

Solartechnik

Klaus Lambrecht, Diplom-Physiker
ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR, www.solaroffice.de

1 Warum sich überhaupt mit Solartechnik beschäftigen?

Der Solarmarkt ist in den 90er Jahren so richtig in Schwung gekommen. Im Bereich der Solarthermie – also solare Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung – lagen die jährlichen Wachstumsraten bei 20 – 30%. Diese Wachstumsraten blieben auch auf diesem konstant hohen Niveau, als die Entwicklung in der Baubranche eher zurückhaltend bis schwierig wurde. Der Solarmarkt ist noch ein kleiner Markt – aber er ist ein Zukunftsmarkt par excellence.

Die Solartechnik wird inzwischen von Planern, aber auch von fortschrittlichen Betrieben dazu genutzt, Kompetenz auch in der Heizungstechnik zu demonstrieren: „Wir sind ein Betrieb, der Ihnen den Stand der Technik verkauft und installiert. Wir nehmen Sie als Kunden auch mit Ihren Umweltsorgen ernst – und wir können Ihnen Lösungen bieten!“. Außerdem zieht nach Aussagen eines großen Heiztechnikherstellers jede zweite Solaranlageninstallation auch die Neuinstallation der Heizung nach sich

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 Mill. 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 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 leider nicht konstant. 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, das

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.

In Deutschland beträgt die einfallende Sonnenstrahlung im Durchschnitt rund 900 bis 1200 kW/m²a auf eine Fläche, die nach Süden ausgerichtet ist und eine Neigung von 45 Grad gegen die Horizontale hat. Der Anteil der diffusen Strahlung ist übers Jahr größer als derjenige der direkten Strahlung. So gilt etwa für mitteleuropäische Breiten eine Solarstrahlungsleistung:

- bei klarem Himmel: > 1,0 kW/m²
- Sonne bricht durch die Wolken: ~ 0,6 kW/m²
- Sonne als weiße Scheibe erkennbar: ~ 0,3 kW/m²

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 6mal so weit wie am Äquator. Die Strahlen treffen zudem in einem spitzeren Winkel auf die Erde. Dadurch verteilt sich dieselbe Energie, die bei senkrechter Einstrahlung auf einen m² trifft auf eine entsprechend größere Fläche. Die Ausrichtung einer Solaranlage erfolgt daher nach der Sonnenbewegung an ihrem geografischen Standpunkt. Ein weitere 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 Strahlungskarten sind die durchschnittlichen, jährlichen Sonnenscheinstunden 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 Fotosynthese 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 CO₂-Bindung in Biomasse umgesetzt. Bei der Verbrennung der Biomasse kann Wärmestrahlung erzeugt werden. Das dabei entstehende CO₂ 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 zur solaren Wärmeengewinnung 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 zusammengeschaltet werden, direkt in elektrischen Strom umgewandelt. Den größten Ertrag erbringt eine Solaranlage bei einer Ausrichtung nach 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 Sommer so hoch, dass hier mit horizontalen, baulichen Elementen wie Dachüberständen oder Balkonen ein ausreichender Sonnenschutz zu gewährleisten ist. Bei tiefstehender Sonne im Westen und Osten bieten hingegen nur Rollläden, 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 Innenraum abgegeben. Auch hier müssen effektive Verschattungsmaßnahmen insbesondere auch gegen diffuses Licht getroffen werden beziehungsweise die Fläche der TWD wohl balanciert geplant 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.

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 und uns dadurch blenden. Der Wärmeträger im Solarkreis nimmt beim Durchströmen des Kollektors die so 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

Voraussetzung 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

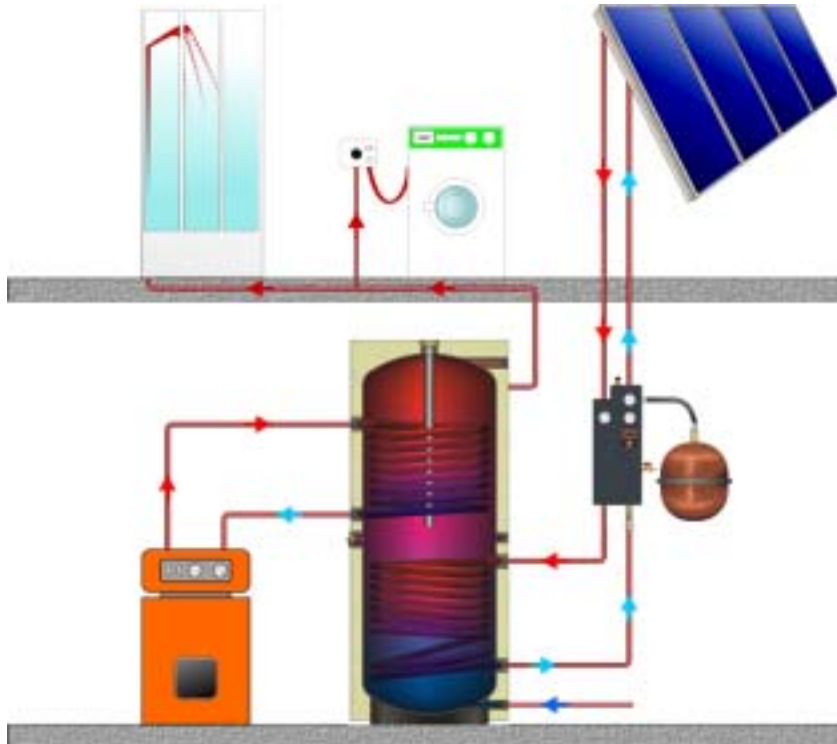
Wärmeträgerflüssigkeit also auf und fließt zum höchstgelegenen Punkt der Anlage, dem Speicher. Auf der anderen Seite fließt die abgekühlte Wärmeträgerflüssigkeit vom Speicher zum Kollektor zurück. Der Umlauf kommt in Gang, wenn das Wasser im Kollektor wärmer ist als im Speicher. Er wird um so stärker, 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 der 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 Mitteleuropa 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. 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.



