

# energytech.at

[ energy technology austria ]

---

*Die Internet-Plattform für  
innovative Energietechnologien  
in den Bereichen  
Erneuerbare Energieträger  
und Energieeffizienz*

<http://energytech.at>

## **TechnologiePortrait** **Thermische Solarenergie** *Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE*



**AEE** Arbeitsgemeinschaft  
ERNEUERBARE ENERGIE

**bmvit**

Bundesministerium für  
Verkehr, Innovation und  
Technologie

energytech.at

## **Impressum**

energytech.at – TechnologiePortrait Thermische Solarenergie  
Gleisdorf, Juni 2000

Medieninhaber:  
Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – AEE  
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 19  
E-mail: solar@energytech.at

Autoren:  
Ing. Werner Weiß, Dipl.-Ing. Gottfried Purkarthofer (beide AEE)

Auftraggeber:  
Diese Publikation wurde für energytech.at im Auftrag der Energieverwertungsagentur – E.V.A. und des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien) erstellt.

Der Nachdruck und die Übersetzung, auch auszugsweise, sind nur mit Quellenangabe erlaubt und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung der Autoren.

Erhältlich unter <http://energytech.at/solar/portrait.html>

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Warum wird die Sonnenenergienutzung bei der zukünftigen Energieversorgung eine zentrale Rolle spielen? .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Thermischer Solarmarkt in Österreich – Situationsanalyse und internationaler Vergleich.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Allgemeine Grundlagen der Sonnenenergienutzung .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Komponenten einer thermischen Solaranlage.....</b>	<b>8</b>
4.1	Kollektortechnologie.....	8
4.1.1	Kunststoffkollektoren zur Beckenwasserwärmung.....	8
4.1.2	Flachkollektoren.....	9
4.1.3	Vakuumkollektoren .....	10
4.1.4	Luftkollektoren .....	11
4.1.5	Einsatzbereiche von Kollektoren .....	11
4.1.6	Kenngößen von Kollektoren .....	12
4.2	Speichertechnologie .....	14
4.2.1	Warmwasserspeicher (Boiler).....	14
4.2.2	Kombispeicher .....	15
4.2.3	Pufferspeicher für teilsolare Heizanlagen.....	15
4.3	Solarregelungen .....	17
<b>5</b>	<b>Derzeitige Nutzung thermischer Solaranlagen .....</b>	<b>18</b>
5.1	Solaranlage zur Beckenwasserwärmung .....	19
5.2	Solaranlage zur Brauchwasserbereitung (Einfamilienhäuser) .....	20
5.2.1	Funktion einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung für ein Einfamilienhaus .....	20
5.3	Solaranlage zur Brauchwasserbereitung (Mehrfamilienhäuser) .....	22
5.4	Kombianlagen zur teilsolaren Raumheizung .....	23
5.5	Solare Biomasse-Nahwärmenetze .....	25
5.6	Solare Luftheizsysteme.....	26
5.7	Solares Kühlen .....	28
5.8	Transparente Wärmedämmung (TWD).....	29
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>31</b>

## **1 Warum wird die Sonnenenergienutzung bei der zukünftigen Energieversorgung eine zentrale Rolle spielen?**

Die Anreicherung treibhauswirksamer Gase in der Atmosphäre und die damit verbundene potentielle globale Erwärmung und Klimaveränderung ist eine der großen ökologischen Gefährdungen unserer Zeit. Die anthropogenen Ursachen dieser drohenden Klimaveränderung sind zum größten Teil auf die energetische Nutzung und Verbrennung fossiler Primärenergieträger wie Öl, Gas und Kohle und den damit verbundenen Ausstoß von CO<sub>2</sub> zurückzuführen. Ein vorsorgender, effektiver Klimaschutz erfordert nach Meinung vieler Experten in den nächsten 50 bis 100 Jahren mindestens eine Halbierung der weltweiten anthropogenen Treibhausgasemissionen.

Dass eine vollständig auf erneuerbaren Energieträgern basierende Versorgung mit Energie-Dienstleistungen prinzipiell in technologisch hochentwickelten Ländern in den nächsten 50 bis 100 Jahren möglich wäre, steht außer Zweifel, beträgt doch die gesamte auf die Landoberfläche der Erde eingestrahlte Sonnenenergiemenge das ca. 2.000-fache des derzeitigen Weltprimärenergiebedarfs. Auch auf Österreich als hochindustrialisiertes Land, das – was die Solareinstrahlung betrifft - in einer eher gemäßigten Zone liegt, entfällt ca. 250 bis 300 mal mehr Sonnenenergie, als an Primärenergie benötigt wird.

Für die Umsetzung von Energieversorgungsszenarien mit Anteilen an erneuerbaren Energieträgern von über 50 % in den nächsten 50 bis 100 Jahren sind Maßnahmen notwendig, die einerseits eine breite gesellschaftliche Akzeptanz voraussetzen und andererseits aufgrund der unterschiedlichen Energiedichte und raum-zeitlichen Verfügbarkeit des Solarenergieangebots eine grundlegende Umorientierung in der Zielsetzung von Technologien zur Energieversorgung erfordern. Weitere wesentliche Voraussetzungen sind flexiblere Strukturen der Energiewirtschaft, starke Anreizmechanismen zur Steigerung der Energieeffizienz für Energieversorger, Konsumenten und Nutzer und der gezielte Einsatz von Öko- oder Energiesteuern. Von zentraler Bedeutung auf globaler Ebene sind ferner strenge internationale Vereinbarungen in Bezug auf die ökonomische und ökologische Entwicklung und ein verstärkter Ressourcen-, Technologie- und Know-how-Transfer aus den Industrieländern in die Entwicklungs- und Schwellenländer.

## 2 Thermischer Solarmarkt in Österreich – Situationsanalyse und internationaler Vergleich

Seit Beginn der 80er Jahre verzeichnet die Nutzung von Sonnenenergie mittels thermischer Kollektoren einen steigenden Trend, so dass im Jahr 1999 insgesamt 2 Mio. m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert sein werden. 1980 wurden in Österreich 23.000 m<sup>2</sup> Kollektorfläche installiert, im Jahr 1995 wurde erstmals die 200.000 m<sup>2</sup>-Grenze überschritten.

Zu Beginn dieser Entwicklung wurden überwiegend Systeme für die Warmwasserbereitung in privaten Kleinanlagen, aber auch die ersten größeren Kunststoff-Absorberflächen für die Erwärmung von Schwimmbädern errichtet.

Die Fertigung der Kollektoren erfolgte bis vor einigen Jahren ausschließlich in kleinen Gewerbe- und Handwerksbetrieben, die ihre Produkte zumeist auch nur auf einem regionalen Markt anboten. Die anderen Komponenten wie Speicher und Regelung wurden zugekauft und die Gesamtanlage vom Installateur kundenspezifisch angepasst. Nur sehr wenige Unternehmen machten den Schritt hin zum Systemanbieter. Ab Mitte der 90er Jahre haben sich einige Unternehmen auf die thermische Solartechnologie spezialisiert und landesweite Vertriebsstrukturen aufgebaut. Diese Unternehmen sind seit einigen Jahren auch im Export von Anlagen sehr erfolgreich. Im Jahr 1998 betrug der Exportanteil der in Österreich gefertigten Flachkollektoren 21 % (41.514m<sup>2</sup>) und bei Schwimmbadabsorbern 37 % (16.000m<sup>2</sup>). Demgegenüber steht ein Import von 8.707m<sup>2</sup> bei Flachkollektoren und 5.455 m<sup>2</sup> bei Kunststoffabsorbern /1/.

Derzeit werden am österreichischen Markt von 35 Herstellern und Importeuren mehr als 60 (!) verschiedene Kollektortypen angeboten /2/. Dies sind zum überwiegenden Teil Flachkollektoren, die sich in ihrer Leistungsfähigkeit nur geringfügig unterscheiden. Vakuum-Röhrenkollektoren konnten sich bisher kaum durchsetzen und haben einen Marktanteil von lediglich 1%.

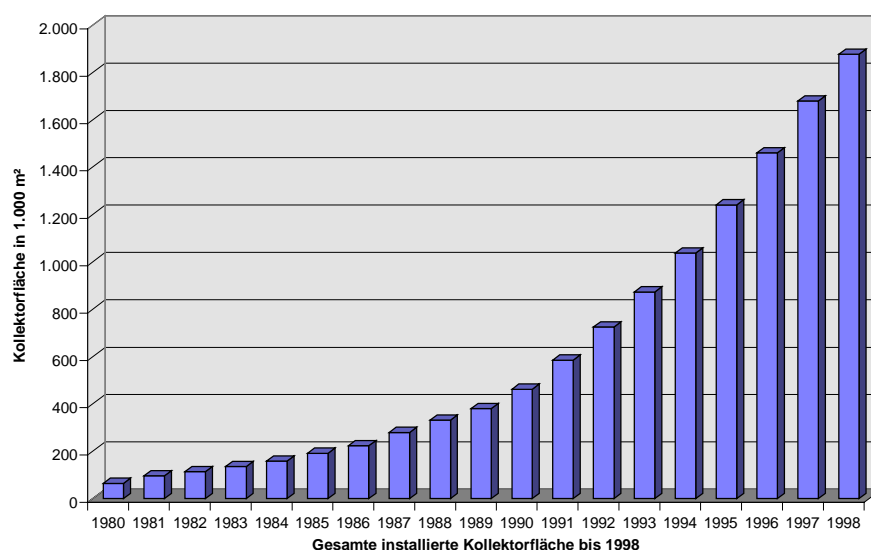


Abb. 1: Solaranlagenmarkt in Österreich /1/

Die durchschnittlichen Systemkosten von thermischen Solaranlagen liegen zwischen 7.000 und 8.000 ATS pro m<sup>2</sup> (exkl. MWSt). Bei rund 200.000 m<sup>2</sup>, die jährlich installiert werden, entspricht dies einem Umsatz von ca. 1,5 Mrd. ATS - davon entfallen ca. 55 % auf den Kollektor (inkl. Montage), der Rest auf Speicher, Regelung, Rohrleitungen etc /3/.

