

Architektur & Solarthermie

Dieses Buch besteht aus zwei Teilen. Ein Abschnitt behandelt den heutigen Stand der Solartechnik und verschiedene Baumaterialien. Der andere dokumentiert den Wettbewerb „Architektur & Solarthermie“, der die Integration solarthermischer Anlagen in der Architektur zum Inhalt hat. Die Initiatoren wollen einen Bogen zwischen rein technisch-wissenschaftlichem Ansatz von Solartechnik und den Möglichkeiten zukunftsweisender Gestaltung schlagen. Neben den Preisträgern und Anerkennungen werden auch zahlreiche nicht prämierte Projekte aus folgenden Kategorien vorgestellt:

- Gewerbe-, Forschungs- und Schulbauten
- Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser
- Geschosswohnungsbau
- Umnutzung und Sanierung

Das vorliegende Werk verbindet in besonderer Weise den theoretischen Hintergrund mit praktischer Umsetzung.

Architektur & Solarthermie

**Architektur & Solarthermie
(Hg.) Deutsches Kupferinstitut
Verlag Das Beispiel**

Impressum

Verlag



Verlag Das Beispiel GmbH, Darmstadt, 2001
ISBN: 3-935243-12-X. Alle Rechte vorbehalten.
Internet: <http://www.verlag-das-beispiel.de>

Herausgeber



Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf

Layout

schäferMdesign, Mühlthal

Druck

Druckhaus Darmstadt GmbH, Darmstadt

Satz und Lithografie

Typoservice GmbH, Griesheim

Inhalt

7	Vorwort	Heinrich Pfeffer
9	Kupfer – das aktive Element in der Solarthermie	Dr. Werner Seitz
13	Anwendung von Solartechnik	Klaus Lambrecht Uli Jungmann
35	Reduktion der Verluste an die Umwelt und Erhöhung der Gewinne aus der Umwelt	Prof. Peter Steiger René Sigg
49	Die Auslobung für den Wettbewerb Architektur und Solarthermie	Dr. Andreas Häberle Werner Warmuth
52	Preisträger (alle Kategorien)	
84	Auswahl eingereichter Arbeiten: Gewerbe-, Forschungs- und Schulbauten	
96	Auswahl eingereichter Arbeiten: Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser	
111	Auswahl eingereichter Arbeiten: Geschosswohnungsbau	
118	Auswahl eingereichter Arbeiten: Umnutzung und Sanierung	
122	Auswahl eingereichter Arbeiten: Besondere	

Kapitel: Anwendung von Solartechnik

Klaus Lambrecht, Diplom-Physiker
ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR

Uli Jungmann, Dipl.-Ing. (Architektur)
ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR

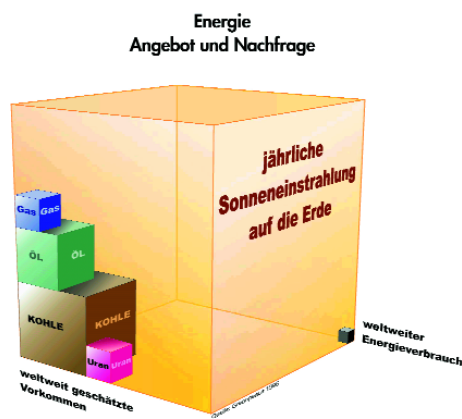


Abb. 1:
Jährliche Sonneneinstrahlung auf die Erde im Verhältnis zum Vorkommen nicht erneuerbarer Energieträger und weltweitem Energieverbrauch.
Quelle: Fa. Wagner & Co.

1 Einleitung

1.1 Die Sonne als Energiequelle

Die Sonne ist seit Jahrmillionen unser wichtigster Energielieferant. Ohne sie wäre das Leben auf der Erde undenkbar. Auch die fossilen Energierohstoffe Kohle, Öl und Erdgas, die heute in großem Maßstab abgebaut werden, sind nichts anderes als gespeicherte Sonnenenergie aus früheren Erdzeitaltern. Die Sonne ist 150 Mio. km von der Erde entfernt und produziert jede Sekunde mehr Energie, als die Menschen während der gesamten Zeit ihrer Existenz verbraucht haben. Etwa 4×10^{23} kW strahlt die Sonne jede Sekunde in den Weltraum ab, wovon $1/200.000.000$ (0,0000002 %) auf die Erde treffen (Globalstrahlung). Aber selbst dieser kleine Teil ist reichlich, um das ganze Leben der Erde mit Energie zu versorgen. Die Sonneneinstrahlung in Deutschland, Österreich und der Schweiz entspricht 130 mal der Energiemenge, die wir benötigen.

Im Weltraum ist die Strahlungsintensität noch nahezu konstant. Auf einem Quadratmeter Fläche, die senkrecht zu den Sonnenstrahlen orientiert ist, fallen immer rund 1353 W/m^2 . Auf der Erde wird sie neben dem Tageslauf und der Jahreszeit auch durch die Atmosphäre, das Wetter und den geographischen Standort bestimmt. Somit ist die Energieeinstrahlung der Sonne auf die Erdoberfläche nicht konstant. Die tägliche Einstrahlung variiert von einigen Hundert Wh/m^2 an extrem trüben Tagen bis zu rund 8 kWh/m^2 an sonnigen Sommertagen. In Deutschland, Österreich und der Schweiz beträgt die jährlich einfallende Sonnenstrahlung im Durchschnitt rund 1000 kWh/m^2 auf eine Fläche, die nach Süden ausgerichtet ist und eine Neigung von 45° gegen die Horizontale hat. Für die momentane Einstrahlung gilt etwa für mitteleuropäische Breiten:

bei klarem Himmel: $> 1,0 \text{ kWh/m}^2$
Sonne bricht durch die Wolken: $\sim 0,6 \text{ kWh/m}^2$
Sonne als weiße Scheibe
erkennbar: $\sim 0,3 \text{ kWh/m}^2$

Die Herausforderung der Sonnenenergienutzung liegt daher sowohl in deren Gewinnung als in der Notwendigkeit, Energie für Zeiten mit zu geringer Einstrahlung zu speichern. Energieangebot und -nachfrage dahingehend in Übereinstimmung zu bringen, dass Solarenergie z.B. auch große Anteile am Wärmebedarf von Gebäuden decken kann, wurde in den letzten Jahrzehnten durch eine kontinuierliche Entwicklung der Komponenten (insbesondere Kollektoren mit selektiver Beschichtung, Speicher mit Schichtenladung und Regelsysteme) erreicht. Der Anteil der diffusen Strahlung ist übers Jahr größer als derjenige der direkten Strahlung. Da die Sonne in Mitteleuropa nie senkrecht steht, hat die Sonnenstrahlung hier einen längeren Weg durch die Atmosphäre; bei Wintersonnwende am 21. 12. um 12 Uhr bis zu 6 mal so weit wie am Äquator. Die Strahlung

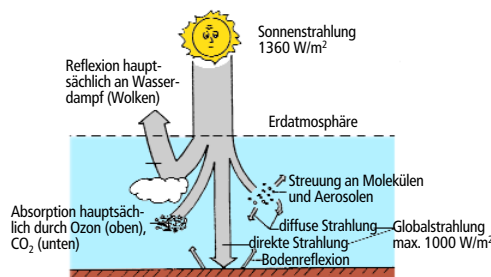


Abb. 2:
Die Solarstrahlung wird beim Durchgang durch die Erdatmosphäre durch viele Faktoren beeinflusst. In Mitteleuropa erreichen die Erdoberfläche bei klarem Himmel 1000 W/m^2 , bei bedecktem Himmel nur noch etwa 300 W/m^2 .
Quelle: H. Ladener, F. Späte, Solaranlagen, ökobuch Verlag, Staufen 2001

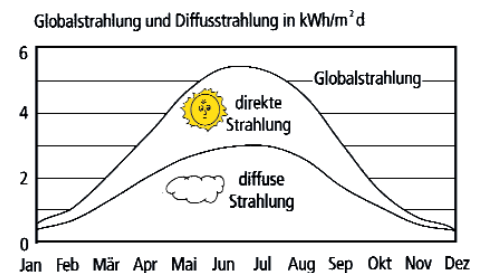
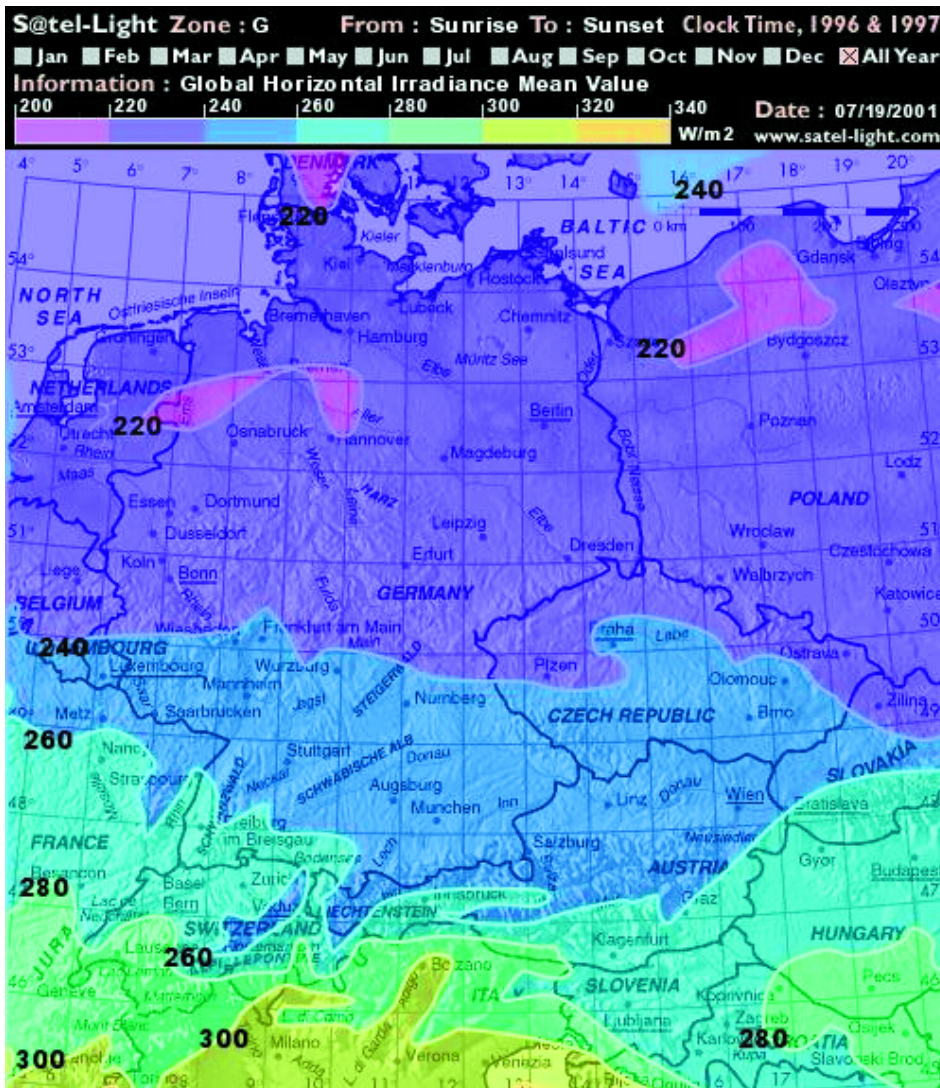


Abb. 3:
Der Anteil der diffusen Strahlung an der Globalstrahlung liegt in unseren Breiten bei durchschnittlich 50–70 % je nach Jahreszeit.

Quelle: H. Ladener, F. Späte, Solaranlagen, ökobuch Verlag, Staufen 2001

len treffen zudem in einem spitzeren Winkel auf die Erde. Dadurch verteilt sich dieselbe Energie, die bei senkrechter Einstrahlung auf einen m^2 trifft auf eine entsprechend größere Fläche. Die Ausrichtung einer Solaranlage erfolgt daher nach der Sonnenbewegung an ihrem geografischen Standpunkt. Ein weiterer wesentlicher, von der geografischen Lage abhängiger Faktor, ist die nutzbare Sonnenscheindauer. Die Zeiträume Januar, November und Dezember sind nur mit sehr kleinen Anteilen der Strahlung zu betrachten, die Monate Februar und Oktober mit verminderten Werten anzusetzen. In

Abb. 4:
In Strahlungskarten sind die durchschnittlichen Sonneneinstrahlungen dargestellt.
Quelle: www.satel-light.com



Strahlungskarten sind die durchschnittlichen, jährlichen Sonneneinstrahlungen festgehalten.

Folgeprodukte der Sonnenenergie sind die sogenannten erneuerbaren Energien. Kennzeichnend für deren Nutzung ist es, dass natürliche Energieströme der Ökosphäre entnommen und nach Erfüllung der Energiedienstleistung wieder an die Umwelt zurückgegeben werden. Sonnenenergie, die auf die Erde trifft, wird früher oder später als Wärme wieder ins Universum ausgestrahlt. Aber zunächst wird hiervon ein Teil in andere Energieformen wie Wind, Wellen, Meeresströme und Niederschläge umgewandelt. Ein sehr kleiner Teil der Sonnenstrahlung, ca. 0,02 %, wird über die Photosynthese zum Stoffwechsel der Pflanzen benötigt. Auch diese Energieformen werden mit der Zeit als Wärme an das Universum abgegeben. Es gilt sie also zu nutzen, solange sie vorhanden sind. Das Licht der Sonne wird von den Pflanzen über die Photosynthese mit gleichzeitiger CO_2 -Bindung in Biomasse umgesetzt. Bei der Verbrennung der Biomasse kann Wärmestrahlung erzeugt werden. Das dabei entstehende CO_2 wird dann zum Aufbau neuer Biomasse genutzt. Neue Technologien erlauben uns heute, erneuerbare Energiequellen in Energiedienstleistungen umzusetzen und zu speichern. Dazu bieten sich Wasserkraft, Windenergie, Geothermie, Solarthermie, Photovoltaik, Bio-, Klär-, Deponiegas, Rapsöl sowie biogene Festbrennstoffe an. Darüber hinaus ist es notwendig, durch bessere Effizienz den Energieverbrauch weltweit noch in diesem Jahrhundert, wenn die nicht regenerativen Energiequellen (wie Öl, Gas, Kohle und Uran) weitgehend erschöpft sind, soweit zu beschränken, dass er aus Erneuerbaren Energien gedeckt werden kann.

1.2 Aktive und passive Solarenergienutzung

Bei der aktiven Solarenergienutzung wird Sonnenenergie mit Hilfe aktiver Gebäude- und Regeltechnik in Nutzenergie umgewandelt. Man unterscheidet zwei Arten der aktiven Solarenergienutzung: Solarthermie für solaren Wärmegewinnung und Photovoltaik zur solaren Stromerzeugung. Bei der Solarthermie wird das Sonnenlicht über Sonnenkollektoren in Wärme umgewandelt und steht dann zur Warmwasserbereitung oder Gebäudeheizung zur Verfügung. Bei der Photovoltaik wird das Sonnenlicht in Solarzellen, die zu Solarmodulen zusammengesetzt werden, direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Den größten Ertrag erbringt eine Solaranlage bei einer Ausrichtung nach

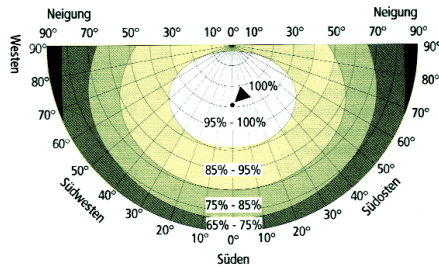


Abb. 5:
Minderung des Energieertrags von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung bei Abweichung von der optimalen Ausrichtung. Selbst bei Abweichungen von 45° aus Süden sind nur geringe Ertragsminderungen in Kauf zu nehmen, die problemlos durch geringfügig größere Kollektorflächen ausgeglichen werden können.

