



## ***Brauchwasser- bereitung mit Sonnenenergie***

*Wissenswertes  
über thermische Solaranlagen*



Für den Gesamtinhalt  
verantwortlich:  
Die Programmleitung  
des Impulsprogramms

Dipl.-Ing. Jörg Wortmann  
Investitionsbank  
Schleswig-Holstein  
Energieagentur  
Fleethörn 29-31  
24103 Kiel  
Telefon 04 31/900-3658  
Fax 04 31/900-36 52

Dipl.-Ing. Dieter Selk  
Arbeitsgemeinschaft für  
zeitgemäßes Bauen e.V.  
Walkerdamm 17  
24103 Kiel  
Telefon 04 31/6 63 69-0  
Fax 04 31/6 63 69-69

Zu beziehen durch  
Arbeitsgemeinschaft  
für zeitgemäßes Bauen e.V.  
und Investitionsbank  
Schleswig-Holstein  
Energieagentur

Ausgabe: 8/00



Innenministerium  
des Landes Schleswig-Holstein  
Abt. Städtebauförderung  
und Wohnungswesen



Energiestiftung  
Schleswig-Holstein



Investitionsbank  
Schleswig-Holstein  
Energieagentur



Arbeitsgemeinschaft  
für zeitgemäßes Bauen e.V.

Mit freundlicher  
Genehmigung von:



Hessisches Ministerium  
für Umwelt, Landwirtschaft  
und Forsten



Institut  
Wohnen und Umwelt

# Vorwort

## ***Impulsprogramm Schleswig-Holstein „Wärmetechnische Gebäudesanierung“***

Das Impulsprogramm Schleswig-Holstein „Wärmetechnische Gebäudesanierung“ soll Investoren bei anstehenden Entscheidungen unterstützen, den Anbietern der Dienstleistung „Wärmetechnische Gebäudesanierung“ praxisbezogene Lösungsansätze aufzeigen und dazu beitragen, Maßnahmen in ihrer Effizienz zu optimieren. Langfristig soll sich aus den Impulsen ein Markt entwickeln, der auch ohne investive Förderung wirtschaftlich interessante Perspektiven bietet.

In diesem Rahmen sind die folgenden Energiesparinformationen als Bereitstellung von Planungsgrundlagen und Entscheidungshilfen zu verstehen:

Energieeinsparungen über die bisherigen Anforderungen der Wärmeschutzverordnung '95 (WärmeschutzV '95) hinaus sind in vielen Bereichen des Bauwesens aus umwelt- und konjunkturpolitischen Erwägungen dringend geboten. Im Gebäudebestand bestehen große Möglichkeiten zur Verbrauchsreduzierung durch nachträglichen Einbau von Dämmung, z. B. im Zusammenhang einer Modernisierung.

Bei dem derzeitigen Energiepreinsniveau von 4,5 Pf/kWh kann ein Potential von 30 % wirtschaftlich erschlossen werden. Dieses Potential verdoppelt sich, wenn ein mittlerer Energiepreis während der Lebensdauer der Wärmeschutzmaßnahmen von 13 Pf/kWh (ca. 1,30 DM / l Öl) unterstellt wird.

Praxis-Ratgeber Nr.	Titel
1	Energieeinsparung an Fenstern und Außentüren
2	Wärmedämmung von Außenwänden mit dem Wärmedämmverbundsystem
3	Wärmedämmung von Außenwänden mit der Innendämmung
4	Wärmebrücken
5	Energiesparen in Mietwohnungen
6	Wärmedämmung von geneigten Dächern
7	Wind- und Luftdichtheit bei geneigten Dächern
8	Lüftung im Wohngebäude
9	Automatisierte Wohnungslüftung
10	Wärmedämmung von Außenwänden mit der hinterlüfteten Fassade
11	Niedertemperatur- und Brennwertkessel
12	Brauchwasserbereitung mit Sonnenenergie
13	Wärmedämmung von Außenwänden mit nachträglicher Kerndämmung
14	Modernisierungen von Wohnraum – Rechtslage – Förderung – Ablauf

Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf die Sektoren: Private Haushalte, Verkehr, Kleinverbraucher und Industrie ist bekannt. Demnach beträgt der Anteil des Endenergieeinsatzes zur Raumheizung im Bereich der privaten Haushalte und der Kleinverbraucher etwa 1/3 des gesamten Endenergieeinsatzes – verbunden mit den entsprechenden Emissionen.

### ***Ganzheitliche Betrachtungsweise***

Es ist wichtig, daß bei der wärmetechnischen Gebäudesanierung ein Konzept für das gesamte Gebäude entwickelt wird, d.h. für alle Bauteile der Gebäudehülle und für die Heiztechnik.

Bei der „schrittweisen“ Verbesserung ist es von Bedeutung, vorausschauend zu

handeln. Wird z. B. erst das Dach gedämmt, sollte darauf geachtet werden, den Dachüberstand so zu vergrößern, daß eine nachträgliche Wärmedämmung der Außenwand schon „einkalkuliert“ ist. Ansonsten muß bei einer später folgenden Außenwanddämmung der Dachüberstand evtl. nochmals vergrößert werden (zusätzliche Kosten), um die Wand abdecken zu können, oder die Wanddämmung kann nur in einer geringen Dicke eingebaut werden (die wirtschaftlichste Lösung wird nicht umgesetzt).

Planung und Handwerk müssen sich künftig verstärkt mit dem Gebäude als Gesamtheit aller Komponenten befassen. Nur so kann

nach und nach eine optimal gedämmte Gebäudehülle mit entsprechender Energieeinsparung erreicht werden. Richtig koordinierte Wärmeschutzmaßnahmen bieten die Möglichkeit, konstruktive Wärmebrücken zu beseitigen.

Um ein Konzept zur wärmedämmtechnischen Gebäudesanierung zu erstellen, ist es notwendig, den Gebäudebestand zu analysieren. Hierzu kann man sich als Einstieg und Unterstützung der Gebäudetypologie des Landes Schleswig-Holstein bedienen. Zur genaueren Analyse – z. B. lokalisieren von vorhandenen Wärmebrücken – sollten Fachleute zu Rate gezogen werden.

IMPULSPROGRAMM-Empfehlungen:		
<b>Dachboden:</b>	k-Wert $\leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	wird erreicht mit Dämmdicke* ab 20 cm
<b>Dachschräge:</b>	k-Wert $\leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$	wird erreicht mit Dämmdicke* ab 16 cm
<b>Außenwand:</b>	k-Wert $\leq 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	wird erreicht mit Dämmdicke* ab 12 cm
<b>Kellerdecke:</b>	k-Wert $\leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	wird erreicht mit Dämmdicke* ab 8 cm
<b>Fenster:</b>	k-Wert $\leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	wird erreicht mit Wärmeschutzglas
(* mit Materialien der Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ )		

### Fazit

In Hinblick auf die notwendige Reduzierung des Energiebedarfes und der damit

verbundenen Vermeidung klimaschädlicher Treibhausgase ist es auf jeden Fall ratsam, soviel Dämmung wie konstruktiv möglich einzuplanen.

# Inhalt

<b>Energiesparen mit der Sonne</b> .....	6
<b>Solarenergienutzung im Haushalt</b> .....	6
<b>Der Kollektor – eine „Falle“ für die Sonnenstrahlen</b> .....	8
<b>Kollektorkenngrößen – dem Wirkungsgrad auf der Spur</b> .....	10
<b>Welcher Kollektor ist besser?</b> .....	11
<b>Die Solaranlage – mehr als ein Kollektor</b> .....	12
<b>Auf die Dimensionierung kommt es an</b> .....	15
<b>Weitere Einsatzgebiete von Solaranlagen</b> .....	16
<b>Die Anschaffungskosten</b> .....	17
<b>Sind Solaranlagen wirtschaftlich?</b> .....	18
<b>Die Entlastung unserer Umwelt</b> .....	19
<b>Praktische Tipps und Fördermittel</b> .....	19

Fotos:

IWU, BIG-Heimbau AG, Gerald Körfer Solartechnik, Planungshilfe Solarthermie  
(Energienstiftung Schleswig-Holstein, Investitionsbank Schleswig-Holstein Energieagentur)

# Energiesparen mit der Sonne

Das Energiepotential der Sonne ist beinahe unerschöpflich. In jedem Jahr gelangt fast achtzig mal so viel Sonnenenergie auf die Fläche Deutschlands, wie an Primärenergie verbraucht wird.