Grafik: Standard-Solaranlage; Quelle: Solarenergie – Photovoltaik und Solarthermie; CD-ROM 2001

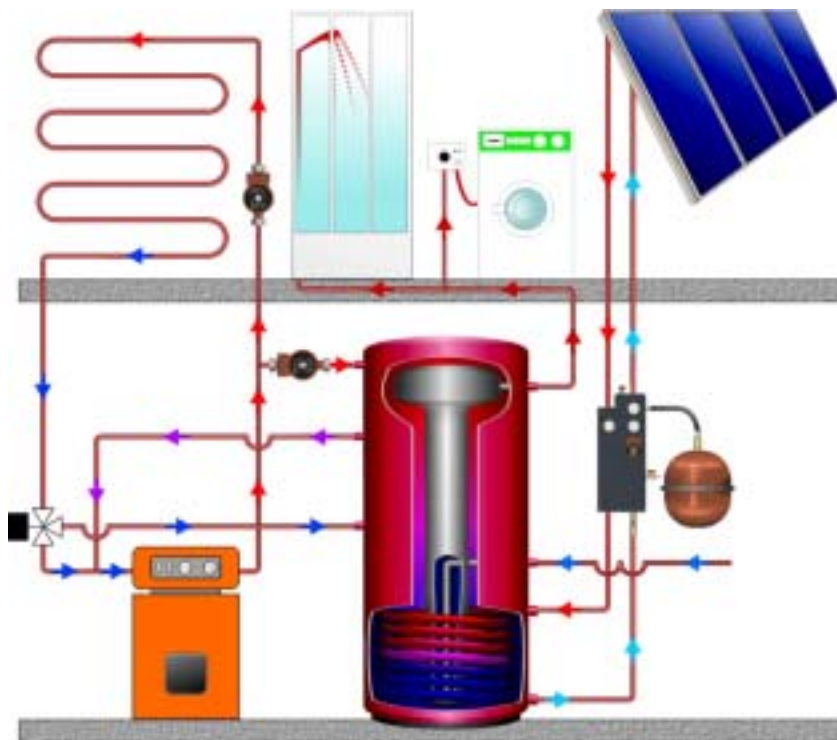
Auch in Hinblick auf den Wärmeträgerumlauf einer Solaranlage gibt es verschiedene Konzepte: das High-Flow-, Low-Flow-, Matched-Flow- und das Drain-Back System. Wesentliches Unterscheidungsmerkmal ist der spezifische

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 Kollektorverschaltung, 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-Flow unterschiedliche Anlagenkomponenten und -bauteile benötigt werden, erfordert der Matched-Flow-Ansatz eine gute Planung und eine relativ aufwendige System- und Regelungstechnik. Der spezifische Durchfluss liegt

bei den bisher realisierten Systemen zwischen 10 und 30 bis 40 l/h je m² Kollektorfläche.

