Speicher ersetzt, in den als Wärmequelle ein Gas- oder Ölbrenner eingebaut ist.

Abb. 4.1:
Zweispeicher-
anlage



4.2 Gängige Anlagenkonzepte im Überblick

• Anlage mit „Tank im Tank“-Speicher

• Zweispeicheranlage

Bei Zweispeicheranlagen – wie in **Abb. 4.1** dargestellt – wird neben dem Warmwasserspeicher noch ein Pufferspeicher für den Heizkreislauf eingebaut. Beide Speicher können auch über den Kollektorkreis beladen werden; dieser wird – je nach Temperaturniveau im Speicher – über ein 3-Wege-Ventil umgeschaltet. Bei nicht ausreichender Sonneneinstrahlung werden beide Speicher über den Heizkessel auf Solltemperatur gebracht.

Vorteile:

- hoher Nutzungsgrad der Solaranlage infolge des niedrigen Temperaturniveaus des in den Warmwasserspeicher zuströmenden Kaltwassers
- relativ einfach aufgebaute Speicher einsetzbar; ggf. Mitnutzung des vorhandenen konventionellen Warmwasserspeichers möglich
- Konzept insbesondere für größere Wohnanlagen geeignet

Nachteile:

- höhere Wärmeverluste als mit kompakterem Einspeicherkonzept
- höherer Installations- und Regelaufwand

Integriert man den Trinkwasserspeicher in den Pufferspeicher (siehe **Abb. 4.2**), vereinfacht dies Verrohrung und Regelung. Die Solarwärme wird an das Heizwasser abgegeben, welches wiederum den innen liegenden Trinkwasserspeicher mit erwärmt. Dieser sollte möglichst weit in den unteren Bereich des Pufferspeichers hineinragen, so dass der Kaltwasserzufluss den umgebenden Pufferspeicherbereich mit dem Solarwärmetauscher auf einem möglichst niedrigen Temperaturniveau hält. Bei einem sinnvoll konzipierten „Tank im Tank“-Speicher umfasst der Trinkwassertank etwa ein Viertel des Gesamtvolumens. Aus diesem Grund werden diese Speicher meist nur bis zu Größen von 1.000 bis 1.500 Liter eingesetzt.

Vorteile:

- kompakte Bauweise
- geringer Installations- und Regelaufwand
- kostengünstig

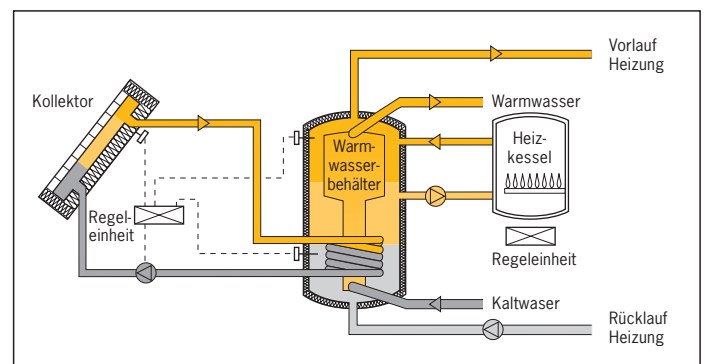


Abb. 4.2:
Einspeicheranlage
mit „Tank im
Tank“- Speicher

• Einspeicheranlage mit Kombispeicher im Heizkreislauf

In Einspeicheranlagen wird gem. **Abb. 4.3** ein zentraler Speicher – der sog. Kombispeicher – sowohl als Wärmespeicher für die Solaranlage zur Erwärmung des Trinkwassers und auch als Pufferspeicher für den Heizkessel benutzt. Hierbei wird die vom Kessel abgegebene Heizwärme grundsätzlich zunächst dem Speicher zugeführt. Leistungsspitzen beim Heizwärmebedarf können so abgepuffert werden. Darüber hinaus wird häufiges Takten des Kessels z. B. zu Zeiten mit geringem Heizwärmebedarf – und daraus resultierende höhere Emissionen – vermieden. Für Holzheizkessel ist ein Pufferspeicher ohnehin erforderlich. Diese Einbindung des Speichers in den Heizkreislauf bringt aber mit sich, dass die Leistung der Solaranlage abhängig wird vom Rücklauftemperaturniveau der Heizanlage (vgl. Kap. 2.1).

Abb. 4.3a:
Einspeicheranlage mit eingebautem Warmwasser-Wärmeübertrager im Durchlaufverfahren

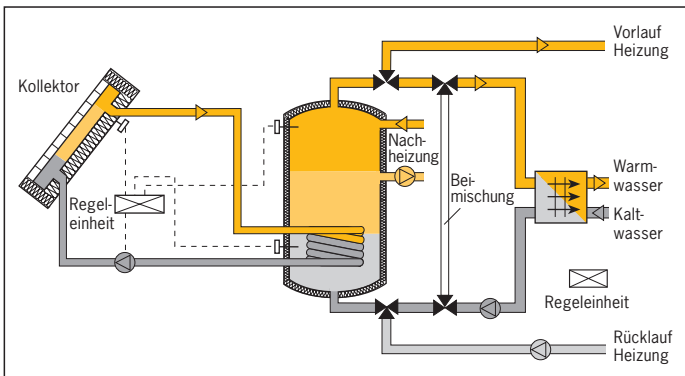
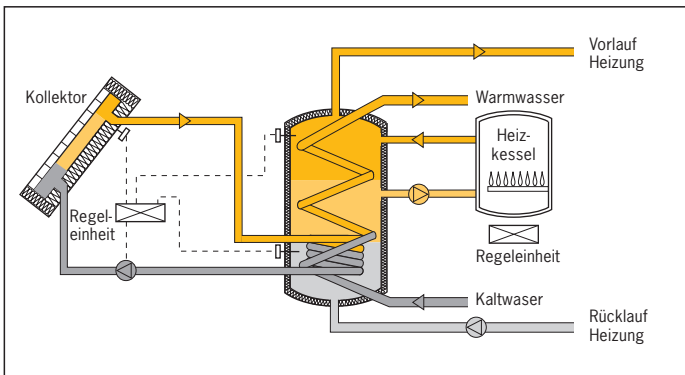
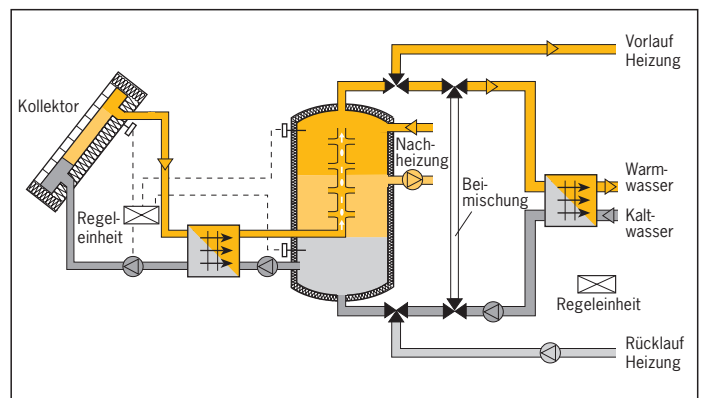


Abb. 4.3b:
Einspeicheranlage mit externem Gegenstrom-Warmwasser-Wärmeübertrager

Die Warmwasserbereitung erfolgt im Durchlaufverfahren entweder über einen eingebauten Wärmetauscher (**Abb. 4.3a**) oder extern mittels Plattenwärmetauscher und durchfluss-regeltem Pumpe (**Abb. 4.3b**).

Kombispeicher mit Schichtladevorrichtung für „Low Flow“-Anlagen

In dieser Einspeicheranlage wird über einen externen Wärmetauscher (siehe **Abb. 4.4**) die Solarwärme auf die Schichtladevorrichtung im Kombispeicher übertragen. Die niedrige Durchflussrate im Kollektorkreis bei „Low Flow“-Anlagen ermöglicht, dass sich der Wärmeträger bei entsprechender Einstrahlung stärker erhitzt. Damit kann der Bereitschaftsteil im Speicher – bei gezielter Einschichtung – sehr schnell auf Gebrauchstemperatur gebracht werden. Der Nachheizbedarf wird entsprechend verringert und andererseits die solare Deckungsrate gesteigert. Hierzu ist aber eine ausgefeilte Regelstrategie erforderlich.