Die Sonne strahlt seit ca. 4,5 Mrd. Jahren und wird mindestens noch einmal so lange Energie liefern. Nur ein kleiner Teil trifft auf die äußere Atmosphäre der Erde, diese beträgt konstant 1.350 Watt/m<sup>2</sup> (sogenannte Solarkonstante).

Die Summe aus diffuser und direkter Strahlung ergibt die Globalstrahlung. Das jährliche Solarenergieangebot in Schleswig-Holstein ist im Vergleich zum „besten“ Standort in Deutschland lediglich um ca. 10 bis 15 % geringer. Das Solarangebot ist also in ausreichendem Maß vorhanden und sollte noch mehr als bisher genutzt werden.

Aufgrund des gestiegenen Umweltbewußtseins nimmt gegenwärtig das Interesse an den Nutzung der Solarenergie deutlich zu. Der Schwerpunkt der Diskussion hat sich allerdings verlagert. Während es früher

noch um den Ersatz von Erdöl durch einen anderen Energieträger ging, setzt sich mittlerweile die Erkenntnis durch, daß unser immenser Energiebedarf reduziert werden muß – durch eine wesentlich rationellere Nutzung der Energieträger. Entsprechend muß sich die Solaranlage als eine Energiesparteknik unter anderen behaupten. Ausschlaggebend für die Bewertung der unterschiedlichen Techniken ist dabei, welche Menge an Primärenergie und Luftschadstoffen jeweils durch die beschränkten Investitionsmittel eingespart werden können.

Auch wenn die Solarenergienutzung heute sachlich betrachtet werden muß, behält sie jedoch – langfristig gesehen – ihren einzigartigen Stellenwert. Wird in Zukunft der Energieverbrauch durch intelligente Techniken auf ein Minimum reduziert, so kann der Restbedarf leichter durch erneuerbare und damit solare Energien gedeckt werden.

## Solarenergienutzung im Haushalt

Bereits heute wird Solarenergie in jedem Haushalt genutzt, auch wenn dies dem Bewohner im Alltag nicht bewußt ist: Das durch die Fenster fallende Tageslicht trägt zur Erwärmung des Gebäudes bei, reduziert also den Heizenergiebedarf. Es bietet zudem eine kostenlose Beleuchtung. In der Regel wird unter dem Begriff „Solarenergienutzung“ jedoch die Verwendung aktiver Systeme verstanden. Hier müssen zwei grundsätzlich verschiedene Techniken unterschieden werden:

- **Die Stromerzeugung (Photovoltaik) mittels Solarzellen.** Solarzellen kommen heute vielfach bei Kleingeräten (z.B. Taschenrechner, Uhren etc.) zum Einsatz. Aber auch zur Unterstützung der Haushaltsstromversorgung werden sie zunehmend auf Gebäudedächern montiert.
- **Die Erzeugung von warmem Wasser mit thermischen Solaranlagen.** Bei diesen wandeln Sonnenkollektoren das Licht

der Sonne in Wärme. Thermische Solaranlagen werden meist für die Brauchwasserbereitung oder die Erwärmung von Schwimmbeckenwasser eingesetzt und vermehrt auch zur Unterstützung der Heizanlage.

Thema des vorliegenden Praxis-Ratgebers sind ausschließlich die thermischen Solaranlagen.

### **Welchen Beitrag können Solaranlagen zur Energieeinsparung leisten?**

Der deutsche Durchschnittshaushalt verbraucht etwa drei Viertel der ins Haus gelieferten Energie für die Raumheizung, die damit den größten Verbrauchssektor darstellt. An zweiter Stelle – jedoch mit

erheblich geringerem Anteil – steht die Warmwasserbereitung. Der Warmwasserbedarf eines Haushalts ist – je nach Gewohnheiten seiner Mitglieder – recht unterschiedlich. Er kann zwischen täglich 10 und 80 (!) Litern pro Person schwanken. Als Durchschnittswert können 35 Liter je Person und Tag angesetzt werden. Prüfen Sie Ihren eigenen Warmwasserbedarf, indem Sie Kubikmeter (m<sup>3</sup>) Ihrer Jahresabrechnung einfach umrechnen: 1 m<sup>3</sup> entspricht etwa 1000 Liter.

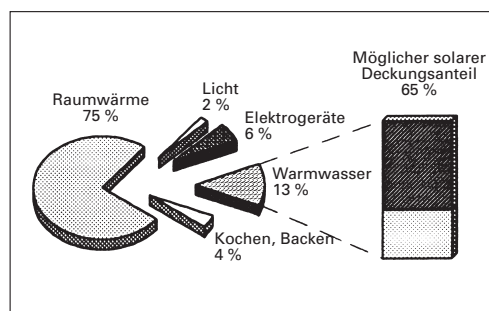
### Beispielrechnung:

Bei einem Gesamtwarmwasserverbrauch von 41 m<sup>3</sup> bei einem 3-Personenhaushalt müssen Sie dann die 41.000 Liter/Jahr durch 365 Tage und die im Haushalt lebende Personenanzahl teilen:  
 $41.000 : 365 = 112 \text{ Liter/Tag}$ . Pro Person würden hier rechnerisch  $112 : 3 = 37,4 \text{ Liter}$  Warmwasser je Tag benötigt.

Bei einer Brauchwassertemperatur von 60 °C entsteht also ein Nutzenergiebedarf pro Person von 1,9 kWh (Kilowattstunde) am Tag bzw. 700 kWh im Jahr, was etwa 70 Liter Heizöl entspricht.

Je nach System ist zur Bereitstellung dieser Nutzenergie jedoch ein unterschiedlich hoher Einsatz von Primärenergieträgern (Öl, Gas, Kohle, Kernbrennstoffen etc.) erforderlich. Der Primärenergiebedarf liegt aufgrund der Umwandlungsverluste höher. Er kann z. B. bei einem Gasgerät das Eineinhalbfache, bei elektrischer Brauchwassererzeugung mehr als das Dreifache betragen.

**Durch marktgängige thermische Solaranlagen können ca. 60 % des jährlichen Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung eingespart werden. Damit verringert sich beim Durchschnittshaushalt der gesamte Endenergiebedarf um ca. 7 %.**



Endenergiebedarf im durchschnittlichen Haushalt nach Anwendungen

Größere Einsparpotentiale von 30 bis 50 % bestehen in der Regel bei der Raumheizung durch gezielte Maßnahmen zur Wärmedämmung (siehe auch Praxis-Ratgeber Nr. 2, 6 und 10). Zunehmende Bedeutung für die Senkung des Gesamtenergiebedarfs eines Haushalts erlangen Solaranlagen daher erst bei wesentlich verbessertem Wärmeschutz des entsprechenden Gebäudes.

In die energetische Betrachtung muß auch der Herstellungsaufwand für die Solaranlagen mit einbezogen werden. Dieser beträgt etwa ein Fünftel bis ein Zehntel der möglichen Energieeinsparung. Energetisch hat sich also die Solaranlage nach einer Betriebszeit von 2 bis 4 Jahren amortisiert.

### Tipp

Wenn Sie Ihr Dach sowieso gerade sanieren wollen, planen Sie doch die Solaranlage gleich mit ein! Informieren Sie sich bei erfahrenen Solar-Heizungsbetrieben und über Fördermittel, die Sie gegebenenfalls in Anspruch nehmen können, wenn Sie modernisieren und gleichzeitig Energiesparmaßnahmen vorsehen! (Infos zu Fördermitteln siehe Seite 19.) Solarthermische Anlagen (oder auch Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung) lassen sich sowohl auf das Dach anbringen als auch in die Dachdeckung integrieren. Auch an einer Fassade macht ein Solarkollektor durchaus Sinn, auch wenn er dort auf Grund des nicht optimalen Neigungswinkels nicht ganz so effektiv ist. Hinweise zur energetischen Dachsanierung siehe auch Praxis-Ratgeber Nr. 6.

Auch bei der Erneuerung der „üblichen“ Heizungsanlage ist es der beste Zeitpunkt, eine Solaranlage miteinzuplanen. Wenn beides parallel geplant und eingebaut werden kann, sind die beiden Heizsysteme in ihrer Heiz-Leistungsauslegung optimal aufeinander abzustimmen. Entscheidet man sich erst dazu den Brenner oder Heizkessel zu erneuern und dann nach ein bis zwei Jahren eine Solaranlage nachzurüsten, so ist die Abstimmung beider Systeme aufwendiger. Hinweise zur Heizungsanlage siehe auch Praxis-Ratgeber Nr. 11.