Quelle: A. Henze, W. Hillebrand, Strom von der Sonne, ökobuch Verlag, Staufen 1999

Süden. Eine Abweichung von $\pm 45^\circ$ vermindert den Ertrag jedoch um lediglich 15 %, was problemlos durch eine größere Kollektorfläche ausgeglichen werden kann. Die beste Neigung eines Solarkollektors im Verhältnis zur Waagerechten hängt von der Nutzung der Sonnenenergie ab. Für Anlagen zur Trinkwassererwärmung liegt die beste Neigung zwischen 30° und 45° , zur Raumbeheizung bei 40° bis 60° . Für Photovoltaikanlagen liegt die beste Neigung bei 30° .

Die passive Solarenergienutzung setzt die Sonnenstrahlung ebenfalls gezielt zur Wärmeengewinnung ein, allerdings ohne aktive Technik und Regelung. Durch große Öffnungen nach Süden dringt die Sonne im Winter tief in den Raum ein. Beim Auftreffen auf einen Gegenstand oder ein Bauteil (Boden, Wand) wird das Sonnenlicht, je nach Material zu unterschiedlichen Teilen, reflektiert oder absorbiert. Bei der Absorption wird das Sonnenlicht in Wärme umgewandelt. Verstärkt wird die passive Solarenergienutzung durch den so genannten Gewächshauseffekt. Sonnenlicht durchdringt das Fensterglas nahezu ungehindert, wo hingegen für die Wärmestrahlung das Glas nicht durchlässig ist. So verbleibt die entstehende Wärme im Gebäude. Den größten Energieertrag bringt ein südorientiertes Fenster. Bei Abweichungen bis zu $\pm 20^\circ$ sind jedoch lediglich Einbußen bis 5 % hinzunehmen. Bei der passiven Solarenergienutzung spielen außerdem Bauform, Raumorientierung und Grundrissgestaltung, Verschattung, Wärmedämmung, Speichermassen und Wärmepufferzonen eine entscheidende Rolle. So ist es ratsam, eine kompakte Bauform zu wählen, um die Wärmeverluste zu minimieren. In jedem Gebäude gibt es Räume, die wärmer und andere, die kühler sein sollten sowie Räume wie Küchen oder Büros, in denen viel Wärme entsteht. Durch intelligente Anordnung der Räume lassen sich Heizkosten sparen. Geeignete Schattenspenden verhindern, dass die Sonnenstrahlung, die in der kalten Jahreszeit die Räume kostenlos heizt, im Sommer das Gebäude überhitzt. Im Süden steht die Sonne im Som-



Abb. 6:
Aktive und passive Solarenergienutzung ergänzen sich hervorragend. Die passive Solarenergienutzung setzt die Sonnenstrahlung ebenfalls gezielt zur Wärmeengewinnung ein. Allerdings ohne aktive Technik und Regelung. Durch große Öffnungen nach Süden dringt die Sonne im Winter tief in den Raum ein.

Quelle: Klaus Lambrecht, www.solaroffice.de

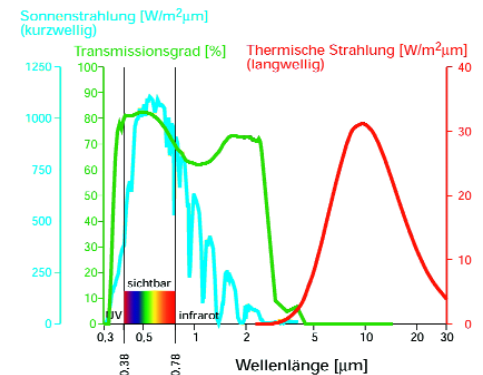
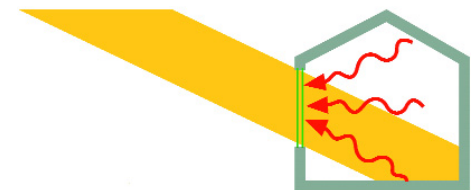


Abb. 7:
Sonnenlicht durchdringt das Fensterglas nahezu ungehindert, wo hingegen für die bei der Absorption des Lichtes entstandene Wärmestrahlung das Glas nahezu undurchlässig ist. Durch diesen sogenannten Gewächshauseffekt bleibt die solar gewonnene Wärme im Haus.

Quelle: Energiegerechtes Bauen und Modernisieren. Birkhäuser Verlag.

Südfenster und Dachüberstand als Klimaregler

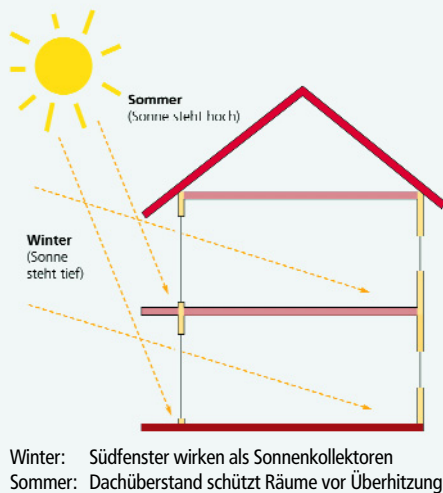


Abb. 8:
Um sommerliche Überhitzung des Gebäudes zu vermeiden ist eine effektive Verschattung erforderlich. Im Süden steht die Sonne im Sommer so hoch, dass hier mit baulichen Elementen ein ausreichender Sonneschutz gewährleistet werden kann.
Quelle: W. Witzel, D. Seifried, *Das Solarbuch*, ökobuch Verlag, Staufen 2000

mer so hoch, dass hier mit horizontalen, baulichen Elementen wie Dachüberständen oder Balkonen ein ausreichender Sonneschutz zu gewährleisten ist. Bei tiefstehender Sonne im Westen und Osten bieten hingegen nur Rollos, Markisen, Fensterläden oder selbstverdunkelnde Gläser den notwendigen Schutz. Ein natürlicher Sonnenschutz kann durch eine Bepflanzung mit ausgewählten Laubbäumen und Sträuchern im Garten erreicht werden. Zur Minimierung der Wärmeverluste ist eine sorgfältig ausgeführte Wärmedämmung ohne Wärmebrücken entscheidend. Mit einer TWD (transparenten Wärmedämmung) vor der Südwand lassen sich gleichzeitig noch solare Gewinne von 50 – 150 kWh/m²a erzielen. Sie lässt einen großen Teil des Sonnenlichts bis auf die dahinter liegende Wand durchdringen, wodurch diese sich wie ein Kollektor erwärmt. Da die Dämmung das Auskühlen der Wand nach außen verhindert, wird die entstehende Wärme mit zeitlicher Verzögerung nach und nach an den Innen-

raum abgegeben. Durch den zeitverzögerten Energieeintrag über die Transparente Wärmedämmung lässt sich solare Wärme auch noch bis spät in die Nacht nutzen. So ergänzen sich die solaren Gewinne aus großflächiger Verglasung und TWD hervorragend, da sie zeitlich versetzt dem Raum zugute kommen. Auch hier müssen effektive Verschattungsmaßnahmen insbesondere auch gegen diffuses Licht getroffen werden, da sich sonst das Gebäude im Sommer sehr schnell überhitzt. Mit einer guten TWD kann der Heizenergieverbrauch im Vergleich zu konventionell gedämmten Gebäuden um bis zu 80 % gesenkt werden. Massive Bauteile wie Böden, Wände oder Decken dienen als Wärmespeicher und sollten bereits im Entwurf mit eingeplant werden. Unbeheizte Anbauten wie Garagen, Schuppen oder Wintergärten können als Wärmepuffer zur Verringerung der Wärmeverluste des Gebäudes beitragen. Der Energiegewinn durch einen Wintergarten wird jedoch oft überschätzt.

Die Nutzung von Solarenergie kann heute bereits im Vorfeld mit dynamischen Verfahren bei der Berechnung des Wärmebedarfs eines Gebäudes berücksichtigt werden. Je früher die Nutzung regenerativer Energien in der Planung berücksichtigt wird, desto effektiver kann sie bei optimierten Investitionskosten realisiert werden und desto höher sind auch die Einsparpotentiale.

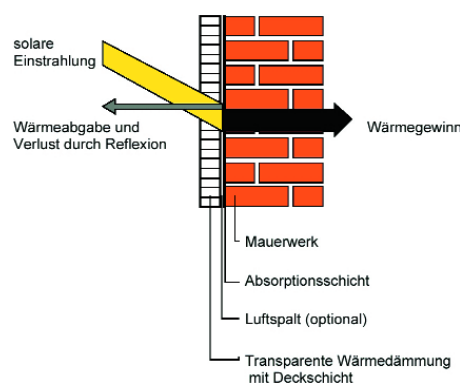


Abb. 9:
Mit einer transparenten Wärmedämmung erwärmt sich die Außenwand des Gebäudes bei Sonneneinstrahlung und gibt diese Wärme an den Innenraum wieder ab.
Quelle: Info 2, Fachverband TWD

2 Aufbau und Funktion von thermischen Solaranlagen

Thermische Solaranlagen bestehen grundsätzlich aus einem Solarkollektor, dem Solarkreislauf und einem Wärmespeicher. Der Solarkollektor wandelt die optische Strahlung der Sonne, das Sonnenlicht, in Wärme um. Die Umwandlung erfolgt nach der einfachen physikalischen Tatsache, dass dunkle Flächen das Sonnenlicht schlucken (absorbieren) und sich dadurch aufheizen, wo hingegen helle Flächen das Sonnenlicht zurückstrahlen (reflektieren) und uns dadurch blenden. Der Wärmeträger im Solarkreis nimmt beim Durchströmen des Kollektors die gewonnene Wärme auf, transportiert sie zum Speicher und gibt sie dort über Wärmetauscher an den Speicherinhalt wieder ab. Im Speicher wird die gewonnene Wärme bis zur tatsächlichen Nutzung bereit gehalten. Er hat also die Aufgabe, die natürlichen Schwankungen im Solarenergieangebot und die zeitlichen Differenzen zwischen Energieangebot und Wärmebedarf auszugleichen. Deckt der Energieertrag der Solaranlage einmal nicht den Bedarf, kann das Wasser im Speicher mit Hilfe einer Nachheizung auf das geforderte Temperaturniveau erwärmt werden.

2.1 Schwerkraftanlagen – Thermosiphon-Systeme

Vorraussetzung für die Funktion einer Schwerkraftanlage ist, dass der Speicher höher liegt als der Kollektor. Das Prinzip einer Solaranlage mit Schwerkraftumlauf beruht nämlich auf der physikalischen Tatsache, dass warme Flüssigkeit automatisch nach oben steigt. Bei Erwärmung im Kollektor und im Leitungssystem steigt die Wärmeträgerflüssigkeit also auf und fließt zum höchstgelegenen Punkt der Anlage, dem Speicher. Auf der anderen Seite fließt die abgekühlte Wärmeträgerflüssigkeit vom Speicher zum Kollektor zurück. Der Umlauf kommt in Gang, wenn das Wasser im Kollektor wärmer ist als im Speicher. Er wird um so stärker, je höher die Sonneneinstrahlung und damit der Temperaturunterschied zwischen Kollektor und Speicher ist. Dadurch steuert sich der Umlauf selbsttätig. Der Solarkreis kommt ohne Pumpe und Steuerung, und damit ohne Fremdenergie, aus. Deshalb wird das Prinzip gern überall dort angewendet, wo kleine, einfach aufgebaute Anlagen gewünscht werden oder wo eine Netzstromversorgung nicht zur Verfügung steht. Der aufgrund der großen Trägheit der Anlage geringere Wirkungsgrad kann meist durch eine größere Kollektorfläche ausgeglichen werden. Gegen ein Schwerkraftsystem spricht die oft problematische Speicheraufstellung im oder auf dem Dach. Die gängige Installationspraxis in Österreich, Deutschland und der Schweiz, Heizung und Warmwasserzentrale im Keller unterzubringen, führt häufig zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand bei der Anbindung an die Hausinstallation. In Mittel-



Abb. 10:
Thermosiphon-Anlagen sind vor allem im mediterranen Raum anzutreffen, da hier die außenliegenden Speicher wenig Verluste haben und sich die Anlagen meist auch problemlos in die einfache Warmwasser- und Heizungstechnik integrieren lassen.
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0, www.multi-sol.de

europa haben Schwerkraftanlagen daher nur begrenzt Verbreitung gefunden: der Solarspeicher wird hier bevorzugt im Keller in der Nähe der Heizungsanlage installiert. Anders sieht es in Südeuropa bzw. im Mittelmeerraum aus: Dort ist das Klima milder aber noch nicht so heiß, dass kein Warmwasser mehr benötigt wird. Außen liegende Speicher haben dort weniger Verluste und Zentralheizungsanlagen sind ebenso wenig verbreitet wie Kellerräume. Aus diesen Gründen sind Thermosiphonanlagen vor allem im mediterranen Raum anzutreffen; wegen der Gewichtsbelastung für das Dach hauptsächlich als Kleinanlagen mit bis zu 10 m² Kollektorfläche.

2.2 Zwangsumlaufsysteme

Im Unterschied zu Thermosiphon-Systemen wird bei Solaranlagen mit Zwangsumlauf der Wärmeträger im Solarkreis mit Hilfe einer Pumpe umgewälzt. Der Einsatz einer Umwälzpumpe mit Steuerung befreit von den Einschränkungen und Zwängen des Schwerkraft-Systems. Die Aufstellungsorte für Kollektoren und Speicher sowie deren Entfernung voneinander können relativ frei gewählt und den örtlichen Platzverhältnissen

angepasst werden. Durch entsprechende Dimensionierung aller Anlagenbauteile kann das System so betrieben werden, dass der Kollektor und die Gesamtanlage mit größtmöglichem Wirkungsgrad und damit größtmöglichem Energieertrag arbeiten. Insgesamt ist eine viel größere Flexibilität gegeben. Nachteilig gegenüber Thermosiphon-Systemen ist lediglich der zusätzliche Aufwand für Pumpe und Steuerung sowie für deren Installation und Einstellung. Die zusätzlichen Kosten liegen je nach Anlagengröße und -typ zwischen 300 und 3.000 DM über den Kosten vergleichbarer Schwerkraftanlagen.

Da die Vorteile in der Praxis von großer Bedeutung sind, gelten Solaranlagen mit Zwangsumlauf in Mittel- und Nordeuropa auch für Kleinanlagen als Standard. Größere Anlagen sind kaum anders zu realisieren. Selbst dort, wo kein Strom zum Betrieb von Pumpe und Steuerung aus dem öffentlichen Netz zur Verfügung steht, kann mit Hilfe von Solarzellen problemlos genügend Strom erzeugt werden, um eine Gleichstrom-Umwälzpumpe nebst Steuerung zu betreiben. Zur Steuerung von Solaranlagen werden im wesentlichen zwei unterschiedliche Strategien verwendet: die Lichtfühlersteuerung und die Temperaturdifferenzsteuerung. Die Lichtfühlersteuerung ist eine elektronische Einheit, die zur Regelung der Umwälzpumpe verwendet wird, wenn diese bei einer bestimmten Sonneneinstrahlung auf den Kollektor ein- oder ausgeschaltet werden soll.

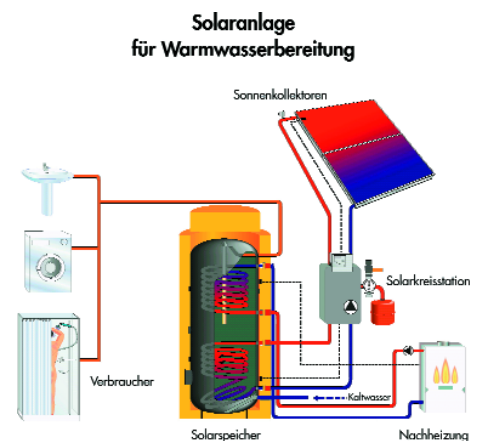


Abb. 11:
Standard-Solaranlage mit Zwangsumlauf.
Quelle: Wagner & Co.