Vorteile:

- wenig Wärmeverluste, da kompakte Bauweise
- höchster Nutzungsgrad bei geschichteter Speicherbeladung

Nachteile:

- Nutzungsgrad der Solaranlage von Temperaturniveau des Heizkreises abhängig
- ggf. zusätzlicher Regelaufwand für externen Warmwasser-Wärmetauscher
- zusätzlicher Regelaufwand für Schichtladebetrieb

Abb. 4.4:
„Low Flow“-Anlagen mit Schichtspeicher und externem Plattenwärmetauscher

- Kombispeicher nur zur Rücklaufanhebung des Heizkreislaufs („Vorwärmanlage“)

Bei solar unterstützten Heizanlagen, die – wie in **Abb. 4.5** dargestellt – nach dem Prinzip der Rücklaufanhebung arbeiten, dient der Speicher primär nur zur solaren Erwärmung des Bereitschaftsvolumens für die Warmwasserbereitung; bei Bedarf wird dieses zusätzlich über den Heizkessel erwärmt. Die Wärme für die Raumheizung kann vom Kessel nur direkt in den Heizungsvorlauf eingespeist werden.

Sofern die Temperatur im unteren Bereich des Speichers um etwa 5 bis 10 °C höher ist als die Rücklauftemperatur des Heizkreises, wird über den mit einer Temperaturdifferenz-Regelung ausgestatteten Rücklaufwächter der Heizungs-rücklauf durch den Speicher geleitet. Dadurch wird das Temperaturniveau des Heizungswassers angehoben, bevor es anschließend im Kessel vollends auf Vorlauftemperatur erwärmt wird.

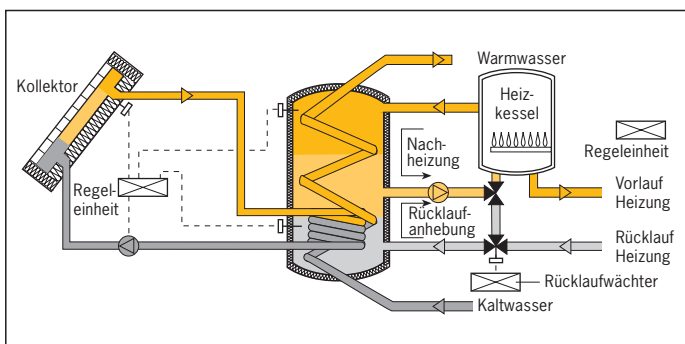


Abb. 4.5:
Vorwärmanlage mit Rücklaufanhebung und Warmwasser-Wärmeübertragung im Durchlaufverfahren

Vorteile:

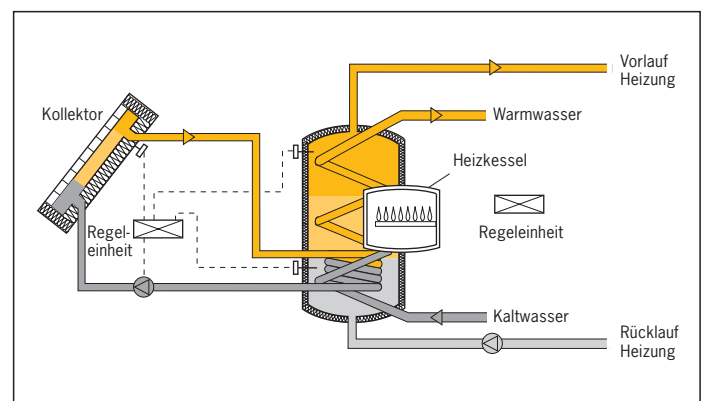
- niedrigeres Temperaturniveau im Speicher während der Heizperiode, dadurch
- geringere Wärmeverluste

Nachteile:

- häufigeres Takten des Heizkessels, da Speicher keine Pufferfunktion hat, daher
- nur in Verbindung mit modulierendem Brenner oder mit Kessel mit großem Wasservolumen sinnvoll

- Kombispeicher mit eingebauter konventioneller Nachheizung

Anlagen dieses Typs unterscheiden sich von den bisher vorgestellten Anlagenvarianten darin, dass die konventionelle Nachheizung gem. **Abb. 4.6** direkt in den Kombispeicher eingebaut ist. Diese betriebsfertige Einheit braucht nur noch mit dem Heizungs- und Warmwassernetz des Gebäudes sowie der Energieversorgung und Abgasleitung für den Kessel verbunden zu werden.



Vorteile:

- geringer Installationsaufwand
- wenig Wärmeverluste, da sehr kompakte Bauweise
- geringer Platzbedarf

Abb. 4.6:
Einspeicheranlage mit eingebauter konventioneller Nachheizung und Warmwasser-Wärmeübertragung im Durchlaufverfahren

5 Ein Platz an der Sonne

Das gestalterische Potenzial bei der Anbringung von Sonnenkollektoren wird oftmals nicht ausgeschöpft. Hier sind die Architekten und Ingenieure aufgefordert, mehr als nur das Mindestmaß an technischen, funktionalen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zu erschließen. Thermische Solaranlagen sollten als integraler Bestandteil gestalterisch guter Gebäude in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt und so zu einem selbstverständlich anerkannten Bestandteil des Bauens werden.

5.1 Einfluss der Kollektor- ausrichtung auf den Energieertrag

Die Ausrichtung und Neigung des Kollektorfeldes beeinflusst entsprechend **Abb. 5.1** den Solarertrag nicht so stark wie allgemein angenommen. Gegenüber den optimalen Bedingungen (Südausrichtung und etwa 35° Dachneigung) verringert sich z. B. der Ertrag bei Südwestausrichtung und 50° Neigung nur um ca. 5 %. Eine entsprechende Ausrichtung nach Südost führt allerdings zu Ertragseinbußen von bereits über 10 %. Der Grund für diesen Unterschied ist der höhere Luftfeuchtegehalt in den Morgenstunden. Eine darüber hinausgehende Südabweichung kann durch eine entsprechend größer ausgelegte Kollektorfläche ausgeglichen werden. Dies ist kostengünstiger als eine Kompensation der Ertragsminderung über eine schräge Aufständerung.

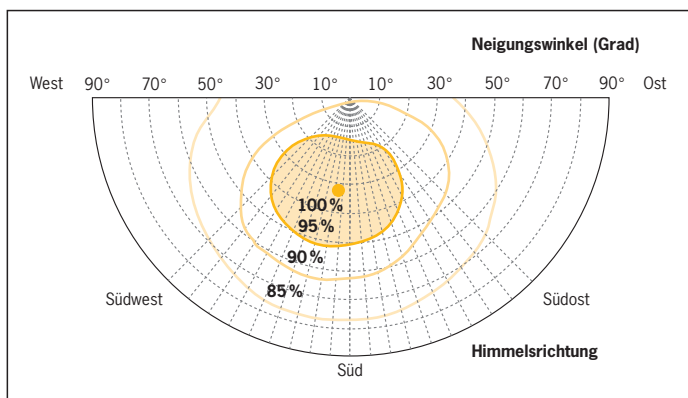


Abb. 5.1: Einfluss der Kollektororientierung auf den solaren Energieertrag

Folgende Erfahrungswerte für die Ausrichtung sollten bei der Anlagenplanung entsprechend der Nutzungsart berücksichtigt werden:

Ausrichtung möglichst nach Süden:

- tolerierbare Abweichung nach Osten um 30° für Warmwasserbereitung bzw. 15° für die Heizungsunterstützung
- tolerierbare Abweichung nach Westen um 45° für Warmwasserbereitung bzw. 15° für die Heizungsunterstützung

Neigung der Kollektorfläche

- ca. 30° bis 50° für die Warmwasserbereitung
- ca. 45° bis 70° für die Heizungsunterstützung

Ein über das bei 35° liegende ganzjährige Ertragsmaximum hinausgehender Anstellwinkel führt – wie aus **Abb. 5.2** ersichtlich – zu einer Reduktion der Erträge im Sommer und damit zu einer Vergleichmäßigung im Jahresverlauf; insbesondere bei heizungsunterstützenden Kombianlagen sollte man sich daher nach Möglichkeit am oberen Bereich für den Anstellwinkel orientieren.

Neigungswinkel von weniger als 15° sind aus technischen Gründen sowie wegen des abnehmenden Selbstreinigungseffekts durch Regen nicht zu empfehlen.

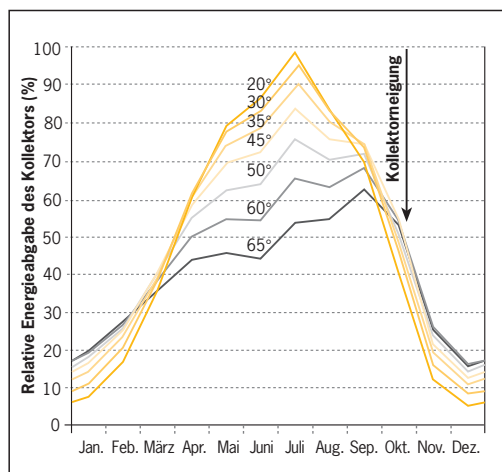


Abb. 5.2: Monatlicher Solarenergiegewinn eines südorientierten Kollektors in Abhängigkeit von der Neigung [Solarfibel]

5.2 Montagemöglichkeiten am Gebäude

Sonnenkollektoren können prinzipiell überall dort aufgestellt werden, wo sie nicht durch Bäume, benachbarte Gebäude, Kamine und sonstige Dachaufbauten verschattet werden. Der Weg zum Aufstellort des Speichers sollte dabei möglichst kurz sein. Hoch gelegene Aufstellorte wie z. B. ein geeignet ausgerichtetes Hausdach (Abb. 5.3) bieten sich daher als Montagefläche an. Ist dort ein Blitzschutz installiert, müssen die Kollektorgehäuse mit diesem elektrisch leitend verbunden werden.