Vergleicht man die österreichische Marktentwicklung für thermische Solaranlagen mit anderen Ländern Europas, so ist ersichtlich, dass Österreich nach Griechenland die größte Kollektorgesamtfläche pro Einwohner (Daten einschließlich 1996) aufweist (siehe Abbildung 2). Bis in die frühen 90er lagen die führenden Märkte für Sonnenkollektoren in der östlichen Mittelmeerregion. Seit 1990 liegen die dynamischsten Märkte für Solarwärmeanlagen in Mitteleuropa (Deutschland, Österreich).

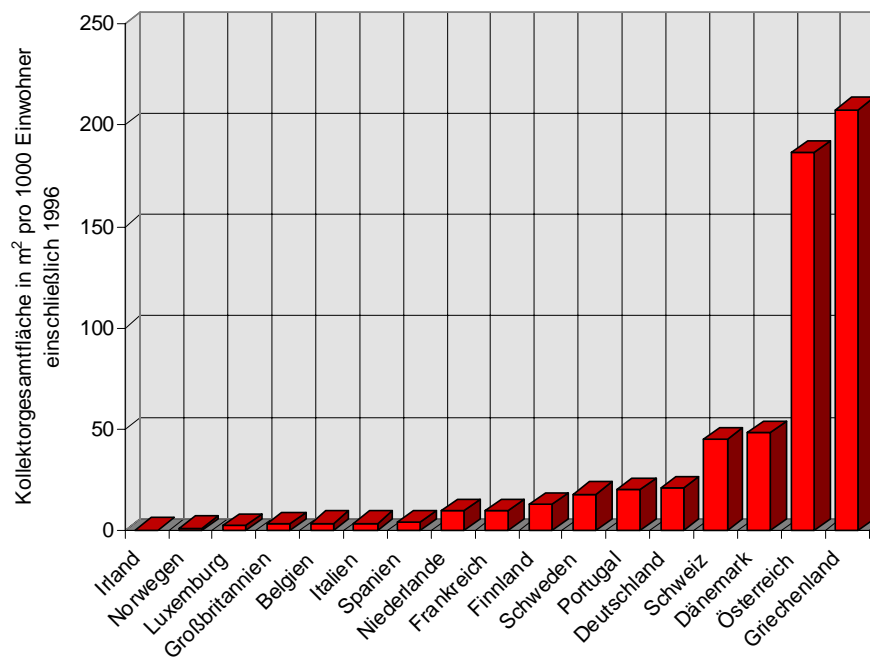


Abb. 2: Solaranlagenmarkt in Europa /4/

### 3 Allgemeine Grundlagen der Sonnenenergienutzung

Die Sonne ist der zentrale Energielieferant in unserem Sonnensystem. In Form von Sonnenstrahlung steht uns auf der Erde ein Teil der Sonnenenergie zur Verfügung. Erst diese Strahlung macht das Leben auf unserem Planeten möglich. Sie bestimmt alle, für unser Leben unerlässlichen, natürlichen Vorgänge wie Regen, Wind, Photosynthese, Meeresströmungen und vieles andere mehr.

Die Erdoberfläche empfängt während eines Jahres nur etwa die Hälfte der außeratmosphärischen Strahlungsenergie, da beim Durchgang durch die Erdatmosphäre ein Teil der Strahlung absorbiert bzw. in den Weltraum reflektiert wird. Die auf die Kontinente auftreffende Strahlungsenergie beträgt pro Jahr etwa 219.000.000 Milliarden kWh. Dies entspricht dem 2500-fachen des derzeitigen Weltenergiebedarfs.

Beim Durchgang durch die Atmosphäre wird die Strahlungsleistung durch Reflexion, Streuung und Absorption um rund 30 % kleiner, so dass an einem klaren, wolkenlosen Sonnentag bis zu 1.000 W/m<sup>2</sup> zur Nutzung verfügbar sind. Diese sogenannte Globalstrahlung setzt sich aus direkter und diffuser Strahlung zusammen.

Die direkte Sonneneinstrahlung ist der Anteil, der aus der Sonnenrichtung relativ ungehindert direkt einfällt, während die diffuse Strahlung, hervorgerufen durch Streuvorgänge in der Atmosphäre und Reflexionen an der Erdoberfläche, gleichmäßig aus allen Himmelsrichtungen auf die Erdoberfläche auftrifft. Der Anteil der diffusen Strahlung ist im Wesentlichen von der Jahreszeit, vom Bewölkungsgrad, von klimatischen und geographischen Bedingungen sowie von der Höhenlage abhängig. Der Anteil der diffusen Strahlung schwankt in Mitteleuropa zwischen 40 % im Mai bis zu 80 % im Dezember. Je höher der Anteil der diffusen Strahlung ist, desto geringer ist der nutzbare Energieinhalt der Globalstrahlung.

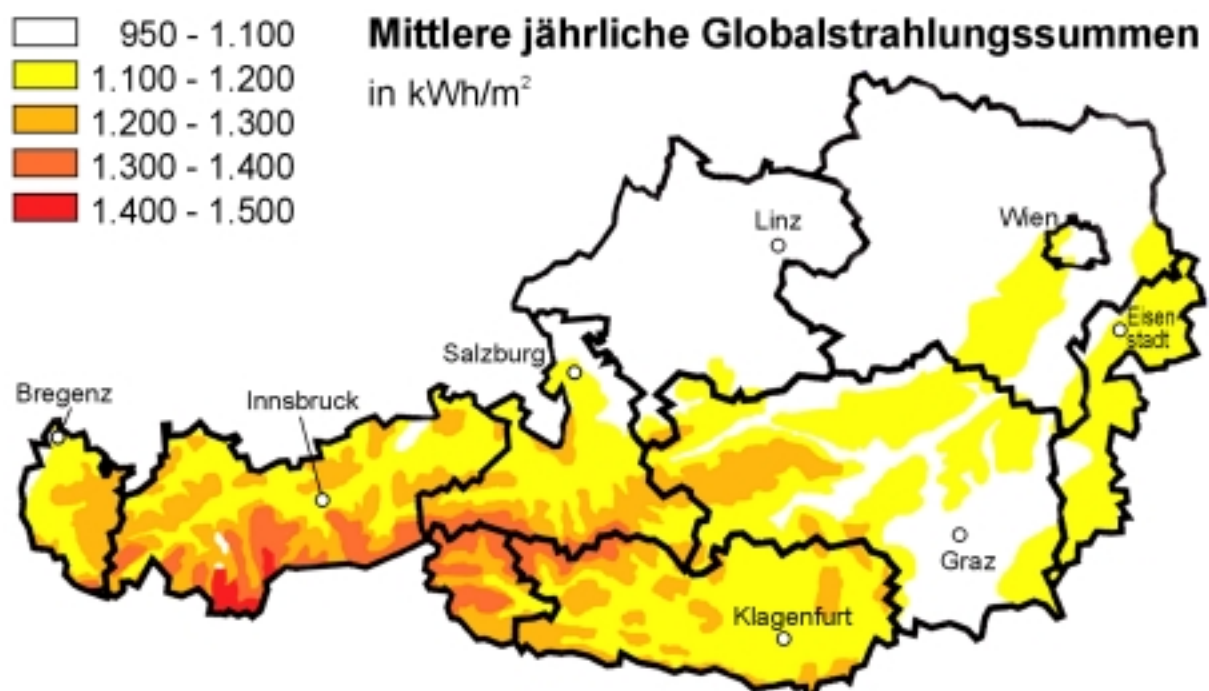


Abb. 3: Globalstrahlungssumme über ein Jahr für verschiedene Regionen in Österreich /5/

## 4 Komponenten einer thermischen Solaranlage

### 4.1 Kolleorttechnologie

Der Kollektor hat die Aufgabe, das einfallende Sonnenlicht möglichst effizient in Wärme umzuwandeln. Das Kernstück eines Kollektors ist der schwarze Absorber, welcher die solare Strahlungsenergie in Wärme umwandelt. Nach Bauart und Wärmedämmung unterscheidet man Kunststoffkollektoren, Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren und Solarluftkollektoren.

#### 4.1.1 Kunststoffkollektoren zur Beckenwasserwärmung

Kunststoffabsorber kommen aufgrund ihrer begrenzten Druck- und Temperaturbeständigkeit hauptsächlich zur Beckenwasserwärmung für Schwimmbäder zum Einsatz. Für die Anbringung der Kunststoffabsorber eignen sich flache und geneigte Dach- sowie Rasenflächen. Da sie zur Gänze aus Kunststoff bestehen, bieten sie den Vorteil, dass sie im Einkreissystem betrieben werden können; d.h. das gechlorte Beckenwasser kann mittels einer Umwälzpumpe direkt ohne Zwischenschaltung eines Wärmetauschers durch die Absorber fließen.



Abb. 4: Kunststoffabsorbermatten zur Beckenwasserwärmung

## 4.1.2 Flachkollektoren

Der Flachkollektor besteht im Wesentlichen aus Kollektorgehäuse, Absorber, Wärmedämmung und transparenter Abdeckung.