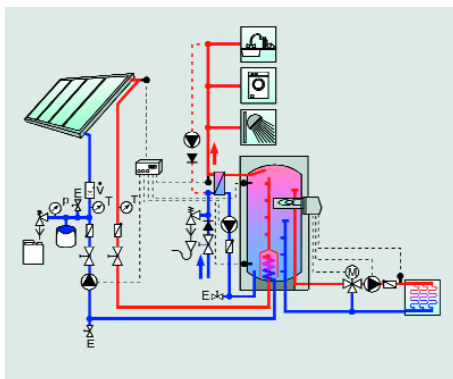


Abb. 12:
Bei Low-flow Anlagen mit Schichtenladespeicher steht die Solarwärme sehr schnell zum Verbrauch zur Verfügung.
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

Standard ist jedoch die Temperaturdifferenzregelung. Dabei werden ständig die Temperaturen im Kollektor und im Speicher gemessen und verglichen. Wenn die Temperatur im Kollektor die Temperatur im Speicher um einen bestimmten Wert übersteigt, wird die Solarkreispumpe über ein Relais eingeschaltet.

Auch in Hinblick auf den Wärmeträgerumlauf einer Solaranlage gibt es verschiedene Konzepte: das High-Flow-, Low-Flow-, Matched-Flow- und das Drain-Back System. Wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist der spezifische Wärmeträgerdurchfluss pro Quadratmeter Kollektorfläche. Bis vor wenigen Jahren wurden Solaranlagen üblicherweise als sogenannte „High-Flow“-Anlage – ein neuer, erst kürzlich notwendig gewordener Begriff – ausgelegt (high flow = hoher Durchfluss). Durch einen hohen Durchfluss (30 bis 70 l/h je m² Kollektorfläche) wird die Temperatur pro Durchlauf im Kollektor um weniger als 15 K angehoben, in der Regel um 8 bis 12 K bei voller Sonneneinstrahlung. Eine geringe Temperaturerhöhung hat den Vorteil, dass der Kollektor mit gutem Wirkungsgrad betrieben wird. Andererseits muss der Wärmeträger häufiger umgewälzt werden, um höhere Temperaturen zu erzielen. Der Speicher heizt sich gleichmäßig, aber daher nur langsam auf ein nutzbares Temperaturniveau auf. Heute werden die kleineren Solaranlagen für die private Nutzung zum weitaus überwiegenden Teil mit „High-Flow“ betrieben. Diese Betriebsweise ist langjährig erprobt und hat sich bewährt, die Systemtechnik ist darauf angepasst und die Komponenten sind überall verfügbar.

Mit dem Attribut „Low-Flow“ (= niedriger Durchfluss) werden Solarkollektoranlagen versehen, die im Vergleich zur konventionellen Auslegung mit stark verringertem Durchfluss (8 bis 15 l/h je m² Kollektorfläche) im Solarkreis arbeiten. Bei geringerem Durchfluss erhöht sich die Temperatur des Wärmeträgers bei jedem Durchlauf durch den Kollektor sehr stark, und zwar um bis zu 50 K. Wenn es gelingt, diese Temperatur im oberen Teil des Speichers, dem Bereitschaftsteil, einzubringen, dann steht für den Verbraucher sehr schnell Warmwasser auf Solltemperatur zur Verfügung. Dies führt zu einer verringerten Laufzeit für die Nachheizung. Um diesen Vorteil voll auszuschöpfen, gehört zum Low-Flow-Konzept sinnvollerweise ein so genannter Schichtenladespeicher. Bei optimal aufeinander abgestimmten Komponenten und insbesondere einer guten Einschichtung der

Wärme in den Speicher sind Mehrerträge gegenüber dem High-Flow-Konzept von 5 bis 20 % möglich. Bei Low-Flow-Systemen können Rohrleitungen mit einem geringen Querschnitt und damit auch geringeren Wärmeverlusten verwendet werden. Ein wichtiger Unterschied zur High-Flow-Betriebsweise ergibt sich bei der Hydraulik und der Kollektorschaltung, insbesondere bei mittleren bis großen Anlagen. Während bei High-Flow die Kollektoren überwiegend parallel geschaltet werden und nur wenige in Serie (also hintereinander), ist dies bei der Low-Flow-Betriebsweise genau andersherum: Damit wird nicht nur die größere Temperaturerhöhung im Kollektor bewirkt, es steigt auch der Druckverlust im Kollektor, der von der Pumpe überwunden werden muss. Durch den deutlich geringeren Massenstrom wird selbst bei größeren Kollektorfeldern insgesamt dennoch weniger Pumpenleistung benötigt. Solare Großanlagen werden heute fast ausschließlich für Low-Flow-Betrieb ausgelegt. Dem Matched-Flow-Konzept (matched flow = angepasster Durchfluss) liegt die Idee zugrunde, die Vorteile der beiden anderen Konzepte (High- und Low-Flow) zu vereinen, also mit niedrigem Durchfluss ausreichend hohe Temperaturen zu erzeugen und mit hohem Durchfluss den Energieertrag zu optimieren. Da jedoch für Low-Flow und High-

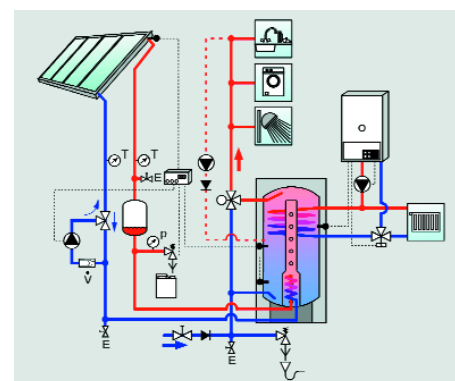


Abb. 13:
Drain-back Anlagen sind sehr sicher. Bei Stillstand der Pumpe, wie zum Beispiel bei Stromausfall oder auch bei Frostgefahr, läuft der Kollektor automatisch leer.
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

Flow unterschiedliche Anlagenkomponenten und -bauteile benötigt werden, erfordert der Matched-Flow-Ansatz eine gute Planung und eine angepasste System- und Regelungstechnik. Der spezifische Durchfluss liegt bei den bisher realisierten Systemen zwischen 10 und 30 bis 40 l/h je m² Kollektorfläche. Eine interessante Variante im Hinblick auf die Auslegung des Solarkreislaufs ist das Drain-Back-System (= Rückfluss-System). Bei Stillstand der Pumpe, also wenn die Solarstrahlung nicht mehr ausreicht, um genügend Wärme zu erzeugen oder auch bei Stromausfall sowie bei Frostgefahr und Anlagenstillstand, laufen die Kollektoren selbsttätig leer. In Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Systemen kann hier anstatt eines Gemisches aus Wasser-Glykol als Wärmeträgermedium reines Wasser eingesetzt werden. Der Wärmeträger fließt aus dem Kollektor in einen entsprechend großen Rücklaufbehälter, aus dem er beim nächsten Anlaufen der Pumpe erneut zum Kollektor hoch gepumpt werden muss. Dazu werden spezielle stufenlos regelbare Pumpen benötigt. Liegt die Temperatur im Bereitschaftsteil des Speichers unterhalb 45 °C, so wird es im Low-Flow, andernfalls im High-Flow gefahren. Das System ist sehr sicher; denn ein Sieden der Flüssigkeit kann durch Abschalten der Pumpe verhindert werden. Nachteilig ist die durch die Luft im Kreislauf bedingte erhöhte Korrosionsgefahr; da es sich um ein geschlossenes System handelt, ist diese Gefahr jedoch beherrschbar. Drain-Back-Systeme haben sich in den Niederlanden seit vielen Jahren bestens bewährt. Ob sie sich in Deutschland bzw. Mitteleuropa durchsetzen können, entscheidet letztendlich der Preis.

2.3 Solar-Luft-Systeme

Neben den schon fest im Markt etablierten Kollektoren mit Fluid als Wärmeträger wurden Solar-Luft-Systeme entwickelt, die vornehmlich im Winter und in der Übergangszeit Heizungs- und Lüftungsanlagen unterstützen. Bei einem Luftkollektor wird keine Flüssigkeit, sondern Luft als Wärmeträger verwendet, die als Frischluft oder Umluft

direkt in die zu beheizenden Räume geleitet wird. Dass Luftkollektoren bei weitem nicht die Verbreitung gefunden haben wie Flüssigkeits-Kollektoren, liegt hauptsächlich daran, dass Luft für den Einsatz als Wärmeträgermedium sehr viel ungünstigere Stoffwerte als Wasser hat. Sowohl die Wärmespeicherkapazität als auch die Wärmeleitfähigkeit von Luft sind um ein Vielfaches geringer. Daher sind Luftkollektoren für die Trinkwassererwärmung, dem derzeit wichtigsten und größten Anwendungsbereich in Europa, weniger geeignet. Anders sieht es bei der Luftheizung aus. Heizt oder belüftet man einen Raum oder ein Gebäude direkt mit frischer warmer Luft, sind schon Kollektortemperaturen ab 25 °C ausreichend. Diese Temperatur wird von einem Solar-Luft-System auch bei mäßiger Sonneneinstrahlung, z.B. an einem sonnigen Januartag, vor allem aber in der Übergangszeit erreicht. Einen günstigen Einsatzbereich für Luftkollektoren bieten also insbesondere Gebäude, die mit Luftheizungssystemen ausgerüstet werden sollen wie Sporthallen, Schwimmbäder, Produktions- und Lagerhallen, Werkstattgebäude und Wohngebäude, vornehmlich solche, die nur zeitweise genutzt werden, wie z.B. Wochenend- und Ferienhäuser, Berghütten usw. Letztere können durch Luftkollektoren gelüftet und frostsicher gehalten werden, wodurch sich bauphysikalische Schäden vermeiden lassen. Da Luft frost- und siedesicher ist, können Solar-Luft-Kollektoren problemlos in Gebäudehüllen integriert werden: ganze Absorberfassaden ersetzen mittlerweile konventionelle Spiegelglasansichten. In Zukunft an Bedeutung gewinnen könnte die Einbindung eines Luftkollektors in eine kontrollierte Wohnungsbe- und -entlüftungsanlage. Solche Anlagen könnten ein neues Marktsegment für Luftkollektoren eröffnen, wenn der Trend zu Gebäuden mit immer niedrigerem Energiebedarf (sogenannte Niedrig- oder Niedrigstenergie- und Passivhäuser) fortschreitet, denn solche Gebäude erfordern mehr und mehr den Einsatz von Lüftungsanlagen und bieten damit günstige Voraussetzungen für Luftheizungsanlagen.

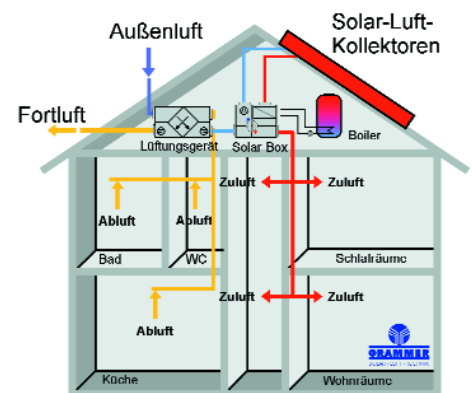


Abb. 14: Gebäude mit sehr niedrigem Energiebedarf erfordern immer häufiger auch Lüftungsanlagen. Hier kann eine Luftheizungsanlage mit Luftkollektoren eine interessante Variante darstellen.

Quelle: Grammer KG, Amberg

3 Aufbau und Funktion von Photovoltaikanlagen

Wie auch die Solarthermie erzeugt die Photovoltaik nutzbare Energie aus der Sonnenstrahlung – diesmal elektrischen Strom aufgrund des photovoltaischen Effektes. Dieser besagt, dass bei bestimmten übereinander angeordneten Halbleiterschichten unter dem Einfluss von Licht (Photonen) freie positive und negative Ladungen entstehen. Der über das elektrische Feld erzeugte Gleichstrom kann direkt zum Betrieb elektrischer Geräte verwendet bzw. in Akkumulatoren gespeichert (Inselanlagen) oder in Wechselstrom umgewandelt und in das öffentliche Netz (Netzanlagen) eingespeist werden. Durch Parallel- oder Serienschaltung von einzelnen Zellen können PV-Module, unterschiedlicher elektrischer Leistung zusammengebaut werden.

PV-Anlagen können als Inselanlagen oder netzgekoppelte Anlagen betrieben werden. Bei Inselanlagen wird der erzeugte elektrische Strom lokal in Akkus gespeichert. Sie werden zumeist in Kombination mit Stromaggregaten zur Notversorgung als sogenannte Hybridsysteme betrieben. Netzgekoppelte Anlagen speisen den erzeugten Strom zunächst in das öffentliche Stromnetz ein. Bei Bedarf wird Strom ganz normal wieder aus dem Netz bezogen. Damit wird das öffentliche Netz quasi als Speicher verwendet. Solarzellen bestehen aus 2 Schichten Halbleitermaterial mit unterschiedlichen Halbleitereigenschaften. Die obere dünne Schicht wird als n-Schicht bezeichnet. Sie ist so aufgebaut, dass sie einen Überschuss an frei beweglichen negativen Ladungsträgern, Elektronen genannt, aufweist. Auf der Oberseite der oberen Schicht befinden sich zusätzlich elektrisch leitende Kontakte, die sogenannten Kontaktfinger. Die untere, dickere Schicht heißt p-Schicht. In ihr ist ein Überschuss an sogenannten „Elektronenlöchern“ vorhanden. Diese wiederum verhalten sich wie frei bewegliche positive Ladungsträger. Die Rückseite dieser Schicht besteht aus einer leitenden Fläche, dem Rückseitenkontakt. Beim Herstellungsprozess werden beide Schichten zusammengebracht. In einem engen Bereich um die Kontaktfläche – der Grenzschicht – wandern die Elektronen der oberen Schicht in die positiv geladenen Elektronenfehlstellen der unteren Schicht. Durch die von oben nach unten abwandernden Elektronen entstehen am Ursprungsort positive und am Zielort negative ortsfeste Raumladungen. Zwischen diesen baut sich ein inneres elektrisches Feld auf, das durch seine Richtung wie eine Barriere

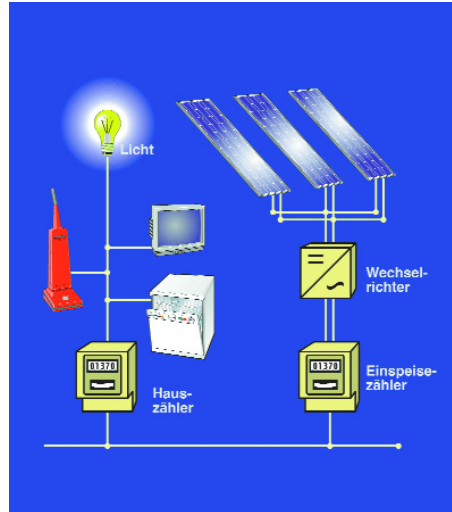


Abb. 15: Netzgekoppelte Anlagen speisen den erzeugten Strom in das öffentliche Netz ein, von wo er bei Bedarf wieder entnommen werden kann. So kann auf aufwendige Akkuanlagen verzichtet werden.