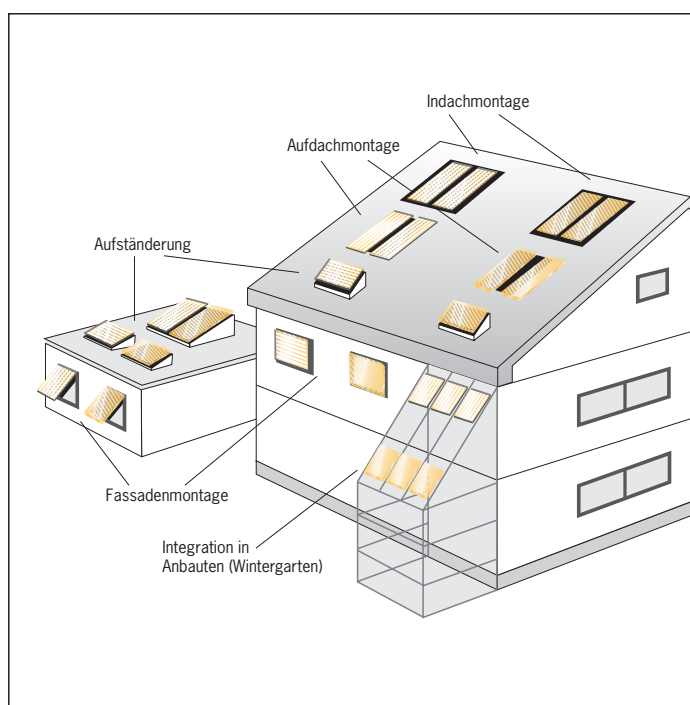


Abb. 5.3: Montagemöglichkeiten für Kollektoren am Gebäude

Eine Indachmontage bietet sich vor allem bei Neubauten an. Sie ist eine optisch ansprechende Lösung, da der Kollektor sich wie ein Dachfenster in das Gebäude integriert und die Kollektorleitungen geschützt und unsichtbar unter der Dacheindeckung verlaufen. Darüber hinaus verringert diese Einbindung in die Gebäudehülle die Wärmeverluste.

Die Aufdachmontage wird hauptsächlich bei bestehenden Gebäuden angewandt. Dabei wird der Kollektor auf Montageschienen, die durch Sparrenanker gehalten werden, über den Dachziegeln befestigt. Somit wird die Dachhaut nicht verändert; Einpassungs- und Abdichtungsprobleme im Dach können erst gar nicht entstehen. Die Anschlussverschraubungen des Kollektors liegen außerhalb des Dachs; Rohrleitungen und Fühlerkabel werden durch die Dacheindeckung hindurch ins Gebäude geführt.

Vor einer Aufständerung auf einem Flachdach ist zunächst zu klären, ob tragfähige Dachflächen, Stützpunkte oder Wände zur Ableitung der Zusatzlasten aus Eigengewicht, Wind- und Schneelast vorhanden sind. Bei vollflächig belastbaren Dächern mit entsprechend druckfester Dachhaut kann der Montagerahmen für die Solaranlage auf Zusatzgewichten (Betonplatten oder mit Kies gefüllte Blechwannen) verschraubt werden – ohne Eingriff in die Dachhaut. Ist das Dach nur punktwise belastbar, muss die Montagefläche mit Trägern überspannt werden; für deren Verankerung mit der Gebäudekonstruktion sind in der Regel Durchdringungspunkte in der Dachhaut erforderlich. Die Aufständerung ermöglicht eine ertragsoptimierte Ausrichtung des Kollektorfelds. Sie ist aber in der Regel teurer als die Auf- bzw. Indachmontage.

Gibt es auf dem Dach keine geeignete Möglichkeit, die Kollektoren zu installieren, können diese auch an einer Hauswand, an Balkonen, auf Anbauten (z. B. Wintergärten), Garagen oder Pergolen montiert werden.

5.3 Ihr Recht auf Solar-energie: Zu Baurecht und Denkmalschutz

In der Landesbauordnung für Baden-Württemberg sind Anlagen zur thermischen Solarnutzung als verfahrensfreie Vorhaben aufgeführt. Damit sind diese auch von der Kenntnisgabepflicht ausgenommen – die Baurechtsbehörde braucht demnach über deren Errichtung nicht informiert zu werden. Unabhängig von der Genehmigungsfreiheit sind jedoch die Vorschriften des Baurechts einzuhalten, z. B. bezüglich der Standsicherheit. Darüber hinaus sollten Solaranlagen so angeordnet werden, dass sie nicht verunstaltend wirken. Insbesondere wenn eine Solaranlage das Erscheinungsbild eines Kulturdenkmals beeinträchtigt, ist eine Genehmigung nach dem Denkmalschutzgesetz erforderlich.

Wenn der Bebauungsplan eine Firstrichtung in Nord-Süd-Richtung vorschreibt, können Bauherren mit dem Verweis auf eine geplante Solaranlage einen Antrag auf Abweichung vom Bebauungsplan stellen; die Gemeinde hat dann darüber „nach sachgemäßem Ermessen“ zu entscheiden. Hierbei kann sich der Bauherr auf §1 des Bundesbaugesetzes berufen, der die Nutzung erneuerbarer Energien ausdrücklich als Ziel der Bauleitplanung hervorhebt.

6 Planen mit der Sonne

6.1 Auslegung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung

Eine Solaranlage für Ein- und Zweifamilienhäuser wird üblicherweise so ausgelegt, dass im Sommer der Warmwasserbedarf durch Sonnenenergie vollständig gedeckt wird. Im Frühling, Herbst und Winter heizt die Solaranlage nur vor; der Heizkessel sorgt dann – mit entsprechend weniger Energieaufwand – für genügend warmes Wasser aus der Leitung. Solltemperatur und Warmwasserverbrauch bzw. der zugrunde liegende Wärmebedarf sind die wichtigsten und oft am wenigsten bekannten Auslegungsgrößen. Die tatsächliche Zapfrate bestimmt die Temperatur im Speicher und damit den Arbeitspunkt des Kollektors (vgl. Kap. 2.1). Die Solltemperatur hat – neben der Versorgungssicherheit – einen ausgeprägten Einfluss auf die Speicherverluste. Da die Warmwasserlast bereits ab einer Speichertemperatur von ca. 45° vollständig abgedeckt wird, bringen höhere Temperaturen im Bereitschaftsteil keinen Vorteil.

Der tägliche Warmwasserbedarf kann beispielsweise mit einer Wasseruhr am Ausgang des Speichers über längere Zeit gemessen werden. Übrigens sind zusätzliche Warmwasseranschlüsse für Spülmaschine und Waschmaschine günstig für den Nutzungsgrad einer Solaranlage. Um möglichst schnell warmes Wasser am Wasserhahn verfügbar zu haben, ist in vielen Gebäuden eine Zirkulationsleitung eingebaut. Diese Zirkulation verursacht aber hohe Wärmeverluste, die den Ertrag von 2 bis 3 m² Kollektorfläche zunichte machen können – und zerstört darüber hinaus auch die Temperaturschichtung im Warmwasserspeicher. Dessen Volumen sollte etwa das 1,5- bis 2fache des täglichen Warmwasserbedarfs umfassen. Eine Überdimensionierung des Speichers hat nur einen geringen Einfluss auf den solaren Deckungsanteil und bringt praktisch keinen zusätzlichen Gewinn.

Auslegung

Als **Faustregel** für die Anlagenauslegung gelten – pro Person – folgende Werte:

Kollektorfläche:
 1,0 bis 1,3 m² Flachkollektoren
 0,8 bis 1,0 m² Vakuumröhrenkollektoren

Speichervolumen: 60 bis 80 Liter

Dies entspricht dem 1,5- bis 2fachen des täglichen Warmwasserverbrauchs von 45 bis 60 Litern pro Tag mit 45 °C .

Diese Erfahrungswerte zur überschlägigen Auslegung einer Solaranlage für die Warmwasserbereitung sind in das Diagramm in **Abb. 6.1** eingeflossen.