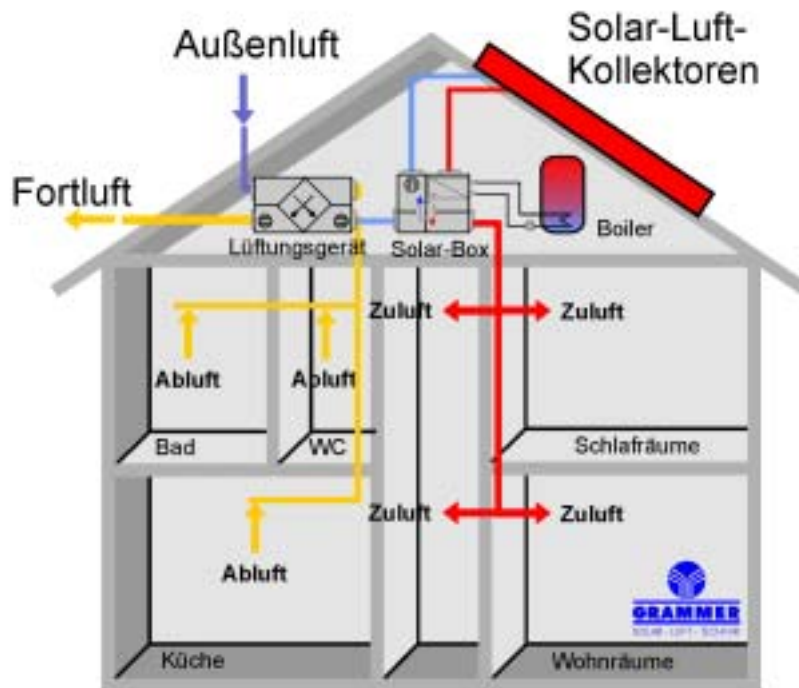
Eine interessante Variante im Hinblick auf die Auslegung des Solarkreislaufs ist das **Drain-Back-System** (= Rückfluss-System). Bei Stillstand der Pumpe, also wenn die Solarstrahlung nicht mehr ausreicht, um genügend Wärme zu erzeugen oder auch bei Stromausfall sowie bei Frostgefahr und Anlagenstillstand, laufen die Kollektoren selbsttätig leer. 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.



Graphik: Solare Heizungsunterstützung; Quelle: Solarenergie – Photovoltaik und Solarthermie; CD-ROM 2001

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.



Grafik: Solar-Luft-System , Quelle: Grammer

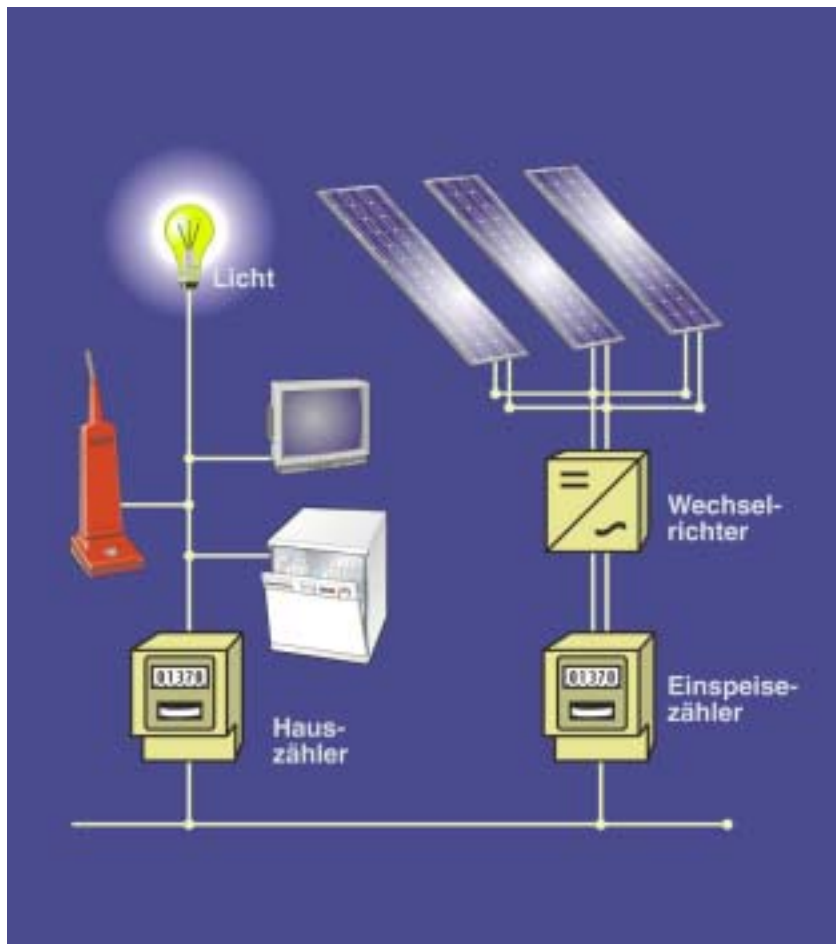
Kommentar: Grafik 2.3.A:
Grammer

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 kann. 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.



Graphik: Netzgekoppelte Solarstromanlage; [8]

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 wirkt, und so diesen Elektronenbewegungen entgegenwirkt. Dringt nun über die Oberfläche Licht in die Solarzelle ein, werden durch die eingestrahelte 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 untern 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. [7]

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 wieder abgibt. Neben den herkömmlichen 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 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 Verluste von bis zu 13 % bedeutet. Bei der Wärmeleitung geht ein Teil der Wärme über Befestigungen, Rohranschlüsse und die rückseitigen Auflager des Absorbers verloren. Sie ist mit 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.

4.1.1 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 unabgedeckte, preiswerte Kunststoffabsorber als Wärmelieferanten aus. Wegen der guten 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 50 % der Beckenoberfläche aus. Von besonderer Bedeutung für die Effizienz von Solaranlagen zur Schwimmbadwassererwärmung ist eine gleichmäßige Durchströmung der Absorberfelder.