Quelle: CD Solarenergie, K. Lambrecht, K. Remmer, P. Strzygowski

wirkt, und so diesen Elektronenbewegungen entgegenwirkt. Dringt nun über die Oberfläche Licht in die Solarzelle ein, werden durch die eingestrahlte Energie aus dem Zellmaterial jenseits des elektrischen Feldes paarweise frei bewegliche Elektronen und Fehlstellen zusätzlich freigesetzt. Diese haben ausreichend Energie um bis zu dem elektrischen Feld zu gelangen. Das Feld bewirkt jetzt, dass negativ geladene Elektronen in die obere Schicht wandern und dort angereichert werden, während die positiv geladenen Fehlstellen nach unten wandern und sich in der unteren Schicht ansammeln. Als Folge daraus misst man zwischen den Kontaktfingern auf der Oberseite und dem Rückseitenkontakt eine Spannung – die Photospannung – von etwa 0,5 Volt. Wird ein Stromkreis mit einem elektrischen Verbraucher zugeschaltet, treten an den Kontaktfingern Elektronen in den Leiterkreis. Es fließt ein elektrischer Gleichstrom. Am Rückseitenkontakt treten gleichzeitig Elektronen in die untere Schicht ein und füllen dort die Plätze der Fehlstellen. Somit wäre der Elektronenfluss beendet, wenn nicht weitere Energie in Form von Sonneneinstrahlung in die Zelle eindringen würde. Quelle: [6]

Die Silizium-Solarzelle

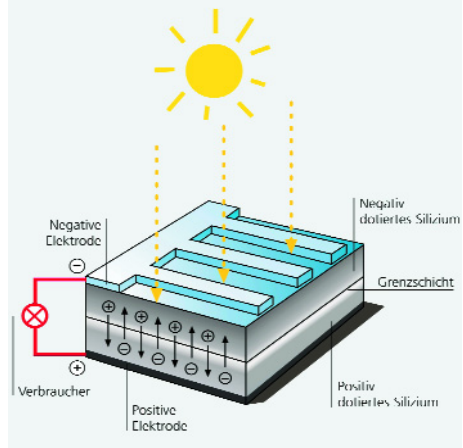


Abb. 16: Unter Lichteinstrahlung entstehen in der Solarzelle freie positive und negative Ladungen, die über einen Stromkreis einem Verbraucher zugeführt werden.

Quelle: W. Witzel, D. Seifried, Das Solarbuch, ökobuch Verlag, Staufen 2000

4 Bestandteile thermischer Solaranlagen

4.1 Der Sonnenkollektor

Das Kernstück eines Kollektors ist der Absorber. Er besteht aus gut wärmeleitenden Metallblechen mit einer schwarzen Beschichtung und eingeschlossenen Wärmeträgerrohren. Aufgrund seiner hervorragenden stofflichen Eigenschaften setzen die meisten Hersteller Absorber aus Kupfer ein. Fällt direktes oder diffuses Sonnenlicht auf den Absorber, wird es überwiegend absorbiert und teilweise reflektiert. Im Absorber wird die absorbierte Strahlung in Wärme umgewandelt und diese an den Wärmeträger weitergeleitet. Um eine möglichst hohe Wärmeausbeute zu erzielen, muss ein Absorber ein möglichst hohes Absorptions- und ein niedriges Emissionsvermögen haben, d.h. dass der Absorber das Sonnenlicht möglichst vollständig in Wärme umwandelt und davon nur wenig an seine Umgebung und möglichst viel an den Wärmeträger abgibt. Neben den kaum noch eingesetzten Schwarzlacken sind sogenannte selektive Beschichtungen entwickelt worden, die für das Spektrum der Sonnenstrahlung schwarz erscheinen und einen hohen Absorptionskoeffizienten besitzen, während sie für die sehr viel langwelligere Wärmestrahlung des Absorbers wie ein Spiegel wirken und dadurch nur wenig Wärmestrahlung emittieren. Dadurch lassen sich die Wärmeverluste des Kollektors deutlich reduzieren. Der Absorptionsgrad selektiv beschichteter Absorbers liegt bei etwa 90 – 95 % des auftreffenden Sonnenlichtes, die Emission bei 5 – 10 % der

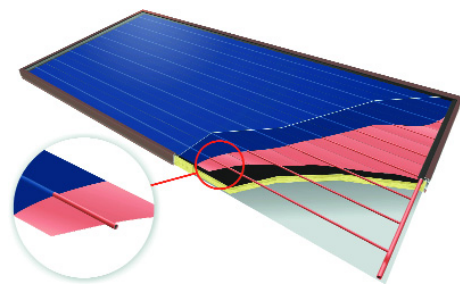


Abb. 17:
Das Kernstück eines Kollektors ist der Absorber. Er besteht aus gut wärmeleitenden Metallblechen mit einer schwarzen Beschichtung und eingeschlossenen Wärmeträgerrohren.
Quelle: CD Solarenergie, K. Lambrecht, K. Remmer, P. Strzygowski

gewonnenen Wärmeenergie. Wärme kann jedoch nicht nur durch Strahlung, sondern auch durch Konvektion und Wärmeleitung übertragen werden. Bei der Konvektion erwärmt sich die Luft am heißen Absorber, steigt auf und trägt die Wärme davon, was bei typischen Betriebszuständen Verluste von rund 15 % bedeutet. Bei der Wärmeleitung geht ein Teil der Wärme über Befestigungen, Rohranschlüsse und die rückseitigen Auflager des Absorbers verloren. Sie ist mit rund 3 % Verlusten eher gering. Um die Wärmeverluste durch Konvektion und Wärmeleitung zu minimieren sitzt der Absorber in einem gut gedämmten Gehäuse mit einer transparenten Deckschicht, für die gewöhnlich eisenarmes Sicherheitsglas verwendet wird. Bei Vakuumröhrenkollektoren werden die Wärmeverluste durch Konvektion und Wärmeleitung fast vollständig vermieden, indem der Absorber komplett von Vakuum umgeben ist. Entsprechend den Anforderungen der einzelnen Anwendungsgebiete, insbesondere der Solltemperaturen wurden verschiedene Kollektortypen entwickelt.

Schwimmbadkollektoren

Die Beheizung eines Freibades stellt ein besonders günstiges Anwendungsgebiet der Solarenergie dar, da sich Warmwasserbedarf und Solarertrag zeitlich hervorragend decken. Zudem sind die Anforderungen an die Temperatur des Badewassers von etwa 22 bis 26 °C sehr niedrig und die Differenz zwischen Außenluft- und Beckenwassertemperatur gering (< 10 K). Daher reichen bei Solaranlagen zur Schwimmbadwassererwärmung ungedeckte, preiswerte Kunststoffabsorber (meist aus Ethylen-Propylen-Dien-Monomer EPDM oder Polypropylen PP) als Wärmelieferanten

Absorber-Beschichtungen

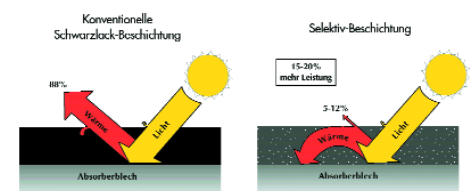


Abb. 18:
Mit einer selektiven Beschichtung wird der Wirkungsgrad des Absorbers wesentlich erhöht.
Quelle: Wagner & Co.

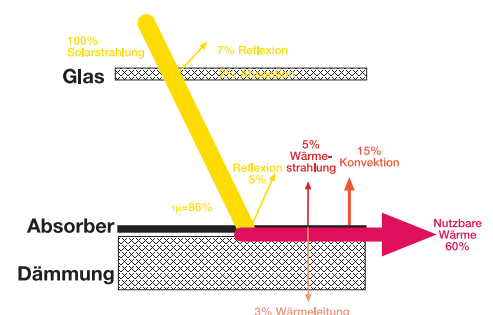


Abb. 19:
Der Wirkungsgrad heutiger Solarkollektoren ist kaum noch zu verbessern. Dennoch treten an einigen Stellen physikalisch bedingt Verluste auf.
Quelle: H. Brunette und K. Lambrecht

aus. Wegen der guten zeitlichen Übereinstimmung von Energieangebot und Nachfrage ist kein Wärmespeicher notwendig, bzw. das Schwimmbecken übernimmt diese Funktion. Unverglaste Kollektoren erreichen eine Maximaltemperatur von ca. 65 bis 75 °C. Ein Überhitzungsschutz ist deshalb nicht notwendig. Durch die Absorber fließt direkt das in einem Filterkreis aufbereitete Schwimmbeckenwasser. Ein Drei-Wege-Ventil ermöglicht den Betrieb des Filterkreises auch unabhängig vom Solarbetrieb. Für die Auslegung der Absorberfläche kleiner privater Freibäder reicht beim Einsatz einer preiswerten Beckenabdeckungen meist eine Absorberfläche von der Größe von 50 % bis 100 % der Beckenoberfläche aus. Von entscheidender Bedeutung für die Effizienz von Solaranlagen zur Schwimmbadwassererwärmung ist eine gleichmäßige Durchströmung der Absorberfelder.

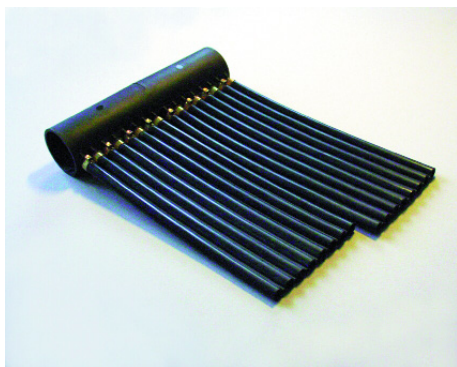


Abb. 20:
Zur Schwimmbadwassererwärmung in Freibädern reichen ungedämmte preiswerte Kunststoffabsorber als Wärmelieferanten aus. Aufgrund der hervorragenden Deckung von Energieangebot und Warmwasserbedarf sind Solaranlagen zur Schwimmbadwassererwärmung von Freibädern heute sehr wirtschaftlich und damit Stand der Technik.
Quelle: CD Solarenergie, K. Lambrecht, K. Remmer, P. Strzygowski

Flachkollektoren

Marktgängige Flachkollektoren bestehen aus einem Absorber in einem leichten wärmege-dämmten Gehäuse aus Aluminium, glasfaser-verstärktem Kunststoff oder Holz mit transparenter Frontabdeckung aus strukturiertem, eisenarmem Sicherheitsglas. Entscheidend für die Energieausbeute des Kollektors ist nicht die Kollektor-, sondern die Absorberfläche. Die Bruttofläche eines Kollektors ist das Produkt der Außenmaße und besagt z.B., welche Dachfläche zur Montage erforderlich ist. Die Absorberfläche ist wirksame Kollektorfläche. Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad einer Komplettanlage mit Flachkollektoren beträgt bei einem optischen Wirkungsgrad von 80 % und einem Wärmeverlustkoeffizienten k von 3,5 W/m²K ca. 35 %. Bei einem jährlichen Sonnenenergieangebot von 1.000 kWh/m² entspricht dies einem Energieertrag von ca. 350 kWh/m² je Quadratmeter Absorberfläche. Flachkollektoren bieten eine ausgereifte, für die üblichen Anwendungen der Trinkwassererwärmung und Raumheizung sehr leistungsfähige Technik zu günstigen Preisen bezogen auf den Ertrag. Sie sind einfach und vielseitig in Aufdach- oder Indachmontage und Freiaufstellung zu montieren. Bei einer Flachdachaufständerung ist wegen der großen Windangriffsfläche eine hohe Ballastierung der Kollektoren notwendig, die im Einzelfall gar die Tragfähigkeit des Daches überschreiten kann.

Vakuumröhrenkollektor

Bei dieser Kollektorbauart ist der Absorber zur Reduzierung der Wärmeverluste in eine evakuierte Glasröhre eingebaut. Dadurch ergibt sich ein hoher Wirkungsgrad bei hohen Temperaturdifferenzen. Die Wärmeverluste an die Umgebungsluft werden so fast vollständig reduziert. Auch bei einer Absorbertemperatur von 120 °C und mehr bleibt das Glasrohr außen kalt. Dies ist vor allem für eine effektive Heizungsunterstützung in der kalten Jahreszeit sowie zur Prozesswärmeerzeugung von hoher Bedeutung. Der optische Wirkungsgrad liegt aufgrund der Röhrenform etwas niedriger als bei den Flachkollektoren, dafür ist der Wärmeverlustkoeffizient k mit unter 1,5 W/m²K wesentlich besser. Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad einer Komplettanlage mit Vakuumröhrenkollektoren liegt bei ca. 45 %. Bei einem jährlichen Sonnenenergieangebot von 1.000 kWh/m² entspricht dies einem Energieertrag von ca. 450 kWh/m²a. Der Preis bezogen auf den Ertrag liegt aber in der Regel immer noch höher

als bei Flachkollektoren. Vakuumröhrenkollektoren können in Aufdachmontage oder Freiaufstellung montiert werden.

Von verschiedenen Herstellern werden Kollektoren angeboten, die nach zwei unterschiedlichen Prinzipien funktionieren. Bei einem direkt durchströmten Absorber wird der Wärmeträger des Kollektorkreislaufs durch das Absorberrohr im Glaskolben gepumpt und nimmt dabei die Wärme direkt vom hochselektiven Kupferabsorber auf. Die Röhren können dabei einzeln nach der Sonne ausgerichtet werden, wodurch eine weitgehend lageunabhängige Montage möglich ist. Durch die Möglichkeit der liegenden Montage können diese auch auf Flachdächern montiert werden, die nur eine geringe Ballastierung zulassen. Da direkt durchströmte Kollektoren sehr hohe Temperaturen im Kollektorkreis erzeugen sind sie sehr gut zur Erzeugung von Prozesswärme geeignet.

Bei Heat-Pipe-Kollektoren steckt in der evakuierten Glasröhre ein selektiv beschichteter Absorberstreifen, der mit einer Heat-Pipe (Wärmerohr) wärmeleitend verbunden ist. Das Wärmerohr ist mit einem Fluid gefüllt, das schon bei geringen Temperaturen (> 25 °C) verdampft und im Rohr nach oben steigt. Dort wird die Wärme über einen Wärmetauscher (Kondensator) an die vorbeiströmende Wärmeträgerflüssigkeit übertragen. Das abgekühlte, kondensierte Fluid fließt in das Wärmerohr zurück. Damit dieser Vorgang funktioniert, müssen die Röhren mit einer Mindestneigung von 30° montiert werden. Die Heat-Pipe-Vakuumröhre wird mit „trockener“ oder „nasser“ Anbindung angeboten. Bei ersterer ist der Kondensator wärmeleitend am Sammler angeschlossen: Die Wärmeübertragung erfolgt vom Kondensator über das Rohr an die Wärmeträgerflüssigkeit. Dies ermöglicht das Auswechseln defekter Röhren ohne ein Entleeren des Solarkreises. Bei der nassen Anbindung taucht der Kondensator in die Wärmeträgerflüssigkeit ein.

Bei einem CPC-Röhrenkollektor (CPC – Compound Parabolic Concentrator) besteht die Röhre aus einem evakuierten Doppelrohr, dessen innerer Glaskolben mit einer selektiven Beschichtung ausgestattet ist. In dieses evakuierte Doppelrohr wird ein metallisches Wärmeleitblech eingesteckt, das die Wärme an den Wärmeträger abgibt. Zur Erhöhung des Strahlungsgewinns werden die Kollektoren innerhalb spezieller Reflektorwannen montiert.

Montagemöglichkeiten von Sonnenkollektoren

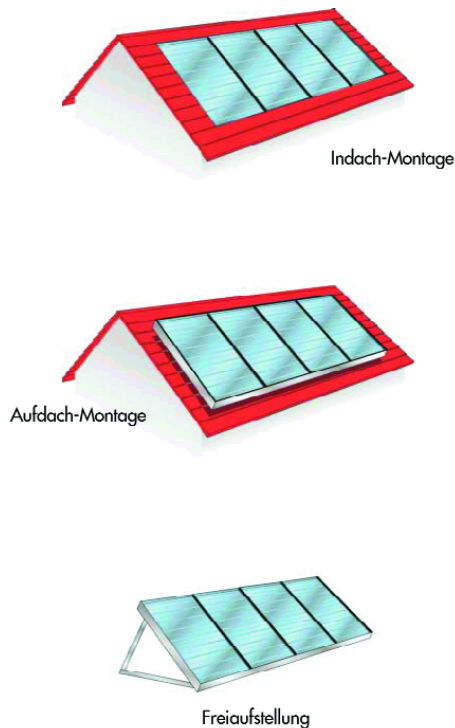


Abb. 21:
Flachkollektoren sind einfach und vielseitig in Aufdach- oder Indachmontage und Freiaufstellung zu montieren.
Quelle: Fa. Wagner & Co.