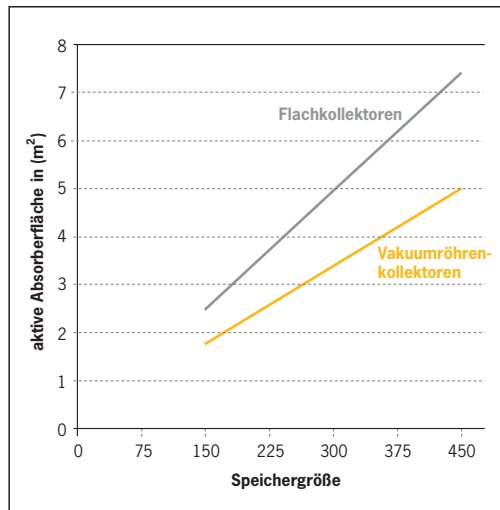


Abb. 6.1: Diagramm zur Auslegung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung [Öko-Institut]

Bei einem täglichen Warmwasserbedarf eines 5-Personen-Haushalts von etwa 250 Litern mit 45 °C sollte ein Speicher von etwa 350 Litern gewählt werden. Bei einem Süddach mit 30° bis 40° Neigung ist zur Erwärmung eine Flachkollektorfläche von etwa 5,5 m² nötig, mit Vakuumröhrenkollektoren genügt eine Fläche von ca. 4 m².

Eine nach diesen Vorgaben ausgelegte Solaranlage erreicht gem. **Abb. 6.2** eine anteilige jährliche Energieeinsparung von ca. 60 % bei der Trinkwassererwärmung und produziert nur geringe Wärmeüberschüsse im Sommer.

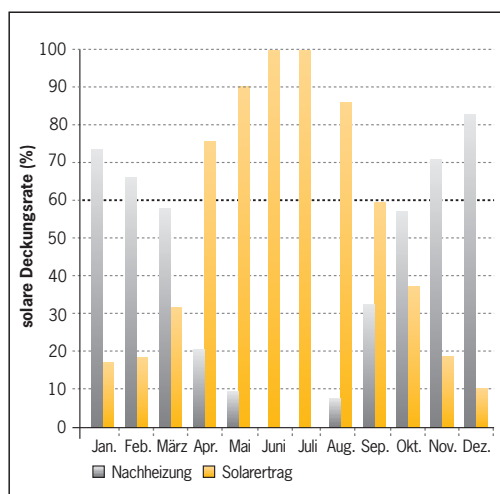


Abb. 6.2: Beitrag solarthermischer Anlagen zur Trinkwassererwärmung [ITW]

6.2 Auslegung von Kombianlagen

In Betriebsfällen, wo der Wärmeerzeuger sehr sensibel auf die Temperaturanforderungen bei der Wärmeübergabe reagiert, ist eine Abstimmung von Anlagentechnik und Gebäudeelementar wichtig. So arbeitet z. B. eine Solaranlage umso besser, je niedriger die Temperatur des zu erwärmenden Wassers ist (vgl. Kap. 2.1). Bei einer solaren Warmwasserbereitung sind diese Voraussetzungen gegeben – beträgt doch die Temperatur des zu erwärmenden Frischwassers ganzjährig nur ca. 10 °C.

Bei einer solar unterstützten Heizung dagegen wird das Speichertemperaturniveau vom Heizkreislauf vorgegeben – welcher an kalten Tagen zusätzlich von der Heizungsregelung angehoben wird. Aufgrund der geringen Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf ist auch das im Bereich des Solarwärmetauschers in den Speicher zurückfließende Wasser noch relativ warm.

Um dennoch eine Solaranlage effektiv zur Heizungsunterstützung einsetzen zu können, ist daher Voraussetzung, dass das Gebäude optimal gedämmt ist, die Lüftungsverluste minimiert wurden und möglichst viel Solarwärme passiv über Südfenster gewonnen werden kann – so dass die Heizung auf einem möglichst niederen Temperaturniveau betrieben werden kann. In diesem Zusammenhang sind Flächenheizungen geradezu prädestiniert für eine Kombination mit Solaranlagen, da diese mit niedrigen Vorlauftemperaturen auskommen.

Auslegung

Eine konkrete Anlagenauslegung erfolgt auf der Grundlage der Gebäudedaten, der Bewohnerzahl und deren Verbrauchsgewohnheiten. Folgende Erfahrungswerte für ein typisches nach der Wärmeschutzverordnung '95 gebautes Einfamilienhaus können für die überschlägige Auslegung einer Kombianlage angesetzt werden:

Kollektorfläche pro 10 m² Wohnfläche:
0,9 bis 1 m² mit Flachkollektoren bzw.
0,5 bis 0,6 m² mit Vakuumröhrenkollektoren

Pufferspeichervolumen:
Ca. 50 Liter je m² Flachkollektorfläche,
zusätzlich ca. 50 Liter für Warmwasserbedarf
je Person

Marktübliche Kombianlagen für den Einfamilienhausbereich sind mit 10 bis 15 m² Flachkollektorfläche – bei Vakuumröhrenkollektoren entsprechend weniger – und einem Speichervolumen von 600 bis 1.000 Litern ausgestattet. Eine nach diesen Vorgaben ausgelegte Kombianlage ermöglicht gem. **Abb. 6.3** jährliche Energieeinsparungen für Heizung und Warmwasserbereitung von ca. 20 %. In Häusern mit einem um ca. 25 % niedrigeren Wärmebedarf für die Raumheizung erhöht sich der solare Deckungsanteil um weitere 2 bis 4 %.

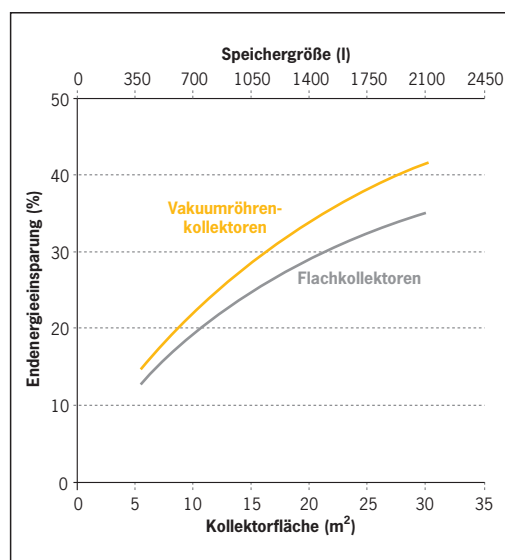


Abb. 6.3:
Diagramm zur
Auslegung von
Kombianlagen
[ITW]

Bei einer weiteren Vergrößerung auf 20 m² sind Einsparungen bis 30 % möglich. Eine zunehmende Anlagengröße führt aber dazu, dass im Sommer ein immer größerer Teil der über die Kollektoren gewonnenen Solarenergie nicht genutzt werden kann.

Für den Anlagenplaner sind nachfolgend aufgeführte Aspekte wichtig. Sie sollten vom Bauherrn – anhand der Checkliste in **Tab. 6.1** – auch als Vorbereitung für Beratungsgespräch und Angebotseinholung nach Möglichkeit vorher erfasst werden.

Checkliste der planungsrelevanten Gebäudedaten

Angaben zum Gebäude

Gebäudetyp:

- Einfamilienhaus
 Mehrfamilienhaus/Stockwerke: _____

Montageort für Kollektoren:

- Schrägdach
 Flachdach
 Fassade, Balkon

Dacheindeckung: _____

Dachneigungswinkel: _____ °

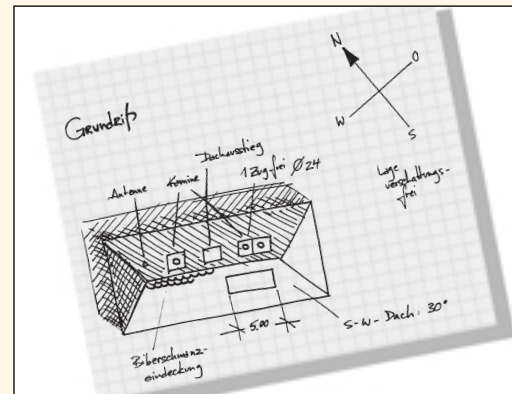
Dachausrichtung: _____

Nutzbare Montagefläche:

_____ Länge x _____ Breite = _____ m²

Skizze des Montageortes:

(ggf. Teilverschattung mit einzeichnen)



Zusätzliche Angaben für eine solare Trinkwassererwärmung

Warmwasserbedarf für:

_____ Personen: _____ Liter
 Spülmaschine: _____ Liter
 Waschmaschine: _____ Liter

Größe des Warmwasserspeichers: _____ Liter

Warmwasserbereitung erfolgt

- zentral, Ort: _____
 mit/ohne Zirkulationsleitung
 dezentral an den Zapfstellen

Energieträger zur Trinkwassererwärmung:

- Öl
 Gas
 Strom
 Holz
 Fernwärme

Jährlicher Warmwasserverbrauch laut Heizkostenabrechnung bzw. Warmwasser-Zähler: _____ Liter