4.1.2 Flachkollektoren

Marktgängige Flachkollektoren bestehen aus einem Absorber in einem leichten wärmegeprägten Gehäuse aus Aluminium, verzinktem Stahlblech oder glasfaserverstärktem Kunststoff mit transparenter Frontabdeckung aus 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 Kompletanlage mit Flachkollektoren beträgt bei einem optischen Wirkungsgrad von 80 % und einem U-Wert von $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ca. 35%. Bei einem jährlichen Sonnenenergieangebot von 1.000 kWh/m^2 entspricht dies einem Energieertrag von ca. $350 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. 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. Zudem ist ein hoher Selbstbauanteil möglich. Bei einer Flachdachaufständerung ist wegen der großen Windangriffsfläche eine hohe Ballastierung der Kollektoren notwendig, die im Einzelfall gar die Tragfähigkeit des Daches überschreiten kann.

4.1.3 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 U-Wert mit unter $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ wesentlich besser. Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad einer Kompletanlage mit Vakuumröhrenkollektoren liegt bei ca. 45%. Bei einem jährlichen Sonnenenergieangebot von 1.000 kWh/m^2 entspricht dies einem Energieertrag von ca. $450 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. 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 ($> 25^{\circ}\text{C}$) 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.

4.1.4 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 Frischlufterwärmung dagegen entfallen alle Wärmetauscher und somit auch die zwangsläufig damit verbundenen Wärmeverluste. Außerdem wird in vielen Fällen vorgewärmte Frischluft benötigt.

4.1.5 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.

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 Solarkreis an den Speicherinhalt übertragen. Das erwärmte Speichermedium steigt nach oben in den Bereitschaftsteil, aus dem dann das warme Trinkwasser entnommen wird. Der Wärmetauscher des Solarkreises 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.

Trinkwasserspeicher

Direkt an das Kaltwassernetz angeschlossene, also mit Trinkwasser gefüllte Speicher, werden sie 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 ist 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.

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

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 internem oder externem Wärmetauscher im direkten Durchfluss erfolgen.

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 die Temperatur im Speicher eingeschichtet. Damit steht warmes Wasser von der Solaranlage sofort zum Verbrauch zur Verfügung. Verwirbelungen des Speicherinhaltes durch das aufsteigendes warmes Wasser werden weitgehend vermieden, was zu einer wesentlichen 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.

4.3 Kollektorkreis

Verrohrung

Für den Solarkreis muss Rohrmaterial verwendet werden, das einem erhöhten Druck und Temperaturen weit über 100°C standhält. Üblicherweise wird die Rohrinstallation daher in Kupferrohren ausgeführt, teilweise auch mit Edelstahlwellrohr. Als Verbundtechniken werden Löten, Pressen sowie Klemmringverschraubungen eingesetzt, wobei auch hier die erhöhten Anforderungen an Druck und Temperatur beachtet werden müssen. Detaillierte Fachinformationen finden Sie in den Arbeitsblättern i160 und i158 [Quelle: DKF]. Die Rohrleitungen sind gemäß den Dämmstärken der Heizungsanlagenverordnung zu isolieren. Die hohen Temperaturen von über 110°C im Kollektorkreis erfordern spezielle 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.

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 nicht 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.

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 können mit Wasser als Wärmeträgermedium betrieben werden, da der Kollektor und die außenliegenden Leitungen im Falle eines Anlagenstillstands (z.B. nachts) komplett leer laufen und somit die Gefahr des Gefrierens der Wärmeträgerflüssigkeit nicht besteht.

Bei Luftkollektoren die Luft das Wärmeträgermedium, um die Energie vom Kollektor zum Nutzer zu transportieren.

5 Integration von solarthermischen Anlagen in die Haustechnik

5.1 Solare Trinkwassererwärmung

Die Trinkwassererwärmung ist die derzeit noch häufigste 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 gedeckt werden. Meist wird die Kollektorfläche so ausgelegt, dass in den Sommermonaten ein leichter Solarwärmeüberschuss erzeugt wird, um in diesem Zeitraum eine annähernde Volldeckung des Wärmebedarfes zu erreichen. Damit die konventionelle Nachheizung durch einen Heizkessel in dieser Zeit ganz entfallen kann. 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 Speichergröße ermittelt. Um auch einen bewölkten Tag ohne konventionelle Nachheizung zu überdauern, sollte der Solarspeicher die 1,5- bis 2-fache Menge des täglichen Warmwasserbedarfs von durchschnittlich 50 Litern pro Person und Tag bevorraten. Die Kollektorgöße wird

mit Hilfe von Auslegungsdiagrammen ermittelt. Bei einer jährlichen Deckungsrate von 65 % benötigt man demnach für einen 4-Personenhaushalt rund 5 m² Kollektorfläche mit Flachkollektoren bzw. 3 bis 4 m² mit Vakuum-Röhren-Kollektoren und einen Speicher mit 300 bis 400 Liter Volumen. 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.