Konzentrierende Kollektoren

Bei konzentrierenden Kollektoren wird über Spiegel oder Linsen die Sonneneinstrahlung auf den Absorber konzentriert. Dadurch können, je nach Grad der Konzentration, Temperaturen von 80 bis über 2.000 °C erzeugt werden. Konzentrieren lässt sich jedoch nur der direkte Strahlungsanteil, so dass im mitteleuropäischen Klima der hohe Anteil diffuser Strahlung weitgehend ungenutzt bleibt. Sinnvoll erscheint die Anwendung konzentrierender Systeme daher vor allem in Ländern bzw. Gegenden mit hoher Direkteinstrahlung. Dort sind für die Prozesswärmeerzeugung vor allem zylindrische Parabolspiegel mit einem röhrenförmigen Absorber im Brennpunkt gebräuchlich. Konzentrierende Kollektoren müssen der Sonne nachgeführt werden, damit der Absorber stets im Brennpunkt der Strahlen bleibt.

Luftkollektoren

Während in flüssigkeitsgekühlten Flachkollektoren die Erwärmung der Luft zwischen Absorber und Glasscheibe aufgrund der damit verbundenen Wärmeverluste eher ein lästiger Nebeneffekt ist, nutzen Luftkollektoren die Solarstrahlung gezielt zur Erwärmung von Luft. Der Aufbau ist dem des Flachkollektors ähnlich: Ein luftdurch- bzw. -umströmter Absorber liegt in einem gut wärmegeprägten Gehäuse mit Glasabdeckung auf der Vorderseite. Luftkollektoren können als Frischluft- oder als Umluftsystem betrieben werden. Vorteil des Umluftsystems ist eine geringe Verschmutzung des Kollektors durch Staub, Insekten u.ä. und damit ein geringerer Wartungsaufwand. Bei der Frischluftherwärmung dagegen entfallen alle Wärmetauscher und somit auch die zwangsläufig damit verbundenen Wärmeverluste. Außerdem wird in vielen Fällen vorgewärmte Frischluft benötigt.

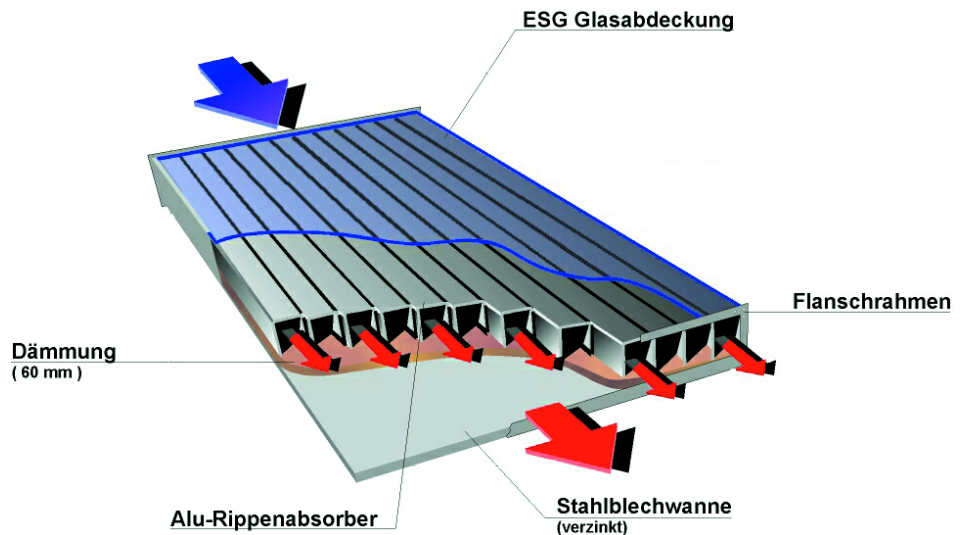


Abb. 22:
Luftkollektoren nutzen die Solarstrahlung zur direkten Erwärmung von Luft und eignen sich daher überall dort besonders, wo einfach warme Luft benötigt wird.
Quelle: Grammer KG, Amberg

4.2 Solarspeicher

Für eine hohe Ausnutzung der Solarenergie ist es wichtig, dass im Wasser des Speichers eine gute Temperaturschichtung entsteht. Dazu sind Solarspeicher hoch und schmal. Über einen Wärmetauscher im unteren Speicherbereich wird die Wärme aus dem Solar-kreis an den Speicherinhalt übertragen. Das erwärmte Speichermedium steigt nach oben in den Bereitschaftsteil, aus dem dann das warme Trinkwasser entnommen wird. Der Wärmetauscher des Solar-kreises ist meist flach und im unteren 1/6, dem kältesten Teil, des Speichers eingebaut, damit auch bei geringer Sonneneinstrahlung und niedriger Kollektortemperatur noch Energie in den Speicher übertragen werden kann. Ein zweiter Wärmetauscher für die Nachheizung wird im oberen Drittel des Speicher eingebaut. So werden über die Nachheizung nur die tatsächlich als Warmwasservorrat benötigten oberen 80 bis 100 Liter im Bereitschaftsteil des Speichers erwärmt.

Wärmeschichtung in einem Solarspeicher

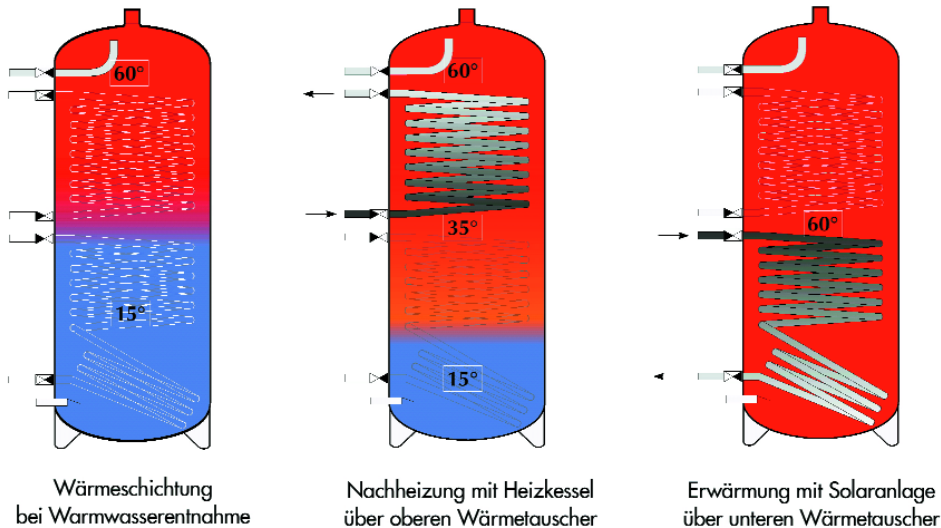


Abb. 23:
Wesentlich für einen hohen Wirkungsgrad von Solarspeichern ist eine gute Temperaturschichtung im Speicher. Daraus ergibt sich auch seine hohe schlanke Form.
Quelle: Wagner & Co.

4.2.1 Trinkwasserspeicher

Direkt an das Kaltwassernetz angeschlossene, also mit Trinkwasser gefüllte Speicher, werden als Trinkwasserspeicher bezeichnet und finden für die solare Trinkwassererwärmung am häufigsten Verwendung. Trinkwasserspeicher sind aus der konventionellen Heiztechnik bekannt. Nicht nur in Zentralheizungsanlagen befindet sich fast überall ein kleiner Trinkwasserspeicher, auch für die dezentrale Wassererwärmung werden Trinkwasserspeicher, z.B. Untertischspeicher (nicht solartauglich!) o.ä., eingesetzt. Insofern ist die Installation von Trinkwasserspeichern gängige Praxis, mit der jeder Fachhandwerker bestens vertraut ist. Solartaugliche Trinkwasserspeicher haben 2 Wärmetauscher (unten für die Solaranlage, oben für die Nachheizung) und haben in der Regel ein Volumen, das dem 1,5- bis 2-fachen Tagesbedarf an Warmwasser entspricht.

4.2.2 Pufferspeicher

Neben den Trinkwasserspeichern sind einfache Stahl- oder Kunststoffspeicher im Einsatz, die größere Speichervolumina zu einem günstigen Preis bieten, aber nicht direkt zur Trinkwasserspeicherung eingesetzt werden können. Pufferspeicher werden für kombinierte Trinkwasser und Heizungsanlagen eingesetzt und sind üblicherweise mit dem Wasser des Heizkreises gefüllt. Dadurch steht die gespeicherte Energie für die Heizung direkt zur Verfügung.

4.2.3 Kombispeicher

Kombispeicher sind Pufferspeicher mit integrierter Trinkwassererwärmung. Ein kleinerer Behälter für Trinkwasser ist im oberen warmen Bereitschaftsteil eines größeren Pufferspeichers eingebaut. Dadurch wird eine einfache Trennung von Trinkwasser und Heizkreiswasser im Puffer erreicht, gleichzeitig kann die Wärme innerhalb des Speichers vom Pufferspeicher auf das Trinkwasser übertragen werden. Diese Systeme werden auch als Tank-in-Tank-Speicher bezeichnet. Die Trinkwassererwärmung kann auch mit einem internen oder externen Wärmetauscher im direkten Durchfluss erfolgen.

4.2.4 Schichtenladespeicher

Bei Schichtenladespeichern wird das durch den Wärmetauscher des Solarkreises erwärmte Speicherwasser durch ein Schichtenladerohr nach oben geführt und in einer Höhe, bei der die Temperatur des zufließenden Wassers gleich oder etwas höher ist als

TERMO-Kombispeicher

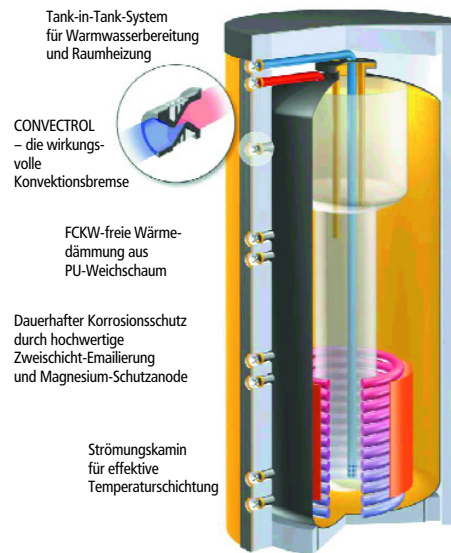


Abb. 24:
Tank-in-Tank -Speicher sind Pufferspeicher mit einem integrierten Trinkwasserbehälter im oberen Speicherbereich.
Quelle: Wagner & Co.

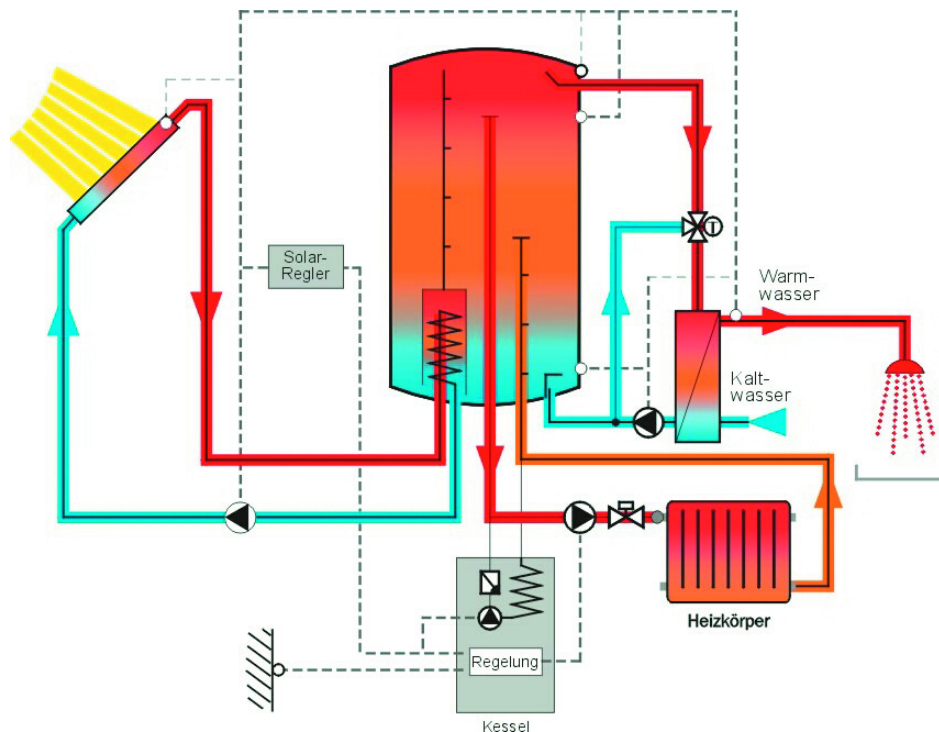


Abb. 25:
Pufferspeicher sind größere Speicher, die nicht direkt zur Trinkwasserspeicherung eingesetzt werden. Das Trinkwasser wird mit einem Wärmetauscher im Durchfluss erhitzt.
Quelle: Solvis, Braunschweig

die Temperatur im Speicher eingeschichtet. Damit steht warmes Wasser von der Solaranlage sofort zum Verbrauch zur Verfügung. Verwirbelungen des Speicherinhaltes durch aufsteigendes warmes Wasser werden weitgehend vermieden, was zu einer wesentlich verbesserten Temperaturschichtung im Speicher und damit zu einem wesentlich verbesserten Wirkungsgrad der Gesamtanlage beiträgt. Derartige Speicher finden ihren Einsatz u. a. in „Low-Flow“-Anlagen.

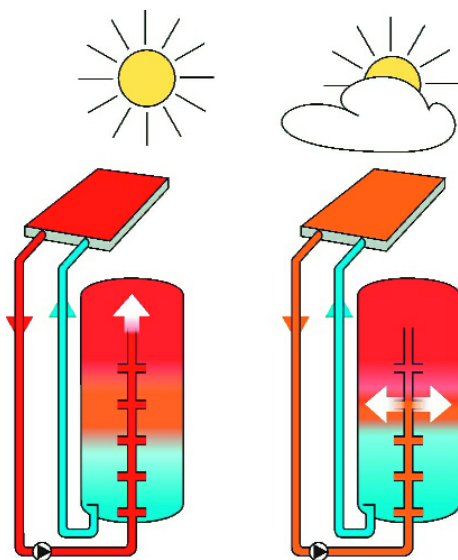


Abb. 26:
Solaranlagen mit Schichtenladespeichern haben einen wesentlich verbesserten Wirkungsgrad. Solar erhitztes Wasser steht sofort zum Verbrauch zur Verfügung.
Quelle: Solvis, Braunschweig

4.3 Kollektorkreis

4.3.1 Verrohrung

Für den Solarkreis muss Rohrmaterial verwendet werden, das einem erhöhten Druck und Temperaturen über 100 °C standhält. Üblicherweise wird die Rohrinstallation daher in Kupferrohren ausgeführt, selten mit Edelstahlwellrohr. Verzinkte oder Kunststoffrohre sind nicht geeignet. Als Verbundtechniken kommen Löten, Pressen sowie Klemmringverschraubungen zur Anwendung, wobei auch hier die erhöhten Anforderungen an Druck und Temperatur beachtet werden müssen. Detaillierte Fachinformationen finden Sie in den Arbeitsblättern i160 und i158 [Quelle: DKI]. Die Rohrleitungen sind gemäß den Dämmstärken der Heizungsanlagenverordnung zu isolieren. Die hohen Temperaturen von über 110 °C im Kollektorkreis erfordern speziell geschäumte Werkstoffe, Stein- oder Glaswolle oder Melaminharz. Am Markt sind vorgefertigte Schnellmontagerohre aus Kupfer inklusive Wärmedämmung und Elektrokabel für die Installation des Kollektorfühlers erhältlich. Im Außenbereich muss die Wärmedämmung zudem der UV-Strahlung, der Witterung und Vogelfraß widerstehen. Dort sind deshalb UV-beständige und/oder verblechte Werkstoffe mit entsprechender Temperaturbeständigkeit einzusetzen.