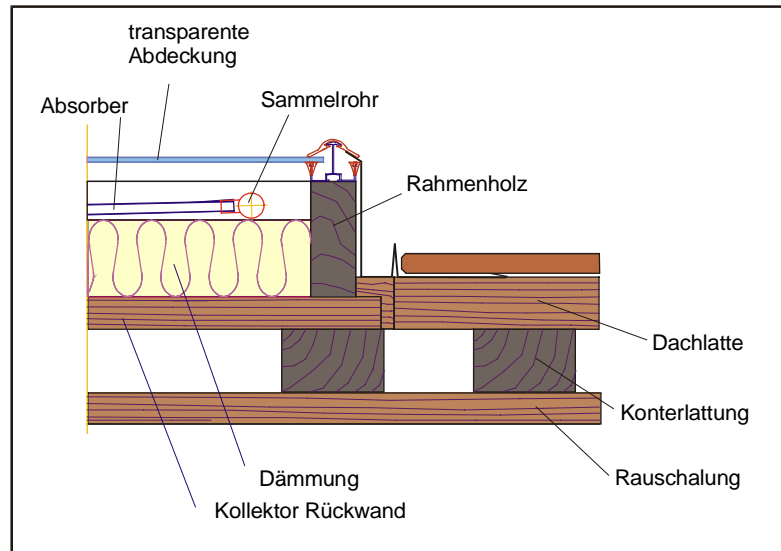


Abb. 5: Prinzipieller Aufbau eines Flachkollektors (Indachmontage)

Die Sonnenstrahlung trifft zunächst auf die transparente Abdeckung des Kollektors auf. Durch Reflexionen an der Oberfläche und beim Durchgang (Transmission) durch die Abdeckung geht ein Teil der Strahlung für die Nutzung im Kollektor verloren. Die auf den Absorber auftreffende Strahlung wird je nach Art der Beschichtung fast zur Gänze in Wärme umgewandelt. Die Beschichtung sollte ein hohes Absorptionsvermögen und einen möglichst geringen Emissionsgrad besitzen. Das Absorptionsvermögen ist im Wesentlichen durch die schwarze Farbe des Absorbers bestimmt, wobei der Absorptionskoeffizient bei einer Solarlackbeschichtung wie auch bei guten selektiven Schichten zwischen 0,94 und 0,97 liegt. Der Emissionskoeffizient liegt bei der Solarlackbeschichtungen zwischen 0,86 und 0,88, bei selektiven Schichten beträgt er lediglich 0,05 bis 0,20. Das Aufbringen der Beschichtung kann über ein Spritzverfahren bei Solarlackbeschichtungen, elektrochemisch (Schwarzchrom, Schwarznickel) bzw. mittels Klebefolie bei selektiven Schichten erfolgen.

Seit 1996 werden selektive Schichten angeboten, welche durch physikalische Verfahren (Vakuumbeschichtung bzw. Sputtertechnik) aufgebracht werden. Dadurch ist eine im Vergleich zu galvanischen Verfahren wesentlich umweltfreundlichere und weniger energieaufwendige Beschichtung möglich.

Weitere Verluste treten beim Kollektor aufgrund der Konvektion im Kollektor und durch die Wärmeverluste an der Rückseite des Absorbers auf.

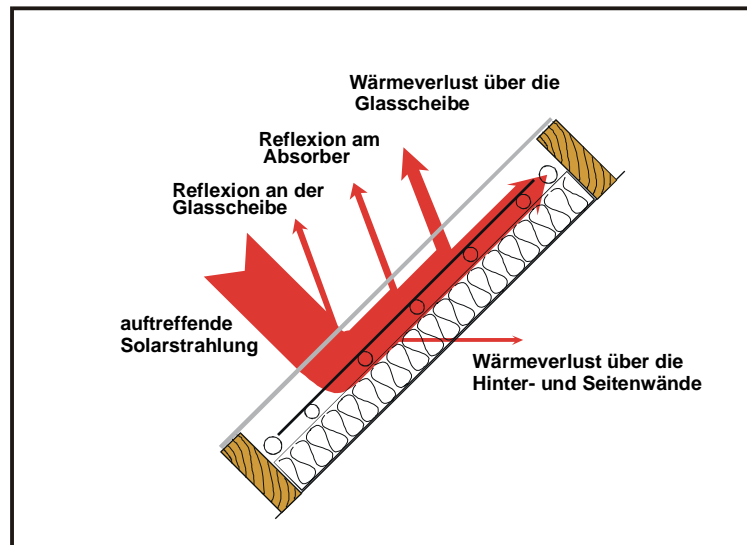


Abb. 6: Wärmeverluste eines Flachkollektors

### 4.1.3 Vakuumkollektoren

Vakuumkollektoren werden aus herstellungstechnischen Gründen meist als Röhrenkollektoren ausgeführt. Dabei wird ein schmaler, selektiv beschichteter Absorberstreifen in eine hochlichtdurchlässige, wärmebeständige Glasröhre eingehängt. Durch Evakuieren der Glasröhre werden die Konvektions- und Wärmeleitverluste weitgehend unterdrückt.



Abb. 7: Vakuum-Röhrenkollektor

Mit einem Vakuumröhrenkollektor sind pro Flächeneinheit in Brauchwasseranlagen höhere Jahresnutzwärmeerträge als mit Flachkollektoren zu erreichen. Sie haben sich jedoch aufgrund des höheren Preises am Markt bisher nicht breit durchgesetzt. Ihr Marktanteil liegt in Österreich derzeit bei ca. 1%.

Da der Mehrertrag von Vakuum-Röhrenkollektoren vor allem im Bereich von hohen Kollektortemperaturen stark anwächst, eignet er sich ideal für die Erzeugung von Prozesswärme.

#### 4.1.4 Luftkollektoren

Der prinzipielle Aufbau von Luftkollektoren ist derselbe wie der von Flachkollektoren. Sie bestehen aus einem Kollektorgehäuse, einer transparenten Abdeckung, einem Absorber und einer rückseitigen Wärmedämmung. In Bezug auf die Materialwahl bei den Komponenten und der Witterungsbeständigkeit sind die selben Grundregeln wie bei einem Flachkollektor zu beachten. Bei den Luftkollektoren werden grundsätzlich drei Bauarten unterschieden: Kollektor mit unter-, über- oder durchströmtem Absorber. Dort, wo höhere Lufttemperaturen erreicht werden müssen, sind Konstruktionen mit hinterströmtem Absorber vorteilhaft, da die erwärmte Luft nicht in direktem Kontakt mit der kalten oberen Abdeckung steht.

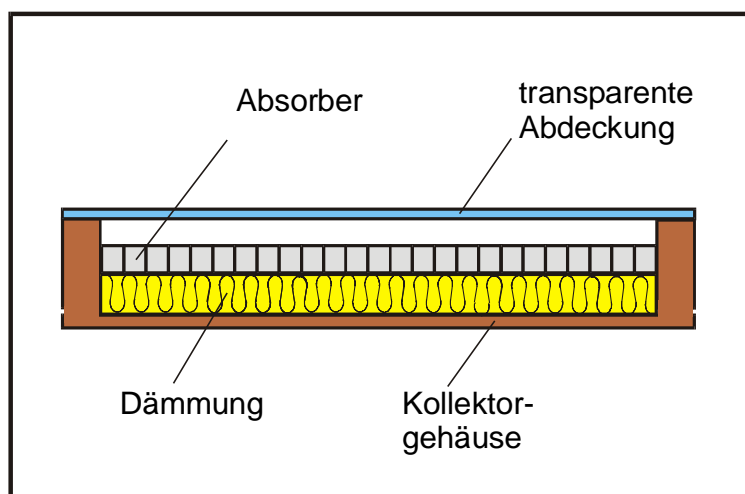


Abb. 8: Prinzipieller Aufbau eines Solarluftkollektors mit hinterströmtem Absorber

#### 4.1.5 Einsatzbereiche von Kollektoren

“Entgegen den Versprechungen vieler Hersteller gibt es nicht den besten Kollektor, sondern für jede Anwendung ein oder mehrere geeignete Produkte“ /7/. Eine Auswahl des geeigneten Kollektors für den jeweiligen Anwendungsfall ist in Abbildung 9 dargestellt.

Kollektorbauart	Bewertung
A: unabgedeckter Kunststoffabsorber	++ gut geeignet
B: Flachkollektor (Solarlack beschichtet)	+ geeignet
C: Flachkollektor (Selektiv beschichtet)	- nicht empfehlenswert
D: Vakuumröhrenkollektor	
E: Solarluftkollektor	

<b>Einsatzbereich</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E:</b>
Erwärmung von Beckenwasser für Freischwimmbäder	++	+	+	-	-
Brauchwassererwärmung	-	++	++	+	-
Brauchwasservorwärmung in Mehrfamilienhäusern	-	++	++	-	-
Brauchwassererwärmung und Raumheizung	-	+	++	++	+
Raumheizung	-	+	++	++	++
Gewerbliche Anwendungen für Vorwärmung bis 50°C (Hotels, Campingplätze, Hallenbäder)	-	++	++	-	-
Gewerbliche Anwendungen für Temperaturen bis 80°C (Wäschereien, Autowaschstraßen)	-	+	++	++	-
Gewerbliche Anwendungen für Prozesswärme bis 150°C	-	-	-	++	-

Abb. 9: Einsatzbereiche der Kollektoren

#### 4.1.6 Kenngrößen von Kollektoren

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal eines Sonnenkollektors ist sein Wirkungsgradverlauf (Kollektorkennlinie). Der Wirkungsgrad eines Kollektors ist definiert als das Verhältnis der vom Kollektor an den Wärmeträger abgegebenen Energiemenge zu der von der Sonne auf den Kollektor eingestrahltene Energie. Hohe Werte des Wirkungsgrades sind bei Flach- und Vakuumröhrenkollektoren vor allem in einem Temperaturbereich der Wärmeübertragungsflüssigkeit von über 40°C wünschenswert. Bestimmungsgrößen für den Wirkungsgrad sind die Art und Güte der Absorberfläche, die Absorbergeometrie, die Wärmeleitfähigkeit des Absorbermaterials, die Transparenz der Abdeckung, ferner die Wärmeverluste des Kollektors in Form von Abstrahlung, Leitung und Konvektion. Bei einer quantitativen Gegenüberstellung zeigt sich, dass vor allem die Strahlungsverluste wirkungsgradbestimmend sind. Der Kollektorwirkungsgrad ist allerdings für einen bestimmten Kollektor keine feststehende Größe, sondern er ist von den jeweiligen Einsatzbedingungen abhängig, wie zum Beispiel Temperaturniveau, Windgeschwindigkeit etc.