Zusätzliche Angaben zur solaren Heizungsunterstützung

Baujahr des Gebäudes: _____

Größe der beheizten Wohnfläche: _____ m²

Heizleistung des vorh. Kessels: _____ kW

Baujahr des vorhandenen Kessels: _____

Abgasverluste (lt. Abgasmessung): _____ %

Raumheizung erfolgt

- zentral, Vorlauf-/Rücklauftemperatur
 _____ °C / _____ °C
 mit Heizkörpern
 mit Fußboden- bzw. Wandflächenheizung
 dezentral mit Einzelöfen

Energieträger zur Gebäudeheizung:

- Öl
 Gas
 Strom
 Holz
 Fernwärme

Jährlicher Energieverbrauch laut Heizkostenabrechnung bzw. Wärmemengenzähler: _____ kWh

7 Von der Theorie zur Praxis

7.1 Inbetriebnahme

Der Kollektorkreis muss nach Fertigstellung einer Druckprobe unterzogen werden bei einem Mindestdruck entsprechend der Angabe des Kollektorherstellers. Danach wird die Anlage gespült. Dies ist zur Entfernung von Schmutzresten unbedingt erforderlich, die ansonsten die Pumpe beschädigen könnten. Zur Befüllung des Kollektorkreises ist dessen Gesamtvolumen anhand der Herstellerangaben abzuschätzen. Vor dem Befüllen sind die Entlüfter zu öffnen.

Generell sollte bei der Auswahl des Wärmeträgers darauf geachtet werden, dass nur ausdrücklich für Solaranlagen geeignete, thermisch hochbelastbare Medien verwendet werden. Ein leistungsfähiger Wärmeträger muss einer Vielzahl von Anforderungen genügen. Hierzu gehört neben der effizienten Wärmeübertragung ein zuverlässiger Frostschutz. Wasser-Glykol-Gemische mit einem Frostschutzanteil von ca. 40 % verhindern sicher ein Einfrieren der Anlage: Die Anlage bleibt dann bis ca. minus 20 °C betriebsbereit, bei tieferen Temperaturen bildet sich ein zähflüssiger Eisbrei, der jedoch nicht in der Lage ist, die Rohrleitungen aufzusprengen. Allerdings sinkt durch die Frostschutzbeimischung die Wärmekapazität gegenüber Wasser um ca. 20 %. Glykolkonzentrationen über 50 % erhöhen die Druckverluste und erfordern dann eine höhere Pumpenleistung.

Der Durchfluss im Kollektorkreis kann am Durchflussmesser abgelesen und über eine Variation der Pumpenstufe eingestellt werden. (Drehzahlgeregelte Kollektorkreisumpen regulieren den Volumenstrom selbsttätig ein). Die Nachheizung sollte auf eine möglichst niedrige Temperaturschwelle (45 °C) eingestellt werden. Dies widerspricht im Übrigen auch nicht der im Arbeitsblatt W 551 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW) als Legionellenprophylaxe geforderten Möglichkeit einer täglichen Aufheizung von Warmwasserspeicher und Zirkulationsleitungen auf 60 °C, da Kleinanlagen von dieser Empfehlung ausgenommen wurden: Warmwasserspeicher und zentrale Durchflusstrinkwassererwärmer in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie generell Anlagen mit einem Speicherinhalt unter 400 Liter unterliegen nicht dieser Anforderung.

Die durchgeführten Arbeiten sowie die eingestellten Werte sollten in einem Übergabeprotokoll (**Tab. 7.1**) festgehalten werden. Diese Angaben können dann für die Betriebskontrolle als Vergleichswerte herangezogen werden, um so ggf. sich anbahnende Defekte frühzeitig zu erkennen.

Inbetriebnahme-/Übergabeprotokoll

Anlagenstandort / Betreiber: _____

Füllen der Anlage

Anlage gespült
 Druckprobe bei _____ bar Prüfdruck
 Wärmeträgermedium: Hersteller _____
 Einfüllmenge _____ l, Gemisch _____ %, frostsicher bis - _____ °C
 Vordruck am Ausdehnungsgefäß _____ bar
 Anlagenbetriebsdruck _____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur
 Ansprechdruck des Sicherheitsventils bei _____ bar
 Kollektorkreis entlüftet
 Automatikentlüfter mit vorgeschaltetem Kugelhahn abgesperrt
 Fremdstromanode in Funktion gesetzt (sofern vorhanden)

Pumpe

Drehrichtung kontrolliert
 Volumenstrom _____ l/h
 Rückschlagklappe in Arbeitsstellung

Regelung

Temperaturdifferenz des Kollektorkreisreglers auf _____ °C eingestellt
 Funktionskontrolle der Regelung durchgeführt
 Temperatur für die Nachheizung auf _____ °C eingestellt
 Maximalbegrenzung der Speichertemperatur auf _____ °C eingestellt
 Thermostatisches Mischventil auf _____ °C eingestellt (max. 60 °C)

Einweisung des Anlagenbetreibers

Grundfunktion und Bedienung des Solarreglers
 Funktion und Bedienung der Nachheizung
 Funktion der Fremdstromanode
 Wartungsintervalle
 Betriebsanweisung übergeben

Datum, Name, Unterschrift/Firmenstempel _____

Tab. 7.1:
 Übergabe-
 protokoll [DKI]
 (Kopiervorlage)

7.2 Betriebskontrolle und Wartung

Kontrolle

Eine verständliche Beschreibung der Kontroll- und Wartungsmöglichkeiten ist Grundvoraussetzung zur Vermeidung von Schäden und Fehlfunktionen. Ohne eine hinreichende Dokumentation des Systemaufbaus und der Regelung ist eine Solaranlage daher nicht vollständig. Diese Unterlagen sollten an einer gut einsehbaren Stelle im Heizraum aufgehängt werden.

Um die Funktion der Solaranlage im Betrieb zu kontrollieren, genügt es, gelegentlich einen Blick auf die Messinstrumente zu werfen (vgl. Kap. 2.3). Besonderes Augenmerk erfordert der Anlagendruck. Abgesehen von temperaturbedingten, kleineren Schwankungen deutet ein kontinuierliches Absinken des Systemdrucks weit unter den eingestellten Wert auf Undichtigkeiten im Kollektor oder Leitungssystem hin.

Der Überdruck im Kollektorkreis verhindert das Eindringen von Luft. Kommt dies dennoch vor, macht sich das in typischen Geräuschen bemerkbar. Neben der akustischen Belästigung kann dies auch zu Schäden an der Pumpe führen. Insbesondere zur Vorbeugung gegen Innenkorrosion muss das Eindringen von Luft in den Kollektorkreis vermieden werden; ggf. ist dann eine komplette Entlüftung erforderlich.

Die beiden Thermometer im Vor- und Rücklauf des Kollektorkreises geben zusammen mit dem 3. Thermometer im Speicher Aufschluss über das thermische Verhalten der Anlage: Die bei der Inbetriebnahme eingeregelter Temperaturdifferenz zwischen Kollektorvorlauf und -rücklauf (vgl. **Abb. 3.1**) sollte auch im laufenden Betrieb erhalten bleiben.

Steigt diese Temperaturdifferenz an, deutet dies auf einen verringerten Wärmeträgerumlauf hin: Verstopfung im Leitungssystem durch Schmutz, Defekt an der Pumpe oder Luft im System könnten die Ursache sein.

Sinkt die Temperaturdifferenz bei ähnlichen Einstrahlungsbedingungen immer weiter unter diesen Wert, ist dies meistens Zeichen für eine zunehmende Verkalkung des Wärmetauschers. Ein Rückgang der Kollektorleistung – z. B. durch Verschmutzung der Abdeckscheiben, Abschattung oder Luft in Teilen des Absorbers – könnten andere mögliche Ursachen sein.

Die Temperatur im Vorlauf sollte im Normalbetrieb nicht mehr als 5 bis 10 °C über der Speichertemperatur liegen. Sehr viel größere Temperaturdifferenzen zeigen (bei normaler Trinkwasserentnahme) ebenfalls die nachlassende Leistung des Wärmetauschers an.

Hohe Speichertemperaturen im Sommer müssen nicht unbedingt Grund zur Freude sein; sie können ebenso gut Anzeichen für eine zu üppig dimensionierte Kollektorfläche sein. Dagegen können mäßige Speichertemperaturen durchaus auch auf eine gut genutzte Anlage hinweisen. Durch regelmäßiges Beobachten der Temperaturanzeigen in Verbindung mit dem Wetter bekommt man schnell ein Gefühl für das Anlagenverhalten.