4.3.2 Komponenten des Kollektorkreises

Wurden bislang hauptsächlich konventionelle Heizungspumpen zur Umwälzung der Solarflüssigkeit eingesetzt, arbeiten Pumpen der neuen Generation mit einem über die Hälfte reduzierten Stromverbrauch. Bei den anders gearteten Anforderungen, nämlich große Förderhöhe (Druckverlust) bei sehr geringem Massenstrom, sind gängige Heizungsumwälzpumpen weniger geeignet bzw. würden bei einem sehr ungünstigen Wirkungsgrad betrieben. Drehzahlgeregelte Pumpen sind optimal auf ertragssteigernde Regelstrategien wie Matched-Flow abgestimmt. Pumpe und Sicherheitsgruppe, bestehend aus Sicherheitsventil, Auffangbehälter und Ausdehnungsgefäß, werden meist zu einer Installationseinheit, der Solarstation, zusammengefasst.

4.3.5 Wärmeträgermedium

Der Kollektorkreis ist vom Trinkwasserkreis und Heizkreis durch einen Wärmetauscher getrennt (geschlossenes 2-Kreis-System), da der Kollektorkreislauf aus Gründen des Frostschutzes mit einer Wasser-Glykol-Lösung betrieben wird. Für mitteleuropäische Verhältnisse wird eine Mischung aus 60 % Wasser und 40 % Glykol empfohlen. Das entspricht einem Frostschutz bis auf –21 °C.

Drain-Back-Anlagen (siehe Kapitel 2.2) können auch mit reinem Wasser betrieben werden, da Kollektoren und Rohrleitungen bei Kollektorstillstand (z.B. nachts) ganz leerlaufen und daher das Wasser im Winter nicht eingefrieren kann.

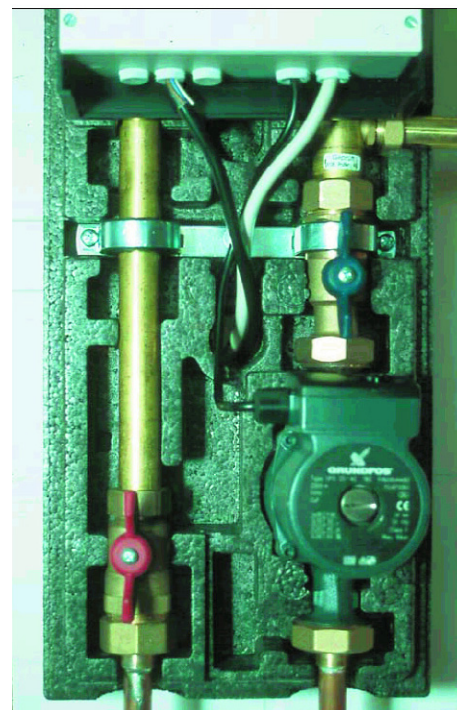


Abb. 27:
Für Standardsolaranlagen gibt es günstige vormontierte Solarstationen bestehend aus Pumpe, Regelung und Sicherheitseinrichtungen.
Quelle: Wagner & Co. / Consolar

5 Integration von solarthermischen Anlagen in die Haustechnik

5.1 Solare Trinkwassererwärmung

Die Trinkwassererwärmung ist die derzeit noch gebräuchlichste Anwendung für solarthermische Anlagen. Über das Jahr betrachtet ist der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung relativ konstant. Demgegenüber unterliegt das Strahlungsangebot der Sonne in unseren Breiten starken jahreszeitlichen Schwankungen. Dennoch kann der Warmwasserbedarf über einen langen Zeitraum im Jahr zum größten Teil solar gedeckt werden. Meist wird die Kollektorfläche so ausgelegt, dass in den Sommermonaten ein leichter Solarwärmeüberschuss erzeugt wird. So wird in diesem Zeitraum eine annähernde Volldeckung des Wärmebedarfes erreicht, da auch Tage mit geringer Sonneneinstrahlung überbrückt werden können. Über mehrere Monate kann damit die konventionelle Nachheizung durch einen Heizkessel in dieser Zeit ganz entfallen. In den Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst, und besonders in den Wintermonaten wird der Restwärmebedarf durch die Nachheizung gedeckt. Über das Jahr gesehen kann etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Warmwasserbedarfes über die Solaranlage gedeckt werden. Eine ganzjährige Volldeckung ist in der Regel nicht zu erreichen, da in diesem Fall die Kollektorfläche und auch das Speichervolumen extrem überdimensioniert werden müssten. Zur Auslegung von Standardanlagen zur Trinkwassererwärmung wird zunächst über den Warmwasserbedarf die Speichergröße ermittelt. Um auch einen bewölkten Tag ohne konventionelle Nachheizung zu überdauern, sollte der Solarspeicher die 1,5- bis 2-fache Menge des täglichen Warmwasserbedarfes von durchschnittlich 50 Litern pro Person und Tag bevorraten. Die Kollektorgröße wird mit Hilfe von Auslegungsdiagrammen ermittelt. Bei einer jährlichen Deckungsrate von 65 % und einer Kollektorausrichtung nach Süden mit rund 30° bis 50° Dachneigung benötigt man demnach für einen 4-Personenhaushalt rund 5 bis 6 m² Kollektorfläche mit Flachkollektoren bzw. 3 bis 4 m² mit Vakuum-Röhren-Kollektoren und einen Speicher mit 300 bis 400 l. Unter besonderen Bedingungen wie nicht optimale Ausrichtung, Verschattung der Kollektoren oder auch individuelles Nutzerverhalten können sich zum Teil erhebliche Abweichungen ergeben. Eine gute Hilfe bei der Planung bieten spezielle Simulationsprogramme, mit deren Hilfe sich genaue Prognosen über die Leistungsfähigkeit einer thermischen Solaranlage errechnen lassen. Bei der Warmwasserverteilung sollte auf eine gute Dämmung der Rohrleitungen geachtet und die Warmwasserzirkulation so gering wie

möglich gehalten werden. Über einen Temperaturfühler am Zirkulationsrücklauf kann die Zirkulationspumpe optimal energie- und betriebskostensparend gesteuert werden.

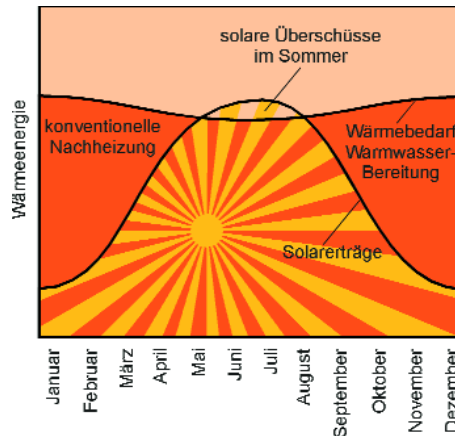


Abb. 28: Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung werden meist so dimensioniert, dass in den Sommermonaten ein leichter Überschuss erzielt wird. Dadurch kann die konventionelle Heizung komplett ausgeschaltet werden. Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0, www.multi-sol.de

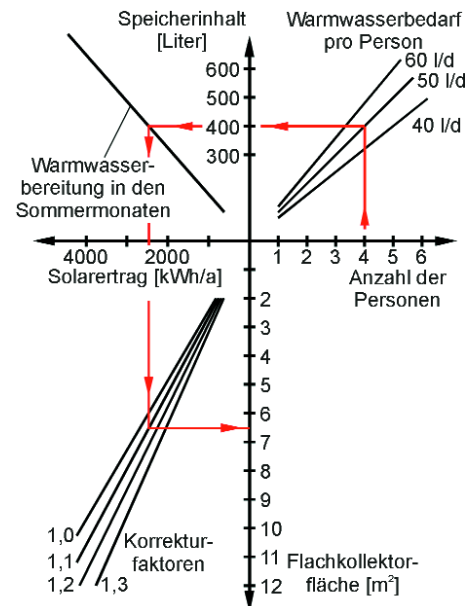


Abb. 29: Nomogramm zur Auslegung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung. Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0, www.multi-sol.de

Tabelle für Korrekturfaktoren Warmwasserbereitung Hauptnutzung April-September Kollektorneigung (Dachneigung)										
Winkel- abweichung von Süden	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0° Süd	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	2,0
15°	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,9
30°	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
45° SO/SW	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
60°	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9
75°	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
90° OstWest	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,4

Abb. 30: Korrekturfaktoren zur Auslegung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung bei nicht optimal ausgerichteten Kollektoren. Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0, www.multi-sol.de

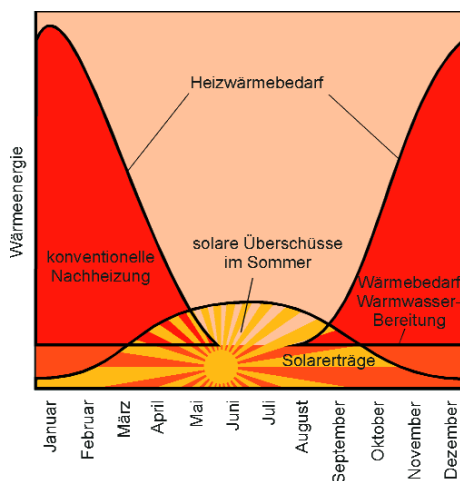


Abb. 31:
Bei Solaranlagen zur Gebäudeheizung begnügt man sich meist mit einer Heizungsunterstützung in der Übergangszeit. Eine ganzjährige Volldeckung lässt sich nur mit großen Kollektorflächen und Saisonspeichern erreichen.
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

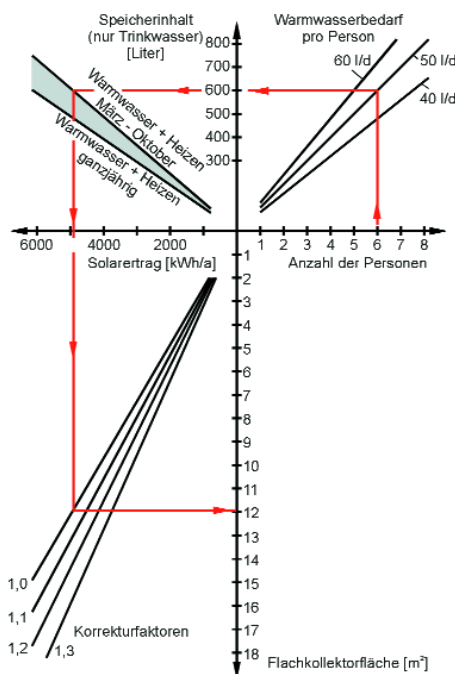


Abb. 32:
Nomogramm zur Auslegung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung.
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

5.2 Heizen

Zusätzlich zur solaren Trinkwassererwärmung kann auch ein Teil der Heizenergie durch eine thermische Solaranlage gedeckt werden. Über das Jahr betrachtet sind jedoch der Heizenergiebedarf eines Gebäudes und der Solarertrag einer Solaranlage stark gegenläufig. In der kältesten Jahreszeit ist der Wärmebedarf am höchsten, die Sonneneinstrahlung jedoch am geringsten. Zudem verschlechtert sich bei niedrigen Außentemperaturen der Wirkungsgrad eines Solarkollektors wegen erhöhter Wärmeverluste. Daher lässt sich eine ganzjährige Volldeckung der Heizenergie nur bei sehr gut gedämmten Häusern (Passivhäusern) und mit Hilfe von recht großen Kollektorflächen und Pufferspeichern verwirklichen. Meist begnügt man sich daher mit einer solaren Heizungsunterstützung in der Übergangszeit. Bei der Planung von Solaranlagen mit Heizungsunterstützung müssen die Heizflächen des Gebäudes für eine solare Nutzung geeignet sein. Ganz entscheidend sind möglichst niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen. Es empfiehlt sich der Einsatz von Fußboden- oder Wandflächenheizungen. Diese sind meist günstiger als großzügig dimensionierte Radiatoren oder Konvektoren mit niedrigen Vorlauftemperaturen unter 45 °C. Durch diese technischen Vorgaben ergibt sich, dass nicht jede Heizungsanlage von bestehenden Gebäuden durch eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung gleich gut ergänzt werden kann. Häufig sind die Heizflächen älterer Gebäude auf Vorlauftemperaturen von 75 °C oder höher ausgelegt. Da die Solaranlage in der Heizperiode jedoch so gut wie nie solch hohe Temperaturen erzeugen kann, ist in diesem Anwendungsfall zur Kombination mit einer Verbesserung des Wärmeschutzes zu raten, um Wärmebedarf und Heizleistung zu senken (und damit auch die HeizungsVorlauftemperaturen zu senken), um so eine vernünftige solare Heizungsunterstützung zu erreichen. Bei Neubauten begünstigt der allgemeine Trend zum Niedrigenergiehaus (oder sogar zum Passivhaus) und zu Heizsystemen mit niedrigen Vorlauftemperaturen eine solare Heizungsunterstützung.

Auch bei Dimensionierung von Solaranlagen mit Heizungsunterstützung wird zunächst das Speichervolumen für den Warmwasserbedarf anhand der Personenzahl ermittelt. Zusätzlich muss dazu aber noch ein Speichervolumen für die Heizungsunterstützung vorgehalten werden. Die Größe der Kollektorfläche ist hier jedoch vom Nutzungszeitraum der Heizungsunterstützung abhängig. So ergibt sich beispielsweise für einen 4-Personen-Haushalt für eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung in der Übergangszeit ein Speichervolumen von etwa 800 l und eine Kollektorfläche von rund 12 m². Damit können in einem Niedrigenergiehaus mit 120 m² Wohnfläche rund 25 % des gesamten Wärmebedarfs solar gedeckt werden.