# ***Der Kollektor – eine „Falle“ für die Sonnenstrahlen***

Wichtigste Komponente einer Solaranlage ist der Kollektor. Er besitzt die Aufgabe, das Sonnenlicht einzufangen und die gewonnene Energie in nutzbarer Form abzugeben. Der Kollektor besteht im wesentlichen aus dem Absorber und dem Gehäuse, das diesen umschließt. Der Kollektor wirkt wie eine „Falle“ für das auftretende Sonnenlicht. Er ist auf der Oberseite mit einer lichtdurchlässigen Abdeckung (z.B. Glasscheibe) versehen. Die hindurch tretenden Sonnenstrahlen treffen auf den Absorber, ein schwarzes Blech, von dem sie fast vollständig „geschluckt“ (absorbiert) werden. Die Sonnenenergie wird dabei in Wärme umgewandelt. Da der Absorber vollständig vom wärmegeämmten Gehäuse umschlossen ist, kann nur noch wenig Wärme entweichen. Somit steigt die Temperatur des Absorbers bei Sonneneinstrahlung an. Die absorbierte Wärme wird ihm durch eine Flüssigkeit (Wasserträgermedium) entzogen. Zu diesem Zweck sind in das Absorberblech Rohre oder Kanäle integriert, die vom Wärmeträgermedium durchströmt werden.

Es existieren sehr unterschiedliche Bauarten von Kollektoren – das dargestellte Wirkungsprinzip ist jedoch stets dasselbe. Die Bauarten unterscheiden sich vor allem durch die jeweils eingesetzten Techniken zur Begrenzung der Wärmeverluste. Äußerlich drückt sich dies in verschiedenartigen Gehäuseformen aus.

## ***Der Absorber***

Der Kunststoff-Absorber besteht aus schwarzen nebeneinander liegenden Kunststoffröhren, in denen das durchlaufende Wasser sich im Sommer erhitzt. Diese Absorber werden auf Grund ihrer eingeschränkten Wirkungsweise im Sommer zumeist zur Schwimmbassererwärmung eingesetzt.

## ***Der Flachkollektor***

Der Flachkollektor ist die für Brauchwasser-Solaranlagen übliche Bauart. Er besitzt einen großflächigen Absorber, der von

einem kastenförmigen Gehäuse umgeben ist. Als transparente Abdeckung wird Solarsicherheitsglas eingesetzt. Auf der Rückseite und an Seiten reduzieren entsprechende temperaturbeständige Dämmmaterialien (Mineralfaser-, Polyurethanplatten etc.) die Wärmeverluste. Das Gehäuse besteht aus verzinktem Stahlblech oder Aluminium-Legierungen. Auch Bausätze für Flachkollektoren werden von den Herstellern angeboten. Solche Kollektoren können auf Neubauten als auch auf Bestandsgebäuden errichtet werden.



*In die Dachdeckung integrierter Flachkollektor*

## ***Der Vakuumflachkollektor***

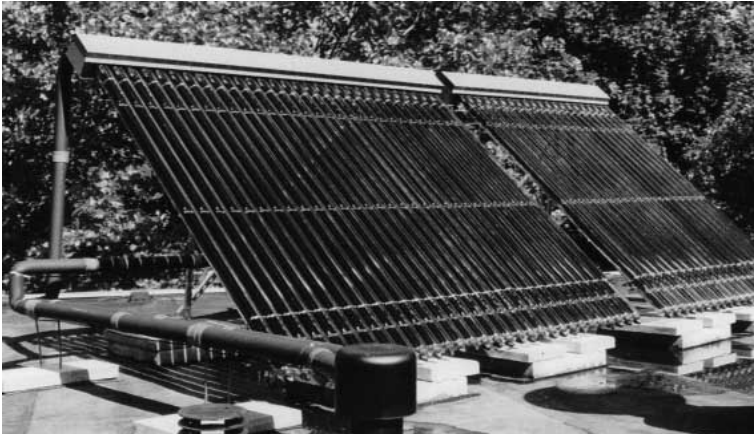
Eine spezielle Variante des Flachkollektors ist der sogenannte Vakuumflachkollektor (oder auch: evakuierter Flachkollektor). Er ist ähnlich aufgebaut wie der Flachkollektor – die Dämmwirkung wird allerdings durch einen Unterdruck im Gehäuse erreicht, der den Wärmetransport durch Luftströmung (Konvektion) verringert. Der Unterdruck wird einmalig bei Werksmontage erreicht bzw. durch eine kleine Pumpe automatisch – oder in Wartungsabständen von ca. einem Jahr hergestellt.

## ***Der Vakuumröhrenkollektor***

Kollektoren dieser Bauart bestehen aus einem Gestell mit mehreren nebeneinander befestigten Glasröhren, in denen sich jeweils ein Absorberstreifen befindet. Die Röhren sind evakuiert – das Vakuum ist



durch die Glaskolben stabil und reduziert die unerwünschte Wärmeschutzstrahlung erheblich.

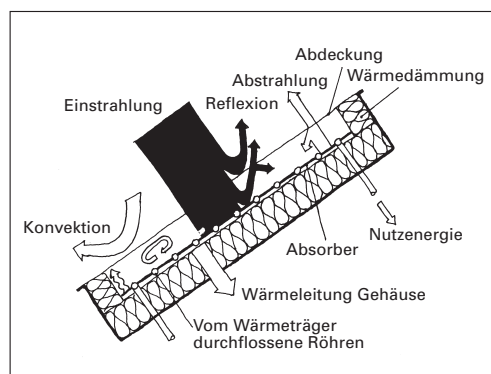


Vakuurröhrenkollektoren auf einem Flachdach

## Der Energiefluß im Flachkollektor

Nur ein Teil des auf den Kollektor treffenden Sonnenlichts kann durch den Wärmeträger abgeführt werden. Der Rest geht verloren. Die verschiedenen Verlustmechanismen verdeutlicht das Schaubild. Kleinere Mengen des einfallenden Lichtes werden an der Glasabdeckung und am Absorber reflektiert – dies sind die „optischen Verluste“. Aber auch ein Teil der vom Absorber aufgenommenen und in Wärme umgewandelten Sonnenenergie strömt wieder durch die Abdeckung und die Rückseite nach außen und kann nicht genutzt werden – dies sind die „thermischen Verluste“.

Was von der einfallenden Sonnenenergie übrig bleibt, wird dem Absorber durch das Wärmeträgermedium entzogen und der Nutzung zugeführt.



Der Energiefluß im Flachkollektor

## Sonstige Bauformen

Es gibt eine Reihe weiterer Typen von thermischen Sonnenkollektoren, die sich in Aufbau, Wirkungsprinzip oder Anwendungsbereich von den vorstehend genannten unterscheiden (z. B. Speicherkollektoren, konzentrierende Systeme für höhere Temperaturen oder Luftkollektoren). Für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung im häuslichen Bereich werden sie in der Regel jedoch nicht eingesetzt.

## Größenklassen von Solaranlagen

Folgende Größeneinteilungen lassen sich zur sinnvollen Unterscheidung vornehmen:

- Kleinanlagen; der überwiegende Teil der bisher installierten solarthermischen Anlagen dient fast ausnahmslos der Warmwasserbereitung im Bereich der Einfamilienhäuser. Für Kleinanlagen existieren mittlerweile von allen namhaften Herstellern von Heizungskomponenten und spezialisierten Solarfirmen standardisierte Komplettsysteme als vormontierte Einbausets mit Kollektorflächen bis zu 10 m<sup>2</sup>.
- Mittelmäßige Anlagen; diese Größenklasse umfaßt Anlagen von etwa 10 m<sup>2</sup> bis zu ca. 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Die typischen Einsatzgebiete sind z. B.: Mehrfamilienhäuser, Campingplätze, Hotels.
- Großanlagen; als dritte Kategorie können Anlagen über 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche bezeichnet werden. Einsatzgebiete sind z. B.: große Hotels, Wohnquartiere, Krankenhäuser, Studentenwohnheime, große und ganzjährig genutzte Freibäder (siehe auch: Planungshilfe für solarthermische Anlagen auf Seite 19).