5.2 Solares 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 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. Aber auch großzügig dimensionierte Radiatoren oder Konvektoren mit niedrigen Vorlauftemperaturen unter 45° C sind geeignet. Durch diese technischen Vorgaben ergibt sich, dass nicht jede Heizungsanlage von bestehenden Gebäuden durch eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung 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 von einer solaren Heizungsunterstützung abzuraten. 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 bei einem 4-Personen-Haushalt (120 m² beheizte Fläche, Heizwärmebedarf 60 kWh/m²a) für eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung in der Übergangszeit ein Speichervolumen von etwa 800 l und eine Kollektorfläche von rund 12 m². Für dieses Beispiel könnten bis zu 25 % des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser solar gedeckt werden.

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 Wärmetauschers die Speichertemperatur misst, wird die Ladepumpe eingeschaltet, wenn die Wassertemperatur im Speicher den eingestellten Wert unterschreitet. Die Art des Heizkessels spielt dabei keine große Rolle. Auch die Verbrennung von Biomasse ist bestens geeignet und vor allem in Form von Hackschnitzel oder Pellets 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 zu schlechtem Wirkungsgrad arbeitet. [9]

5.4 Integration in bestehende haustechnische Anlagen

Ist bereits eine moderne Heizungsanlage mit gut gedämmtem Speicher vorhanden, kann 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 durch den Speicher des Heizkessels und wird dort auf Solltemperatur nachgeheizt.

Wurde das Trinkwasser bisher über einen Gasdurchlauferhitzer erwärmt, so kann auch dieser zur Nachheizung in der Solaranlage eingesetzt werden. Beim Anschluss unregelter, 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.

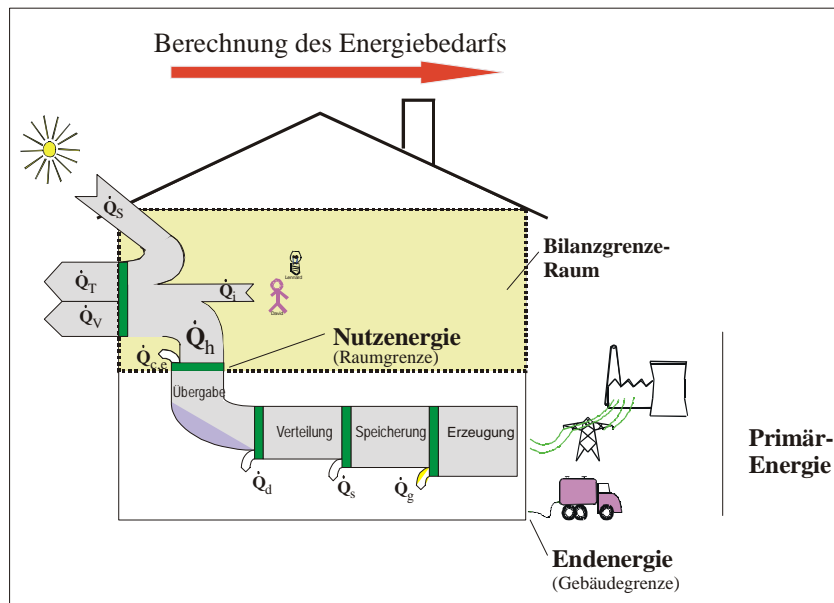
Die Nachheizung mit einem vorhandenen Elektrodurchlauferhitzer erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie mit einem Gasdurchlauferhitzer. [9]

5.5 Vorbereitung zur späteren Installation einer Solaranlage bei der Planung haustechnischer Anlagen

Soll beim Neubau oder bei der Gebäudesanierung eine Solaranlage nicht direkt eingebaut, aber eine Installation zu einem späteren Zeitpunkt vorbereitet werden, sollten einige installationstechnische Vorarbeiten geleistet werden. Da Verrohrungen zumeist unter Putz gelegt werden, empfiehlt es sich, diese bereits während der Bauphase direkt einzubauen. Dadurch wird der Aufwand bei der späteren Montage erheblich verringert und eine größere Baumaßnahme vermieden. Zudem sollte gleich ein solartauglicher Speicher installiert werden, da konventionelle Warmwasserspeicher für Solaranlagen nicht geeignet sind und diese dann vorzeitig ausgetauscht werden müssten. Eine gut gedämmte Warmwasserzirkulation mit optimiertem Umlauf und ein Heizsystem mit niedrigen Vorlauftemperaturen sind nicht nur wichtige Voraussetzungen zur Solarenergienutzung sondern helfen auch bei der konventionellen Haustechnik Energie und Betriebskosten zu sparen. Daher sollten sie in jedem Fall installiert werden.