Tabelle für Korrekturfaktoren Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung Hauptnutzung: März-Oktober										
Winkel- abweichung von Süden	Kollektoreneigung (Dachneigung)									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0° Süd	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7
15°	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6
30°	1,4	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6
45° SO/SW	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8
60°	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9
75°	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1
90° Ost/West	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6

Abb. 33:
Korrekturfaktoren zur Auslegung von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung in der Übergangszeit bei nicht optimal ausgerichteten Kollektoren
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

Tabelle für Korrekturfaktoren Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung Hauptnutzung: ganzjährig										
Winkel- abweichung von Süden	Kollektoreneigung (Dachneigung)									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0° Süd	2,0	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2
15°	2,0	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,3
30°	2,0	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4
45° SO/SW	2,0	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,5	1,5
60°	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6	1,8
75°	2,0	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,3
90° Ost/West	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,2	2,4	2,7	3,2

Abb. 34:
Korrekturfaktoren zur Auslegung von Solaranlagen zur ganzjährigen Heizungsunterstützung bei nicht optimal ausgerichteten Kollektoren
Quelle: Lernsoftware Multi-SOL 2.0,
www.multi-sol.de

5.3 Nachheizung

Da in den strahlungsärmeren Zeiten der Nutzenergiebedarf nur zum Teil solar gedeckt werden kann, benötigen Solaranlagen eine Nachheizung. Diese sorgt dafür, dass der Bereitschaftsteil des Speichers immer auf Solltemperatur gehalten wird. Sie sollte sich nur bei Bedarf selbsttätig einschalten und so konzipiert sein, dass möglichst viel Sonnenenergie genutzt wird. Als Energiequelle kommen eine Zentralheizungsanlage oder ein nachgeschalteter Gas-Durchlauferhitzer in Frage. Die Nachheizung mit einer Zentralheizungsanlage erfolgt üblicherweise über einen zweiten Wärmetauscher im oberen Speicherbereich, der direkt an die Heizungsanlage angeschlossen ist. Über einen Thermostat, der in Höhe des Heizkessels die Speichertemperatur misst, wird die Ladepumpe eingeschaltet, wenn die Wassertemperatur im Speicher den eingestellten Wert unterschreitet. Die Art des Heizkessels spielt dabei technisch keine große Rolle. Zur CO₂-neutralen Nachheizung ist die Verbrennung von Biomasse bestens geeignet und vor allem in Form von Hackschnitzel (bei großen Anlagen) oder Holzpellets (auch im Leistungsbereich unter 10 kW) sehr komfortabel. Wenn ein modernes thermostatisch geregeltes Gerät eingebaut wird, ist ein nachgeschalteter Durchlauferhitzer energetisch gesehen die beste Lösung, da der Durchlauferhitzer, direkt vor den Verbraucher montiert, gerade nur so viel Energie liefert, wie zum Erreichen der Solltemperatur gebraucht wird, und damit für die Nachheizung keine Bereitschaftsverluste entstehen. Diese Lösung erfordert allerdings die Installation einer entsprechenden Gas-Therme einschließlich Kaminanschluss, Gasanschluss usw. Außerdem gilt eine Nachheizung über die Zentralheizungsanlage als komfortabler. Die Nachheizung über einen Elektro-Heizstab hat einen sehr schlechten Primärenergiewirkungsgrad und ist im Betrieb verhältnismäßig teuer. Daher sollte sie nur als Übergangslösung über den Sommer gewählt werden, wenn eine alte Heizungsanlage mit sehr schlechtem Wirkungsgrad arbeitet. Quelle: [1]

5.4 Integration in bestehende haustechnische Anlagen

Meist wird mit dem Solarkollektor auch ein neuer bivalenter Speicher eingebaut, der genau auf den Bedarf dimensioniert ist. Ist bereits eine moderne Heizungsanlage mit gut gedämmtem Speicher vorhanden, kann unter Umständen auch der eingebaute Trinkwasserspeicher zur Nachheizung genutzt werden. In diesem Fall wird der Solarspeicher über ein Drei-Wege-Ventil an den Kaltwasseranschluss des Kesselspeichers angeschlossen. Im Sommer wird dann das Warmwasser direkt dem Solarspeicher entnommen. In der „Nachheiz“-Stellung fließt das im Solarspeicher vorgewärmte Wasser anschließend

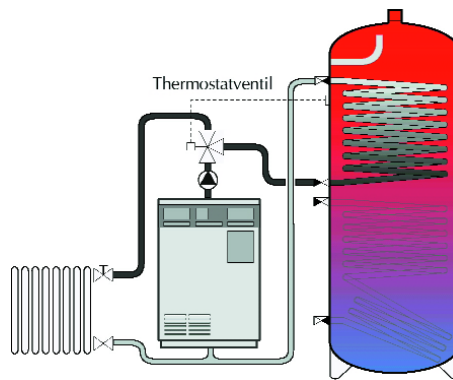


Abb. 35:
Nachheizung des oberen Speicherbereichs über eine Zentralheizung.
Quelle: Wagner & Co.

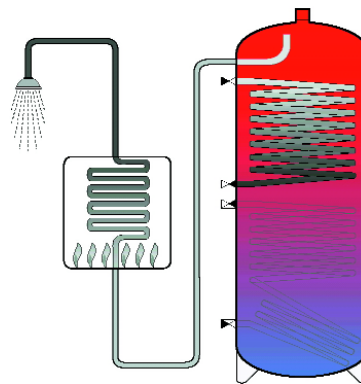


Abb. 36:
Nachheizung über einen thermostatisch geregelten Durchlauferhitzer.
Quelle: Wagner & Co.

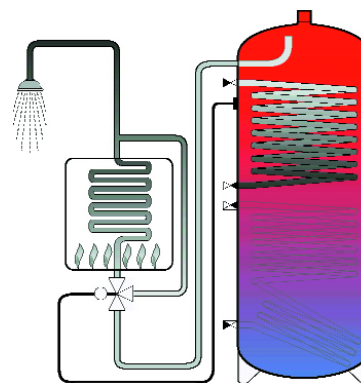


Abb. 37:
Nachheizung über einen nicht thermostatisch geregelten Durchlauferhitzer.
Quelle: Wagner & Co.

durch den Speicher des Heizkessels und wird dort auf Solltemperatur nachgeheizt. Bei diesen Konstruktionen ist jedoch genau hinzuschauen, ob die „Rettungsaktion“ für die alten Speicher bezüglich der Kosten und des Solarertrags sinnvoll ist. Viel besser ist es, im Zuge des Neubaus oder einer Heizungsmodernisierung die Solaranlage bereits vorzubereiten, wie im nächsten Kapitel beschrieben. Wurde das Trinkwasser bisher über einen Gasdurchlauferhitzer erwärmt, so kann auch dieser zur Nachheizung in der Solaranlage eingesetzt werden. Beim Anschluss ungeregelter, nicht für den Betrieb mit vorgewärmtem Wasser geeigneter, Gasdurchlauferhitzer muss zusätzlich ein temperaturgeregeltes Drei-Wege-Ventil eingebaut werden, um das solar vorerwärmte Warmwasser an dem Gasdurchlauferhitzer vorbei über einen Bypass zu den Zapfstellen zu leiten. Nur wenn die Warmwassertemperatur die einstellbare Solltemperatur (z.B. 45 °C) unterschreitet, wird der Durchfluss zum Durchlauferhitzer freigegeben. Es ist darauf zu achten, dass das Drei-Wege-Ventil für den Druck des Trinkwassernetzes ausgelegt ist. Ist der Durchlauferhitzer für den Betrieb mit vorerwärmtem Wasser geeignet, kann auf das geregelte Drei-Wege-Ventil und den Bypass verzichtet werden. Die Nachheizung mit einem vorhandenem Elektrodurchlauferhitzer erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie mit einem Gasdurchlauferhitzer. Quelle: [1]

Vermeidbare CO₂-Emissionen durch den Einsatz verschiedener Kollektoranlagen in kg CO₂ – pro m² Kollektorfläche und Jahr

Vermeidbare CO ₂ -Emissionen durch Kollektoranlagen in kg pro m ² Kollektor					
Energieträger	Schwimmbadheizung	Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung		Teilsolare Heizung	
	Kunststoffabsorber	Flachkollektor	Vakuumröhre	Flachkollektor	Vakuumröhre
Strom	120 – 180	150 – 270	180 – 360	90 – 240	120 – 300
Gas	44 – 66	55 – 100	66 – 132	33 – 88	44 – 110
Öl	60 – 90	75 – 135	90 – 180	45 – 120	60 – 150
Mittelwert aus Öl und Gas	70	90	120	70	90

Abb. 39:
Vergleich von Energiegestehungskosten verschiedener Kollektoranlagen und konventioneller Energieträger.

6 Wirtschaftlichkeit und Ökologie

6.1 Nutzungsdauer und energetische Amortisation

Für die Qualität eines Kollektors sind nicht nur Energieertrag und Leistungsfähigkeit ausschlaggebend, sondern auch seine Nutzungsdauer. Diesbezüglich sind in den letzten Jahren einige Vorschriften entstanden bzw. novelliert worden, allen voran die neuen Euronormen EN 12975 T1/T2, EN 12976 T1/T2, EN 12977 T1/T2/T3. Darin werden Testverfahren beschrieben, mit denen die Beständigkeit bei Stillstandstemperatur, bei Temperaturschocks (plötzliche Abkühlung eines Kollektors z.B. durch Regen), die Regendichtigkeit und Belüftung, die mechanische Belastbarkeit sowie das Alterungsverhalten geprüft werden. Neuere Untersuchungen belegen eindrucksvoll eine Mindestlebensdauer für Sonnenkollektoren von 20 Jahren, ein Wert, der seit jeher in Langzeit-Kostenvergleiche und Wirtschaftlichkeitsanalysen eingesetzt wird. Aufgrund der in den letzten Jahren erfolgten technischen Verbesserung kann mit einiger Sicherheit angenommen werden, dass die Lebensdauer heutiger Sonnenkollektoren sogar weit größer als 20 Jahre ist. Gelegentlich hört man die Behauptung, dass Solaranlagen während ihrer Nutzungszeit nicht einmal die Energie produzieren, die zur Herstellung der Anlage benötigt wird. Diese Aussage ist falsch. Im Gegenteil, durch eine Reihe von Untersuchungen ist nachgewiesen worden, dass die sogenannte energetische Amortisationszeit oder Energierücklaufzeit sehr kurz ist. Um sie zu ermitteln wird der Energieaufwand für die Herstellung aller Anlagenteile bestimmt und zusammenge-rechnet, und zwar jeweils für die gesamte

Produktionskette von der Gewinnung der Rohstoffe über die Herstellung des Grundmaterials (z.B. Aluminium) bis zur Bearbeitung des eingesetzten Werkstückes (z.B. profilierter Aluminiumrahmen) einschließlich der notwendigen Transporte. Zur Herstellungsenergie – auch „Graue Energie“ genannt – muss noch der Energieaufwand für die Wartung (z.B. für Ersatz einer zerstörten Glasscheibe o.ä.) hinzugerechnet werden, außerdem der Betriebsaufwand (z.B. Strom für die Pumpe) sowie der Aufwand für die Entsorgung der kompletten Anlage nach Ablauf der Nutzungszeit. Für die Herstellung von Flachkollektoranlagen müssen etwa 3.000 kWh für einen 4-Personen-Haushalt und für die Herstellung der Vakuumröhrenkollektor-Anlage ca. 2.000 kWh an Primärenergie aufgewendet werden. Das führt zu einer energetischen Amortisationszeit für Solaranlagen von 0,6 bis 2,8 Jahren. Für Anlagen zur Schwimmbaderwärmung beträgt die energetische Amortisationszeit nur 0,4 bis 1 Jahr. Eine Nutzungsdauer von 20 Jahren unterstellt, ergibt sich daraus ein Erntefaktor (Energieproduktion dividiert durch Primärenergieaufwand) von 13 bis 23 für Flachkollektor-, von 18 bis 32 für Vakuumkollektor- und von 20 bis 50 für Absorber-Anlagen. Diese Zahlen belegen den energetischen Sinn von Solaranlagen eindrucksvoll. (Quelle: Ladener/Späte) Konventionelle Kraftwerke, die mit fossilen oder nuklearen Brennstoffen betrieben werden, haben hingegen gar keine energetische Amortisation, da hier ständig der Vorrat an erschöpflichen Energieformen wie Öl, Gas, Uran und Kohle verbraucht wird. Nur erneuerbare Energien haben eine energetische Amortisation und sind daher langfristig die einzige mögliche Energiequelle.

6.2 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen wird verständlicherweise von den Interessenvertretern anderer Energieträger besonders hochgespielt und vielfach zum alleinigen Entscheidungskriterium für oder gegen den Kauf einer Solaranlage gemacht. Die Solarenergienutzung hilft, die Energieressourcen der Erde zu schonen, sie bewirkt unmittelbar eine Verringerung der Umweltbelastung und hilft langfristig unsere zukünftige Energieversorgung zu sichern. Berücksichtigt werden müssen also auch der Imagegewinn bei der derzeit sehr hohen Akzeptanz erneuerbarer Energien in der Bevölkerung, sowie die Frage der Kostensicherheit. Da bei Solaranlagen keinerlei Kosten für Betriebsstoffe anfallen, sind sie von Preisentwicklungen am Energiemarkt unabhängig. Der Sinn einer Wirtschaftlichkeitsberechnung liegt somit hauptsächlich darin, die Kostenstrukturen überschaubar zu machen und dadurch Entscheidungshilfen zu bekommen, welche Energiesparinvestitionen vorrangig zu tätigen sind. Sie helfen bei einem festgesetzten Kostenrahmen die Investitions- und Betriebskosten unter Berücksichtigung der Behaglichkeit zu optimieren. Anlagen zur Trinkwassererwärmung kosten in Deutschland fertig installiert 8.000 DM bis 15.000 DM, mit Heizungsunterstützung 20.000 DM bis 25.000 DM für ein Einfamilienhaus mit 4 Personen. (Quelle: DFS) Die meisten Wirtschaftlichkeitsrechnungen anderer Energieträger berücksichtigen nicht die versteckten Kosten, die durch die Nutzung konventioneller Energie entstehen und von der Gesellschaft getragen werden: CO₂-Belastung der Atmosphäre, Umweltverschmutzung, Gesundheitsschäden, Ausbeutung der Natur, Atomüllentsorgung, Importabhängigkeit usw. Solange die sogenannten „externen Kosten“ nicht gerechter auf die Energieträger bzw. die erzeugte Energie verteilt werden, können Wirtschaftlichkeitsrechnungen wirklich nur dazu dienen, Tendenzen sichtbar zu machen. Es gibt mittlerweile Modelle, die CO₂-Emissionen finanziell zu bewerten und bei volkswirtschaftlicher Betrachtungsweise entweder den konventionellen Energien zuzuschlagen oder von den erneuerbaren Energien abzuziehen. Eine Analyse aus der Schweiz kommt zum Beispiel zu Preiszuschlägen bzw. -abzügen von ca. 4 Pf/kWh für Gas-, ca. 5,5 Pf/kWh für Ölfeuerung und 6 Pf/kWh für Strom. Die Weltbank nennt Kosten von 34 DM/t CO₂.

6.3 Ökologische Aspekte

Kollektoren haben je nach Typ einen unterschiedlichen Energieaufwand für deren Herstellung. Der Grund dafür ist in den eingesetzten Materialien zu finden. So ist z.B. Aluminium in der Herstellung sehr viel energieaufwendiger als Kunststoff oder Stahl oder gar Holz. Gleiches gilt für die Absorberbeschichtungen: Die neueren Sputter- oder PVD-Schichten (Physical Vapor Deposition) auf den Kupferabsorbern oder direkt auf der Glasröhre sind deutlich weniger energieintensiv zu produzieren als herkömmliche galvanische Beschichtungen. Immer mehr Hersteller legen bei ihrer Produktion ein Augenmerk nicht nur auf diesen Aspekt, sondern auch auf die Verwendung möglichst umweltfreundlicher Materialien; beispielsweise werden möglichst FCKW-freie Materialien, keine Verbundwerkstoffe usw. eingesetzt. Auch die Recyclingfähigkeit der Materialien spielt eine immer größere Rolle. Ungeachtet dessen sparen Solaranlagen in jedem Fall die durch den Einsatz von Solarenergie verdrängten fossilen Brennstoffe und damit entsprechende Schadstoffemissionen ein (Quelle: [1]). Beispielsweise werden bei der Verbrennung von 1 Liter Öl (10 kWh) etwa 3 kg CO₂ erzeugt. Damit spart ein Flachkollektor je m² Kollektorfläche, bei einem jährlichen Energieertrag von 350 kWh, jährlich 35 l Öl und damit rund 100 kg CO₂ ein.