Kleinanlage



*Mittelgroße Anlage*



*Großanlage*

### ***Projektbeispiel aus der Wohnungswirtschaft***

Als gelungenes Beispiel einer umfassenden Gebäudesanierung stehen drei achtgeschossige Wohnblocks in Flensburg-Engelsby, die 1997/98 grundlegend modernisiert wurden. Hierbei wurden Mittel aus dem EU-SHINE Programm, der Wohnungsbauförderung des Landes SH sowie Eigenmittel des Wohnungsunternehmens (BIG Heimbau) für die Finanzierung eingebracht, um die gesamten Umbaumaßnahmen ohne Mieterhöhungen realisieren zu können. Folgende Ziele standen bei den Sanierungsmaßnahmen des Projektes im Vordergrund: Behebung baukonstruktiver

Mängel, Erhöhung der Nutzungsmöglichkeiten und des Komforts, optimierte Fassaden- und Dachdämmung, Integration passiver Solarnutzung, bedarfsgerechte Steuerung von Lüftung, Heizung, Beleuchtung, Integration einer solaren Warmwassererwärmung.

Diese Projekt mag auch für weitere Wohnungsunternehmen Anreiz bieten, in ähnlicher Weise mit der „Altbausubstanz“ zu verfahren.



*Sanierungsprojekt Flensburg-Engelsby: Zu erkennen ist die aufgeständerte Solaranlage auf dem Dach des Gebäudes.*

### ***Hinweis***

Diese und weitere ausführliche Projektbeschreibungen zu Solaranlagen an Gebäuden erhalten Sie bei der Investitionsbank SH – Energieagentur sowie der Energiestiftung des Landes Schleswig-Holstein (Adresse siehe Seite 20).

## ***Kollektorkenngrößen – dem Wirkungsgrad auf der Spur***

An einen guten Kollektor werden im wesentlichen zwei Anforderungen gestellt. Er soll erstens viel Sonnenstrahlung aufnehmen und zweitens wenig Wärme verlieren. Ausgedrückt wird dies durch zwei Kenngrößen:

- **Der optische Wirkungsgrad** gibt an, welcher Anteil der einfallenden Strahlung vom Absorber aufgenommen wird. Er ist abhängig von der Lichtdurchlässigkeit der Abdeckung und dem Absorptionsvermögen des

Absorbers. Typische Werte liegen zwischen 70 und 85 %.

- **Der Wärmeverlustkoeffizient** („k-Wert“, künftig „U-Wert“) gibt den Wärmeverluststrom pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche und Grad Celsius (bzw. Kelvin) Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Außenluft an. Übliche Werte liegen hier zwischen 2 und 5 W/m<sup>2</sup>K. Kollektoren mit kleinerem k-Wert erzielen in der kalten Jahreszeit größere Gewinne.

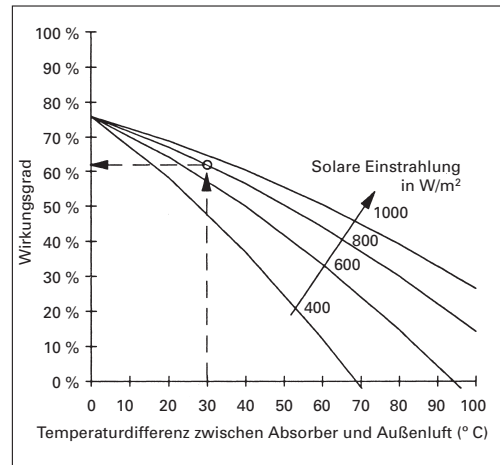
Der optische Wirkungsgrad und der k-Wert sind Qualitätsmerkmale eines Kollektors und sollten vom Hersteller in jedem Fall angegeben werden. Mehr Information über die Leistungsfähigkeit bietet jedoch die Darstellung der Kollektor-Kennlinie. Aus ihr kann für jede Einstrahlung und Außentemperatur der momentane Wirkungsgrad des Kollektors und damit die mögliche Nutzleistung abgelesen werden.

Die Kollektor-Kennlinie stellt den Kollektor-Wirkungsgrad bei Variation der Klima- und Betriebsbedingungen dar. Der Wirkungsgrad ist definiert als Verhältnis der vom Kollektor abgegebenen nutzbaren Wärme zur solaren Einstrahlung.

Wichtig ist, daß vom Kollektor-Hersteller angegebene Kennlinien nach einem standardisierten Testverfahren (DIN 4757 oder ISO 9806-1) aufgenommen worden sind.

## Beispiel

Bei einer Einstrahlung von 800 W/m<sup>2</sup>, einer Außentemperatur von 20° C (z. B. sonniger Tag im Frühsommer) und einer Absorbertemperatur von 50° C liegt der Wirkungsgrad des dargestellten Kollektors bei 62 % (siehe Pfeil bei Abb.). Ein 4 m<sup>2</sup> großer Kollektor hätte damit eine Leistung von 4 m<sup>2</sup> x (625 x 800 W/m<sup>2</sup>) = 1.984 Watt. Wenn keine Nutzwärme abgeführt wird (also Wirkungsgrad = 0), steigt die Temperatur im Kollektor weit über 100° C (Stillstandstemperatur).



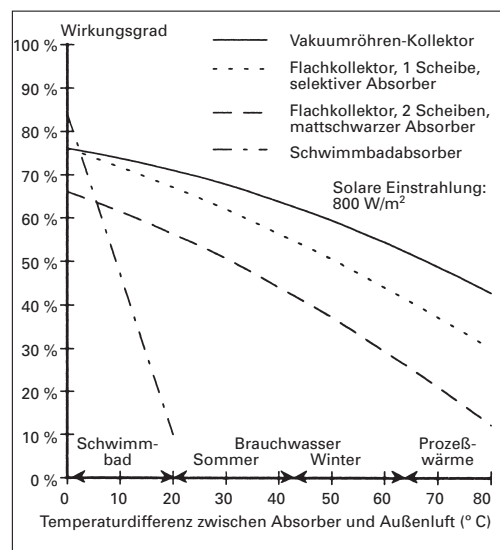
*Flachkollektor: Selektiv beschichteter Absorber, einfache Abdeckung*

## Welcher Kollektor ist besser?

In der folgenden Abbildung sind die Kennlinien verschiedener Kollektorkonstruktionen dargestellt. Auf der Basis der Kollektorkenngrößen allein kann jedoch kaum eine Entscheidung für einen bestimmten Kollektor getroffen werden. Ein schlechterer Kollektorwirkungsgrad kann oft durch mehr Kollektorfläche ausgeglichen werden, wenn die zur Verfügung stehende Dachfläche groß genug ist.

Bei der Kollektorstahl sollten Sie sich daher von einem hohen Kollektorwirkungsgrad zunächst nicht beeindrucken lassen. Nicht weniger wichtig ist:

- die Temperaturbeständigkeit des Kollektors im Stillstand
- Art und Standfestigkeit der Absorberbeschichtung
- die Reparaturfreundlichkeit (z. B. Auswechseln der transparenten Abdeckung)
- die Herstellergarantie
- nicht zuletzt der Preis, zu dem die gewünschte Kollektorleistung angeboten wird.



Die Abbildung zeigt Kennlinien verschiedener Kollektortypen im Vergleich. Je flacher die Kurve abfällt, desto höher ist die Effizienz bei niedrigen Außentemperaturen bzw. desto höher ist das erreichbare Temperaturniveau.

## Das Preis-Leistungs-Verhältnis

Ein entscheidendes Kriterium bei der Kollektorwahl ist, zu welchen Kosten die erforderliche Wärmeleistung erzielt wird. Dieses Preis-Leistungs-Verhältnis kann – unter Zuhilfenahme der Kollektor-Kennlinie – aus dem vorliegenden Angebot eines Herstellers bestimmt werden:

- Zunächst wird für Betriebsbedingungen, bei denen der Kollektor optimal arbeiten soll (z. B. am sonnigen Frühlingstag) der Wirkungsgrad aus der Kennlinie ermittelt und mit der Einstrahlung multipliziert. Daraus ergibt sich die Wärmeleistung pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

- Werden dann die Kosten pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche durch diesen Wert geteilt, so ergibt sich der Preis pro Kilowatt installierte Kollektorleistung.

Das auf diese Weise ermittelte Preis-Leistungs-Verhältnis unterschiedlicher Kollektoren ist allerdings nur bei Zugrundelegung identischer Klima- und Betriebsbedingungen vergleichbar.

Folgende Tabelle zeigt ein Beispiel für eine solche Berechnung.

Zugrundeliegende Betriebsbedingungen:

- Einstrahlung 800 W/m<sup>2</sup>,
- Außentemperatur +10° C,
- Absorbertemperatur 60° C.