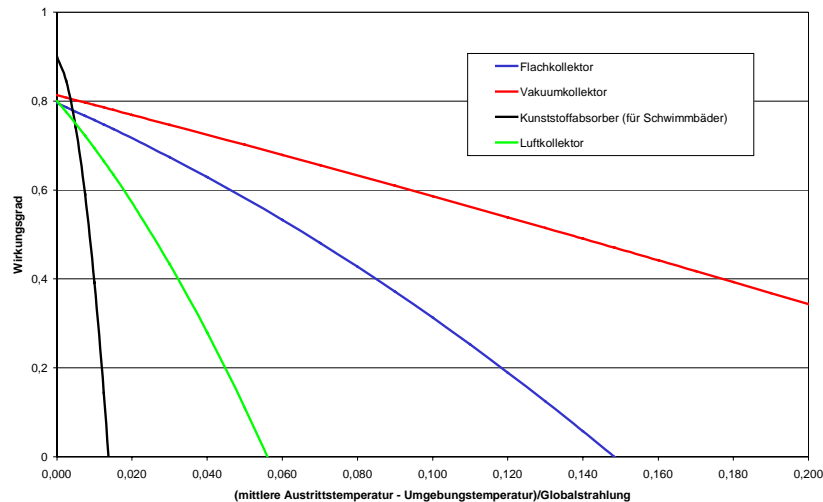


Abb. 10: Kollektorkennlinien für verschiedene Kollektorbauarten

#### 4.1.6.1 Optischer Wirkungsgrad oder Konversionsfaktor $\eta_0$

Der Konversionsfaktor ist der maximale Wirkungsgrad eines Kollektors unter der Bedingung, dass die mittlere Temperatur des Wärmeträgers im Absorber gleich jener der Umgebungsluft ist.

#### 4.1.6.2 Der Wärmeverlustkoeffizient $k$

Der Wärmeverlustkoeffizient  $k$  beschreibt die mittlere Wärmeverlustleistung eines Kollektors pro  $\text{m}^2$  Kollektorfläche, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträger und Umgebungsluft.

Der  $k$ -Wert des Kollektors wird durch die zwei Werte  $k_1$  entsprechend dem temperaturunabhängigen Anteil und  $k_2$  dem temperaturabhängigen Anteil beschrieben.

Der Konversionsfaktor  $\eta_0$  eines Kollektors sollte also möglichst hoch und der  $k$ -Wert möglichst gering sein. Die Kollektor-Kenngrößen werden nach normierten Prüfverfahren von anerkannten Prüfstellen ermittelt.

## 4.2 Speichertechnologie

Neben den Kollektoren ist der Warmwasserspeicher der zweite wesentliche Bestandteil einer solaren Brauchwasseranlage. Die richtige Auswahl und Dimensionierung ist mitentscheidend für die zu erzielenden solaren Deckungsgrade. Die wichtigsten Speichertypen, die bei Warmwassersolaranlagen und Anlagen zur teilsolaren Heizung Verwendung finden, werden beschrieben.

### 4.2.1 Warmwasserspeicher (Boiler)

Die häufigste Bauform ist ein stehender zylindrischer Stahlspeicher, der entsprechend seinem Einsatzgebiet bestimmten Anforderungen entsprechen muss. Durch das ständige Zufließen von Kaltwasser, das mit Sauerstoff angereichert ist, muss als Korrosionsschutz eine lebensmittelechte Speicherinnenbeschichtung vorhanden sein. Die Arten der Beschichtungen reichen von den sehr temperaturfesten Emailschichten bis hin zu meist preisgünstigeren Speichern mit Kunststoffbeschichtungen, deren erlaubte Einsatztemperatur jedoch tiefer liegt. Stahlspeicher sind aufgrund möglicher Fehlstellen in der Speicherinnenbeschichtung oft mit einem zusätzlichen Korrosionsschutz versehen. Der kathodische Korrosionsschutz, bestehend aus einer Opferanode oder einer Fremdstromanode verhindert, dass sich Kupferionen aus den Leitungen oder vom Rippenrohrwärmetauscher in diesen Fehlstellen festsetzen und dort zu Kontaktkorrosion führen.

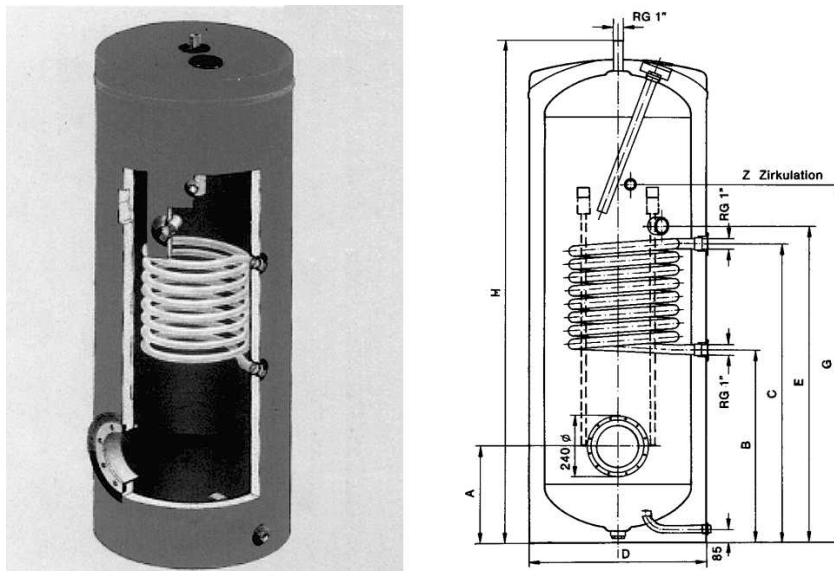


Abb. 11: Beispiel für einen Solarspeicher: Solar-Registerspeicher (Austria Email)

Etwas seltener, jedoch durchaus gebräuchlich sind Edelstahlspeicher. Sie zeichnen sich durch hohe Korrosionsbeständigkeit und Langlebigkeit aus.

Das Einbringen der Energie in den Brauchwasserspeicher erfolgt meist über bereits eingebaute, fix vorgesehene Rohrregister (Glattrohrwärmetauscher) oder über

Rippenrohrwärmetauscher, die über Flansche je nach Bedarf nachträglich eingebaut werden können.

#### 4.2.2 Kombispeicher

Eine durch ihre Einfachheit bestechende Lösung, den Brauchwasserspeicher in den Heizenergiespeicher einzubinden, ist ein Kombispeicher. In einem aus Stahl gefertigten Speicher ist ein Boiler eingeschweißt. Das Boilervolumen wird aus hygienischen Gründen relativ klein gehalten, reicht aber durch die Kombination des Speicher- und Durchlauferhitzerprinzips für die Bereitstellung der Warmwasserleistung aus. Der Kaltwasserzulauf ist im unteren Speicherbereich als Vorwärmstrecke in Form eines Glattrohrbündels ausgebildet. Der Vorteil des Systems liegt in der hydraulischen Einfachheit.

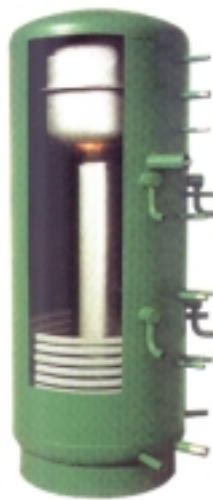


Abb. 12: Solar-Kombispeicher, Pufferspeicher mit integriertem Edelstahlboiler (Feuron AG)

#### 4.2.3 Pufferspeicher für teilsolare Heizanlagen

Die Größe des Heizenergiespeichers wird einerseits von der gewünschten solaren Deckung, andererseits aber auch vom Zusatzheizsystem bestimmt. Da in solchen Speichern nur sauerstoffarmes Heizungswasser zirkuliert, sind keine besonderen Vorkehrungen gegen Korrosion notwendig. Die Speicher sind nur außen mit einem passivierenden Anstrich grundiert. Bei Einfamilienhäusern ist es wirtschaftlich sinnvoll Pufferspeicher mit einer Größe von 1 bis 5 m<sup>3</sup> einzusetzen. Um die Mischungsverluste beim Beladen des Speichers zu reduzieren, ist es empfehlenswert, die Pufferspeicher mit Schichtladeeinrichtungen auszuführen. Das Funktionsprinzip der Schichtbeladung lässt sich folgendermaßen erklären:

Solange das im Schichtenlader aufsteigende Wasser eine höhere Temperatur hat als das Wasser der umgebenden Speicherschicht, bleiben die Klappen wegen der hydrostatischen Druckdifferenz zwischen außen und innen verschlossen. Bei Temperatur- und somit Dichtegleichheit innerhalb und außerhalb des Rohres wird der Druck auf die jeweilige Klappe aufgehoben und das aufwärts steigende Wasser kann durch die Klappe austreten. Eine weitere Möglichkeit der Schichtbeladung ist mittels Ventilsteuerung gegeben. Dieses System besteht aus Ventilen und mehreren Rohranbindungen (in verschiedenen Höhen) an den Speicher. In Abhängigkeit von der Wassertemperatur (Solaranlagenvorlauftemperatur und

Wassertemperatur im Speicher) erfolgt mittels Ventilregelung die Einschichtung des Wassers in den Speicher.