5.6 Solare Energiekonzepte

Gebäude werden vom Architekten entworfen, ohne sich in der Regel anfangs viel den Kopf über die Anlagentechnik zu zerbrechen. Erst die Gebäudehülle, und dann schauen wir mal, wie viel Energie das ganze braucht und wie dieser Bedarf gedeckt wird. Dazu wird der Fachingenieur herangezogen, oder in kleineren Objekten gleich der Handwerker. Durch eine integrale Betrachtung von Gebäudehülle Haustechnik und Nutzerverhalten bereits in der Entwurfsphase können jedoch möglichst energieeffiziente und damit ökologisch sinnvolle sowie investitions- und betriebskostenoptimierte Lösungen erarbeitet werden. Die neue EnEV führt die alte Wärmeschutzverordnung (WSchVO) und Heizanlagenverordnung (HeizAnlV) zusammen und unterstützt damit auch diesen integralen Planungsprozess.



Grafik: Energieflüsse im Gebäude; Quelle: DIN V 4701-10

Die Abstimmung von Anlagentechnik und Gebäude unter Berücksichtigung des Nutzers ist in den Fällen elementar wichtig, in denen der Wärmeerzeuger sehr sensibel auf die Temperaturanforderungen der Wärmeübergabe reagiert: zum Beispiel bei der solaren Heizungsunterstützung. Solche solare Energiekonzepte berücksichtigen in einem integralen Entwurfsprozess bereits früh die besonderen Anforderungen, welche die aktive und passive Solarenergienutzung an Gebäude und Haustechnik stellen. Je weiter der Energiebedarf eines Gebäudes gesenkt werden soll, desto wichtiger ist die optimale Abstimmung aller Komponenten. Im wesentlichen sind dabei zu berücksichtigen:

- die Gebäudehülle mit Außenwänden, Dach, Böden sowie Fenstern und Rahmen
- die Verteilung von Speichermassen im Gebäude
- die Wärmegewinnung mit Heizkessel, Wärmepumpe oder Solaranlage
- die Wärmeverteilung im Gebäude über Heizkörper oder Flächenheizung mit Temperaturniveaus und Regelstrategien
- kontrollierte und unkontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Erdwärmetauscher und Nachtlüftung
- sowie das Nutzerverhalten.

Um Gebäude zu optimieren und der Anlagentechnik einen größeren Stellenwert einzuräumen, müssen wir uns lösen vom Denken nur nach Wärmebedarf und wie dieser zu decken sei. Denn der Wärmebedarf sagt uns nur, wie viel Wärme dem Raum zur Verfügung gestellt wird, sagt aber überhaupt nichts aus zu Verlusten bei der Wärmeerzeugung, -speicherung, -verteilung und -übergabe. Wie in der Industrie bereits in vielen Bereichen üblich, ist es auch möglich, ein Gebäude einschließlich der Anlagentechnik im Computer aufzunehmen und dann das Verhalten (Temperaturen, Leistung usw.) mit Zugrundelegung eines realen Nutzerprofils zu simulieren.

Dadurch können teure Flops von vornherein vermieden werden, die Investitionskosten also optimiert werden. Der Kunde erhält aus der Simulation quantitative Ergebnisse für mehrere Realisierungsvarianten, die als Entscheidungsgrundlage für den Planungs- und Realisierungsprozess dienen. Bei einem solaren Energiekonzept stellt sich die Frage, ob der Schwerpunkt auf die Minimierung der Energieverluste oder die Optimierung der Energiegewinne gelegt werden soll. Diese Frage kann nicht abschließend beantwortet werden. Mit Hilfe einer dynamischen Simulation kann jedoch eine genaue Analyse der Energieflüsse in unterschiedlichen Varianten helfen, die optimalste Variante unter Berücksichtigung der Investitionskosten der Betriebskosten und der Behaglichkeit zu finden.



Graphik: Solares Bauen, Solaroffice Seebronn; rein regenerativ beheiztes Gebäude mit einem Energiebedarf von 14 kWh/m²a für Heizung und Warmwasser
Quelle: ECONSULT, www.solaroffice.de

6 Wirtschaftlichkeit und Ökologie

6.1 Nutzungsdauer und energetische Amortisation

Nicht nur Energieertrag und Leistungsfähigkeit sind ausschlaggebend für die Qualität eines Kollektors, 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 zusammengerechnet, 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 Herstellungenergie - 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. Die energetischen Amortisationszeiten bzw. Erntefaktoren, die zum Vergleich für konventionelle Energiesysteme angegeben werden, beziehen sich lediglich auf die Anlage (z.B. das Kraftwerk) selbst. Es muss jedoch nicht nur für die Erstellung der Anlage selbst, sondern auch für den Betrieb ständig fossile Energie aufgewendet werden, so dass diese Zahlen streng genommen keinen Sinn ergeben. [9]

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 derzeitigen 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 4.000 bis 7.000 EUR, mit Heizungsunterstützung 8.000 DM bis 12.000 DM für ein Einfamilienhaus mit 4 Personen. [10]

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 wie die obige wirklich nur dazu dienen, Tendenzen sichtbar zu machen. Es gibt mittlerweile Versuche, 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. 2 ct/kWh für Gas-, ca. 3 ct/kWh für Ölfeuerung und 3,2 ct/kWh für Strom. Die Weltbank nennt Kosten von 18 EUR/t CO₂.