Beispielrechnung für die Ermittlung der Kosten pro kW Kollektor- leistung	Wirkungsgrad, abgelesen aus Kennlinie	Nutzleistung pro m² Kollektor- fläche	Kosten pro m² Kollektorfläche	Preis pro Kilowatt Kollektorleistung
	bei 800 W/m² und einer Temperatur- differenz von 50 K			
		in W/m²	in DM/m²	in DM/kW
Kollektor 1	59 %	472	1200	2542
Kollektor 2	50 %	400	500	1250
Kollektor 3	36 %	288	400	1389

Kollektor 1: z. B. Vakuumröhrenkollektor

Kollektor 2: z. B. Flachkollektor, 1 Scheibe, selektiver Absorber

Kollektor 3: z. B. Flachkollektor, 2 Scheiben, mattschwarzer Absorber

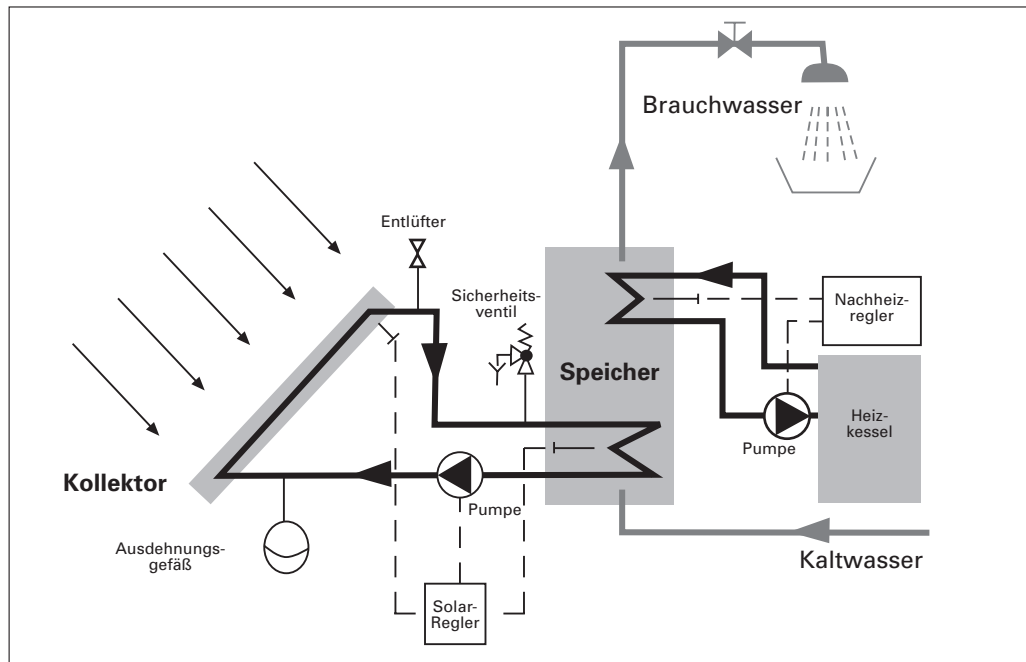
*Kollektor „2“ wäre in diesem Fall die günstigste Variante.*

## Die Solaranlage – mehr als ein Kollektor

Ebenso wichtig wie ein wirkungsvoller Kollektor sind die anderen Komponenten der Solaranlage. Der schwächste Anlagenteil begrenzt die Effizienz des Gesamtsystems. Daher ist eine sorgfältige Auswahl aller Komponenten und ihre Abstimmung aufeinander erforderlich. Für die solare Warmwasserbereitung kommt am häufigsten ein geschlossenes System mit Druckspeicher entsprechend dem abgebildeten Schema zum Einsatz. Diese Anlage enthält die folgenden Komponenten:

- **Kollektorfeld**
- **Solarkreislauf** mit Pumpe, Ausdehnungsgefäß und Sicherheitseinrichtung
- **Solar-Regler**
- **Speicher** mit zwei Wärmetauschern, Kaltwasserzulauf und Warmwasserauslauf
- **Nachheizung** mit Heizkessel, Speicherpumpe und zugehöriger Regelung





Übliches Anlagenschema einer Kollektoranlage zur Warmwasserbereitung

## Kollektorfeld

Das Kollektorfeld besteht aus einem oder mehreren Kollektoren. Der ideale Aufstellungsort ist eine nach Süden ausgerichtete, geneigte Dachfläche. Möglich sind Orientierungen:

- Neigung zwischen 30° und 60°
- Himmelsrichtung zwischen Südost und Südwest

Bei stärkeren Abweichungen kann eine spürbare Beeinträchtigung des jährlichen Energieertrages auftreten, die durch eine größere Kollektorfläche kompensiert werden kann.

Kollektoren können entweder in die Dachhaut integriert (Indachmontage) oder oberhalb der Bedachung als Aufdachmontage angebracht werden oder auf waagerechten Flächen aufgeständert werden. Problem mit der Statik des Dachstuhls sind in den meisten Fällen nicht zu befürchten – bei der Dachintegration ist der Kollektor meist sogar leichter als die entfernten Dachpfannen und der Kollektorwirkungsgrad wird durch verminderte Wärmeabstrahlung der Modulrückseite etwas erhöht. Wichtig ist in jedem Fall die fachgerechte Abdichtung der unvermeidbaren Dachdurchdringung. Erforderlich ist ein geeigneter Blitzschutz.

Auch wenn keine geeignet orientierten Dachflächen zur Verfügung stehen, können oft Lösungsmöglichkeiten gefunden werden:

- Bei Flachdächern wird der Kollektor auf ein Gestell mit entsprechender Ausrichtung montiert. Auch an Fassaden können ähnliche Gestelle angebracht werden.
- Bei manchen Röhrenkollektoren kann durch Drehen der Röhren die Absorberausrichtung variiert werden, was z.B. die vertikale Montage an einer Außenwand erlaubt.
- Sogar eine Aufteilung des Kollektorfeldes in unterschiedlich ausgerichtete Flächen ist möglich. Wegen der Ungleichzeitigkeit der Bestrahlungsintensität im Tagesgang muß allerdings jeder Teilkollektor mit einer eigenen Regelung versehen sein.
- Auch losgelöst vom Gebäude lassen sich Standorte finden, z. B. auf einer Pergola oder einer Garage.



Nachgerüstete Solaranlage auf dem Flachdach eines Bungalows.

## Der Solarkreislauf

Der Solarkreislauf besteht aus

- dem mit dem Wärmeträgermedium gefüllten Rohrsystem,
- der Solarkreislaufpumpe,
- der Regelung,
- einem Ausdehnungsgefäß
- und verschiedenen Sicherheitseinrichtungen.

Das Wärmeträgermedium im Solarkreislauf ist üblicherweise ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, sodaß der Gefrierpunkt unter minus 15 ° C liegt. Bei allen Rohrleitungen ist auf eine hochwertige und in Kollektornähe hochtemperaturbeständige Wärmedämmung zu achten, die auch die Armaturen und Rohrbögen einschließt und doppelt so dick sein sollte wie der Rohrdurchmesser. Die Dämmung im Außenbereich liegender Leitungen sollte mit einer regendichten und UV-beständigen Ummantelung versehen sein. Die Leitungen sollten so kurz wie möglich gehalten werden, um die Wärmeverluste zu begrenzen.

Eine möglichst klein dimensionierte Solarkreispumpe vermeidet unnötig hohen Stromverbrauch (erforderliche Pumpenleistung berechnen lassen). Statt einer Wechselstrompumpe kann auch eine Gleichstrompumpe verwendet werden, die durch einen zusätzlich montierten Solargenerator (Solarstrommodul) mit Strom versorgt wird.

Im Solarkreislauf befindet sich ein Ausdehnungsgefäß, das die Volumenausdehnung des Wärmeträgermediums bei Erwärmung aufnimmt und ein Sicherheitsventil, das bei zu hohem Druck kleine Mengen des Wärmeträgermediums abbläst, die in einem Behälter aufgefangen werden. Mit einem Manometer wird der Anlagendruck kontrolliert. Ferner muß das Rohrsystem an seinem höchsten Punkt entlüftet werden können (Handventil und Schnellentlüfter).

## Speicher

Um einen Ausgleich zwischen Zeiten mit hohem Strahlungsangebot (Mittagszeit) und solchen mit großem Warmwasserverbrauch (z.B. morgens und abends) zu schaffen, ist ein Warmwasserspeicher erforderlich. Je größer der Speicher ist, desto mehr Sonnenenergie kann genutzt werden, da strahlungsarme Tage überbrückt werden können. Dem werden jedoch durch mit dem Volumen steigende

Anschaffungskosten Grenzen gesetzt. Im Haushaltsbereich hat sich daher ein Brauchwasserspeichervolumen von ca. 300 l durchgesetzt.