7 Ausblick

Solarwärme-Anlagen werden seit Mitte der 70er-Jahre in Österreich, Deutschland und der Schweiz entwickelt, gebaut und eingesetzt. Der Markt weist seit Ende der 80er Jahre durchschnittliche Wachstumsraten von 30 % jährlich auf. Die jährlich in Deutschland installierte Kollektorfläche stieg von 100.000 m² im Jahr 1991 auf über 600.000 m² im Jahr 2000, dies entspricht etwa 75.000 Anlagen. Rund 85 % sind Flachkollektoren und rund 15 % Vakuumröhrenkollektoren. Insgesamt waren damit Ende 2000 in Deutschland 2,9 Mio. m² verglaste Sonnenkollektoren in 360.000 Anlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung installiert. Hinzu kommen nochmals etwa 70.000 m² an einfachen Kunststoffabsorbern für die Schwimmbad-Wassererwärmung. Es wird von einem dauerhaften Marktvolumen von 10 Mio. m² jährlich neu installierter Kollektorfläche ausgegangen, was bei einem gesunkenen Systempreis von geschätzt 1.000 DM/m² ein Jahresumsatz von 10 Mrd. DM bedeutet und 100.000 Arbeitsplätze schafft bzw. sichert. Diese Marktgröße kann bei positiven Rahmenbedingungen bis 2010 erreicht werden. Derzeit haben rund 3 % der Ein- und Zweifamilienhäuser eine Solaranlage und sparen damit rund 1,6 TWh (1,6 Milliarden Kilowattstunden) bzw. 0,43 Mio. t CO₂ ein. Bis 2010 sollen 26 % der Ein- und Zweifamilienhäuser mit Solarenergie Warmwasser bereiten sowie Räume heizen und damit 28,7 TWh bzw. 7,74 Mio. t CO₂ jährlich einsparen. (Quelle: [3] und [5]). Daneben werden industrielle Anwendungen im Prozesswärmebereich und Gebäudeklimatisierung in steigendem Maße zukünftig solar angetrieben werden. In der Schweiz liegt die gesamte installierte Kollektorfläche pro Kopf mit 4,4 m² je 1000 Einwohner auf ähnlichem Niveau wie in Deutschland mit 5,5 m² je 1000 Einwohner. Das entspricht knapp einem DIN A4 Blatt Kollektorfläche je Einwohner. Österreich liegt mit 17,5 m² Kollektorfläche je 1000 Einwohner an der Spitze in Europa – weit vor den südeuropäischen Ländern wie beispielsweise Portugal und Italien, wo weniger als 1 m² je 1000 Einwohner derzeit installiert sind. In den nächsten Jahren sind weitere Entwicklungen in den Bereichen Kollektorbeschichtungen und Speicher sowie im Bereich solare Großanlagen und Optimierung und Rationalisierung der Fertigung zu erwarten. Um die optischen Verluste von Kollektoren durch Reflexion zu minimieren, sind seit neuestem sogenannte Anti-Reflex-Beschichtungen am Markt erhältlich. Damit können die optischen Verluste der Abdeckungen von Kollektoren um bis zu 5 Prozentpunkte gesenkt werden.

Im Speicherbereich sind schon seit einigen Jahren sogenannte Latentwärmespeicher in der Entwicklung. Sie beruhen auf dem Prinzip, dass Wärmeträger beim Phasenübergang eine sehr große Energiemenge bei geringem Temperaturanstieg aufnehmen können und dadurch bei gleichem Speichervolumen eine wesentlich größere Energiemenge gespeichert werden kann. Dies wird den ohnehin stark wachsenden Markt für solare Heizung weiter beflügeln. Solartechnik zu nutzen ist bereits heute Stand der Technik – effizient, umweltfreundlich und zukunftsicher. Durch die gelungene Integration in die Gebäudehülle wird sie darüber hinaus zu einem wichtigen gestalterischen Element des nachhaltigen Bauens.

Autoren:

Klaus Lambrecht, Diplom-Physiker
Inhaber der ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR – Training und Unternehmensberatung (www.solaroffice.de). Seit 1989 in der Solarforschung (Kollektor- und Speicherentwicklung). Zahlreiche Fachseminare für Handwerker und Architekten. Leiter von 2 EU-Projekten zur Markteinführung von Solartechnik. Mitglied mehrerer Fachgremien zu EnEV, Solartechnik und Fortbildung. Dozent der Architektenkammer zu den Themen Solartechnik, Gebäudesimulation, Energiekonzepte und Energieeinsparverordnung EnEV. Experte für solare Energiekonzepte und dynamische Gebäudesimulation.

Uli Jungmann, Dipl.-Ing. (Architektur)
Mitarbeiter der ECONSULT. Spezialisiert auf dem Gebiet des solaren Bauens.

Literaturverzeichnis:

- [1] H. Ladener, F. Späte; Solaranlagen; 6. Auflage, ökobuch Verlag, 1999
- [2] K. Lambrecht, A. Wolf, F. Späte, U. Jungmann et al.; Multi-SOL 2.0 – Lernsoftware für Solarthermie; ECONSULT, www.multi-sol.de, 2001
- [3] ARGE Solarwirtschaft; Perspektiven der Solarwärme-Nutzung in Deutschland; Arbeitspapier für den parlamentarischen Abend am 21. 6. 2001
- [4] Deutsches Kupfer-Institut DKI e.V.; Die fachgerechte Installation von thermischen Solaranlagen; Informationsdruck i160, 2. Auflage, DKI, 2001
- [5] Deutscher Fachverband Solartechnik DFS e.V.; Der europäische Solarthermie-Markt; DFS, 2001
- [6] Energie Baden-Württemberg; Forschung, Entwicklung und Demonstration; EnBW, 2000
- [7] K. Lambrecht; Solare Energiekonzepte; Seiten 64ff, Glaswelt 5/2001

Kapitel: Die Auslobung für den Wettbewerb Architektur und Solarthermie

Autoren: Dr. Andreas Häberle und Werner Warmuth M. A., PSE GmbH, Freiburg



Zielsetzung

Ziel ist die Auszeichnung und Verbreitung gestalterisch herausragender Lösungen zur Integration solarthermischer Anlagen in die Architektur.

Sonnenkollektoren wurden bislang nur selten als gestalterisches Element angewandt. Hier ist der Planer gefragt, dessen Anspruch es ist, mehr als das Mindestmaß an technisch, funktional und wirtschaftlich Möglichem zu erfüllen. Solarenergienutzung ist ein wichtiger Baustein für die ganzheitliche Qualität von Architektur.

Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung verzeichnen Zuwachsraten von jährlich rund 20 %. Solartechnik etabliert sich zunehmend als Teil der Haustechnik. Als integrale Bestandteile gestalterisch anerkannt guter Gebäude werden solarthermische Anlagen in das Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt und zu einem wie selbst-verständlich anerkannten Bestandteil des Bauens.

Um eine weitergehende Verbreitung zu unterstützen, prämierte der Wettbewerb „Architektur & Solarthermie“ des Deutschen Kupfer-Instituts hervorragende Beispiele der Integration solarthermischer Anlagen in die Architektur. Der durch den Bund Deutscher Architekten BDA, die Bundeskampagne „Solar – na klar!“ und die Ruhrgas AG unterstützte Wettbewerb schlägt den Bogen zwischen dem rein technisch-wissenschaftlich orientierten Einsatz von Solartechnik und den Möglichkeiten zukunftsweisender Gestaltung in der Architektur.

Teilnahmebedingungen

Teilnahmeberechtigt waren Architekten, Planungsbüros sowie Bauherren. Insbesondere wurden Gemeinschaften aus Architekten und Fachplanern zur Einreichung aufgerufen. Die eingereichten Objekte mussten sich auf dem Gebiet Deutschlands, der Schweiz oder Österreichs befinden und nach dem 1. 1. 1995 realisiert worden sein. Realisierungsnahe Objekte, die sich zum Zeitpunkt der Auslobung noch in der Planung befanden, waren zur Einreichung ebenfalls zugelassen. Jeder Architekt, Fachplaner, Bauherr oder Gemeinschaft konnte höchstens drei Arbeiten einrei-

chen. Dabei galten Arbeitsgemeinschaften als ein Verfasser. Ein Objekt durfte nur einmal eingereicht werden.

Zur Teilnahme mussten folgende Unterlagen eingereicht werden:

- I. Bewerbungs- und Anmeldebogen mit Anschrift des Einreichers.
- II. Datenblatt mit Bezeichnung und Anschrift des Objektes sowie allgemeinen Angaben zum Gebäude, dessen Energiekennwerten und der Art der Heizung / Warmwasserversorgung.
- III. Beschreibung der Solaranlage, in der Angaben zum Kollektor, Speicher, Wärmetauscher, Trinkwasser-Erwärmung, etc. gemacht werden konnten.

Zudem waren die Ergebnisse der dynamischen Simulation der Solaranlage und eine Wärmebedarfsberechnung des bzw. der angeschlossenen Gebäude gesondert beizulegen.

Optional konnte je eingereichter Arbeit ein kurzer Erläuterungstext (maximal eine DIN A4-Seite) beigelegt werden. Es sollte auch Bildmaterial beigelegt werden (maximal 6 Dias im Kleinbildformat), welches Lageplan, Grundrisse, Ansichten, Schnitte und Schaltschemata abbildet. Von jedem Dia war ein Papierbild (Format 20 x 30 cm) beizufügen. Einreichungsschluss (Poststempel) war der 31. März 2000.

Beurteilungskriterien

- Idee und Innovation
 - Gestaltung und ästhetische Erscheinung
 - Technische Wirksamkeit
 - Vorbildfunktion und Übertragbarkeit
 - Integration in Architektur und Umfeld
- Bevor das Preisgericht zusammentrat wurde in einer Voruntersuchung die Vollständigkeit der eingereichten Unterlagen geprüft. Die technischen Angaben wurden einer groben Plausibilitätsprüfung unterzogen. Eine detailliertere Prüfung erfolgte in diesem Stadium nicht.

Die Vorprüfung erfolgte durch die Projektbetreuer:

- Klaus Lambrecht (ECONSULT GbR, Rottenburg)
- Dr. Andreas Häberle (PSE GmbH, Freiburg)

Auslober



Deutsches Kupfer-Institut e.V.,
Am Bonnhof 5, 40474 Düsseldorf,
www.kupferinstitut.de

in Kooperation mit:



Bund Deutscher Architekten BDA,
Köpenicker Str. 48/49, 10179 Berlin-Mitte,
www.BDA.BauNetz.de



„Solar – na klar!“, Baum e.V.,
Osterstr. 58, 20259 Hamburg,
www.solar-na-klar.de



Ruhrgas AG, Huttropstraße 60,
45138 Essen, www.ruhrgas.com

Projektbetreuung durch:



PSE GmbH,
Christaweg 40, 79114 Freiburg, www.pse.de



ECONSULT GbR,
Buchenweg 12, 72108 Rottenburg,
www.3econsult.de

Das Preisgericht

Die Jury bestand aus hochrangigen Vertretern der Auslober, aus Architekten sowie Fachleuten aus Bauphysik, Haustechnik und Solarthermie.

Folgende Personen bildeten das Preisgericht, das am 19.05.2000 in Berlin zusammentrat:

- Dr. Werner Seitz (DKI, Düsseldorf)
- Prof. Peter Steiger (Architekt, Zürich)
- Hr. Eike Becker (Eike Becker_Architekten, BDA, Berlin)
- Dr. Volker Heise (Architekt BDA, Berlin)
- Dipl.-Ing. Matthias Bihler (Ruhrgas AG)
- Prof. Dipl.-Ing. Peter Braun (FH Hamburg)
- Prof. Dr. Sigrid Jannsen (Präsidentin der DGS, Freiburg)
- Prof. Dr. Wolfgang Streicher (TU Graz)
- Prof. Dipl.-Ing. Andreas Wagner (Universität Karlsruhe).

Auszeichnung

Es wurde eine überraschend hohe Anzahl von 89 bereits realisierter oder realisierungsnaher Objekte eingereicht, so dass es dreier Durchläufe nach Ausschneideverfahren bedurfte, um die Arbeiten zu bewerten. In die Endauswahl kamen schließlich 15 Einreichungen. Das Preisgericht teilte die Preise wie folgt auf:

1. Preis (Preisgeld von DM 25.000); ein Sonderpreis (Preisgeld von DM 15.000 von Ruhrgas AG); 5 besondere Anerkennung (Preisgeld von je DM 5.000); 9 lobende Erwähnung.

Das Preisgericht beschloss einstimmig, dass der Sonderpreis außerdem eine besondere Anerkennung erhält.

Bericht der Jury

Bei den eingereichten Projekten fällt zunächst auf, dass bei der Nutzung von Sonnen-

energie kaum mehr von alternativer Technologie gesprochen wird. Offensichtlich wird die Sonnenenergie nicht mehr lediglich als „Alternative“ zu den herkömmlichen Energieträgern gesehen, sondern als ernst zu nehmender Wettbewerbsfaktor auf dem künftigen Energiemarkt. Tatsächlich weisen die Anzahl und die Vielfalt der vorgeschlagenen Lösungen auf ein gewaltiges wirtschaftliches Potential in der Nutzung von Sonnenenergie hin. Jedenfalls lassen Vielfalt und hohe Qualität der eingereichten Projekte den Schluss zu, dass die Solarthermie endgültig ihr Nischendasein verlassen hat und dank intelligenter Kombination von Architektur und Haustechnik nicht nur im Energiesektor, sondern auch im Gebäudesektor zu einer treibenden Kraft in der schrittweisen Umstellung der Wärme- und Kraftversorgung auf regenerierbare Energieträger geworden ist.

Auch zeigt sich, dass dank der rasanten technischen Entwicklung von solarthermischen Gerätschaften die Strahlungswirkung der Sonne immer unmittelbarer am Gebäude genutzt werden kann und infolgedessen die Übertragungsverluste von Kraft und Wärme zunehmend entfallen.

Die Qualität der eingereichten Arbeiten erlaubte es der Jury, verschiedene Gebäudetypen mit vielfältigen Nutzungen und unterschiedlichen Größenordnungen, von Wohnungs- bis zu Dienstleistungsbauten, für Neubau und Sanierungen, auszuzeichnen und zuletzt sogar noch eine künstlerische Anwendung solarthermischer Elemente in die ausgezeichneten Objekte mit einzubeziehen.

Preisverleihung und Ausstellung

Die feierliche Preisverleihung fand am 6. Juli 2000 im Rahmen der „Solarimpulse Freiburg 2000“ im Konzerthaus Freiburg statt.

Die ausgezeichneten und die lobend erwähnten Arbeiten wurden als Poster-Ausstellung auf der intersolar 2000 – Internationale Fachmesse und Kongress für Solartechnik – in Freiburg präsentiert und stießen bei den über 11.000 Besuchern auf reges Interesse. Die Poster-Ausstellung war in der Folge bei vielen Architektur-Konferenzen und anderen Veranstaltungen in ganz Deutschland zu sehen und wurde vom Publikum begeistert aufgenommen.

Die Posterausstellung kann gegen Erstattung der Transportkosten ausgeliehen werden. Bei Interesse wenden Sie sich bitte an:

PSE GmbH, Christaweg 40, 79114 Freiburg, Tel. +49(0)761-479 14-0, Fax +49(0)761-479 14-44, www.pse.de, info@pse.de.

Dokumentation

Im Internet wurde der Wettbewerb unter www.architektur-solarthermie.de von der Auslobung bis zur Preisverleihung begleitet. Dort sind auch die Arbeiten der Preisträger dokumentiert.

Die vorliegende Buch-Dokumentation enthält eine repräsentative Auswahl aller eingereichten Arbeiten. Zunächst sind die 15 Preisträger dargestellt, dann folgen Arbeiten, die aus verschiedenen Gründen nicht in die Endauswahl kamen, aber aus Sicht der Auslober die hohe ästhetische Qualität und bauliche Vielfalt dokumentieren, die mittlerweile mit solarthermischen Komponenten möglich ist.

Rechtlicher Hinweis:

Die Projektbeschreibung zu den einzelnen Arbeiten ist in der Regel ein Auszug des von den Einreichern zur Verfügung gestellten Materials. Für die Richtigkeit der getroffenen Aussagen kann keine Gewähr übernommen werden.