*Abb. 13: Speicher mit SOLVIS Schichtladesystem (PINK)*

### 4.3 Solarregelungen

In der einfachsten Variante ist dies bei einer Brauchwasseranlage eine Temperaturdifferenzregelung. Sie vergleicht über zwei Temperaturfühler die Temperatur des Wärmeträgers im Kollektor mit der Wassertemperatur im Speicher. Die Umwälzpumpe schaltet ein, wenn die Temperatur des Wärmeträgers im Kollektor um einen eingestellten Wert höher ist als die Speichertemperatur. Ist diese Anforderung nicht mehr gegeben, schaltet die Regelung die Pumpe wieder aus.

Die am Markt erhältlichen Regelungen der verschiedenen Hersteller sind so konzipiert, dass es für jede hydraulische Standardvariante auch eine elektronische Lösung gibt. Darüber hinaus geht die Tendenz eindeutig zum frei programmierbaren Gerät, mit dem grundsätzlich alle Standardvarianten und eine Reihe von Variationen möglich sind. Auch verschiedenste Konzepte der Warmwasserbereitung, in Kombination mit teilsolarer Raumheizung, sind mit einem Gerät möglich.

## **5 Derzeitige Nutzung thermischer Solaranlagen**

Die Haupteinsatzbereiche von thermischen Solaranlagen liegen bei der Beckenwassererwärmung von Schwimmbädern und der Brauchwassererwärmung in Ein- und Mehrfamilienhäusern. Neben diesen Anwendungsbereichen ist in den letzten Jahren aber auch ein verstärkter Trend zur teilsolaren Raumheizung zu verzeichnen. Weiters kommen vermehrt Solaranlagen in Verbindung mit Biomassenahwärmenetzen zum Einsatz. Luftheizsysteme haben in Europa momentan nur einen geringen Marktanteil. Der Bereich der solaren Kühlung befindet sich im Stadium der Entwicklung. Derzeit sind im Rahmen verschiedener F&E Projekte einige Demonstrationsanlagen in Europa installiert. Im Bereich der Transparenten Wärmedämmung wurden in Österreich bisher nur vereinzelt Projekte realisiert, hingegen gibt es in anderen europäischen Ländern eine Reihe von Versuchshäusern mit TWD-Fassaden.

- **Solaranlage zur Schwimmbaderwärmung**
- **Solaranlage zur Brauchwasserbereitung in Einfamilienhäuser**
- **Solaranlage zur Brauchwasserbereitung in Mehrfamilienhäuser**
- **Kombianlagen zur teilsolaren Raumheizung**
- **Solare Biomasse-Nahwärmenetze**
- **Solare Luftheizsysteme**
- **Solares Kühlen**
- **Transparente Wärmedämmung (TWD)**

## 5.1 Solaranlage zur Beckenwasserwärmung

Kunststoffabsorber kommen aufgrund ihrer begrenzten Druck- und Temperaturbeständigkeit hauptsächlich zur Beckenwasserwärmung für Schwimmbäder zum Einsatz. Für diesen Einsatzfall liegt das gewünschte Temperaturniveau nur knapp über der Umgebungstemperatur. Hier genügen einfache Absorber aus Kunststoff, die wegen ihrer geringen Arbeitstemperaturen unabgedeckt auf einem Flachdach verlegt werden. Für die Anbringung der Absorbermatten eignen sich flache und geneigte Dach- sowie Rasenflächen. Da sie zur Gänze aus Kunststoff bestehen, bieten sie den Vorteil, dass sie im Einkreislauf betrieben werden können; d.h. das chlorierte Beckenwasser kann mittels einer Umwälzpumpe direkt ohne Zwischenschaltung eines Wärmetauschers durch die Absorber fließen. Ist schon eine Filterpumpe vorhanden, kann auch diese für den Solarkreislauf eingesetzt werden. Voraussetzung ist eine entsprechende Dimensionierung der Pumpe. Kunststoffkollektoren sind nur im Sommerhalbjahr in Betrieb und müssen vor dem ersten Frost entleert werden.

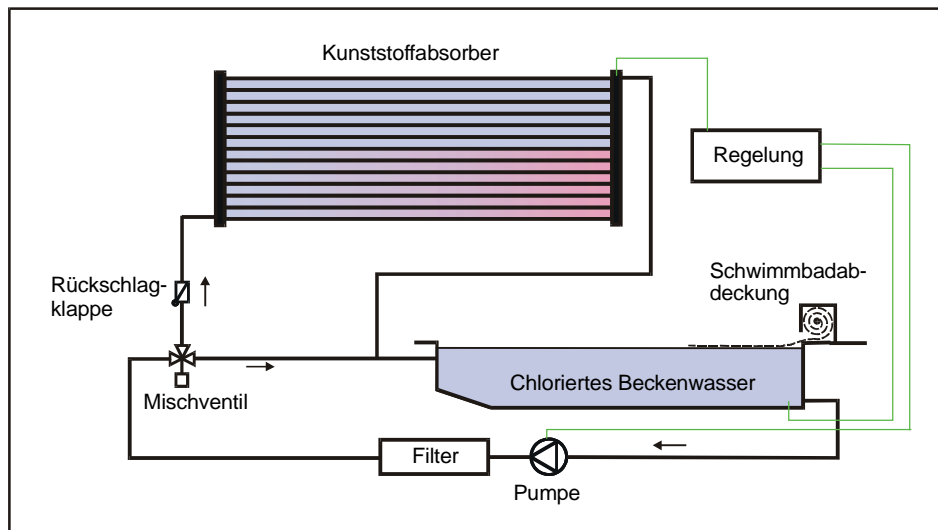


Abb. 14: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage zur Beckenwasserwärmung



Abb. 14a: Mit Sonnenenergie zu höheren Beckentemperaturen im Freibad

## 5.2 Solaranlage zur Brauchwasserbereitung (Einfamilienhäuser)

Der Haupteinsatzbereich von thermischen Solaranlagen liegt derzeit bei der Brauchwasserbereitung in Einfamilienhäusern. Üblicherweise erfolgt die Warmwasserbereitung in unseren Breiten mit elektrischem Strom, Gas oder über eine Zentralheizungsanlage, die entweder mit Festbrennstoffen, Gas oder Öl befeuert wird. Wird im Sommer die Warmwasserbereitung mittels eines Heizkessels durchgeführt, so arbeitet dieser mit einem äußerst schlechtem Wirkungsgrad. Aus diesem Grund ist in den Monaten, in denen keine Raumwärme benötigt wird, eine solare Warmwasserbereitung wesentlich umweltfreundlicher.

Das Energieangebot der Sonne reicht aus, um im Sommerhalbjahr – je nach Dimensionierung der Solaranlage – den Warmwasserbedarf zu 80 % bis 95 % zu decken. In der Übergangszeit und in den Wintermonaten reicht das Energieangebot der Sonne aber immer noch zum Vorwärmen des Brauchwassers; d.h. das kalte Wasser muss vom Heizkessel bzw. von der elektrischen Heizpatrone nur noch um eine geringere Temperaturdifferenz nachgeheizt werden. Die Anlagen zur Brauchwasserbereitung für Einfamilienhäuser sind technisch zuverlässig und werden von Fachbetrieben österreichweit angeboten.

### 5.2.1 Funktion einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung für ein Einfamilienhaus

Die in den Kollektoren gewonnene Wärme gelangt über den Wärmetauscher in den Solarspeicher.

Die Umwälzpumpe (1) wird durch die Solarsteuerung abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ein- und ausgeschaltet. Der Kollektorfühler misst die Temperatur im Kollektor, der Speicherfühler die im Speicher im Bereich des Solarwärmetauschers. Ist die Kollektortemperatur um eine eingestellte Temperaturdifferenz wärmer als der Speicher, wird die Pumpe eingeschaltet und die Wärme vom Kollektor zum Wärmetauscher transportiert. Eine sorgfältige Fühlerplatzierung ist Voraussetzung dafür, dass die Pumpe wirklich nur läuft, wenn der Energieeintrag in den Speicher positiv ist.

Ein Rückschlagventil (2) verhindert, dass der Kreis nachts in Thermosiphonwirkung rückwärts läuft und Energie vom wärmeren Speicher zum kälteren Kollektor zirkuliert.

Das Expansionsgefäß (8) nimmt die Ausdehnung des Wärmeträgers und eventuell auch dessen Dampfphase auf und verhindert durch Aufrechterhaltung eines Mindestanlagendrucks ein Ansaugen von Luft durch diverse Verschraubungen. Das Expansionsgefäß sollte über eine Wartungseinheit (9) mit dem Solarkreis verbunden sein, die als Vorabspernung den eventuellen Austausch ohne vorherige Entleerung der Anlage ermöglicht.

Der Entlüfter (6) dient der Abfuhr des aus dem Wärmeträger freigesetzten Gases.

Ein Überdruckventil (5) verhindert das Ansteigen des Anlagendrucks über einen zulässigen Maximalwert, wenn andere Funktions- und Sicherheitskomponenten (Regelung, Pumpe, Expansionsgefäß,...) versagen sollten.

Die analoge oder digitale Erfassung (4,7) einiger Messpunkte ist sehr wichtig zur Information des Benützers und zur Anlagenbeurteilung.