Solarspeicher ermöglichen die Ausbildung einer thermischen Schichtung im Speicher (oben warm – unten kalt) und sind daher unbedingt zu bevorzugen. Der Kaltwasserzulauf sollte so ausgeführt sein, daß bei Zapfung die Schichtung wenig gestört wird (Prallplatte o. ähnl.). Damit bleibt nachströmendes Kaltwasser zunächst im unteren Bereich und die Wärmeabgabe des dort installierten Solarkreis-Wärmetauschers erhöht sich. Das obere Speicherdr Drittel enthält normalerweise die Nachheizung und wird auch „Bereitschaftsteil“ genannt, da dort ständig die gewünschte Temperatur bereitgehalten wird. Ist eine Warmwasserzirkulation vorhanden, darf der Rücklauf der Zirkulation keinesfalls an den unteren Speicherteil angeschlossen werden, da die Rückführung des nur leicht abgekühlten Leitungswassers in einen Speicherbereich mit geringerer Temperatur die thermische Schichtung zerstört.

**In Solaranlagen werden Druckspeicher** in unterschiedlichen Ausführungen verwendet:

● **Stahlspeicher mit Email-Beschichtung**  
Kostengünstig und am weitesten verbreitet sind emaillierte Stahlspeicher. Das Emaille bietet wirksamen Schutz gegen innere Korrosion des Stahlbehälters. Da sich durch Transport, Installation und unter thermischer Belastung feine Haarrisse ausbilden können, werden zusätzlich Magnesium-Schutzanoden oder Fremdstromanoden eingebaut, deren schwacher Ionenstrom Korrosion dauerhaft verhindert (Stromverbrauch lediglich ca. 2 Watt). Eingebaute Wärmetauscher, Temperaturfühler etc. müssen in diesem Fall gegen die Speicherwandung elektrisch isoliert sein.

● **Stahlspeicher mit Kunststoffbeschichtung**

Diese Ausführung ist bei guter Verarbeitung dauerhaft gegen Korrosion geschützt.

● **Edelstahlspeicher**

Edelstahlspeicher besitzen generell eine hohe Lebensdauer, sind allerdings relativ teuer. Auch hier ist eine gute Verarbeitung (insbesondere der Schweißnähte) wichtig. Im Vorfeld ist die Trinkwasserzusammensetzung zu beachten – bei hohem Chloridgehalt sollten Edelstahlspeicher nicht eingesetzt werden.

## **Regelung**

Damit die Anlage nur dann in Betrieb ist, wenn das Energieangebot der Sonne zur Speicherbeheizung ausreicht, muß die Solaranlage mit einer entsprechenden Regelung ausgestattet werden. Am gebräuchlichsten sind Temperatur-Differenz-Regelungen, bei denen die Temperatur am Ausgang des Kollektors und im Speicher in der Höhe des Wärmetauschers verglichen wird. Die Regelung muß so eingestellt sein, daß die Temperatur des Mediums am Kollektorausgang um mehrere Grad Celsius (z. B. 6° C) höher als die Speichertemperatur liegt. Das korrekte Ein- und Ausschalten sollte überprüfbar sein (Temperatur- und Funktionsanzeige). Eine schlecht eingestellte Regelung beeinträchtigt erheblich die Effizienz der Gesamtanlage. Im Extremfall kann es vorkommen, daß die tagsüber gewonnene Solarwärme nachts wieder aus dem Speicher in den Kollektor transportiert und nach außen abgegeben wird.

Da bei einer längeren Schönwetterperiode ein Anstieg der Speichertemperatur auf über 90° C leicht möglich ist, ist (auch bei Schwerkraftanlagen) aus Sicherheitsgründen und zur Reduzierung der Kalkbildung eine Temperaturbegrenzung erforderlich (je nach System und Wasserhärte zwischen 50 und 70° C).

Wenn während eines Sommerurlaubs kein Warmwasser verbraucht wird, können darüber hinaus über längere Zeiten hohe Stillstandstemperaturen im Kollektor auftreten (siehe auch Seite 11). Die damit verbundene thermische Beanspruchung kann – je nach Bauart – die Lebensdauer des Kollektors erheblich verkürzen. Abhilfe schafft z. B. zeitweises Entfernen der Rohrdämmung (Erhöhung der Netzverluste), Abdecken des Kollektors oder Betrieb der Speicherladepumpe zur Abgabe der Wärme an

Kessel und Schornstein. Manche Hersteller bieten Regelkomponenten an, wo die gewonnene Solarenergie in kWh abgelesen werden kann. Es ist empfehlenswert, eine Kontrolle des Solarertrags, z.B. in Form eines Wärmemengenzählers einzubauen.

## **Nachheizung**

Da die Solaranlage in den Wintermonaten nur wenig Ertrag liefert, ist eine Nachheizung erforderlich. Empfehlenswert ist der Anschluß an die Heizungsanlage, da hier die Wärme energetisch effizient bereitgestellt wird. Die meisten Kesselregelungen können die Steuerung der Speicherladepumpe mitübernehmen: Wenn die Temperatur im oberen Bereich des Speichers (Bereitschaftsteil) unter eine festgelegte Grenze fällt, wird die Pumpe eingeschaltet, die Wärme aus dem Kessel über einen zusätzlichen Wärmetauscher in den Speicher transportiert.

Im Sommer sollte der Kessel wegen des geringen Zusatzwärmebedarfs nicht ständig in Bereitschaft gehalten werden, sondern erst bei Unterschreiten eines bestimmten Speicherladezustands anlaufen. Möglich ist ebenso eine nachgeschaltete Erwärmung des im Speicher vorerwärmten Wassers. Dafür können in ihrer Leistung elektronisch geregelte Gas-Durchlauferhitzer eingesetzt werden.

Eine Nachheizung mit Strom ist soweit wie möglich zu vermeiden. Wegen des geringen Aufwands für den Einbau eines elektrischen Heizstabs ist sie heute leider immer noch verbreitet. Verglichen mit einer herkömmlichen zentralen Warmwasserbereitung mit Heizkessel (ohne Solaranlage) liegen hier nicht nur die Betriebskosten höher, auch für die Umwelt ergibt sich keine Entlastung.

# **Auf die Dimensionierung kommt es an**

Voraussetzung für die wirtschaftliche Arbeitsweise der Solaranlage ist eine vernünftige Dimensionierung von Kollektorfeld und Speicher. Dabei kommt es eher auf die Größenordnung an, als auf eine exakte Bemessung von Kollektoroberfläche und Speicherinhalt. In der Regel reichen daher Erfahrungswerte völlig aus. Einfache Computerprogramme (z. B. das verbreitete „f-chart“) können grobe Anhaltswerte über monatliche Deckungsraten liefern. Eine wirkliche Optimierung der einzelnen Komponenten

ist nur mit genaueren Simulationsprogrammen möglich, die in der Regel jedem Planer und Hersteller zur Verfügung stehen.

Damit Ihre Solaranlage richtig dimensioniert werden kann, sollten Sie – soweit möglich – Ihren Warmwasserverbrauch feststellen (z. B. durch Einbau eines einfachen Wasserzählers in den Zulauf des Speichers). Je nach Gewohnheiten und Ausstattung mit Geräten kann der Verbrauch sehr stark variieren, so daß die Verwendung von



Standard- oder Durchschnittswerten keine gute Dimensionierungsgrundlage ist. Empfehlenswert ist der zusätzliche Anschluß von Waschmaschine und Geschirrspüler, da auf diese Weise die Effizienz der Solaranlage gesteigert und der Haushaltsstromverbrauch beträchtlich reduziert werden kann.