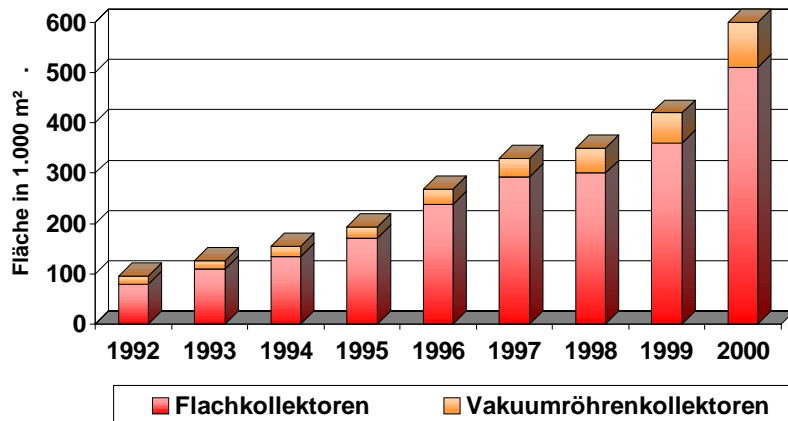
6.3 Ökologische Aspekte

Es gibt große Unterschiede für den Herstellungsaufwand von Flachkollektoren. 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 CVD-Schichten 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. 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. [9]

7 Ausblick

7.1 Solarthermie

Solarwärme-Anlagen werden seit Mitte der 70er-Jahre in Deutschland entwickelt, gebaut und eingesetzt. Der Markt weist seit 1987 durchschnittliche Wachstumsraten von 30% jährlich auf. 1999 wurden in Deutschland etwa 70.000 Anlagen mit einer Kollektorfläche von ca. 420.000 m² gebaut, in 2001 waren es bereits über 1 Mio. m² neu installierter Kollektorfläche. Hinzu kommen nochmals etwa 70.000 m² an einfachen Kunststoffabsorbern für die Schwimmbad-Wassererwärmung. Für die nächsten Jahre wird ein Marktzuwachs von jährlich 20 % erwartet.



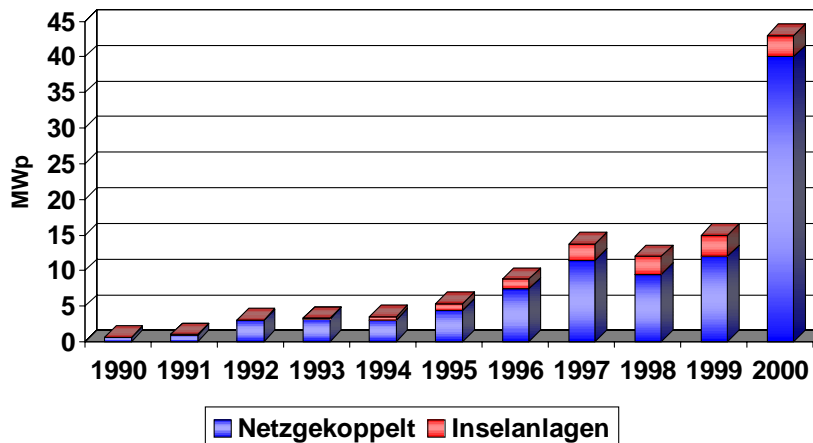
Graphik: Jährlich in Deutschland installierte Fläche verglaster Kollektoren;
Quelle: DFS

Es wird von einem dauerhaften Marktvolumen von 10 Mio. m² Kollektorfläche pro Jahr ausgegangen, was bei einem gesunkenen Systempreis von geschätzt 500 EUR/m² ein Jahresumsatz von 5 Mrd. EUR bedeutet und 100.000 Arbeitsplätze schafft bzw. sichert. Diese Marktgröße kann bei positiven Rahmenbedingungen bis 2010 erreicht werden. [10]

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 auf bis zu 1,5 bis 2 % 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.

7.2 Photovoltaik

Solarstromanlagen wurden bislang vornehmlich von Privatpersonen gekauft. Durch die erhöhte Einspeisevergütung investieren jetzt zunehmend auch Unternehmen in Photovoltaik-Anlagen. Vermehrt werden deshalb Photovoltaik-Anlagen auch in Fassaden eingebaut.



Graphik: Jährlich in Deutschland installierte Photovoltaikmodule; Quelle: DFS

Am 1.1.1999 trat in Deutschland das 100.000 Dächer-Programm in Kraft. Innerhalb von 5 Jahren werden 100.000 PV-Anlagen mit einer Leistung von 300 MW_p mit zinsgünstigen Krediten gefördert. Seit 1.4.2000 gilt das Erneuerbare-Energien-Gesetz, das die Vergütung von 99 Pf pro kWh für ins Netz eingespeisten Solarstrom vorschreibt. Die Vergütung wird über 20 Jahre bezahlt.