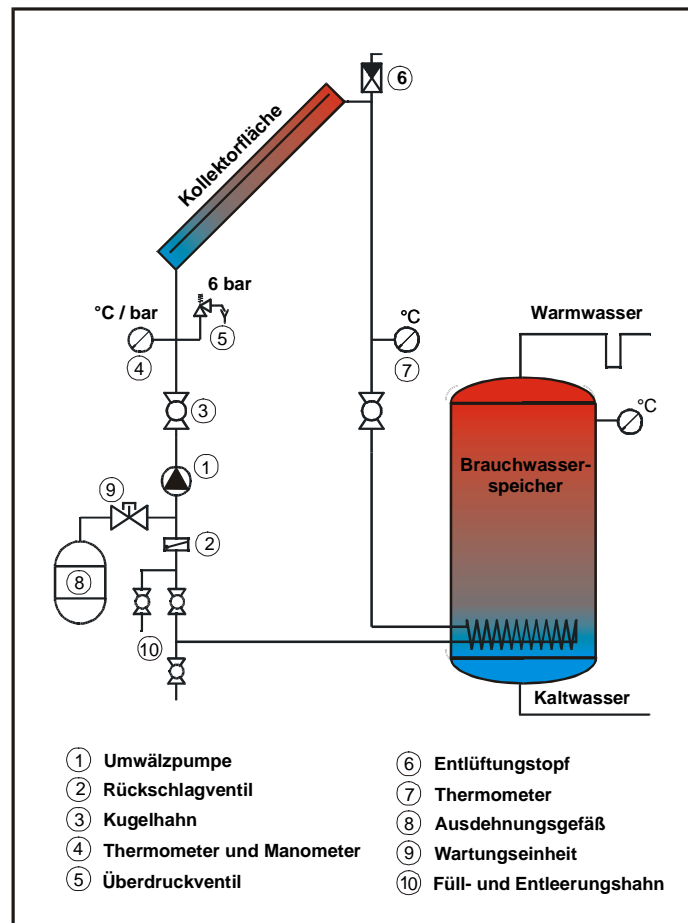


Abb. 15: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung



Abb. 15a: Einfamilienhäuser mit solarer Warmwasserbereitung

### 5.3 Solaranlage zur Brauchwasserbereitung (Mehrfamilienhäuser)

In Österreich wohnt rund 43 % der Bevölkerung in Mehrfamilienwohnhäusern mit mindestens 3 Wohneinheiten (ÖSTAT, 1991). In diesen Wohnobjekten erfolgt die Warmwasserbereitung im Regelfall mittels dezentraler Anlagen. Ein übliches Versorgungssystem für eine Wohneinheit besteht aus einem elektrisch (Nachtstrom) beheizten Kleinspeicher (100-200 l) für die Abdeckung von Verbrauchsspitzen im Badezimmer sowie einem ebenso elektrisch beheizten Untertischboiler (5-10 l) für die Deckung kleiner Verbräuche in der Küche.

Bis zum Jahresende 1999 waren in Österreich ca. 500 thermische Solaranlagen an Mehrfamilienhäuser installiert. Betrachtet man diese Tatsache, so lässt sich für diesen Bereich ein deutliches Marktpotential für Solaranlagen erkennen. Neben dem vorhandenen Marktpotential begünstigen Mehrfamilienhäuser durch die im Vergleich zu Einfamilienhäusern kompakte Baustruktur den Einbau von Solaranlagen. Werden im Einfamilienhausbereich naturgemäß nur dezentrale Kleinanlagen errichtet, so könnten im Mehrfamilienwohnbau größere, zentrale Solaranlagen realisiert werden. Trotzdem ist man aber von einer breiten Markteinführung dieser Anwendung noch weit entfernt. Wohnbaugenossenschaften stehen solaren Technologien zumeist skeptisch gegenüber, da sie im Vergleich mit konventionellen Gebäuden zusätzlichen Planungs-, Koordinations- und finanziellen Aufwand bei der Errichtung oder Sanierung des Gebäudes bedeuten.

Thermische Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern werden üblicherweise so dimensioniert, dass Überschüsse und Stillstandszeiten in den Monaten höchster Einstrahlung vermieden werden. In der Übergangszeit und in den Wintermonaten reicht das Energieangebot der Sonne aber noch immer zum Vorwärmen des Brauchwassers aus.

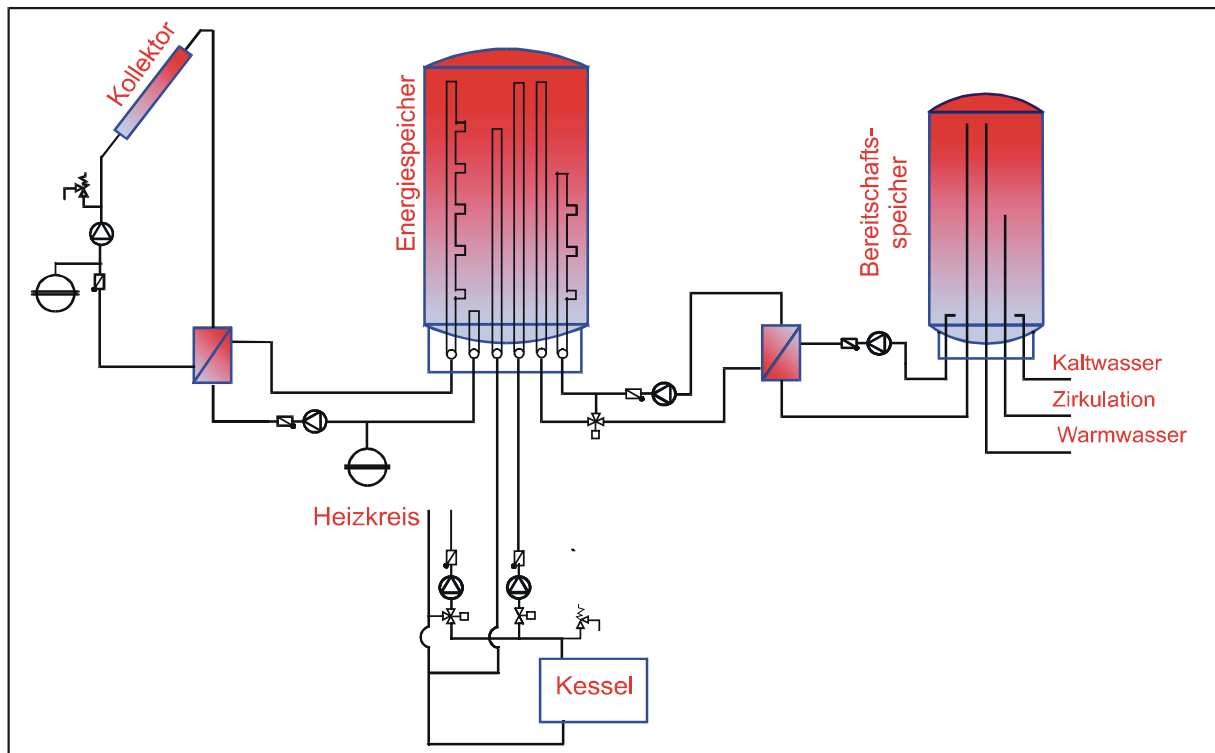


Abb. 16: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage in einem Mehrfamilienhaus (Zentraler Energiespeicher mit zentralem Bereitchaftsspeicher)



Abb. 16a: Solare Warmwasserbereitung in einem Mehrfamilienwohnhaus

#### 5.4 Kombianlagen zur teilsolaren Raumheizung

Die Bereitstellung der Raumwärme erfolgt derzeit zum überwiegenden Teil mit fossilen Energieträgern (Öl, Gas und Kohle). Ähnlich wie bei der breiten Markteinführung von solaren Anlagen zur Brauchwasserbereitung sind es wiederum private Bauherrn/frauen, die in den vergangenen Jahren die ersten Anlagen zur solaren Raumheizung realisierten. Das Anlagenverhalten und die erzielbaren Erträge zahlreicher Anlagen wurden messtechnisch erfasst und ausgewertet. Die Ergebnisse führten in der Folge zu wesentlichen Systemoptimierungen. In diesem Bereich hat Österreich im europäischen Vergleich eine Vorreiterrolle übernommen. Im Jahr 1998 wurden ca. 50 % der gesamt installierten Kollektorfläche an Objekten mit teilsolarer Raumheizung installiert. Das entspricht rund 20 bis 25 % der gesamt montierten Anlagen /1/.

Geprägt sind die Kombianlagen von der Speicherproblematik, da sich das Energieangebot umgekehrt proportional zum Energiebedarf verhält - im Sommer, wenn wenig Heizenergie benötigt wird, ist das Angebot hoch, im Winter, wenn viel benötigt wird, ist das Angebot gering. Grundsätzlich ist es möglich, die Energie in großen Wasserspeichern vom Sommer bis zum Winter zu speichern und so ausschließlich mit Sonnenenergie auszukommen. Das zeigen einige in den vergangenen Jahren realisierte Anlagen. Aus ökonomischer Sicht ist eine saisonale Speicherung mit der zur Zeit am Markt vorhandenen Speichertechnik im Bereich von Ein- und Zweifamilienhäusern unwirtschaftlich und daher nicht breit umsetzbar.

Das aus wirtschaftlicher Sicht interessantere Konzept ist das der teilsolaren Raumheizung. Bei Kollektorflächen von 20 bis 340 m<sup>2</sup> in Kombination mit Pufferspeichern von 1 bis 5 m<sup>3</sup>, welche in der Lage sind, Wärme über einige Stunden (Nacht) bzw. einige Tage zu speichern, können im Einfamilienhausbereich solare Gesamtdeckungsgrade (Heizung und Warmwasser) von 20 bis 60 % erreicht werden. Der Restenergiebedarf wird idealerweise mit einer Holzfeuerungsanlage (Stückholzkessel, Pellets- oder Hackgutkessel) gedeckt.