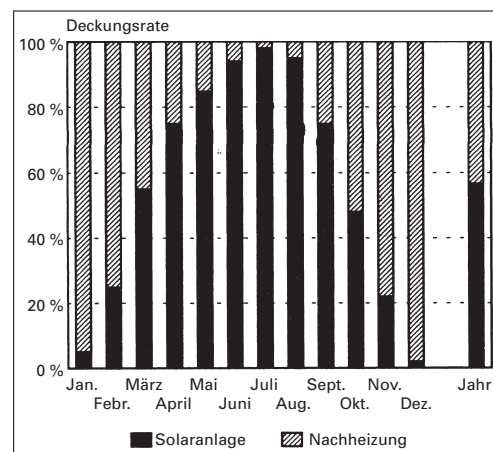
<b>Anzahl Personen (wenn Warmwasserbedarf nicht bekannt)</b>											
4			5			6			7		
Warmwasserbedarf						in Liter pro Tag					
150			200			250			300		
Speicher						Volumen in Liter					
300			400			500			600		
Flachkollektor						Fläche in m²					
5	6	7	8	9	10	11	12				
Vakuumröhrenkollektor						Fläche in m²					
4			5			6			7		

*Mögliche Größe einer Solaranlage in Abhängigkeit von Personenzahl und Warmwasserbedarf*

Der Speicher sollte etwa das Eineinhalb- bis Zweieinhalbfache des täglichen Warmwasserbedarfs beinhalten. Wenn der Warmwasserverbrauch nicht ermittelt werden kann, können für jede Person etwa 60 bis 100 l Speichervolumen angesetzt werden. Bei Einsatz von Flachkollektoren werden pro Person etwa 1,5 m<sup>2</sup> Kollektorfläche – bei Vakuumröhrenkollektoren etwa 1 m<sup>2</sup> Kollektorfläche benötigt (z. B. 4-Personen-Haushalt, tägl. Warmwasserverbrauch 160 l : ca. 6 m<sup>2</sup> Flachkollektor und 300 l

Speichervolumen). Bei Mehrfamilienhäusern ist – aufgrund der höheren Anlageneffizienz – pro Hausbewohner eine kleinere Dimensionierung möglich.

Lassen Sie vom Solar-Fachbetrieb im Planungsstadium den jährlichen Energieertrag der Anlage bestimmen. Er sollte etwa bei 50 bis 65 % des jährlichen Brauchwasserbedarfs liegen. In den Sommermonaten sind solare Deckungsraten von über 90 %, in den Wintermonaten meist kaum mehr als 10 % erreichbar.



*Monatliche Deckungsraten einer üblich dimensionierten Solaranlage*

In Schleswig-Holstein ist z. B. mit einer jährlichen durchschnittlichen Globalstrahlung (Einstrahlungsenergie) der Sonne von ca. 900 bis 1.200 kWh/m<sup>2</sup> zu rechnen. Im Vergleich dazu: Hamburg etwa 1.045 kWh/m<sup>2</sup>; Ulm 1.268 kWh/m<sup>2</sup>.

## Weitere Einsatzgebiete von Solaranlagen

### Raumheizung

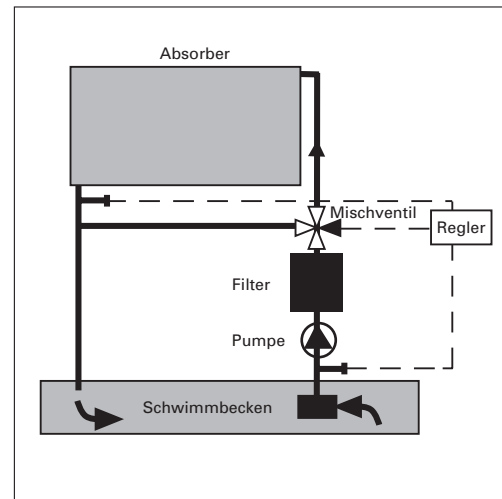
Solar erzeugte Wärme kann im Prinzip auch an den Heizkreis abgegeben werden. Voraussetzung ist u.a. eine genaue Abstimmung der Solaranlage mit der Heizungsanlage und ein möglichst hoher Wärmedämmstandard. Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung sind allerdings begrenzt, da ja der größte Heizenergiebedarf in die Zeit des geringsten Strahlungsangebots fällt. Um einen nennenswerten Beitrag zur Raumheizung leisten zu können, müssen sehr große Kollektorflächen und Speichervolumina (mehrere m<sup>3</sup> pro Haushalt) instal-

liert werden. Dies führt zu hohen Investitionskosten, die z. Z. noch in unwirtschaftlichem Verhältnis zu den eingesparten Energiekosten stehen.

Speicher, die solare Wärme aus dem Sommer bis in die Heizzeit konservieren (saisonale Speicherung), werden erst bei Versorgung von ganzen Siedlungsgebieten energetisch interessant, da nur bei entsprechenden Volumina (mehrere hundert bis tausend Kubikmeter) die thermischen Verluste in Grenzen gehalten werden können und Kostenreduktionspotentiale erschlossen werden können.

## Erwärmung von Schwimmbeckenwasser

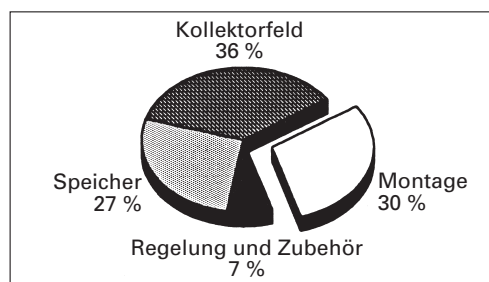
Besonders empfehlenswert ist die solare Beheizung von Freibädern, da die Nutzungszeit der Zeit des größten Strahlungsangebots entspricht. Es werden dazu im Vergleich zu Flachkollektoren sehr preiswerte Kunststoff-Absorber verwendet (siehe Abschnitt „Kollektorbauarten“). Die Größe der Absorberfläche sollte etwa 50 bis 70 % der Wasseroberfläche betragen. Auf eine konventionelle Nachheizung sollte wenn möglich ganz verzichtet werden. Um die Verluste zu begrenzen, ist – wie auch bei konventionellen Anlagen – der Einsatz einer dämmenden Becken-Abdeckung für die Nacht sinnvoll.



Schema einer Solaranlage zur Erwärmung von Schwimmbeckenwasser

## Die Anschaffungskosten

Etwa zwei Drittel der Investitionskosten für eine Solaranlage entfallen auf die einzelnen Komponenten, ein Drittel ist für die Montage anzusetzen. Bei den Komponenten verursachen Kollektorfeld und Speicher den Hauptteil der Kosten. Der Rest verteilt sich auf die Regelung, das Rohrmaterial und sonstiges Zubehör.



Aufteilung der Gesamtkosten einer Solaranlage

Typische Kosten für Flachkollektoren (kleinere Anlagen) liegen bei 700 DM, für Vakuumröhrenkollektoren bei 1.800 DM pro m<sup>2</sup> Absorberfläche. Je nach System und Anbieter sind hiervon jedoch starke Abweichungen möglich (bis zu mehreren hundert DM pro m<sup>2</sup>). Ein Preisvergleich und ein Blick in aktuelle Testzeitschriften lohnt sich.

Als Beispiel sind in der folgenden Tabelle die Investitionskosten für eine Solaranlage dargestellt, die einen Vier-Personen-Haus-

halt versorgen und etwa 60 % des Brauchwassers bereitstellen soll.

Kosten einer Solaranlage für einen 4-Personen-Haushalt		Investitionskosten in DM	
		typisch	Preisspanne
Komponenten	Flachkollektor	3500	1500 bis 4000
	Vakuumröhrenkollektor	6500	4500 bis 8000
	Speicher *	2500	2000 bis 4000
Gesamt (ohne Montage)		7000	4000 bis 10000
Gesamt (mit Montage)		10000	6000 bis 18000

(Nettopreise)

Daten nach: Ökoinstitut '97

\*) Ist ohnehin die Anschaffung eines neuen Speichers geplant, sind nur die Mehrkosten für einen Solarspeicher zu berücksichtigen, die etwa bei 50 % des angegebenen Wertes liegen können. In diesem Fall verbessert sich auch die Wirtschaftlichkeit.

Schleswig-Holstein sowie eine Reihe von Bundesländern bieten Förderprogramme für solarthermische Anlagen an. Auch einzelne Kommunen, Landkreise und Energieversorgungsunternehmen oder die Kreditanstalt für Wiederaufbau fördern Solaranlagen. Informieren Sie sich vor Beginn über die Rahmenbedingungen der „Solar-Förderung“ (Ansprechpartner siehe Seite 20).

# Sind Solaranlagen wirtschaftlich?

Um Aussagen über die Wirtschaftlichkeit treffen zu können, wird der Preis für die gelieferte Ware ermittelt („solare Wärmegestehungskosten“). Zu diesem Zweck werden die für die Solaranlage aufgewendeten Investitionsmittel einschließlich Kapitalverzinsung durch die während ihrer Lebensdauer erzeugte Energiemenge geteilt. Das Ergebnis sagt aus, wieviel Pfennig pro kWh solarer Wärme bezahlt werden müssen.

zunehmender Bemühungen auch externe Kosten in den Energiepreis miteinzubeziehen (z. B. die 1999 eingeführte „Öko-Steuer“), ist langfristig mit entsprechenden Kostensteigerungen zu rechnen.