Damit wurde in Deutschland eine der weltweit besten Förderungen für Solarstromanlagen geschaffen. Innerhalb von 5 Jahren wird eine Verzehnfachung des Marktes von 9,5 MW_p (1998) auf 95 MW_p (2003) erwartet. Im Jahr 2000 hat sich der PV-Markt mehr als verdreifacht von 12 MW_p auf geschätzt 40 MW_p. Im Jahr 2001 ist die Installation von 65 MW_p geplant.

Über 90% der Solarstromanlagen in Deutschland werden netzgekoppelt betrieben, der Rest als sogenannte Inselanlagen. Dies sind z.B. Parkscheinautomaten, Verkehrsleitsysteme oder Anlagen im Freizeitbereich. Solarstromanlagen werden von privaten Investoren meist auf dem eigenen Haus installiert. Sie haben üblicherweise eine Leistung zwischen 1 und 5 kW_p. Pro kW_p installierter Leistung wird ein Jahresertrag zwischen 700 kWh und 1.000 kWh erreicht.

Eine 2 kW_p-Anlage kostet fertig installiert 12.000 bis 15.000 EUR inkl. MwSt. Der Preis pro kW_p fällt mit der Anlagengröße. Die Kosten einer kWh Strom aus einer 2 kW_p PV-Anlage liegt unter Berücksichtigung aller Finanzierungs- und Betriebskosten bei ca. 45 bis 65 ct/kWh. Bei Großanlagen liegen die Kosten entsprechend niedriger.

Im Jahr 2000 wurden ca. 12.000 Solarstromanlagen in Deutschland installiert und damit ein Umsatz von ca. 600 Mio. DM erreicht. Bis 2003 wird sich die Zahl der Anlagen und der Umsatz mehr als verdoppeln. Etwa 3.000 Arbeitsplätze gibt es derzeit in Produktion, Handel und Installation bundesweit. [10]

8 Literatur

ZDH (April 1999) [1] Qualifizierungsmaßnahmen in der Solartechnik

ZVSHK (Juli 1999) [2] SHK-Fachkraft Solarthermie

Lambrecht, Klaus (März 1999) Bildungsstätten für Solarthermie und Photovoltaik

Lambrecht, Klaus (März 1999) Photovoltaik in der Aus- und Weiterbildung, in:
Photon

Lambrecht, Klaus (Mai 1998) Bundesweite Qualifizierungsmaßnahme – Fortbildung
zur Fachkraft für Solarthermie

Lambrecht, Klaus (November 1995) [6] Aus- und Weiterbildung Solarthermie,
Expertenmeeting, Tagungsband DGS

Lambrecht, Klaus (September 1999) Fit für den Solarmarkt, in sbz 18/1999 S. 66 –
79

EnBW (2000) [7] Forschung, Entwicklung, Demonstration 1999

Lambrecht, Klaus; Späte, Frank; Jungmann, Uli et al (2001) Multi-SOL 2.0,
Lernprogramm Solarthermie, CD; Bezug: ECONSULT, www.Multi-SOL.de

Deutsches Kupfer-Institut DKI (2000) Fachgerechte Installation thermischer
Solaranlagen, Informationsdruck i160 des DKI, www.kupferinstitut.de

Lambrecht, Klaus et al (April 2000) [8] Solarenergie – Photovoltaik und
Solarthermie; CD-ROM, Bezug: ECONSULT, www.solaroffice.de

Ladener, Heinz und Späte, Frank (1999) [9] Solaranlagen, ökobuch Verlag Stauffen

Deutscher Fachverband Solarenergie DFS (Dezember 2000) [10] Marktdaten
Solarstrom/Solarwärme Deutschland; DFS, www.dfs.solarfirmen.de

Über den Autor:



Klaus Lambrecht

Diplom-Physiker. Jahrgang 1965. Inhaber der ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR - Training und Unternehmensberatung (WWW.SOLAROFFICE.DE). Studium der Physik und Volkswirtschaftslehre in Freiburg, Edinburgh und München. Diplomarbeit am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. 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 bei der Bundesarchitektenkammer und Fachverbänden. Seit 1996 Vorsitzender des Fachausschusses Aus- und Weiterbildung FAAW der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie DGS e.V.. Dozent der Architektenkammer zu den Themen Gebäudetechnik, Solartechnik, Gebäudesimulation, Energiekonzepte und Energieeinsparverordnung EnEV. Zahlreiche Publikationen.

Kontakt:

ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR

Klaus Lambrecht

Buchenweg 12

D-72108 Rottenburg

☎ +49 (0)7457 / 91933

☎ +49 (0)7457 / 91935

✉ info@solaroffice.de

🌐 www.solaroffice.de