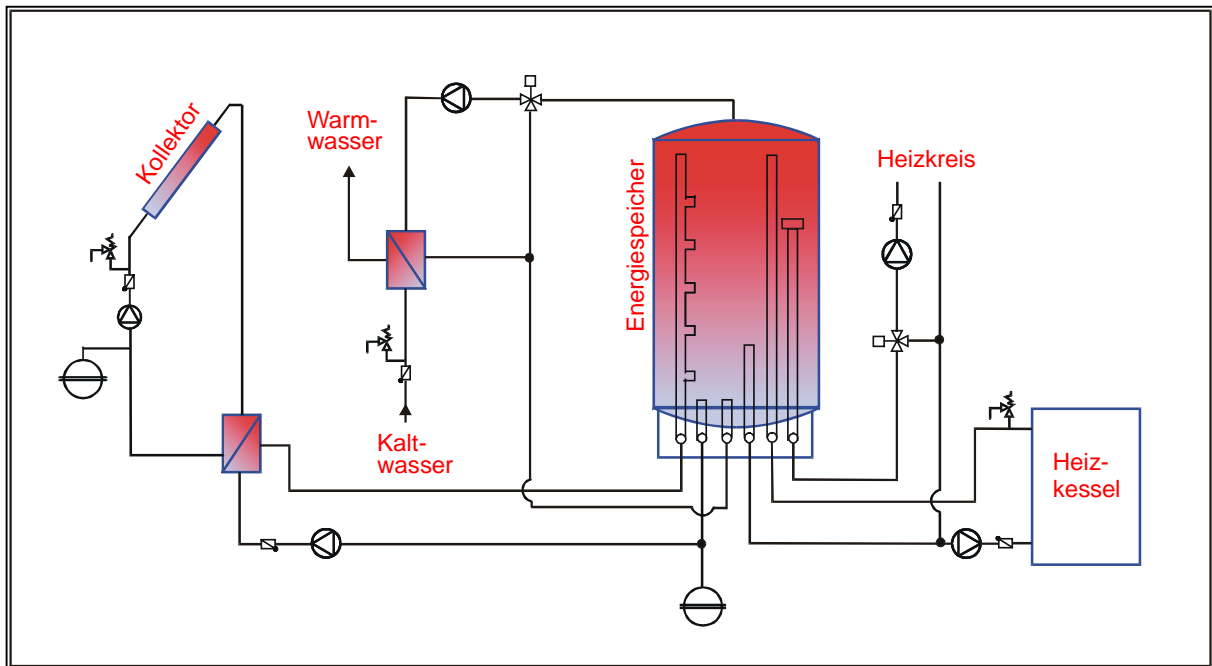


Abb. 17: Hydraulischeschema einer Solaranlage zur teilsolaren Raumheizung (Zentraler Energiespeicher mit externer Brauchwasserbereitung)



Abb. 17a: Heizen mit der Sonne

## 5.5 Solare Biomasse-Nahwärmenetze

Diese Anlagen zur Wärmeversorgung (Raumheizung, Brauchwasserbereitung) bestehen im Prinzip aus der Biomassefeuerung, der Solaranlage samt Pufferspeicher und dem Nahwärmenetz. Durch diese kombinierte Nutzung von Energie aus Biomasse und Solarstrahlung wird die Wärmeversorgung von Dörfern und Städten aus regenerativen Energiequellen bei höchstem Komfort möglich. Diese kombinierten Anlagen sollten vorwiegend dort eingesetzt werden, wo aus ökonomischen und ökologischen Gründen der Heizbetrieb der Biomassefeuerung in den Sommermonaten nicht sinnvoll ist. Da erfahrungsgemäß viele Wärmekunden nur an das Nahwärmenetz anschließen, wenn ein Ganzjahresbetrieb angeboten wird, ist es besonders sinnvoll, die Warmwasserbereitung in den Sommermonaten mittels zentraler Solaranlage durchzuführen. Diese ist meist direkt am Dach der Biomasseheizwerkszentrale (Heizhaus und Brennstofflagerhalle) montiert. Aus den erwähnten Gründen haben in den letzten Jahren mehrere Betreiber von Biomasse-Nahwärmenetzen ihre Anlagen mit einer Solaranlage ergänzt.

Sehr positiv zu vermerken ist, dass nicht nur kleine Nahwärmenetze solar versorgt werden, sondern der Trend zu Biomasseheizwerken mit großen Kollektorflächen geht (Kollektorfläche größer 1.000 m<sup>2</sup>). Dabei hat sich gezeigt, dass die Anwendung von Großflächenkollektoren (8 bis 12 m<sup>2</sup>) bei der Montage Vorteile bietet. Neben der Kollektorfläche kommt der richtigen Dimensionierung des Pufferspeichers eine besondere Bedeutung zu. In diesen Pufferspeicher wird das solar erwärmte Medium temperaturorientiert eingeschichtet und entsprechend der Abnahme über das Fernwärmenetz zu den Verbrauchern transportiert. In den drei Sommermonaten sind solare Deckungsgrade von über 90 % möglich und nur bei längeren Schlechtwetterperioden ist eine Nachheizung nötig. Sinnvollerweise sollte die Nachheizung mit einer kleinen Biomasse- oder Ölanlage durchgeführt werden. Der für die Solaranlage installierte Pufferspeicher ermöglicht in der Winterheizperiode die kurzzeitige Abdeckung von Lastspitzen, so dass der Biomassekessel kleiner dimensioniert werden kann, was sich wieder auf die Investitionskosten positiv auswirkt.

	<i>Inbetriebnahme</i>	<i>Kesselleistung [kW]</i>	<i>Fernwärme-netzlänge [m]</i>	<i>Energiespeicher [m<sup>3</sup>]</i>	<i>Kollektorfläche [m<sup>2</sup>]</i>
<i>Deutsch Tschantschendorf</i>	1994	600	2.500	34	325
<i>Bildein</i>	1995	1.000	2.960	38	450
<i>Obermarkersdorf</i>	1995	750	3.400	68	567
<i>Unterrabnitz</i>	1995	650	3.800	58	477
<i>Gnas</i>	1996	1.640	2.200	40	441
<i>Urbersdorf</i>	1996	450	1.650	60	350
<i>Bad Mitterndorf</i>	1997	4.000	3.500	140	1.120
<i>Eibiswald</i>	1997	2.000	3.200	105	1.250
<i>Lindgraben</i>	1997	350	1.300	37	350
<i>Poysbrunn</i>	1997	1.000	3.140	85	870
<i>Nikitsch</i>	1997	2.250	6.900	60	780
<i>Kroatisch Minihof</i>	1997	700	3.100	60	740
<i>Soboth</i>	1998	300	-	10	200
<i>Schwanberg</i>	1998	500	-	50	470
<i>Stadl/Mur</i>	1998	-	-	60	490

Abb. 18: Solare Biomassenahwärmenetze in Österreich



Abb. 18a: Wärme von der Sonne und aus der Biomasse

## 5.6 Solare Luftheizsysteme

Unter Luftkollektoren versteht man Sonnenkollektoren, die als Wärmeträgermedium Luft verwenden. Beginnend mit ersten Entwicklungen am Ende des 19. Jahrhunderts in den USA, hat sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Solarlufttechnologien in aller Welt entwickelt, ohne bisher jedoch eine weite Verbreitung zu finden.

Luftheizsysteme eignen sich immer dann, wenn für die Anwendung direkt warme Luft benötigt wird. Gute Einsatzbedingungen für Luftkollektoren sind bei folgenden Anwendungsbeispielen gegeben:

Anlagen zur Gebäudebeheizung:

Bei Luftheizsystemen, die im Gebäudebereich eingesetzt werden, muss zwischen direkter und indirekter Lufteinbringung unterschieden werden. Die direkte Lufteinbringung wird bevorzugt bei der Beheizung von Hallen und Lagerräumen eingesetzt. Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden usw. erfolgt die Lufteinbringung meist indirekt oder aus einer Kombination von direkt und indirekt. Die indirekte Lufteinbringung erfolgt mittels Hypokausten bzw. Murokaustsystemen oder auch durch Zwischenwandsysteme. Dabei erfolgt die Wärmeabgabe in den Räumen in Form von Wärmestrahlung. Die direkte Lufteinbringung erfolgt über die kontrollierte Be- und Entlüftung. Als Wärmespeicher bei Luftheizsystemen werden im allgemeinen Schotter- und Massivspeicher verwendet. Luftheizsysteme können bei entsprechender Dimensionierung des Gesamtsystems einen großen Teil des Raumwärmebedarfs decken. Eine vollständige Deckung ist allerdings aufgrund des im Winter ungünstigen Verhältnisses von angebotener Solarenergie und nachgefragtem Heizwärmebedarf nicht möglich.

Anlagen für die Trocknung von landwirtschaftlichen oder gewerblichen Produkten wie beispielsweise Getreide, Saatgut, Heil- und Gewürzpflanzen, Baustoffe, Holz usw. Das Trocknungspotential von Luftkollektoranlagen liegt bei etwa 0,2 bis 0,7 kg Wasser pro Stunde und m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Auch die Klärschlamm-trocknung ist ein interessanter Anwendungsbereich.



## 5.7 Solares Kühlen

In mitteleuropäischen Regionen ist sommerliche Klimatisierung in der Regel nur in großen Verwaltungsgebäuden, in gewerblichen Bauten usw. üblich, während in Südeuropa zunehmend auch im Wohnbereich Klimaanlage für den Sommerbetrieb Verbreitung finden. Da der Jahresgang des Klimatisierungsbedarfs eine sehr gute zeitliche Übereinstimmung mit dem Jahresgang der solaren Einstrahlung aufweist, ist es naheliegend, solar unterstützte Systeme zur sommerlichen Klimatisierung zu entwickeln.