Wartung

Neben einer gelegentlichen Kontrolle der Instrumente fallen bei Solaranlagen nur wenig Wartungsarbeiten an: Ist der Druck im Kollektorkreis abgesunken, ohne dass Undichtigkeiten festgestellt werden konnten (z. B. durch Abblasen von Dampf bei Stillstand der Anlage im Sommer), muss Wasser nachgefüllt werden. Dabei ist auch auf die Frostschutzkonzentration zu achten, die laut Herstellerempfehlung alle 2 Jahre mit einem einfachen Test des pH-Wertes überprüft werden soll; ggf. muss dann auch Frostschutzmittel zugegeben werden. Eine regelmäßige Kontrolle des Füllstands und eine jährliche Überprüfung der Qualität des Wärmeträgers empfehlen sich insbesondere bei (groß dimensionierten) Anlagen mit hohen Betriebstemperaturen und häufigem Stillstand im Sommer. Ggf. sollte beim Speicher gelegentlich der Zustand der Opferanode kontrolliert und diese bei Bedarf erneuert werden.

Da Anlagen in Wohngebieten durch Verschmutzung nur wenig an Leistungsfähigkeit verlieren, ist eine regelmäßige Reinigung nicht erforderlich. In diesem Zusammenhang ist es im Hinblick auf Vogelschmutz aber von Bedeutung, ob sich über dem Kollektor Freileitungen, Antennen o. Ä. befinden.

Analog zum Inbetriebnahmeprotokoll sollten auch die bei der Wartung durchgeführten Tätigkeiten notiert und die überprüften Anlagendaten in einem Wartungsprotokoll (**Tab. 7.2**) festgehalten werden.

Wartungsprotokoll

Anlagenstandort / Betreiber: _____

Kollektorkreis

Anlagenbetriebsdruck _____ bar bei _____ °C Vorlauftemperatur
 Dichtheit des Kollektorkreises geprüft
 Sicherheitsventil geprüft
 Frostschutz geprüft: bis - _____ °C
 Kollektorkreis entlüftet
 Volumenstrom geprüft: _____ l/min
 Rückschlagklappe in Funktion
 Schmutzfänger gereinigt (wenn vorhanden)

Sonnenkollektor

Sichtprüfung der Kollektoren durchgeführt
 Sichtprüfung der Kollektorhalterung durchgeführt
 Sichtprüfung der Dachdichtheit durchgeführt
 Sichtprüfung der Wärmedämmung durchgeführt

Solarspeicher

Schutzstrom der Opferanode geprüft: _____ mA
 Kontrolleuchte der Fremdstromanode

Regelung

Pumpenfunktion in den Stellungen An / Aus / Auto geprüft
 Regelung zeigt _____ Betriebsstunden im Zeitraum von __/__/__ bis __/__/__
 Temperaturanzeige aller Fühler kontrolliert
 Nachheizung funktionstüchtig
 gewünschte Solltemperatur wird eingehalten
 Thermostatisches Mischventil in Funktion
 Wärmemengenzähler zeigt _____ kWh im Zeitraum von __/__/__ bis __/__/__

Datum, Name, Unterschrift/Firmenstempel _____

8 Das Angebot der Sonne: Energie zum Nulltarif

8.1 Tipps für die Marktrecherche

Der Markt für thermische Solaranlagen umfasst eine ganze Fülle von Anbietern: Von den ortsansässigen Unternehmen des Heizungsbauhandwerks bis hin zu spezialisierten Solarfirmen aus der Region. Da bei der Preisgestaltung eine Streuung vorliegen kann, ist es ratsam, vor Auftragserteilung mehrere Angebote einzuholen. Hierzu eignet sich insbesondere der Besuch einer Energie- bzw. Haustechnikmesse. Im Adressenverzeichnis diverser Fachzeitschriften sind ebenfalls zahlreiche Anbieter aufgelistet.

Um eine Aussage über die Qualität der Anlage zu erhalten und vor allem um einen Preisvergleich zu ermöglichen, sollten die Angebote möglichst detailliert aufgeschlüsselt sein. Die angebotenen (standardisierten) Montagekalkulationen können jedoch nur als Grobabschätzung betrachtet werden. Da die Installationsfälle zu unterschiedlich sind, kann der tatsächliche Montageaufwand erst nach einer Vor-Ort-Begehung realistisch bewertet werden.

Das dargestellte Beispiel für die Ausgestaltung eines Komplettangebots (**Tab. 8.1**) zu Lieferung und Montage einer Solaranlage zur Warmwasserbereitung gibt einen Überblick über die notwendigen Einzelkomponenten und deren Leistungsmerkmale. Auch für die Gestaltung eines solchen Angebots kann es als Orientierung dienen.

Wenn nicht auf ein Komplettangebot zurückgegriffen wird, besteht eine der Hauptschwierigkeiten in der Auswahl der Solarkollektoren und des Solarspeichers. Immerhin werden durch diese beiden Komponenten gemäß **Abb. 8.1** ungefähr zwei Drittel der Materialkosten verursacht. Bei der Auswahl der sonstigen Anlagenteile sind vor allem der Solarregler, die Umwälzpumpe, die Mess- und Sicherheitseinrichtungen und die verwendete Solarflüssigkeit von Bedeutung.

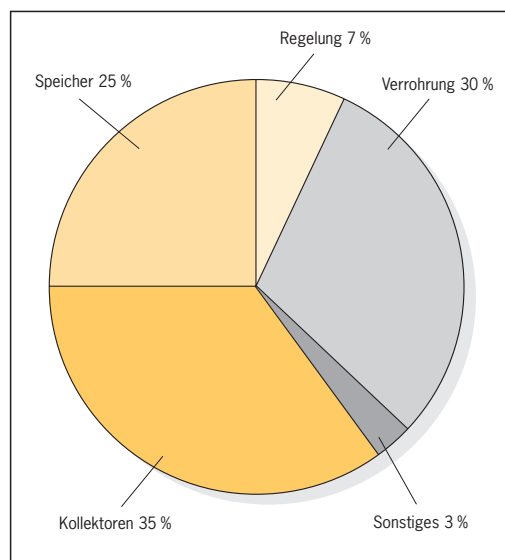


Abb. 8.1:
Verteilung der Gesamtkosten bei kleinen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung [sbz]

Angebot über Solaranlage zur Warmwasserbereitung

Position	Menge	Bezeichnung	Betrag	Zusätzliche Information
1	__ Stück	Kollektor (Hersteller, Typ, Abmessungen, wirksame Kollektorfläche, sonstige Kollektorkennwerte)	€	Datenblatt ggf. Prüfzertifikat
2		Montagesatz für die Dachmontage (Werkstoff, Zubehör, Montageart)	€	Skizze
3		Solarspeicher (Hersteller, Typ, nutzbares Volumen ____ l, Abmessungen, Dämmstärke ____ mm)	€	Datenblatt
4 4.1	1 Satz	Solarkreislauf Installationseinheit für den Solarkreislauf bestehend aus: Sicherheitsventil __ bar, Ausdehnungsgefäß ____ l, Manometer __ bar, Vor- und Rücklaufthermometer, Absperr-, Entleerungs- und Füllhähne, Rückschlagventil, Entlüftungseinrichtung Umwälzpumpe (Hersteller, Typ, Leistung) Vor- und Rücklaufleitungen (Rohrtyp, Durchmesser ____ mm) mit Isolierung (Stärke ____ mm) – im Außenbereich witterungs- und UV-beständig	€	ggf. Datenblatt
4.2	1 Stück			
4.3	____ m			
5 5.1	1 Satz	Nachheizung Installationseinheit für Anschluss vom Solarspeicher zum Heizkessel bestehend aus: Absperrventil, Rückschlagventil, ... Umwälzpumpe (Hersteller, Typ, Leistung) Rohrleitungen (Werkstoff, Durchmesser ____ mm) mit Isolierung (Stärke ____ mm)	€	ggf. Datenblatt
5.2	1 Stück			
5.3	____ m			

Tab. 8.1:
Angebotsmuster
für Lieferung
und Montage
einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung für ein Einfamilienhaus
[sbz]

Position	Menge	Bezeichnung	Betrag	Zusätzliche Information
6		Trinkwasseranschluss	€	
6.1	1 Satz	Installationseinheit für den Wassernetzanschluss bestehend aus: Rückschlagventil, Sicherheitsventil (___ bar) mit Anbindung an das Abflussrohr, Absperr- und Entleerungsventil		
6.2	___ m	Kalt- und Warmwasserleitungen zum Speicher (Leitungsmaterial je nach bestehendem Rohrnetz)		
6.3	1 Stück	Thermostatisch gesteuertes Mischventil zur Begrenzung der Trinkwassertemperatur auf 60 °C		
7		Solarregelung	€	Datenblatt
7.1	1 Stück	Temperatur-Differenz-Regelung (Hersteller, Typ, Zusatzfunktionen)		
7.2	___ Stück	Temperaturfühler für Kollektor und Speicher (Hersteller, Typ, Messbereich)		
7.3	___ m	Fühlerkabel (Material)		
8		Montagesatz für Blitzschutz und Erdung	€	
9		Inbetriebnahme	€	ggf. Datenblatt
9.1	___ l	Wärmeträgerflüssigkeit (Zusammensetzung, Frostschutz bis – ___ °C)		
9.2	1 Satz	Dokumentation der Anlage (technische Beschreibung, Rohrverlegeplan, elektrischer Schaltplan, Betriebsanleitung, Wartungsplan)		
10		Montage	€	
10.1	___ Std.	Fachgerechte Montage		
10.2	___ Std.	Fahrt- und Rüstzeiten		
10.3	___ Std.	Inbetriebnahme (Spülen, Füllen, Einregeln)		
10.4		Übergabe der fertigen Anlage mit Einweisung		
		Gesamtbetrag Mehrwertsteuer (___%) Endbetrag (inkl. MwSt.)		