Die Tabelle belegt, daß eine Konkurrenzfähigkeit von Solaranlagen mit den Energieträgern Heizöl oder Erdgas aus rein betriebswirtschaftlicher Sicht noch nicht gegeben ist.

Solare Wärmegestehungskosten *) (ohne Fördermittel) in Pf/kWh	Systeme mit Flachkollektor		Systeme mit Vakuum-Röhrenkollektor	
	typisch	Spanne	typisch	Spanne
ohne Montage	20	15-35	35	25-40
inkl. Montage	30	25-40	45	30-50

(Zur Umrechnung: 10 kWh = 1 Liter Heizöl = 1 m³ Erdgas)

\*) 4-Personen-Haushalt, solarer Deckungsgrad 60 %; Kosten inflationsbereinigt; Realzins 4 % p.a.; Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

Die erzeugte kWh Wärme kostet bei fertig montierten Anlagen mit Flachkollektoren etwa 30 Pfennig und bei Verwendung von Vakuum-Röhrenkollektoren etwa 45 Pfennig. Vakuum-Röhrenkollektoren sind damit für die solare Brauchwasserbereitung aus wirtschaftlicher Sicht derzeit weniger interessant. Diesen Kosten müssen die Ausgaben für die bestehende, konventionelle Warmwasserbereitung gegenübergestellt werden. Im Gegensatz zur solarerzeugten Wärme unterliegen die Kosten der konventionellen Brauchwasserbereitung den Schwankungen der Weltmarktpreise für fossile Energieträger. Aufgrund künftig weiter knapper werdender Ressourcen und

Vergleich der Kosten für eine kWh Wärme in Pf/kWh	Wärmegestehungskosten heute	Mittlere Wärmegestehungskosten über die Nutzungszeit der Solaranlage	
		Jährliche Energiepreissteigerung über Inflationsrate	
Warmwasserbereitung mit:		3 % p.a.	8 % p.a.
Heizöl/Erdgas	7	9	14
Strom	30	40	60
Solaranlage ohne Förderung	30	30	30

Allenfalls im Vergleich mit der elektrischen Brauchwasserbereitung stellt sich die betriebswirtschaftliche Situation günstig dar.

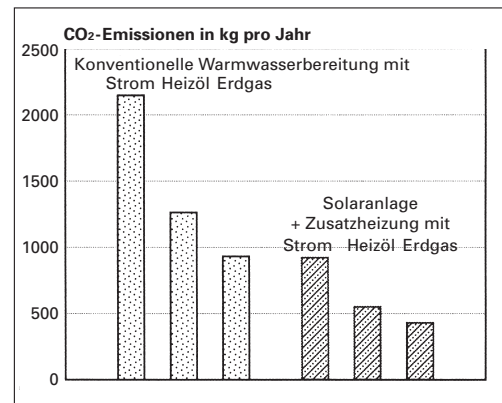
Bitte bedenken Sie, daß in Schleswig-Holstein bei öffentlich geförderten Wohnungen elektrische Brauchwasserbereitungen nicht genehmigt werden.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht müssen Solaranlagen sicher positiver beurteilt werden, da ihr Einsatz eine Entlastung der Umwelt und eine Verringerung der Abhängigkeit von Energieimporten bedeutet.

# Die Entlastung unserer Umwelt

Gut geplante und funktionstüchtige Solaranlagen leisten einen deutlichen Beitrag zur Reduktion von Schadstoffemissionen, insbesondere von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und Kohlenwasserstoffen und damit zur Entlastung unserer Umwelt. Besondere Bedeutung erlangt darüber hinaus das bei der Verbrennung fossiler Energieträger anfallende CO<sub>2</sub>, das den „Treibhauseffekt“ verstärkt und damit das Weltklima verändert. Die Umweltwirkung von Solaranlagen wird anhand der Reduktion der Emission dieses „Klimagases“ deutlich.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Warmwasserbereitung in einem 4-Personen-Haushalt sind schon bei konventionellen Systemen sehr unterschiedlich (siehe Grafik). Aus ökologischer Sicht stellen elektrische Systeme die schlechteste Versorgungsvariante dar.



*Bei einem solaren Deckungsanteil von 60 % werden die Emissionen der jeweils eingesparten Energieträger etwa um den entsprechenden Anteil reduziert.*

## Praktische Tipps und Fördermittel

### Im Vorfeld

- Bei bisheriger Verwendung elektrischer Geräte zunächst die Möglichkeit des Anschlusses der Warmwasserbereitung an den Heizkessel prüfen.
- Bei einer evtl. anstehenden Erneuerung der Heizungsanlage schon jetzt an die Voraussetzungen für eine spätere Solarenergienutzung denken; zentrale Warmwasserbereitung, größerer (Solar-)Speicher, Mitverlegen von Solarkreisleitungen etc.
- Beim Kauf von Waschmaschine und Geschirrspüler auf einen Warmwasseranschluß achten.
- Nach Zuschüssen und Förderbedingungen bei Land und Gemeinde erkundigen.

### Auswahl des Fachbetriebs

- Wichtiger als ein besonders „günstiges“ Angebot ist die Erfahrung und Zuverlässigkeit des Fachbetriebs. Fragen Sie nach Referenzanlagen.

- Möglichst eine ortsansässige Firma wählen, da diese bei Störungen schneller zur Stelle ist und naturgemäß ein größeres Interesse haben sollte, daß die Anlage dauerhaft einwandfrei arbeitet.

### Dimensionierung

- Als Planungsgrundlage den eigenen Warmwasserbedarf ermitteln.
- Soweit möglich Waschmaschine und Geschirrspüler miteinbeziehen.
- Lassen Sie sich die Energieeinsparung vom Planer vorrechnen. Sie sollte etwa zwischen 50 und 70 % liegen.

### Planung

- Das Anlagenkonzept sollte möglichst einfach sein (geringe Störanfälligkeit). Lassen Sie sich alle Komponenten und deren Funktionsweise genau erklären.

- Bei der Wahl des Kollektors auf robuste Ausführung und geringe Störanfälligkeit achten.
- Bei der Platzierung des Speichers beachten:
  - möglichst kurze Rohrleitungen zum Kollektor, zum Kessel und zu den Zapfstellen
  - Aufstellungsort möglichst im beheizten Bereich
  - ausreichende Statik der Standfläche beachten.
- Keine Zusatzheizung einbauen.
- Betriebszustände der Anlage protokollieren, um bei zu geringen solaren Erträgen dem Fachbetrieb Hinweise auf mögliche Ursachen geben zu können.
- In den vom Hersteller festgelegten Abständen überprüfen lassen:
  - Magnesium-Anode (soweit vorhanden)
  - Kalkansatz der Wärmetauscher
  - Frostschutzsicherheit des Wärmeträgermediums
- Den Energieverbrauch vor und nach der Installation der Solaranlage vergleichen.

## **Ausführung**

- Auf sorgfältige Dämmung aller Anlagenteile achten, insbesondere Rohrbögen und Speicheranschlüsse.
- Kontrollanzeigen einbauen lassen, Temperatur oben und im Speicher, Vorlauf- und Rücklauf-temperatur im Kollektorkreis, Betriebszustand der Regelung und evtl. Wärmemengenzähler für solare Einstrahlung.

## **Betrieb**

- In regelmäßigen Abständen Sichtkontrollen durchführen:
  - Einhaltung des Betriebsdrucks
  - Plausibilität der Betriebszustände der Regelung
  - Verschmutzung der Kollektorabdeckung
  - Kondenswasser im Kollektorgehäuse
  - Beschädigung oder Durchfeuchtung der Dämmung außenliegender Leitungen.

## **Förderung und Beratung:**

- Investitionsbank – Energieagentur Schleswig-Holstein,  
Fleethörn 29-31,  
24103 Kiel,  
Tel.: 0431-900-03, Fax: 0431-900-3652,  
Internet: [www.ibank-sh.de](http://www.ibank-sh.de)
- Energiestiftung des Landes Schleswig-Holstein,  
Dänische Straße 3-9,  
24103 Kiel,  
Tel.: 0431-9805-600, Fax: 0431-9805-699,  
e-mail: [info@essh.de](mailto:info@essh.de),  
Internet: [www.essh.de](http://www.essh.de)

Wenn Sie eine weiterführende Planungshilfe (insbesondere für größere solarthermische Anlagen) wünschen, wenden Sie sich bitte ebenfalls an eine der beiden oben genannten Institutionen. Die Planungshilfe wendet sich in erster Linie an Architekten, Ingenieurbüros, Handwerksbetriebe, Wohnungsunternehmen etc.