Neben den thermischen Verfahren in Verbindung mit der Sorptionstechnik spielt derzeit potentiell die photovoltaische Technik mit Kompressionskälteanlagen eine Rolle, wenn es um den Bereich der Erzeugung von Kälte mit Solarenergie geht. /6/

Günstig für den Einsatz thermischer Solarkollektoren sind insbesondere jene Verfahren, bei denen die erforderlichen Temperaturen zur Kälteerzeugung möglichst niedrig liegen, um das Kollektorfeld effizient betreiben zu können. Eine grobe Einteilung dieser Verfahren ist einerseits nach der Art der Prozessführung – offen oder geschlossen – und andererseits nach der Art der verwendeten Sorptionsmittel – fest oder flüssig – möglich.

Vefahren	geschlossen		offen	
<b>Kältemittelkreislauf</b>	geschlossener Kältemittelkreislauf		Kältemittel (Wasser) in Konatkt mit Atmosphäre	
<b>Verfahrensprinzip</b>	Kaltwassererzeugung		Luftentfeuchtung + Verdunstungskühlung	
Sorptionsmittel	fest	flüssig	fest	flüssig <sup>1)</sup>
<b>typische Stoffsysteme (Kälte-/Sorptionsmittel)</b>	Wasser-Silikagel, Ammoniak-Salz	Wasser-Wasser-Lithiumbromid, Ammoniak-Wasser	Wasser-Silikagel, Wasser-Lithiumchlorid-Zellulose	Wasser-Calci-umchlorid, Wasser-Lithiumchlorid
<b>marktverfügbare Technik</b>	Adsorptionskältemaschine	Adsorptionskältemaschine	sorptionsunterstützte Klimatisierung	-
<b>marktverfügbare Leistung [kW Kälte]</b>	50 bis 430 kW	20 kW bis 5MW	20 bis 350 kW (pro Modul)	-
<b>Wärmeverhältnis (COP)</b>	0,3 bis 0,7	0,6 bis 0,75 (einstufig)	0,5 bis 0	>0
<b>typische Antriebstemperatur</b>	60 bis 90 °C	80 bis 110°C	45 bis 95 °C	45 bis 70 °C
<b>Solartechnik</b>	Vakuümrohren-, Flachkollektoren	Vakuümrohrenkollektoren	Flachkollektoren, Solarluftkollektoren	Flachkollektoren, Solarluftkollektoren

Abb. 20: Klassifizierung thermisch angetriebener Kühlverfahren für die Gebäudeklimatisierung

Die solare Klimatisierung stellt neben der Brauchwasserbereitung und der teilsolaren Raumheizung ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld der thermischen Solarenergienutzung im Gebäudebereich dar. Bislang werden Anlagen zumeist im Rahmen von geförderten Demonstrationsvorhaben ausgeführt. Um die Forschungsaktivitäten im Bereich des solaren Klimatisierens voranzutreiben, wurde eine IEA-Task gestartet.

## 5.8 Transparente Wärmedämmung (TWD)

Das Prinzip der transparenten Wärmedämmung beruht im Gegensatz zur konventionellen Wärmedämmung, bei der in der Regel nur Transmissionsverluste reduziert werden, darauf, dass durch die Verwendung von transparenten Wärmedämmmaterialien (TWDM) Wärmeverluste durch Solargewinne zumindest teilweise kompensiert bzw. darüber hinaus sogar als Wärmegewinne (z.B. für die Gebäudebeheizung) genutzt werden. TWDM's haben deshalb im Gegensatz zu lichtundurchlässigen (opaken) Dämmstoffen zwei Haupteigenschaften, die energetisch von Bedeutung sind:

- gute Wärmedämmwirkung (d.h. möglichst kleine Werte für den Wärmedurchlasskoeffizienten  $k$ -Wert)
- hohe Durchlässigkeit für Solarstrahlung (d.h. möglichst große Werte für den Gesamtenergiedurchlassgrad  $g$ )

Ihre wärmedämmende Wirkung erreichen TWD-Materialien durch einen hohen Gehalt an Luft und durch Unterteilung der Luftschichten in kleine Volumina. Was den geometrischen Aufbau und die Werkstoffe anbelangt, kommen dafür prinzipiell absorber-parallele Schichtstrukturen, absorber-senkrechte Strukturen (Schlitz-, Waben- und Kapillarstrukturen), Kammerstrukturen (Stegplatten, transparenter Schaum, Hohlkugeln) und quasi-homogene Materialien (Aerogele) aus Glas oder transparenten Kunststoffen in Frage. Bei den derzeit am häufigsten eingesetzten TWD-Strukturen handelt es sich um im Extrusionsverfahren hergestellte absorber-senkrechte Röhren- oder Wabenaufbauten aus lichtdurchlässigen Kunststoffen wie Polymethylmetacrylat (PMMA) und Polycarbonat (PC).

Je nach Schichtdicke der TWD-Struktur werden bei Verwendung hinter einer Glasscheibe zum Schutz gegen Witterungseinflüsse typischerweise Werte von  $k = 0,7 - 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$  für die Wärmeverluste und  $g_{\text{diff}} = 50 - 70 \%$  für den diffus-hemisphärischen Gesamtenergiedurchlassgrad erreicht.

Die systematische Entwicklung sogenannter transparenter Wärmedämmmaterialien hat eigentlich erst mit Beginn der 80er Jahre eingesetzt und führte zu einer Reihe neuartiger Konzepte der thermischen Solaranlagenutzung.

Dabei ist der wichtigste Einsatzbereich die transparente Dämmung von Gebäudeaußenwänden. Hier wird solare Energie direkt ohne Hilfsenergie und ohne Zuhilfenahme von bewegten Teilen gewonnen. Bei diesen passiven Systemen bewirken bereits sehr kleine Einstrahlungen eine Minderung der Wärmeverluste, bei mittleren Einstrahlungen werden sich Verluste und Gewinne etwa die Waage halten und bei größerem Sonnenangebot wird es zu Nettowärmegewinnen kommen.

Ein weiterer Einsatzbereich, der bereits größere Verbreitung gefunden hat, ist der Einsatz von TWD-Elementen im Fensterbereich, dort, wo keine Durchsicht gefordert wird. Solche Systeme werden gezielt bei Oberlichtern zur Lichtlenkung und Lichtverteilung eingesetzt.

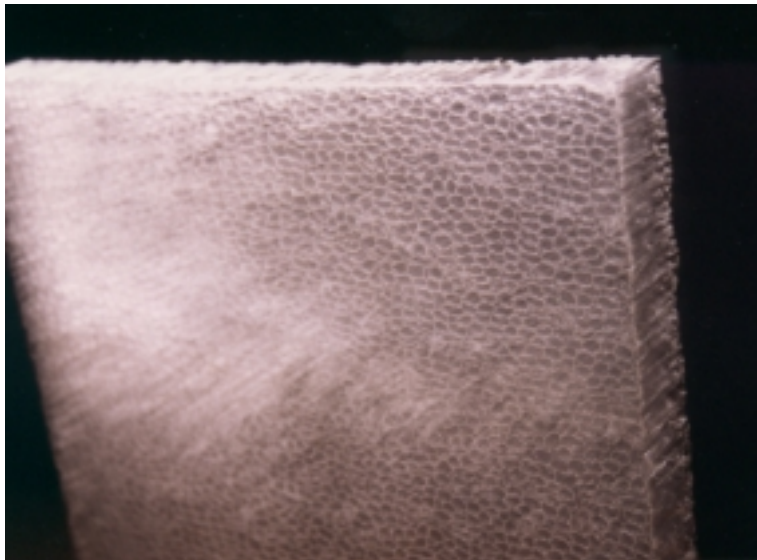
Neuentwicklungen beschäftigen sich mit dem Einsatz von TWD's bei speziellen Kollektoren zur Warm- und Heißwasserbereitung. Wird unter der äußeren Glasabdeckung eines seitlich und nach hinten sehr gut gedämmten Flachkollektors eine TWD angebracht, so können, ähnlich wie bei Vakuumröhrenkollektoren, sehr hohe Arbeitstemperaturen (100 - 150 °C für Prozesswärmebereitstellung) bei gutem Wirkungsgrad erreicht werden. Die TWD-Materialien

werden im Stillstandsfall – Absorberrtemperaturren von 260 °C wurden gemessen – einer hohen Temperaturbelastung ausgesetzt; es sind daher Glaskapillaren notwendig.

Während in Österreich bisher nur vereinzelte Projekte mit TWD-Systemen realisiert wurden, gibt es eine Reihe von Versuchshäusern mit TWD-Fassaden im europäischen Ausland (BRD, CH, UK). Die bisherigen Ergebnisse lassen erwarten, dass der Einsatz von TWD-Systemen in Gebäuden, sowohl bei Neubauten als auch im Gebäudebestand, einen wesentlichen Beitrag zur Einsparung fossiler Brennstoffe bringen wird /3/.



*Abb. 21: Reihenhaussiedlung mit TWD Fassade*



*Abb. 21a: Beispiel für ein TWD-Material*

## Literaturverzeichnis

- /1/ G. Faninger, Solarmarkt in Österreich, Bundesverband Solar, 1998
- /2/ G. Purkarthofer, Marktübersicht Thermische Solaranlagen, Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE, 1997
- /3/ A. Indinger, R. W. Lang, H. Wilk, W. Weiß, Endbericht: Österreichisches Netzwerk für Nachhaltige Wirtschafts- und Technologieentwicklung, Aktionsschwerpunkt Solarenergie, 1999
- /4/ European Solar Industry Federation (ESIF), 4/97: Solar market data from Europe
- /5/ G. Faninger, Sonnenenergie, Forschung und Nutzung in Kärnten, Klagenfurt 1985
- /6/ F.N. Fett, Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich, Projekt-Zwischenbericht
- /7/ U. Frei, Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle, Rappersvill, CH Seite 83