8.2 Kostenrahmen für Anlagenkomponenten und Gesamtsystem

Gegenwärtig kann man etwa von folgenden Kostenrahmen für das Material ausgehen:

Flachkollektoren:

250 bis 350 €/m² ¹⁾

Vakuümrohrenkollektoren:

450 bis 950 €/m² ²⁾

Trinkwasserspeicher (300 – 400 l):

1.000 bis 1.500 € ³⁾

Kombispeicher (800 – 1.000 l):

2.000 bis 2.800 € ⁴⁾

Regler mit Fühlern

- für Warmwasseranlagen: 150 bis 200 €
- für Kombianlagen: 350 bis 500 €

Rohrleitungen, Pumpen, Armaturen

500 bis 750 €

Unterkonstruktion

50 bis 100 €/m²

^{1/2)}: Marktübersicht Solarkollektoren, Solarthemen 155, 13.03.03;

^{3/4)}: Marktübersicht Solarspeicher, www.solid.de/solarspeicher

Die Materialkosten einer Solaranlage für die Warmwasserbereitung eines 5-Personenhaushaltes (5,5 m² Flachkollektoren /350 Liter Speichervolumen) betragen etwa 4.750 €. Mit Vakuümrohrenkollektoren (4 m²) belaufen sich die Materialkosten auf ungefähr 6.750 €.

Hinzu kommen die Kosten für die Montage, die bei üblichen baulichen Gegebenheiten von zwei Handwerkern in 2 bis 3 Tagen ausgeführt werden kann. Für Standardanlagen im Ein- und Zweifamilienhausbereich können ungefähre Richtwerte angegeben werden. So liegen die Montagekosten in Neubauten bei ca. 1.000 €, bei Altbauten muss mit ca. 1.500 bis 2.000 € gerechnet werden. Zusatzkosten für ein eventuell benötigtes Gerüst oder einen Kran sind dabei nicht berücksichtigt. Gegebenenfalls kommen noch Dachdecker- und Elektroinstallationsarbeiten hinzu.

Es ergeben sich Gesamtkosten von ca. 6.000 € für Flach- bzw. 8.000 € für Vakuümrohrenkollektoren. Bei Neubauten können die Mehrkosten für eine mitinstallierte Solaranlage ggf. auf unter 3.000 € sinken.

Aus **Abb. 8.2** geht hervor, dass sich die durchschnittlichen Anlagenkosten für Solaranlagen zur Warmwasserbereitung in den zurückliegenden 20 Jahren halbiert haben.

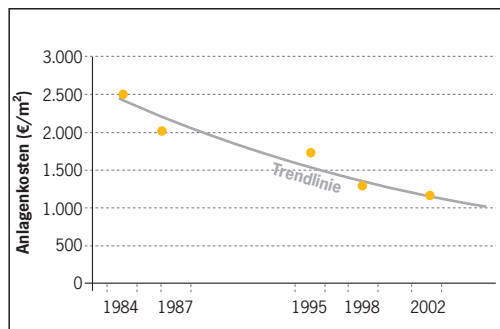


Abb. 8.2: Entwicklung der spezifischen Anlagenkosten für Solaranlagen zur Warmwasserbereitung im Privathausbereich [Stiftung Warentest/ITW]

Die mittleren Preise von marktüblichen Kombianlagen für Einfamilienhäuser – mit 10 bis 15 m² Flachkollektoren bzw. 6 bis 10 m² Vakuümrohrenkollektoren – liegen bei 12.000 € und 15.000 €; hinzu kommen ca. 2.500 € für die Montage.

Der günstigste Zeitpunkt für den Einbau einer Solaranlage ist, diese beim Neubau gleich mit zu installieren. Häufig fehlt es den Bauherren aber am Geld für diese (relativ geringe) Zusatzinvestition. Zumindest sollten dann aber die Rohrleitungen vom Dach in den Heizraum – zwei wärmeisolierte Kupferrohre sowie ein Leerrohr für das Kabel zum Temperaturfühler am Kollektor – gleich mit verlegt werden, was einen späteren Einbau erheblich vereinfacht.

Kostengünstig lässt sich eine Solaranlage auch dann einbauen, wenn ohnehin gerade eine Gebäuderenovierung durchgeführt wird. Beim Einbau einer neuen Heizung sollte statt des konventionellen Warmwasserspeichers gleich ein Solarspeicher mit zwei Wärmetauschern angeschafft werden.

8.3 Wärmegestehungskosten

Neben den Anschaffungskosten sind die Wärmegestehungskosten eine wichtige ökonomische Bewertungsgröße. Sie werden in **Tab. 8.2** und **Tab. 8.3** berechnet, indem man den gesamten Kaufpreis zum jährlichen Energiegewinn ins Verhältnis setzt. Ausgehend von einer Anlagenlebensdauer von 20 Jahren lässt sich daraus der Erzeugungspreis für eine Kilowattstunde Solarwärme berechnen.

Für die jährlichen Betriebskosten werden etwa 0,5 % der Anschaffungskosten angesetzt. Der jährlichen Annuität wird ein Zinssatz von 5 % zugrunde gelegt. Bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ergibt sich daraus ein Kapitalwiedergewinnungsfaktor von 0,08. Beim Solarspeicher werden 750 € gut geschrieben, da ohnehin – unabhängig vom Einbau einer Solaranlage – ein konventioneller Warmwasserspeicher benötigt würde.

Zur Bemessung des Energiegewinns für kleine Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung werden spezifische Erträge zugrunde gelegt in Höhe von 520 kWh/m² x Jahr beim Einsatz von Flachkollektoren und 670 kWh/m² x Jahr bei Verwendung von Vakuumröhrenkollektoren [test 4/2002]. Damit ergeben sich Wärmegestehungskosten um 18 ct/kWh bei Anlagen mit 5,5 m² Flachkollektoren sowie ca. 25 ct/kWh bei Anlagen mit 4 m² Vakuumröhrenkollektoren.

Unter der Annahme, dass die Anlage ausschließlich aus verfügbaren Eigenmitteln finanziert wird, ergeben sich für o. g. Annahmen Wärmegestehungskosten um 11 ct/kWh bzw. 16 ct/kWh. Wenn zusätzlich ein Förderzuschuss in Anspruch genommen werden kann, reduzieren sich diese Wärmepreise zusätzlich prozentual entsprechend dem Fördersatz.

5,5 m ² Flachkollektoren/ 350 l Speicher		4 m ² Vakuumröhrenkollektoren/ 350 l Speicher
4.750 €	Materialkosten	6.750 €
2.000 €	Montagekosten	2.000 €
6.750 €	Anlagenkosten	8.750 €
- 750 €	Speichergutschrift	- 750 €
6.000 €	effektive Kosten	8.000 €
30 €	Betriebskosten/Jahr	30 €
480 €	Kapitalkosten/Jahr	640 €
510 €	Jährliche Kosten	670 €
2.860 kWh	Jährliche Erträge	2.680 kWh
ca. 18 ct/kWh	Wärmegestehungskosten	ca. 25 ct/kWh

Tab. 8.2:
Wärmegestehungskosten bei Warmwasser-Solaranlagen mit Flachkollektoren sowie mit Vakuumröhrenkollektoren

12 m ² Flachkollektoren/ 700 – 900 l Speicher		9 m ² Vakuumröhren- kollektoren/ 600 – 800 l Speicher
12.250 €	Materialkosten	15.000 €
2.400 €	Montagekosten	2.400 €
14.650 €	Anlagenkosten	17.400 €
- 750 €	Speichergutschrift	- 750 €
13.900 €	effektive Kosten	16.650 €
75 €	Betriebskosten/Jahr	75 €
1.110 €	Kapitalkosten/Jahr	1.330 €
1.185 €	Jährliche Kosten	1.405 €
3.600 kWh	Jährliche Erträge	3.330 kWh
ca. 33 ct/kWh	Wärmegestehungskosten	ca. 42 ct/kWh

Tab. 8.3:
Wärmegeste-
hungskosten
bei Kombisolar-
anlagen mit
Flachkollektoren
sowie mit
Vakuumröhren-
kollektoren

Bei Kombianlagen zur zusätzlichen Heizungsunterstützung liegen die erzielbaren Wärmepreise bei Anlagen mit 12 m² Flachkollektoren im Bereich von 33 ct/kWh. Mit 9 m² Vakuumröhrenkollektoren ergeben sich Wärmegestehungskosten von ca. 42 ct/kWh. Hierbei wurden spezifische Erträge zugrunde gelegt in Höhe von 300 kWh/m² x Jahr mit Flachkollektoren sowie 370 kWh/m² x Jahr für Vakuumröhrenkollektoren [test 4/2003].

Bei vollständiger Finanzierung mit Eigenmitteln ergeben sich Wärmepreise um 21 ct/kWh bzw. 27 ct/kWh. Entsprechend reduzieren sich diese Wärmepreise auch hier prozentual mit dem Fördersatz, wenn zusätzlich ein Förderzuschuss in Anspruch genommen werden kann.

Zum Vergleich hierzu beträgt der mittlere Vollkosten-Wärmepreis einer gas- bzw. öl-betriebenen Zentralheizung mit integrierter Warmwasserversorgung im Privathausbereich – incl. Wärmeverteilung – ca. 15 ct/kWh.

Da für diese Solaranlagen eine konventionelle Wärmeversorgung zusätzlich vorgehalten werden muss, kann man den solaren Wärmepreisen vorerst nur die dadurch eingesparten Brennstoffkosten gegenüberstellen. Diese liegen bei Öl bzw. Gas derzeit bei ca. 5 bis 6 ct/kWh.

8.4 Solarwärmenutzung wird belohnt: Informationen über Fördermaßnahmen

Aus den aufgeführten Kalkulationsbeispielen geht hervor, dass Solaranlagen bereits heute Wärmeenergie zu erschwinglichen Preisen liefern. Dies gilt umso mehr, wenn deren Anschaffung durch öffentliche Fördermaßnahmen unterstützt wird.

Förderprogramme für thermische Solaranlagen werden vom Bund und den Ländern aufgelegt; auch zahlreiche Kommunen und Energieversorgungsunternehmen fördern die Sonnenenergienutzung.

Die Förderrichtlinien und -programme unterliegen einem ständigen Wandel. Ob eine Kumulation zwischen den einzelnen Förderprogrammen des Bundes, des Landes und anderer Zuwendungsgeber möglich ist, geht aus den jeweiligen Richtlinien hervor. Im Allgemeinen gilt, dass die Anträge auf Förderung vor Anschaffung der Solaranlage, d. h. vor Auftragserteilung gestellt werden müssen.

Oftmals haben interessierte Anlagenbetreiber Schwierigkeiten mit der Zuordnung der Programme; im Extremfall wirkt sich diese unübersichtliche Fördersituation sogar als Kaufhemmnis aus. Damit es nicht soweit kommt, informiert das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg über die aktuellen Förderprogramme und deren jeweilige Zielgruppen und hat hierzu entsprechendes Informationsmaterial erstellt. Diese Förderübersicht kann auch auf der Internetseite des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg abgerufen werden unter:

www.wm.baden-wuerttemberg.de

Auch die im Anhang aufgelisteten Stellen bieten weitere Informationen – u. a. auch über Fördermaßnahmen.

9 Kurz und bündig: Die Zusammenfassung

Die beiden im Wohngebäudebereich hauptsächlich eingesetzten Kollektortypen „Flachkollektor“ und „Vakuumröhrenkollektor“ werden vorgestellt und bezüglich ihrer Anwendung zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung diskutiert.

Entsprechend der Erkenntnis, dass letztlich das Gesamtsystem für den Ertrag entscheidend ist, werden Speicher, Regler, Pumpe und Sicherheitseinrichtungen umfassend erläutert, so dass sich der Leser ein Bild machen kann von Aufbau und Funktion der Gesamtanlage.

Die Kapitel über die Anlagenkonzepte führen zu dem Schluss, dass eigentlich der Speicher das „Herzstück“ einer Solaranlage ist: Der jeweilige Speicheraufbau bestimmt die Betriebsweise! Die derzeit gebräuchlichen Lösungen werden mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt, um eine Zuordnung zu einem konkret vorliegenden Anwendungsfall zu erleichtern.

Im Kapitel zur Montage des Kollektorfelds wird zunächst der Einfluss der Ausrichtung entschärft. Darüber hinaus wird herausgearbeitet, wie mit einer „ertragsmindernden“ Anordnung Wärmeüberschüsse im Sommer reduziert werden können. Ein kurzer Abriss über die Montagemöglichkeiten am Gebäude soll nicht zuletzt auch als Hinweis auf das gestalterische Potenzial verstanden werden.

Nach der Theorie zur praktischen Umsetzung: Für Warmwasser- und Kombianlagen werden übersichtliche Auslegungen vorgestellt. Auch erhält der künftige Anlagenbetreiber einen Eindruck, was beim Anlagenbetrieb „von ihm abverlangt“ wird. Abschließend werden Fragen zu Kosten und Wirtschaftlichkeit erläutert – ergänzt mit Hinweisen zu ggf. möglichen Fördermaßnahmen.

10 Ihr heißer Draht zur Sonne: Informationsstellen in Baden-Württemberg

Anschrift	Ansprechpartner	Telefon / Fax	E-Mail / Internet
Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg Theodor-Heuss-Straße 4 70174 Stuttgart	Herr Lutz	07 11/1 23-25 69 07 11/1 23-23 77	hans-peter.lutz@wm.bwl.de www.wm.baden- wuerttemberg.de
Zukunft Altbau Klimaschutz- u. Energieagentur Baden-Württemberg GmbH Kaiserstraße 94a 76133 Karlsruhe	Frau Rist	07 21/9 84 71-26 07 21/9 84 71-20	claudia.rist@ zukunfaltbau.de www.zukunfaltbau.de
Fachverband Sanitär-Heizung-Klima Baden-Württemberg Viehhofstraße 11 70188 Stuttgart	Herr Knapp	07 11/48 30 91 07 11/46 10 60 60	info@fvshkbw.de www.fvshkbw.de
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH Kaiserstraße 94a 76133 Karlsruhe	Herr Dr. Sawillion	07 21/9 84 71-0 07 21/9 84 71-20	info@kea-bw.de www.kea-bw.de
Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) e.V. Energieforum Stralauer Platz 34 10243 Berlin	Herr Stryi-Hipp	030/297 77 88-0 030/297 77 88-99	info@bsw-solar.de www.bsw-solar.de
Hochschule Ulm Thermische Systeme und Simulation Prittitzstraße 10 89075 Ulm	Herr Ziegler	07 31/50-28 35 7	f.ziegler@hs-ulm.de www.hs-ulm.de
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Heidenhofstraße 2 79110 Freiburg	Herr Rommel	07 61/45 88-51 41 07 61/45 88-90 00	info@ise.fhg.de www.ise.fhg.de
Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 6 70550 Stuttgart	Herr Fischer Herr Drück	07 11/6 85 63 23 1 07 11/6 85 63 55 3 07 11/6 85 63 50 3	pm@itw.uni-stuttgart.de www.itw.uni-stuttgart.de
Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik (STZ-EGS) Gropiusplatz 10 70563 Stuttgart	Herr Baumgärtner	07 11/9 90 07-73 07 11/9 90 07-99	stz327@stz-egs.de www.stz-egs.de

11 Wanderausstellung „Thermische Solaranlagen“

Auf 16 Tafeln erfährt der Betrachter alles Wesentliche in Sachen thermischer Solaranlagen. Im ersten Teil werden Aufbau und Montage beschrieben sowie die relevanten Komponenten „Flach- bzw. Röhrenkollektor“ und „Wärmespeicher“ erläutert. Es folgt die Vorstellung der gängigen Anlagenkonzepte zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit nützlichen Auslegungshinweisen.

Der letzte Teil der Ausstellungstafeln illustriert das breite Anwendungsspektrum für thermische Solaranlagen anhand der drei Beispiele „Einfamilienhaus“, „Wohnanlage“ und „Freibad“.

Die einfach aufzustellende Wanderausstellung benötigt etwa 50 m² Stellfläche; zum Transport genügt ein PKW. Gemeinden, Wirtschaftsorganisationen, Bildungseinrichtungen, Firmen sowie Solarvereine und lokale Agenden aus Baden-Württemberg können die Wanderausstellung kostenlos beim Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg ausleihen.



12 Vortragsfoliensatz „Thermische Solaranlagen“

Für begleitende Vortragsveranstaltungen hat das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg einen Foliensatz „Thermische Solaranlagen“ konzipiert.

Ca. 50 Seiten stehen zur Auswahl, die man aus dem Internet unter

www.wm.baden-wuerttemberg.de

herunterladen und auf Folienvorlagen ausdrucken bzw. in eigene multimediale Präsentationen einbinden kann.





Baden-Württemberg

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM