

Technologie Portrait
Thermische Solarenergie

Thermal Solar Energy
a Technology Portrait

W. Weiss, G. Purkarthofer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

33/2010

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Technologie Portrait
Thermische Solarenergie

Thermal Solar Energy
a Technology Portrait

Ing. Werner Weiss
Dipl.-Ing. Gottfried Purkarthofer
Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – AEE

Gleisdorf, Juni 2000

Dieses Projekt wurde für Energytech.at unter Koordination der Energieverwertungsagentur (E.V.A) im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie durchgeführt.

Vorbemerkung

Das vorliegende Technologieportrait wurde im Rahmen von www.energytech.at – eine Internetplattform für innovative Energietechnologien in den Bereichen Erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz publiziert.

Die Technologieportraits wurden in den Jahren 2000 bis 2002 für die Bereiche feste Biomasse, Biogas, Photovoltaik, Solarthermie, Kraft-Wärme-Kopplung und Energieeffiziente Gebäude erstellt. Der vorliegende Bericht umfasst eines von sechs Technologieportraits in deutscher bzw. englischer Sprache. Die Technologieportraits beinhalten u.a. allgemeine Grundlagen, eine Beschreibung der unterschiedlichen Technologien, Komponenten und Systeme, Planungsgrundlagen, eine Darstellung des Status der Forschungs- und Technologieentwicklung und der Marktentwicklungen.

Um die Technologieportraits weiterhin einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, wurden sie in die Publikationsreihe aufgenommen und auf der Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at veröffentlicht.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Warum wird die Sonnenenergienutzung bei der zukünftigen Energieversorgung eine zentrale Rolle spielen? | 4 |
| 2 | Thermischer Solarmarkt in Österreich – Situationsanalyse und internationaler Vergleich..... | 5 |
| 3 | Allgemeine Grundlagen der Sonnenenergienutzung | 7 |
| 4 | Komponenten einer thermischen Solaranlage..... | 8 |
| 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 |
| 5 | Derzeitige Nutzung thermischer Solaranlagen | 18 |
| 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 |
| | Literaturverzeichnis..... | 31 |

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 CO₂ 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. m² Kollektorfläche installiert sein werden. 1980 wurden in Österreich 23.000 m² Kollektorfläche installiert, im Jahr 1995 wurde erstmals die 200.000 m²-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 Schwimmbecken 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 % (41.514m²) und bei Schwimmbadabsorbern 37 % (16.000m²). Demgegenüber steht ein Import von 8.707m² bei Flachkollektoren und 5.455 m² 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%.

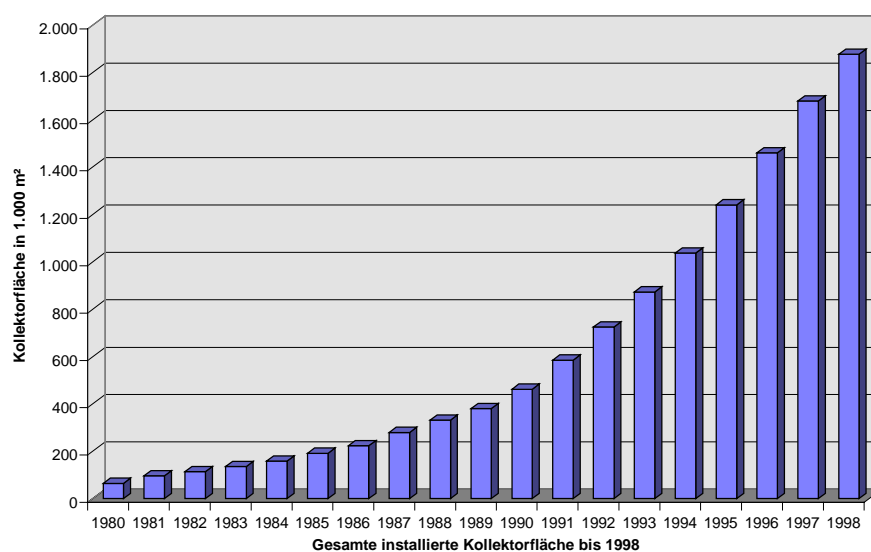


Abb. 1: Solaranlagenmarkt in Österreich /1/

Die durchschnittlichen Systemkosten von thermischen Solaranlagen liegen zwischen 7.000 und 8.000 ATS pro m² (exkl. MWSt). Bei rund 200.000 m², 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).

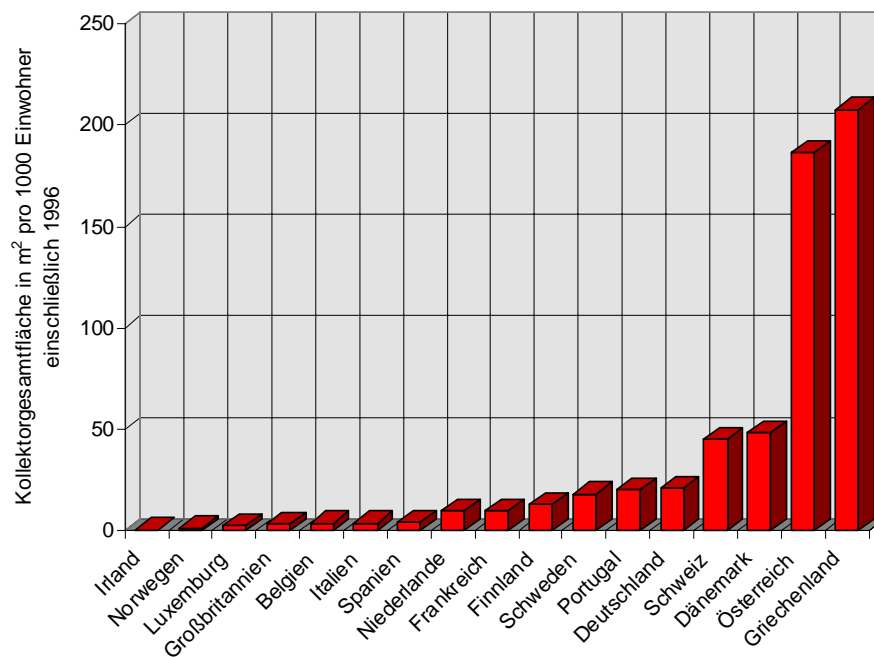


Abb. 2: Solaranlagenmarkt in Europa /4/

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/m² 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.

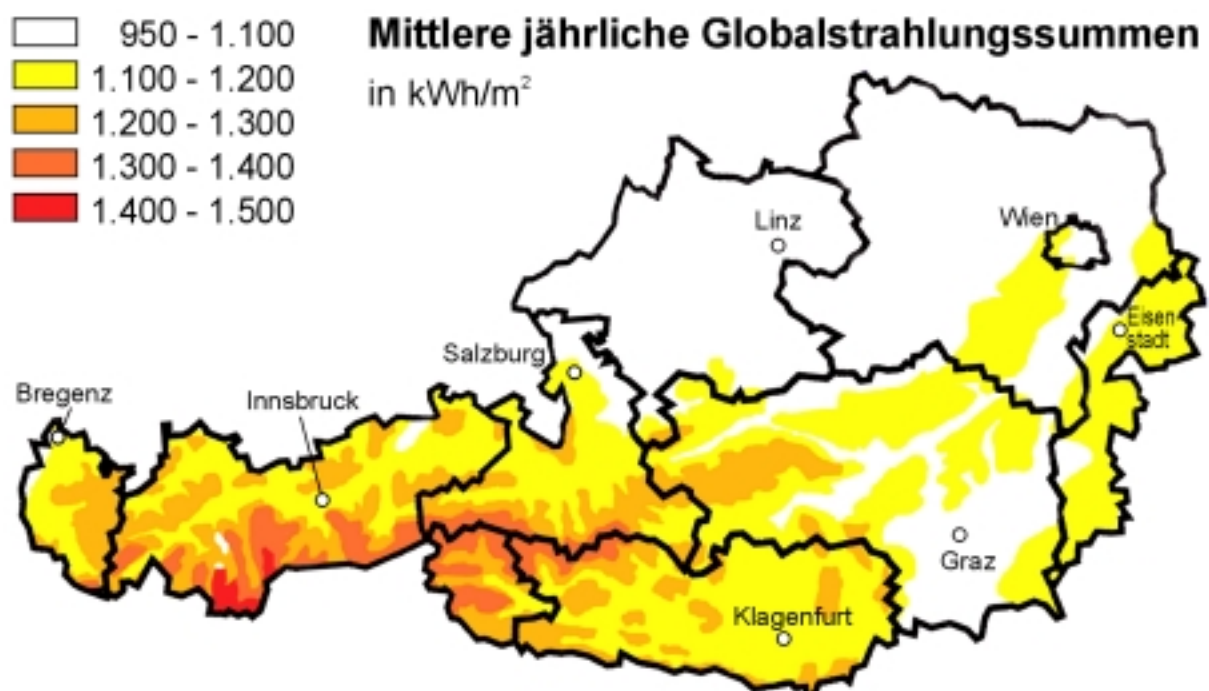


Abb. 3: Globalstrahlungssumme über ein Jahr für verschiedene Regionen in Österreich /5/

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.

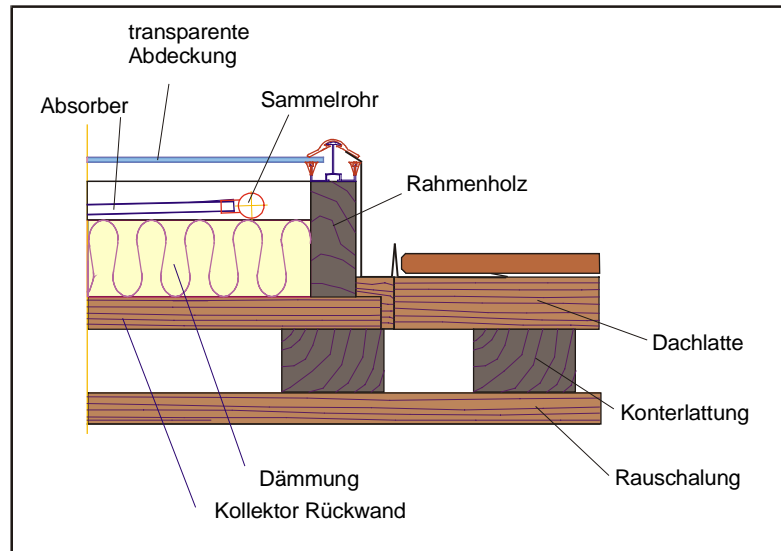


Abb. 5: Prinzipieller Aufbau eines Flachkollektors (Indachmontage)

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.

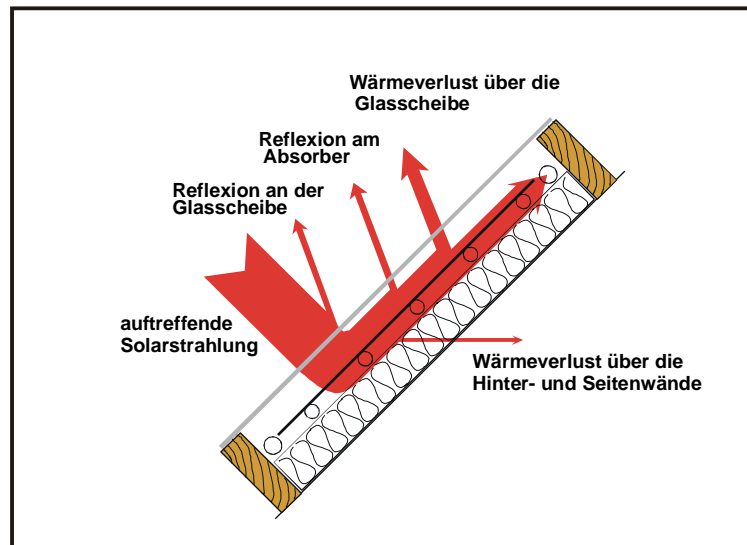


Abb. 6: Wärmeverluste eines Flachkollektors

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.

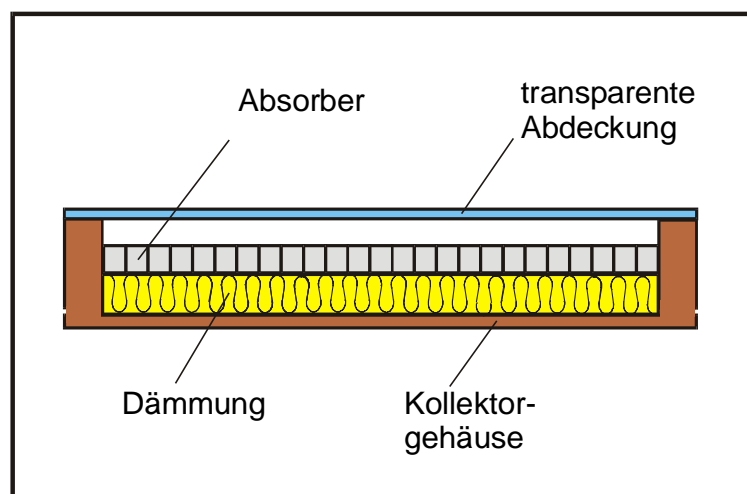


Abb. 8: Prinzipieller Aufbau eines Solarluftkollektors mit hinterströmtem Absorber

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 | |

| Einsatzbereich | A | B | C | D | E: |
|---|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 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 eingestrahlten 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.

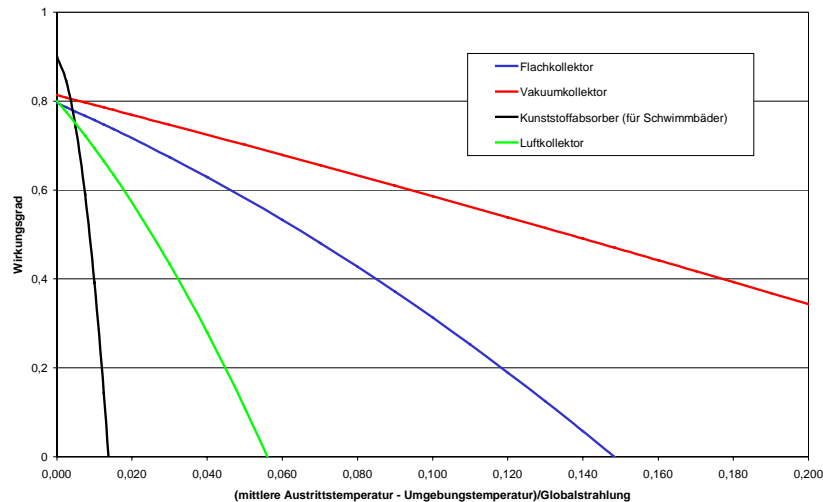


Abb. 10: Kollektorkennlinien für verschiedene Kollektorbauarten

4.1.6.1 Optischer Wirkungsgrad oder Konversionsfaktor η_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 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 η_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.

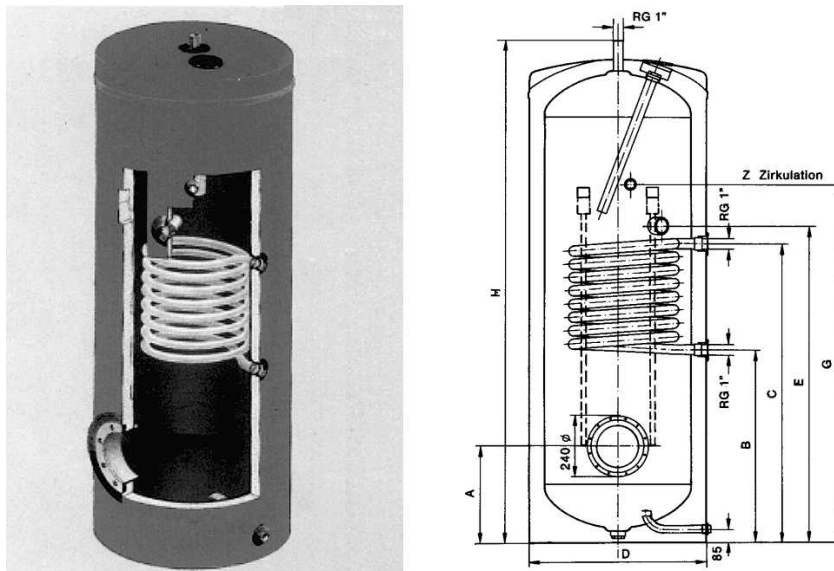


Abb. 11: Beispiel für einen Solarspeicher: Solar-Registerspeicher (Austria Email)

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.

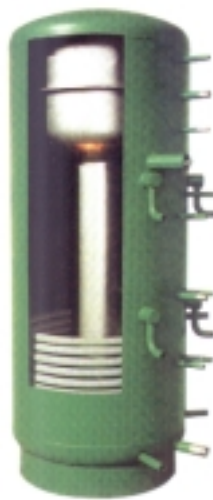


Abb. 12: Solar-Kombispeicher, Pufferspeicher mit integriertem Edelstahlboiler (Feuron AG)

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 m³ 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 Einkreisssystem 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.

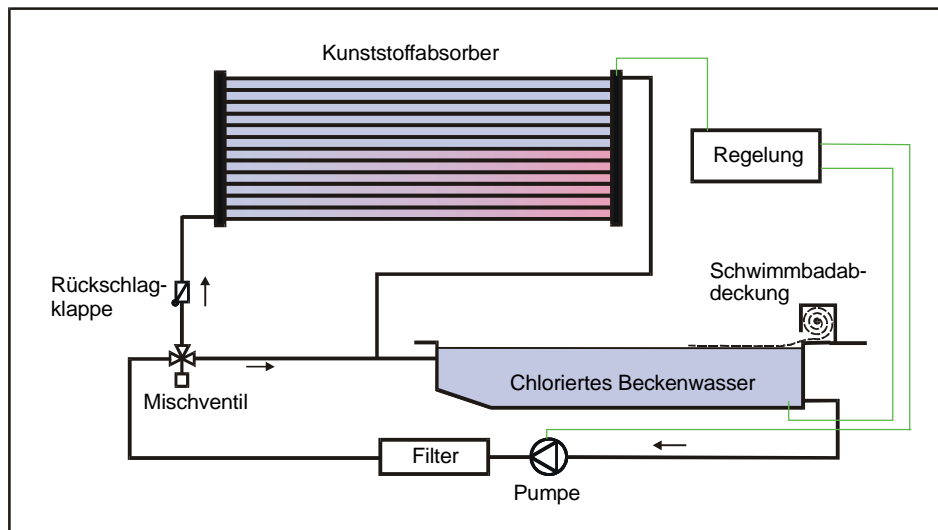


Abb. 14: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage zur Beckenwasserwärmung



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.

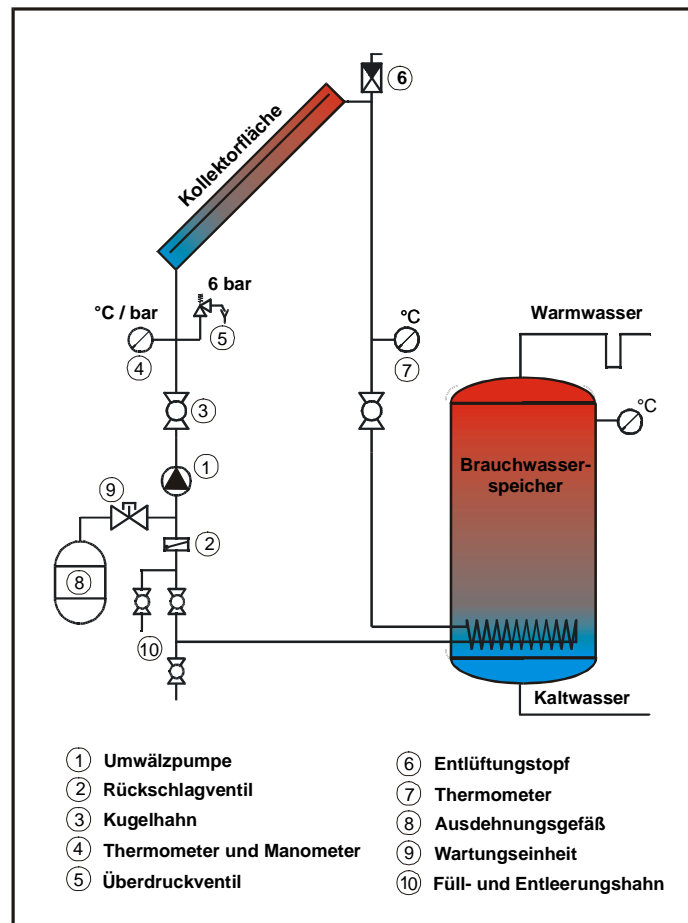


Abb. 15: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage zur Brauchwasserbereitung



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.

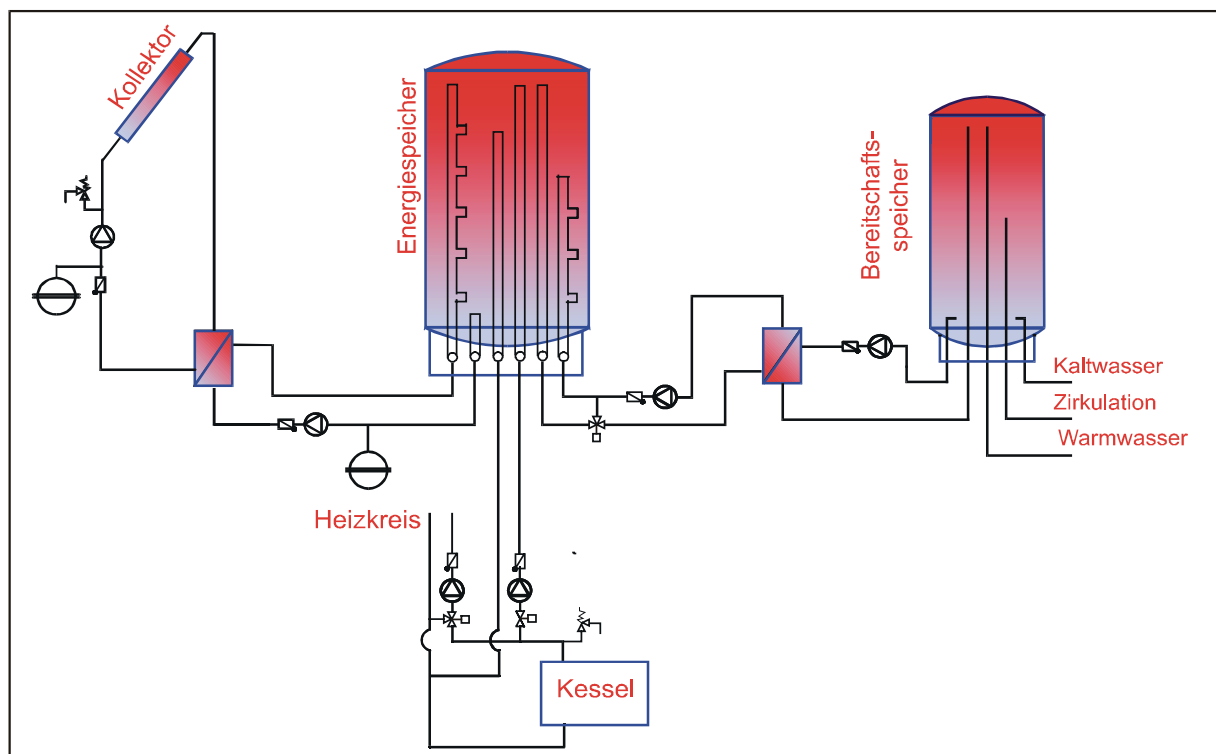


Abb. 16: Hydraulikschema einer thermischen Solaranlage in einem Mehrfamilienhaus (Zentraler Energiespeicher mit zentralem Bereitschaftsspeicher)



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 m² in Kombination mit Pufferspeichern von 1 bis 5 m³, 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.

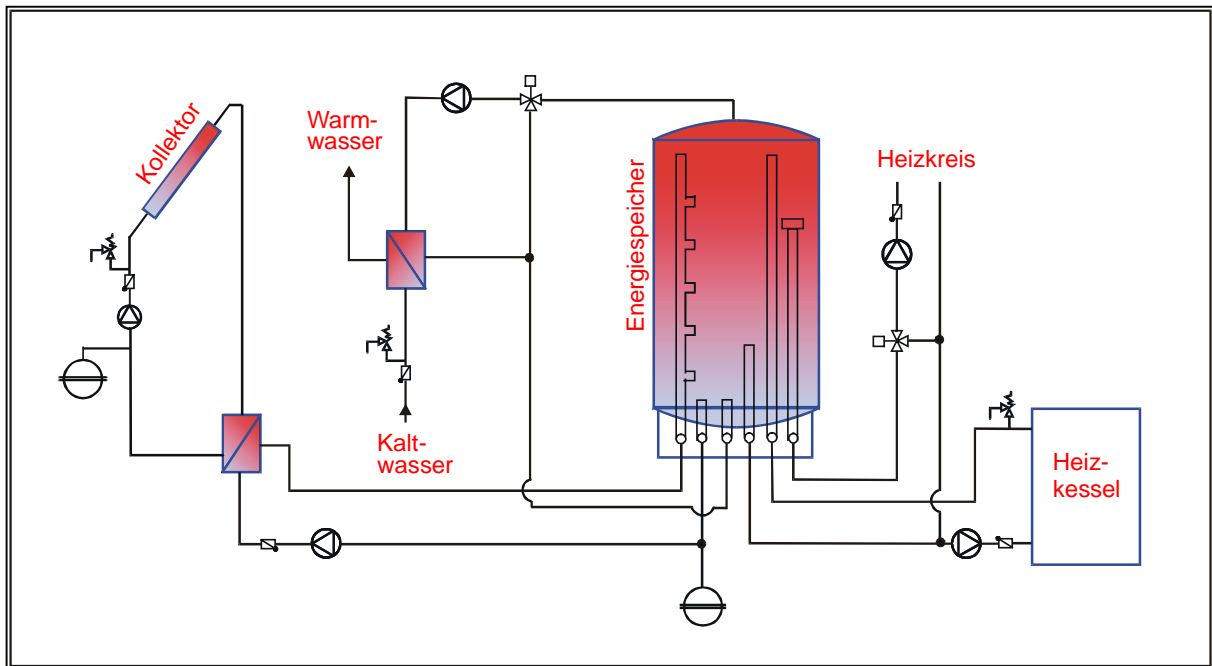


Abb. 17: Hydraulischeschema einer Solaranlage zur teilsolaren Raumheizung (Zentraler Energiespeicher mit externer Brauchwasserbereitung)



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 m²). Dabei hat sich gezeigt, dass die Anwendung von Großflächenkollektoren (8 bis 12 m²) 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 [m³]</i> | <i>Kollektorfläche [m²]</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 m² Kollektorfläche. Auch die Klärschlamm-trocknung ist ein interessanter Anwendungsbereich.

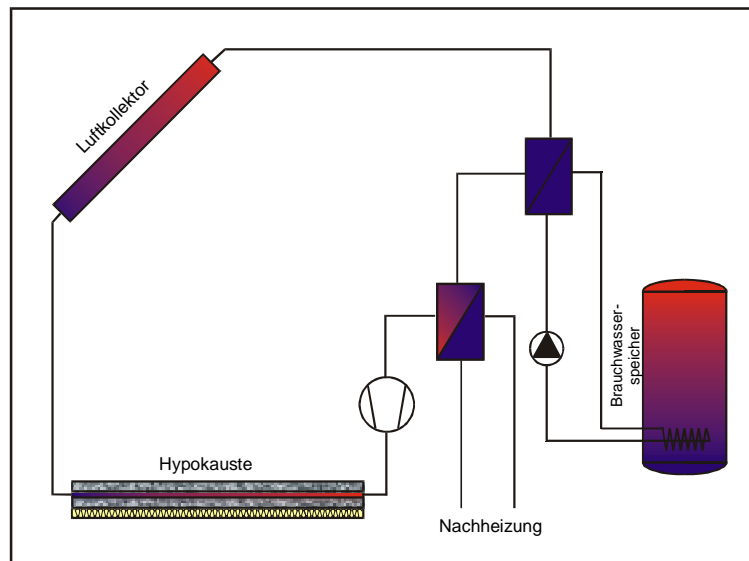


Abb. 19: Hydraulikschema eines Luftheizsystems mit einer Hypokausten zur Wärmeabgabe sowie einem Brauchwasserspeicher zur Brauchwasserbereitung im Sommer



Abb. 19a: Solares Luftsystem in einem Einfamilienhaus

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

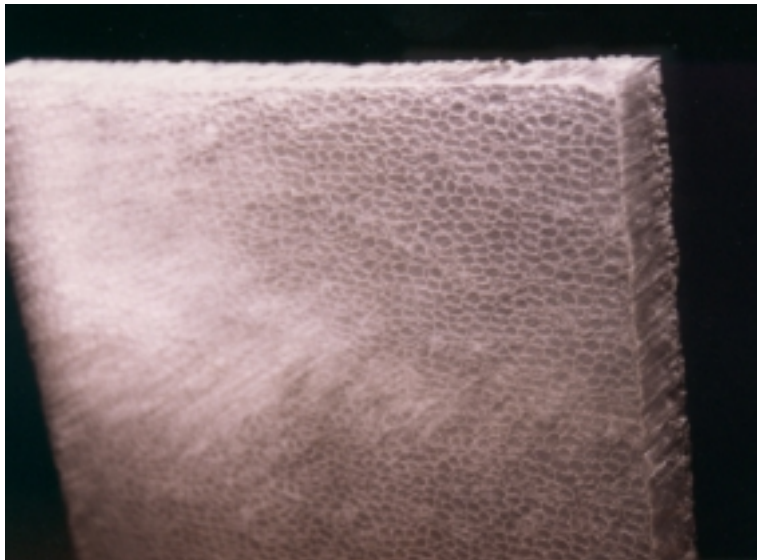


Abb. 21a: Beispiel für ein TWD-Material

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

Thermal Solar Energy
a Technology Portrait

W. Weiss, G. Purkarthofer

Table of contents

| | |
|--|-----------|
| 1 Why will the use of solar energy play a central role in the supply of energy in the future? | 3 |
| 2 Thermal solar market in Austria – a situation analysis and an international comparison | 4 |
| 3 Preconditions for the utilisation of solar energy | 6 |
| 4 Components of active thermal solar systems..... | 7 |
| 4.1 Types of collectors | 7 |
| 4.1.1 Plastic absorber for heating of a swimming pool | 7 |
| 4.1.2 Flat plate collectors | 8 |
| 4.1.3 Evacuated collectors | 9 |
| 4.1.4 Air collectors..... | 10 |
| 4.1.5 Applications for collectors | 10 |
| 4.1.6 Characteristic values of flat plate collectors..... | 11 |
| 4.1.6.1 Conversion factor η_0 | 12 |
| 4.1.6.2 Heat loss coefficient k | 12 |
| 4.2 Technologies for storage tanks | 13 |
| 4.2.1 Hot water storage tank..... | 13 |
| 4.2.2 Domestic hot water tank in space heating tank | 14 |
| 4.2.3 Energy storage tank for solar space heating | 14 |
| 4.3 Control Systems | 16 |
| 5 Current use of thermal solar plants | 17 |
| 5.1 Plastic absorbers to heat water for swimming pools..... | 18 |
| 5.2 Thermal solar systems for preparation domestic hot water (single family houses) .. | 19 |
| 5.2.1 Description for a thermal solar system to prepare domestic hot water..... | 19 |
| 5.3 Solar plants in multi family houses | 21 |
| 5.4 Combisystems for solar space heating..... | 22 |
| 5.5 Solar Assisted Biomass Local Heating Network..... | 24 |
| 5.6 Solar air heating systems..... | 26 |
| 5.7 Solar cooling | 28 |
| 5.8 Transparent thermal insulation (TWD) | 29 |

1 Why will the use of solar energy play a central role in the supply of energy in the future?

The concentration of gases in the atmosphere which have a greenhouse effect and the potential global warming and change in climate connected with this represent one of the greatest ecological dangers of our times. The anthropogenic reasons for this pending change in climate can in the main be put down to the use of fossil primary sources of energy such as oil, gas and coal for energy and combustion and the emission of CO₂ connected with this. According to experts a reduction by at least 50% of world-wide anthropogenic greenhouse gas emissions will be necessary in the next 50 to 100 years to effectively protect the climate.

There is no doubt that it would in principle be possible to have a complete supply of energy with energy services from renewable sources in the technologically highly-developed countries in the next 50 to 100 years since the amount of solar energy radiating on the land surface of the earth equals up to approximately 2,000 times the current world primary energy requirement. Even in Austria - a highly industrialised country which lies in a slightly more moderate zone as far as solar radiation is concerned - approximately 250 to 300 times more solar energy is accounted for than is required in the form of primary energy.

For the implementation of energy supply scenarios with more than 50% of renewable sources of energy in the next 50 to 100 years, measures are necessary which on the one hand demand widespread acceptance from society and on the other hand a basic reorientation with regard to the goals of technologies for the supply of energy due to the different energy density and availability of solar energy in terms of the time of year and the area in question. Other important prerequisites are flexible structures in the economics of energy, strong incentive mechanism to increase the efficiency of energy for energy suppliers, consumers and users and the purposeful use of ecological or energy taxes. At a global level strict international agreements are of significant importance in relation to the economic and ecological development and an intensification of the transfer of resources, technology and know-how from the industrial countries to developing and newly industrialising countries.

2 Thermal solar market in Austria – a situation analysis and an international comparison

By the end of 1999 a total of 2,0 million square meters of thermal sun collectors had been installed in Austria. The rate of growth since 1990 has been particularly striking. At the beginning of the 90's around 80,000 m² were installed per year. In 1995 however 200,000 m² collector area were mounted for the first time.

Around one quarter of the collector area installed comprises plastic absorbers which are used to heat swimming pools. The remaining 75% of the collector area, mainly flat plate collectors, are used to prepare warm water in single and multiple family houses and for space heating in single family houses.

More than 60 different types of collectors are currently being offered on the Austrian market by 35 manufacturers and importers /1/. These are mainly flat plate collectors. So far vacuum – tube collectors have not been able to assert themselves. For this reason they just have a market share of 1%.

Some companies are also very successful by exporting plants. In 1998 the export share of flat collectors manufactured in Austria equalled 21% (41,514 m²) and 37% for swimming pool absorbers which means 16,000 m² . However imports of flat plate collectors come up to 8,707 m² and imports of plastic absorbers only reach 5,455 m² /1/.

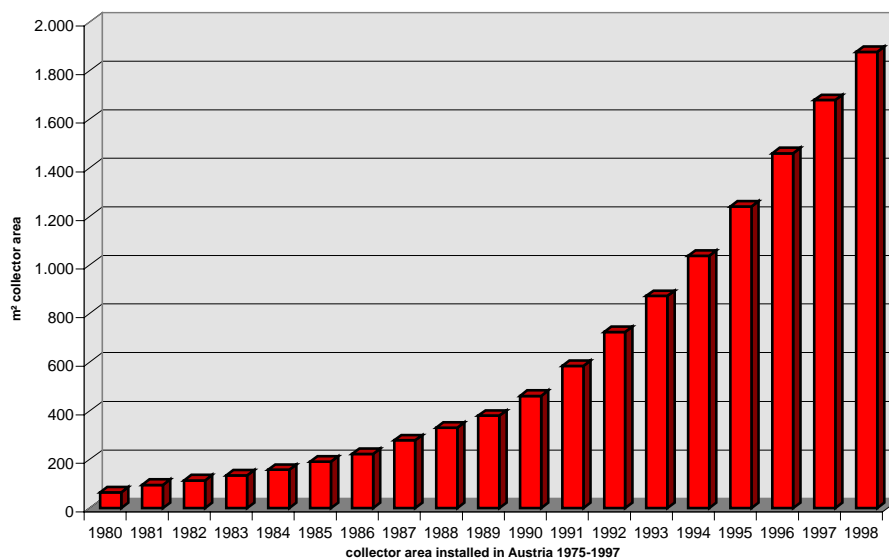


Figure 1: Collector area installed in Austria 1975-1997 /1/

The average system costs for thermal solar plants are somewhere between ATS 7,000 and 8,000 per m² (exc. VAT). Given the 200,000 m² installed yearly this corresponds to a turnover of approximately ATS 1.5 billion, 55% of which is accounted for by the collector (incl. assembly), and the rest by the storage tank, control system, pipes etc /3/.

If one compares the development of the Austrian market for thermal solar plants with other European countries then it becomes clear that Austria has the largest overall collector area per inhabitant following Greece (data including 1996) (see figure 2). Up until the early 1990's

the leading markets for sun collectors were in the eastern Mediterranean region. Since 1990 central European countries (Germany, Austria) have represented the dynamic markets for solar energy plants.

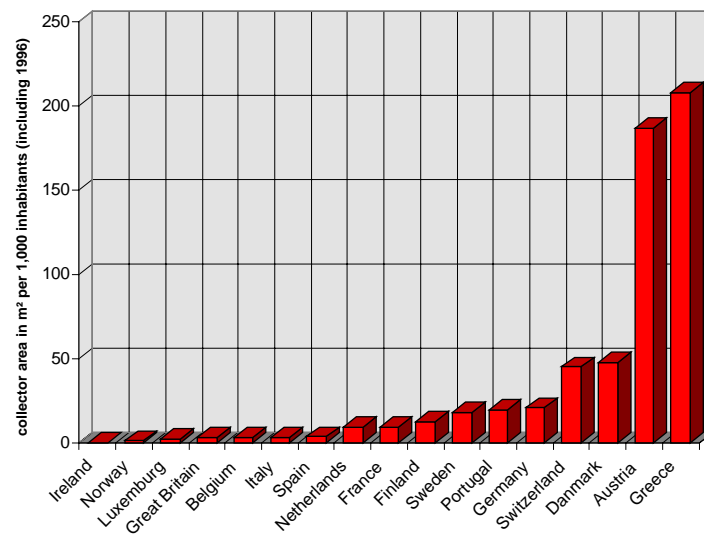


Figure 2: Collector area installed in European countries /4/ /

3 Preconditions for the utilisation of solar energy

The sun is the central energy producer in our solar system. A small fraction of the energy produced in the sun hits the earth making life possible on our planet. Solar radiation drives all natural cycles and processes such as rain, wind, photosynthesis, ocean currents and several others which are important for life. From the very beginning the overall world energy need has been based on solar energy. All fossil fuels (oil, gas, coal) are converted with the help of solar energy.

The radiation intensity of the approximately 6000°C solar surface corresponds between 70,000 to 80,000 kW/m². Our planet receives only a very small portion of this energy. In spite of this, the incoming solar radiation energy in a year is about 219,000,000 billion kWh. This is more than 2,500 times the yearly energy need of the whole world. The solar radiation intensity outside the atmosphere equals on average 1,370 W/m² (solar constant). The duration of the sunshine as well as its intensity are dependent on the time of year, the weather conditions and naturally also on the geographic location. The amount of yearly global radiation on a horizontal surface may thus reach over 2,200 kWh/m² in sunny regions. In Northern Europe, the maximum values are 1,100 kWh/m².

Global radiation comprises direct and diffuse radiation. Direct solar radiation is the component which comes directly from the sun. The diffuse radiation component is created when direct solar rays are reflected from clouds, mountains, blank spaces etc. In this case the radiation becomes unbeamed. The amount of diffuse radiation is dependent on the climate and geographic location. The fraction of diffuse radiation in summer may be approximate 40 to 50%, In winter, however, it is much higher. The higher the amount of diffuse radiation, the lower is the energy content of global solar radiation.

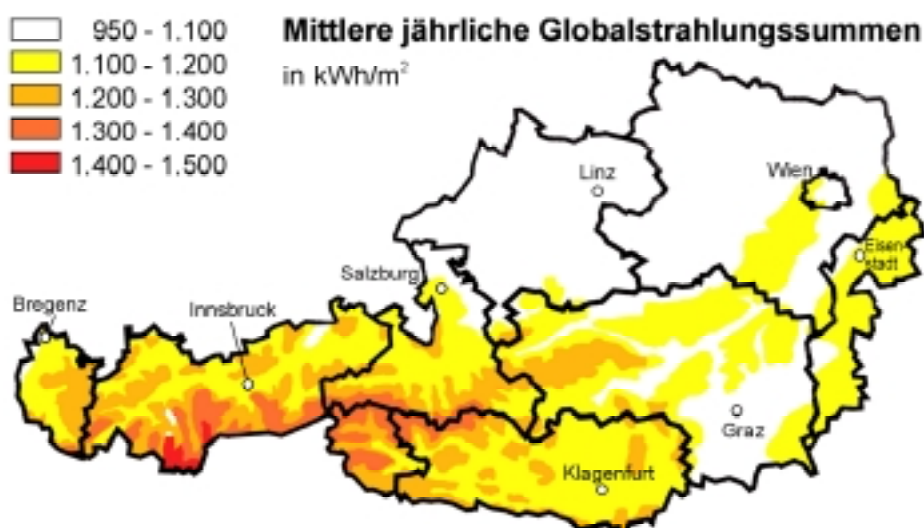


Figure 3: Solar radiation over the year in different regions in Austria /5/

4 Components of active thermal solar systems

4.1 Types of collectors

Active thermal solar systems are systems in which the entered solar radiation is converted using technical equipment (collector) for heating purposes and delivered to a consumer (hot water storage tank, space heating, swimming pool). The central part of a thermal solar system is the collector. The four typically collector constructions are:

- Plastic absorber
- Flat plate collector
- Evacuated collector

4.1.1 Plastic absorber for heating of a swimming pool

Due to their limited pressure and temperature durability, plastic absorbers are mainly used for the heating pool water. In this case, the desired temperature level is only a few degrees higher than the ambient temperature. Thus, simple plastic absorbers can usually be mounted uncovered on a flat roof or on a lawn. Since they are made entirely of plastic, they have the advantage of a single-circuit operation. The chlorinated pool water is directly pumped through the absorbers by a circulation pump and no heat exchanger is needed.



Figure 4: Plastic absorber for swimming pool heating

4.1.2 Flat plate collectors

The flat plate collector consists essentially of the collector box, the absorber, the heat insulation and the transparent cover.

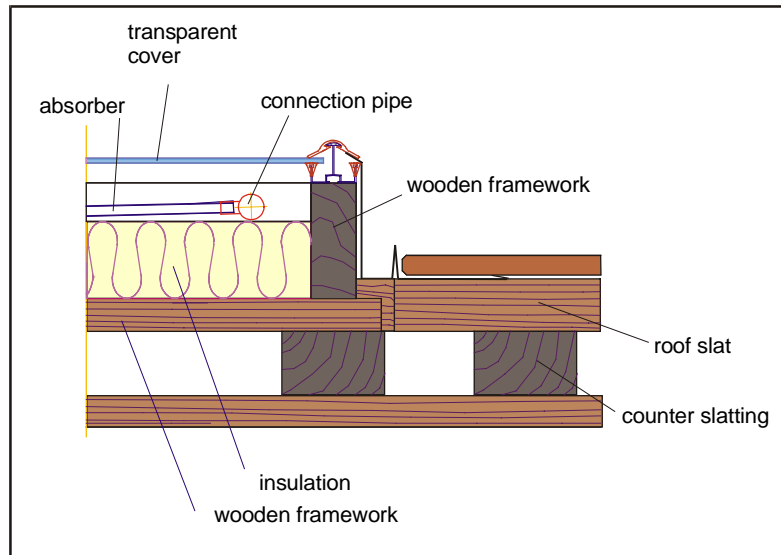


Fig. 5: Basic layout of a flat collector (assembly in roof)

In the first instance, solar radiation hits the transparent cover of the collector. Due to reflections both on the surface and at the interface (transmission) of the cover, some of the radiation is lost for further utilisation in the collector. Depending on the type of covering, the solar radiation which strikes the absorber is almost entirely converted to heat. The coating should have a high absorptance and the lowest possible emittance. The absorption capability is characterised by the absorption coefficient α and it is mainly determined by the black colour of the absorber. The absorption coefficient for a solar coating with a solar varnish as well as for good selective covering is between 0,94 and 0,97. The emission coefficient lies between 0,86 and 0,88 for coatings with solar varnish; for selective covering it is only 0,05 to 0,20.

The covering can be applied either by spraying (in the case of a coating with a solar varnish), by galvanic means or by means of an adhesive film (in the case of selective covering). Good selective coatings are offered since 1996 where the special physical process of sputtering has been used. Compared to galvanic methods, this technique results in a much more ecologically benign covering which also requires less energy.

Heat losses are also caused as a result of convection in the collector and occur at the back side of the absorber.

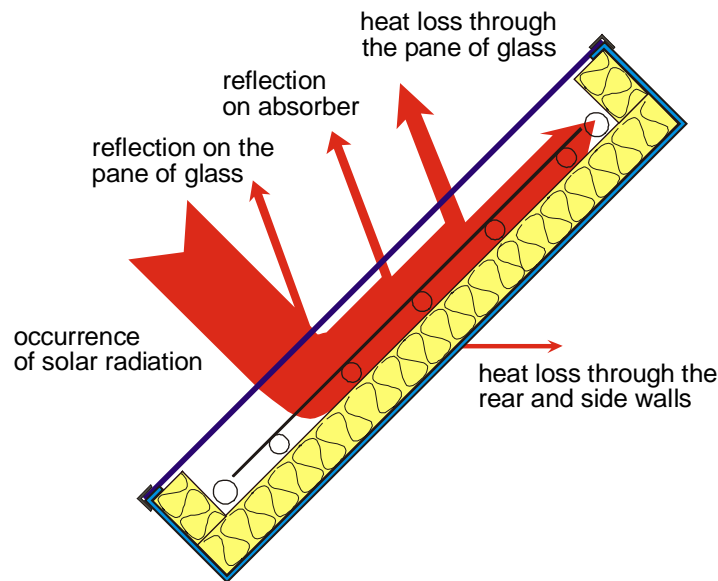


Figure 6: Losses of a flat plate collector

4.1.3 Evacuated collectors

For technical reasons, most of the evacuated collectors are constructed in the form of tube collectors. A thin absorber strip with selective coating is closed inside an heat-resistant glass tube of great light transmitting capacity. As a result of evacuation the collector has very little convection- and heat losses.



Figure 7: Vacuum-tube collector

Evacuated tube collectors obtain higher yearly solar yields per square unit in domestic hot water systems than flat plate collectors. However, as a result of their higher price, market penetration is still low. In Austria, the share of the market is about 1%.

Since the excess yield from vacuum tube collectors increases quite considerably, particularly in the high collector temperature range, they are ideally suited for the production of process heat.

4.1.4 Air collectors

The basic layout of air collectors is the same as for flat plate collectors. They comprise the collector box, the transparent cover, an absorber and thermal insulation on the back side. When it comes to the selection of materials the same basic rules are to be observed with regard to the components and weather-resistance as for a flat plate collector. Concerning the air collectors there are basically three construction types: collectors with a downstream, upstream or wetted absorber. Wherever higher air temperatures have to be reached, constructions with back-wetted absorbers would be advantageous since the heated air is not directly in contact with the cold upper cover.

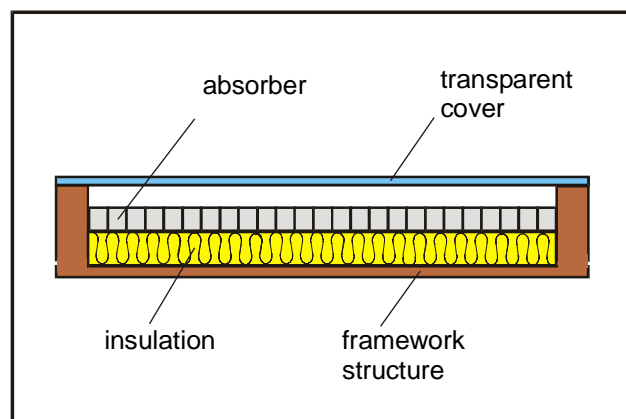


Fig. 8: Principal layout of a solar air collector with a back-wetted absorber

4.1.5 Applications for collectors

“Contrary to the promises made by the manufacturers, there is not a best collector but rather one or several suitable products for each application” /7/. A Selection of the suitable collector for the respective application is shown in figure 9.

| Collector construction | Valuation |
|---|-------------------|
| A: plastic absorber for pool heating | ++ very qualified |
| B: flat plate collector (non selective covered) | + qualified |
| C: flat plate collector (selective covered) | - not qualified |
| D: evacuated - tube collector | |
| E: air collector | |

| Application | A | B | C | D | E: |
|--|----|----|----|----|----|
| Pool heating for open-air swimming pool | ++ | + | + | - | - |
| Domestic hot water for single family houses | - | ++ | ++ | + | - |
| Domestic hot water for multiple family houses | - | ++ | ++ | - | - |
| Domestic hot water and space heating | - | + | ++ | ++ | + |
| Space heating | - | + | ++ | ++ | ++ |
| Commercial application for preheating up to 50°C (hotels, campsites, indoor pools) | - | ++ | ++ | - | - |
| Commercial application for temperatures up to 80°C (laundries, car wash) | - | + | ++ | ++ | - |
| Commercial application for process heating up to 150°C | - | - | - | ++ | - |

Abb. 9: Applications for collectors

4.1.6 Characteristic values of flat plate collectors

The collector efficiency curve is an important physical property of a solar collector. The efficiency of a collector is defined as the ratio of the energy amount transferred from the collector to the heat transfer medium to the incident radiant energy on the collector. Especially for temperatures (heat transfer fluid) higher than 40°C, high efficiency values are desirable for flat plate and evacuated – tube collectors. The efficiency depends on the quality of the absorber surface, the geometry of the absorber, the heat conductivity of the absorber material, the transparency of the cover and the heat losses of the collector through infrared radiation, conduction, and convection. A quantitative comparison indicates that the efficiency is particularly dominated by the radiation losses. The efficiency for a certain collector is not a fixed value, but rather it is dependent on the application, e.g. temperature levels, wind speed, etc.

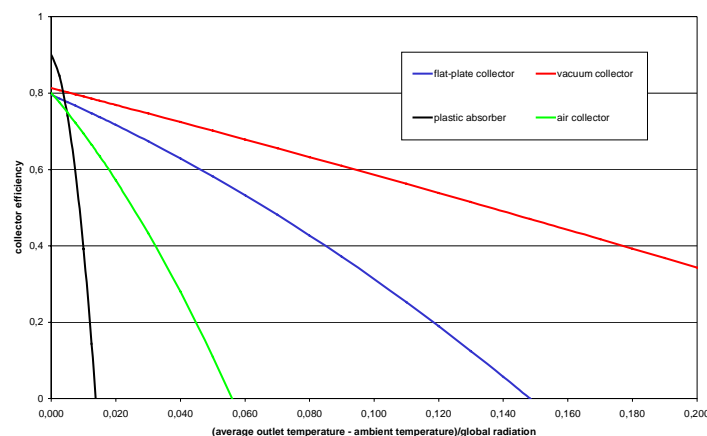


Figure 10: Collector efficiency curves for various types of collectors

4.1.6.1 Conversion factor η_0

The conversion factor η_0 is defined as the maximum efficiency of a collector under the precondition that the average temperature of the heat transfer medium in the absorber equals the ambient temperature.

4.1.6.2 Heat loss coefficient k

The heat loss coefficient is the average heat loss of a collector per m^2 effective collector area divided by the temperature difference between the absorber and the ambient temperature.

The k-value of the collector is described by the two values k_1 in accordance with the share dependent on the temperature and k_2 , the share that is not dependent on the temperature. The conversion factor η_0 of a collector should, therefore, be as high as possible and the k-value as low as possible. The collector parameters are ascertained using a standardised testing procedure conducted by an authorised test institute.

4.2 Technologies for storage tanks

After the collectors, the hot water tank is the second most essential component in a thermal solar system. The correct choice and dimensioning contributes decisively to the solar fraction achieved. The most important hot water tanks used for preparation domestic hot water and for space heating will be described now:

4.2.1 Hot water storage tank

The most common building form is an upright cylindrical steel storage tank (hot water tank), which has to fulfil certain requirements according to what it is used for. Because of the constant inflow of cold water, that is also enriched with oxygen, the interior of the storage tank has to be coated with a non-poisonous coating as a protection against corrosion. The types of coatings range from very temperature-resistant enamel layers to the cheaper storage tanks with a plastic coating, which however can only be used for lower temperature ranges. Steel storage tanks often have an additional corrosion protection because of possible defects in the interior coating of the storage tank. The cathodic corrosion protection, consisting of a reactive anode or a external current anode, prevents copper ions from the pipeline or from the ribbed heat exchanger from being deposited on these defects and leading to contact corrosion there.

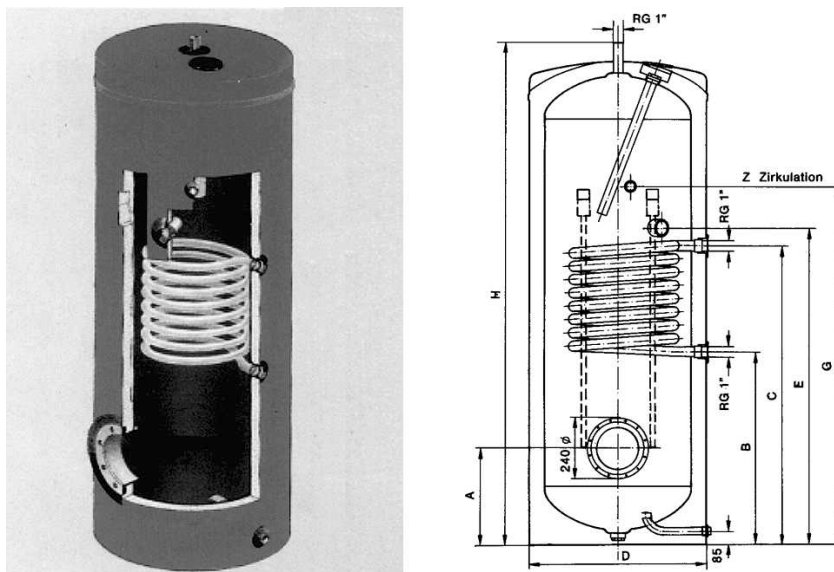


Fig. 11: Example of a solar storage tank: solar register storage tank (Austria Email)

Stainless steel storage tanks are more seldom but quite acceptable. Their distinguishing characteristics are a high corrosion resistance and durability.

Plastic storage tanks are not wide-spread. There are, however, some interesting new developments in the form of unpressurized operated heating energy storage.

The loading of energy in the domestic hot water storage tank is usually carried out via a pipe register (bare-tube heat exchanger) already permanently built-in, or via ribbed pipe heat exchanges, that can be subsequently built-in if necessary using flange plates.

4.2.2 Domestic hot water tank in space heating tank

The tank in tank represents a solution which is striking because of its very simplicity which is to include the domestic hot water storage tank in the energy storage tank. A boiler is welded onto an energy storage tank made of steel. The volume of the boiler is kept relatively small for reasons of hygiene, however, it suffices to prepare the warm water as a result of the combination of the storage tank and flow heater principle. The cold water inlet is modelled in the lower storage tank area as the preheating section in the form of a bare-tube heat exchanger. The advantage of this system is its hydraulic simplicity.

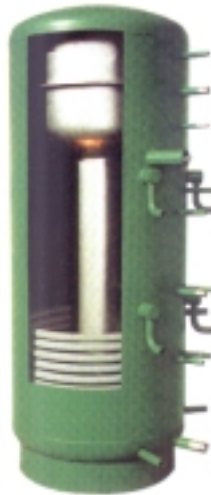


Fig. 12: Domestic hot water tank in space heating tank, energy storage tank with an integrated precious steel boiler (Feuron AG)

4.2.3 Energy storage tank for solar space heating

The size of the storage tank is determined on the one hand by the solar fraction desired and on the other hand by the additional heating system. Since only heating water with a low level of oxygen circulates in storage tanks of this kind, no special arrangements are needed with regard to corrosion. The storage tanks are only treated with a passivating coating on the outside. In a single family house it makes economic sense to use energy storage tanks with a size of 1 to 5 m³. To reduce the blending losses when loading the energy storage tank, we recommend that the energy storage tank should be designed with layer loading equipments. The operating principle for layer loading can be explained as follows:

As long as the water rising in the layer loader has a higher temperature than the water in the surrounding storage tank layer, the flaps remain closed due to the hydrostatic difference in pressure between the storage water and the water inside of the loader pipe. In the case that the temperature and the density are equal within and outside the pipe, the pressure is raised on the respective flap and the rising water can emerge through the flap. Another possibility

for layer loading is offered by valve control. This system comprises valves and several pipe connections (at different heights) to the energy storage tank. Depending on the water temperature (solar preheating temperature and water temperature in the energy storage tank) the layering of the water into the energy storage tank is performed by regulating the valves.



Fig. 13: Energy storage tank with the SOLVIS layer charging system (PINK)

4.3 Control Systems

A very important component in a thermal solar plant is the electronic control of the temperature difference: by the means of two temperature sensors, the absorber temperature and the storage tank temperature near the heat exchanger are compared with each other and the circulation pump is switched on when the absorber temperature is a defined value higher than the temperature in the storage tank. If these circumstances do not longer apply, the pump is switched off by the control system.

The regulating systems offered on the market by different manufacturers are designed in such a way that an electronic control system is also available for each hydraulic scheme. Furthermore, there is a strong tendency towards individually programmable control systems with which basically all the hydraulic standard versions and a number of alternatives are possible. In the same way different concepts for the preparation of domestic hot water are possible in combination with solar space heating.

5 Current use of thermal solar plants

The main applications for thermal solar plants are for example to warm water in swimming pools and prepare water for domestic use for single and multi family houses. Apart from these applications, there has also been a market trend in the past towards solar space heating. Moreover, more and more solar plants are being used in connection with biomass local heating networks. At the current moment in time solar air heating, another system, have only a very small market share in Europe. The area of solar cooling is currently at the development stage. Within the framework of different R & D projects some demonstration plants for solar cooling, have been installed in Europe. In the sector of transparent thermal insulation only a few isolated projects have been realised in Austria, in other European countries, however, a number of test houses have been installed with TWD facades.

- **Solar plant to warm water in swimming pools**
- **Solar plant to prepare domestic hot water for single houses**
- **Solar plant to prepare domestic hot water for multi family houses**
- **System for solar space heating**
- **Solar biomass local heating networks**
- **Solar air heating systems**
- **Solar cooling**
- **Transparent thermal insulation (TWD)**

5.1 Plastic absorbers to heat water for swimming pools

Due to their limited pressure and temperature durability, plastic absorbers are mainly used for heating pool water. In this case, the desired temperature level is only a few degrees higher than the ambient temperature. Thus, simple plastic absorbers, which can usually be mounted uncovered on a flat roof due to their low operating temperature, are sufficient. Since they consist entirely of plastic, they have the advantage of single-circuit operation. The chlorinated pool water is directly pumped through the absorbers by a circulation pump and no heat exchanger is needed.

If a filter pump already exists, it can also be used for the solar circuit. In this case, the adequate dimensioning of the pump is very important. Plastic collectors are only operated during the summer months and have to be emptied before the first frost sets in.

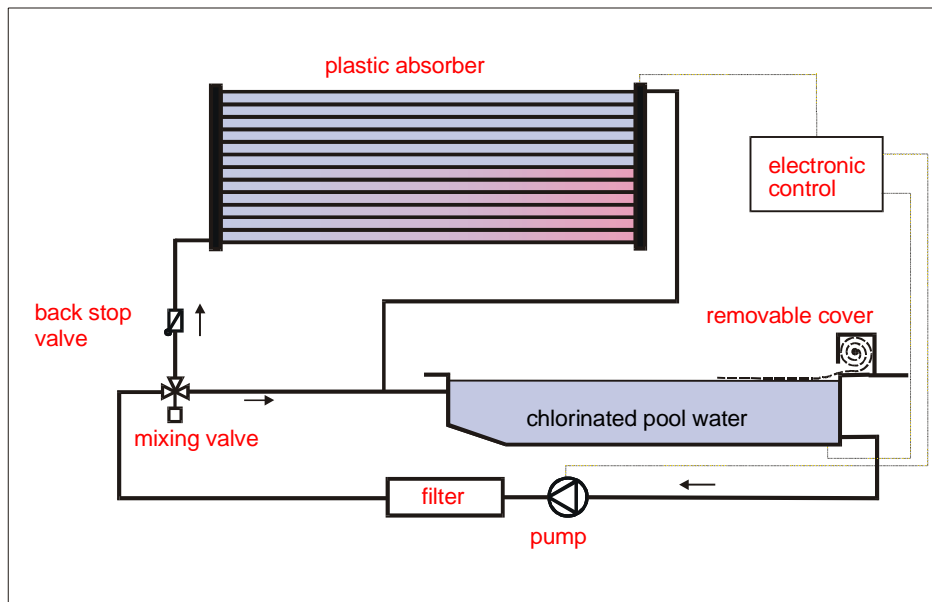


Figure 14: Solar heating system for a swimming pool (single circuit system)



Figure 14a: Solar plant for pool heating

5.2 Thermal solar systems for preparation domestic hot water (single family houses)

In Central Europe, domestic hot water is usually heated either by using electricity or by a boiler operated with solid fuels, gas or oil. If this heating system is used in summer only to heat water, the boiler operates with an extremely low efficiency. During this period, the domestic hot water can be heated in an ecologically beneficial and economic way by a solar heating system.

During the summer the energy supplied by the sun is sufficient to cover between 80% to 95% of the hot water demand, depending on the dimensioning of the system. During the transitional period and winter months, the solar energy supply is still sufficient to pre-heat the domestic water, i.e. the temperature of the fresh water has to be raised only by a small amount by the heating boiler or electric heating element. In the cold winter months, water temperatures between 30 to 50°C can still be reached on sunny days. Thus, the energy saving effect in winter may still be considerable. The past few years have shown that these thermal solar systems are already technically mature and reliable.

5.2.1 Description for a thermal solar system to prepare domestic hot water

Incoming solar radiation is converted by the collector into heat. This heat is transported by a heat transfer medium (water/anti-freeze mixture) in pipes to a storage tank. There the heat is transferred through a heat exchanger to the domestic water. The storage tank should be dimensioned in such a way that its volume corresponds to the hot water demand of at least two days. The installation of an additional (e.g. electric) heater ensures that sufficient amounts of domestic hot water are available even during long and continuous periods of overcast weather.

Concerning the hydraulic scheme (see figure 15) the heat transfer medium is circulated by a circulation pump (1). An electronic control system ensures that the pump is only turned on when an energy gain from the solar collector is expected, i.e. when the medium in the collector is warmer than the domestic hot water in the tank. Both the storage tank and the pipes are well insulated to avoid unnecessary losses.

Additionally, thermometers (4, 7) in the loading preliminary and reverse pipe belong to the basic equipment of the system. They are installed preferably close to the storage tank. Temperature-dependent volume changes in the fluid are compensated by the expansion tank (8), keeping the operating pressure in the system constant.

The gravity brake (2) prevents the heat from flowing back to the top if a standstill occurs in the system. A pressure relief valve (5) allows the fluid to escape if the system pressure becomes too high. An air escape valve (6) is installed at the highest point allowing air in the pipes to escape. Inlet and outlet taps complete the system (10).

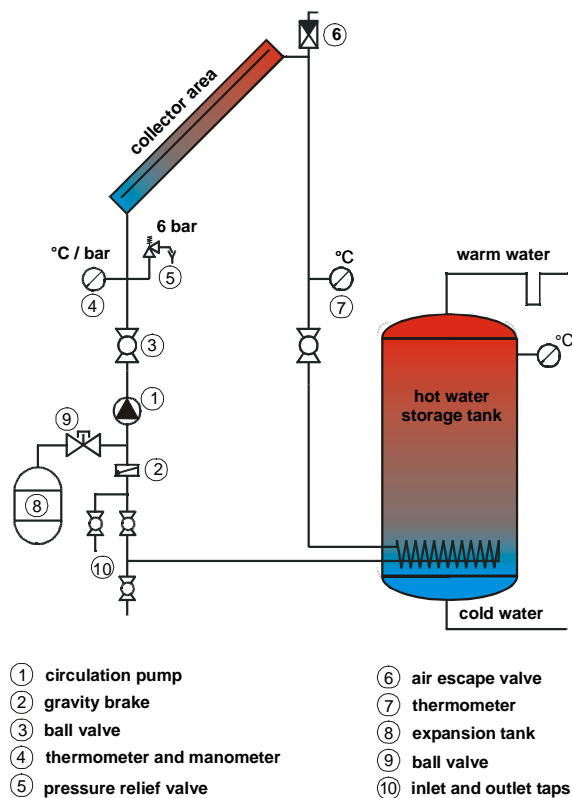


Figure 15. Illustration of a hydraulic scheme



Figure 15a. Single family houses with solar hot water systems

5.3 Solar plants in multi family houses

Approximately 43% of the Austrian population lives in multi family houses(ÖSTAT, 1991). As a rule the hot water is prepared in these houses using decentralised systems. A common supply system for a dwelling comprises a small storage tank (100 to 200 l) heated using electricity (night power) to cover consumption in the bath room as well as an electrically heated flow heater (5 to 10 l) to cover smaller consumption rates in the kitchen.

By the end of 1999, approximately 500 thermal solar plants were installed in Austria in multi family houses. If one considers this fact then one clearly recognises market potential for solar plants in this field. Apart from the existing market potential, multi family houses favour the installation of solar plants since they are of a compact design compared to single family houses. Whereas naturally only decentralised small-scale plants are installed in single family houses, larger, central solar plants could be realised in such multi family houses. This leads in greater potential to save on CO₂ with less system costs.

However we are far away from accomplishing the wide-spread market introduction of solar plants in Austria. Co-operative residential building associations tend to be sceptical of solar technologies since they require additional planning, co-ordination and financial input when it comes to constructing or reconstructing of the building. In contrast to private "home builders", where the decision to install a solar plant is mainly of an emotional nature, economic considerations tend to dominate amongst co-operative residential building associations.

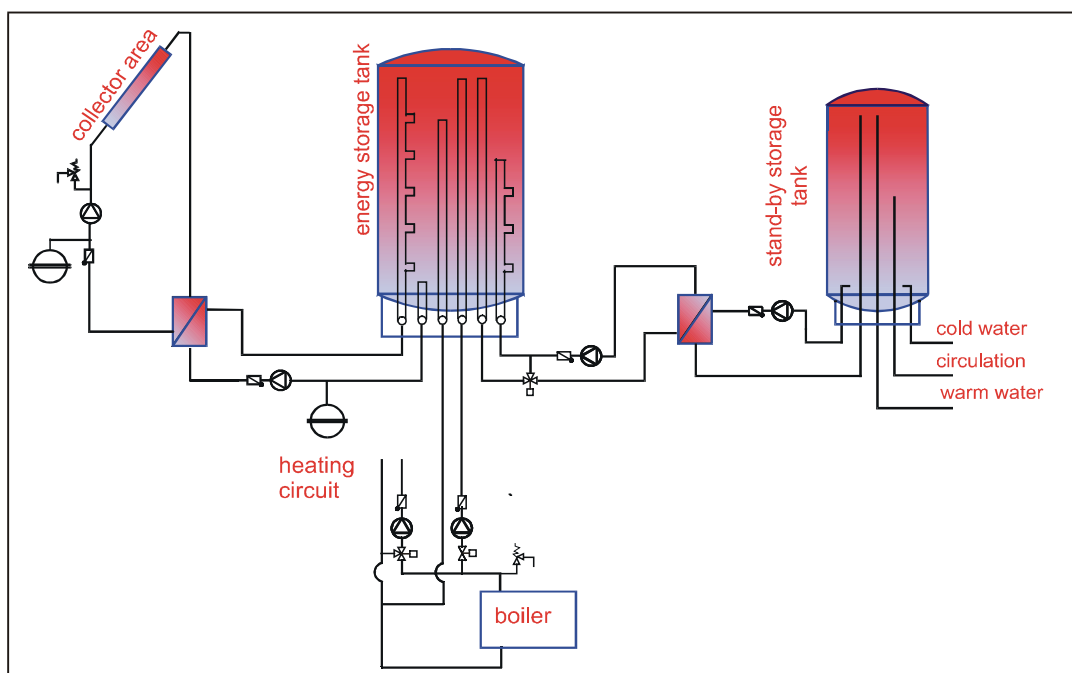


Figure 16: Hydraulic scheme of a thermal solar system for a multi family house (energy storage tank and stand-by storage tank)



Figure 16a. Hot water preparation in a multi family house

5.4 Combisystems for solar space heating

At the current moment in time fossil forms of energy (oil, gas and coal) mainly provide space heating. In a similar way to the wide-spread market introduction of solar plants for preparation of domestic hot water it is once again the private builder who has realised the very first solar space heating in the past. The characteristics of the plant and the yields which can be obtained with regard to numerous plants were recorded and evaluated. The results led to considerable system optimisations. In this field Austria has assumed a pioneering role by European comparison. In 1998 approximately 50% of the complete collector area installed in buildings was accounted for by solar space heating. This corresponds to around 20 to 25% of the plants totally installed [1].

As the energy supply is inversely proportional to the energy demand - i.e. during summer when only little energy for heating purposes is required, the energy supply is high, and during winter when much energy is needed, the supply is low - the key question is how to store the energy from the summer to the winter.

Various systems completed in recent years demonstrate that it is possible to store the heat from summer to the winter in large water tanks (seasonal storage with 50 to 80 m³ for 100 m² living area), and thus to use only solar energy for heating. From an economical point of view, seasonal storage for single family houses and two-family houses is quite expensive and so not generally applicable.

The second economically more interesting concept for single family houses is that of partly solar space heating. If collector areas of 20 to 50 m² are combined with storage tanks (1 to 5 m³) which are able to store heat for some hours (overnight) or for some days or for some weeks, solar fractions of up to about 20 to 60% can be achieved at reasonable costs compared to systems with seasonal storage. The remaining energy consumption is ideally covered by a wood combustion plant (piece wood boiler, pellets or wood chip boiler).

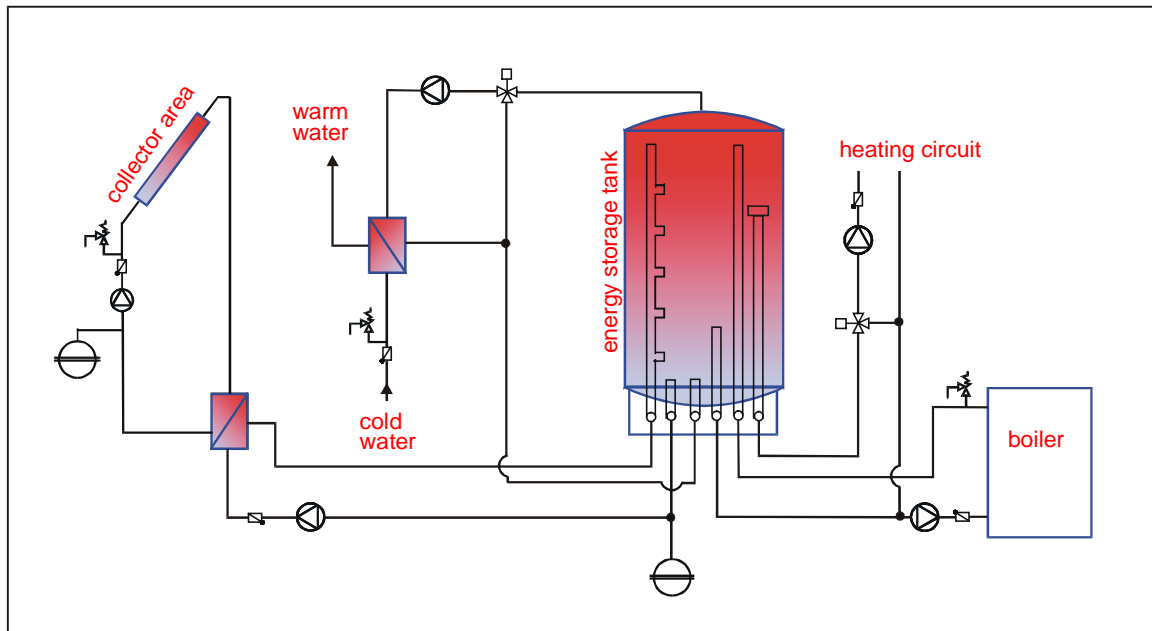


Figure 17: Hydraulic scheme of a partly solar space heating system (central energy storage tank and external heat exchanger for preparing domestic hot water)



Figure 17a: Single family house with solar space heating

5.5 Solar Assisted Biomass Local Heating Network

These plants for the supply of heat (space heating, preparation of water for domestic use) principally comprise biomass combustion, the solar plant including the storage tank and the local heating network. As a result of the combined use of energy from biomass and solar radiation, heat can be comfortably supplied to villages and towns from renewable sources of energy. These combined plants should in the main be used in applications where for economic and ecological reasons it does not make sense to heat with biomass combustion in the summer months. Since according to experience lots of customers only join the local heating network when services are offered all year round it makes sense to prepare warm water in the summer months using a central solar plant. This is normally assembled directly on the roof of the building for the biomass heating plant central (boiler room and biomass fuel storage hall). For the reasons mentioned several operators of biomass local heating networks have added a thermal solar system to their plants in the past.

It is in this respect extremely positive that it is not just small local heating networks which use solar energy but rather there is a trend towards biomass heating plants for large collector areas (collector area larger than 1.000 m²). It has been seen that the use of large area collectors (8 to 12 m²) has advantages at the assembly stage. Apart from the collector area, the correct dimensioning of the storage tank is also very important. In these storage tanks the solar heated medium is disposed in layers in a temperature-oriented manner and transported to the consumers via the local heating network. In the three months in the summer it is possible to obtain a solar fraction of more than 90% and subsequent heating is only necessary in longer periods of bad weather. So a backup system with a small biomass or oil boiler should be used. With the storage tank installed for the solar plant it is possible to accommodate peak capacity in the short-term in the winter heating period so that the biomass boiler can be dimensioned smaller which once again has a very positive effect on the investment costs.

Recent plants

So far there are 15 solar biomass heating networks with a collector area of up to 1,250 m² in operation. The following table shows all the solar biomass heating plants operating in Austria.

The first solar biomass heating network in Austria (Deutsch Tschantschendorf) built in 1994 was monitored from 1995 to 1997 by the operator and AEE.

| | Year of construction | Performance of boiler [kW] | Network [m] | Storage tank [m ³] | Collector area [m ²] |
|---------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <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 |

Figure 18: Solar assisted local heating plants in Austria



Figure 18a: Heat from the sun and from biomass

5.6 Solar air heating systems

Concerning air collectors one means sun collectors which use air as a heat transfer medium. Starting with the first developments at the end of the 19th century in the USA, a number of different solar air technologies have been developed around the world without these however being widely spread so far.

Air heating systems are suitable for applications which require direct warm air. Good applications for air collectors are indicated in the examples which follow:

- Systems for space heating: In air heating systems which are used in the building sector one has to differentiate between the direct and indirect introduction of air. The direct introduction of air is given preference when heating halls and storage rooms. In single and multi family houses, office buildings etc. the air is introduced mostly indirectly or by a combination of direct and indirect. The indirect introduction of air is performed by hyposcausts respectively murocaust systems or sometimes also using intermediate wall systems. In this respect the heat release in the rooms is performed in the form of heat radiation. The direct introduction of air takes place via controlled aeration and ventilation. In general rock storage tanks or storage walls are used for heat storage in air heating systems. Air heating systems can accommodate a large amount of the space heating requirements provided that the overall system is correctly dimensioned. Complete coverage is, however, not possible due to unfavourable solar energy conditions in the winter.
- Plants for drying agricultural or commercial products such as cereals, seeds, medicinal plants and herbs, building materials, wood etc. The drying potential of the air collector plants equals about 0.2 to 0.7 kg of water per hour and m² of collector area. The drying of sewage sludge is another interesting application.

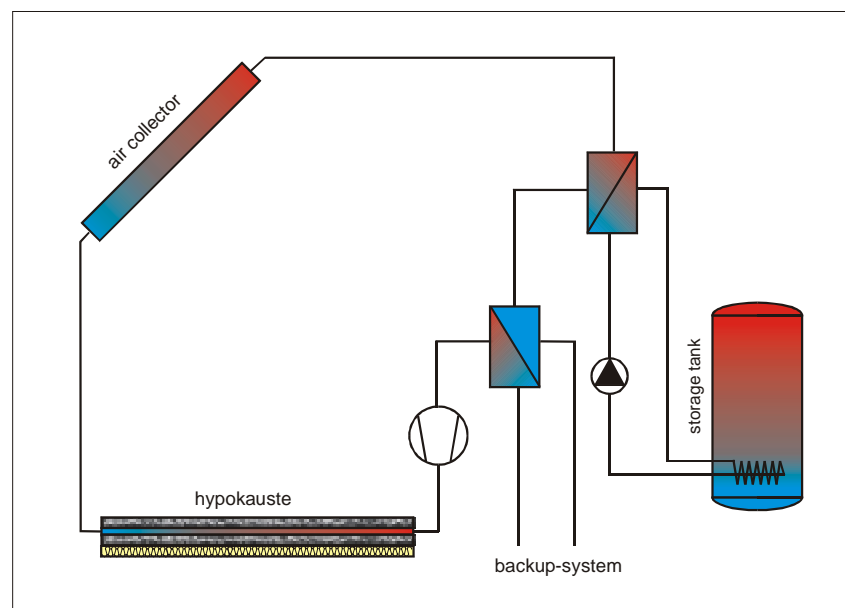


Fig. 19: Hydraulic diagram of an air heating system with a hypocaust for heat release and a domestic water storage tank for the preparation of domestic water in the summer



Figure 19a: Solar air system in a single family house

5.7 Solar cooling

In Central-European regions air conditioning in the summer is as a rule only employed in large administrative buildings, in commercial buildings etc. whereas in Southern Europe air conditioning systems are being also used increasingly in the residential sector. Since the time of the year in which air conditioning corresponds very well with the time of the year for solar radiation, it makes sense to develop solar supporting systems for air conditioning in the summer.

Apart from thermal processes which involve the sorption technique, the photovoltaic technique with compression cooling plants currently plays a role when it comes to the sector for the generation of coldness using solar energy /6/.

Processes are favourable for the use of thermal solar collectors in which the temperatures required to generate coldness are as low as possible so as to be able to operate the collector field efficiently. Roughly these processes divide on the one hand into the type of process control – open or closed – and on the other hand into the type of sorption agents used – solid or liquid.

| Vefahren | geschlossen | | offen | |
|---|------------------------------------|--|---|--|
| Kältemittelkreislauf | geschlossener Kältemittelkreislauf | | Kältemittel (Wasser) in Konatkt mit Atmosphären | |
| Verfahrensprinzip | Kaltwassererzeugung | | Luftentfeuchtung + Verdunstungskühlung | |
| Sorptionsmittel | fest | flüssig | fest | flüssig1) |
| typische Stoffsysteme (Kälte/Sorptionsmittel) | Wasser-Silikagel, Ammoniak-Salz | Wasser-Wasser-Lithiumbromid, Ammoniak-Wasser | Wasser-Silikagel, Wasser-Lithiumchlorid-Zellulose | Wasser-Calciumchlorid, Wasser-Lithiumchlorid |
| marktverfügbare Technik | Adsorptionskältemaschine | Adsorptionskältemaschine | sorptionsunterstützte Klimatisierung | - |
| marktverfügbare Leistung [kW Kälte] | 50 bis 430 kW | 20 kW bis 5MW | 20 bis 350 kW (pro Modul) | - |
| Wärmeverhältnis (COP) | 0,3 bis 0,7 | 0,6 bis 0,75 (einstufig) | 0,5 bis 0 | >0 |
| typische Antriebstemperatur | 60 bis 90 °C | 80 bis 110°C | 45 bis 95 °C | 45 bis 70 °C |
| Solartechnik | Vakuümröhren-, Flachkollektoren | Vakuümröhrenkollektoren | Flachkollektoren, Solarluftkollektoren | Flachkollektoren, Solarluftkollektoren |

Figure 20: Classification of thermally driven cooling processes for air conditioning in buildings

Apart from the preparation of domestic hot water and partly solar space heating, solar air conditioning is another important application for the use of thermal solar energy in the building sector. Up until now plants have mostly been constructed within the framework of subsidised demonstration projects. An IEA-Task was started to promote research activities within the field of solar air conditioning.

5.8 Transparent thermal insulation (TWD)

The principle of transparent thermal insulation is that when using transparent thermal insulation materials (TWDM) heat losses are at least partly compensated by solar gains respectively it can be used as heat gains (e.g. for the heating of buildings) compared to conventional thermal insulation in which as a rule only transmission losses are reduced. Thus compared to light impenetrable (opaque) insulation materials, TWDM's have two main properties which are of energetic importance:

- a good heat-insulating effect (i.e. the lowest possible values for the thermal diffusion coefficient k-value)
- a high permeability for solar radiation (i.e. the highest possible values for the overall energy diffusion rate g)

TWD materials obtain their thermal insulation effect as a result of a high content of air and by subdividing the air layers into small volumes. As far as the geometric structure and the materials are concerned, in principle absorber-parallel layer structures, absorber-vertical structures (channel, honeycomb and capillary structures), chamber structures (grouser plates, transparent foam, hollow balls) and quasi-homogeneous materials (aero-gels) made of glass or transparent plastics are possible. The TWD structures most frequently used are absorber-vertical tubes or honeycomb structures manufactured in the extrusion processes of light-permeable plastics such as polymethylmetacrylat (PMMA) and polycarbonate (PC).

Depending on the layer thickness of the TWD structure, values of $k = 0,7 - 1,5 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ are typically reached for the heat losses when used behind a glass plate to protect against climate effects and $g_{\text{diff}} = 50$ to 70% for the diffuse-hemispheric overall energy diffusion rate.

The systematic development of so-called transparent thermal insulating materials commenced really only at the beginning of the 1980's and has led to a range of new concepts for thermal solar energy utilisation.

In this respect the most important application is the transparent insulation of the outer walls of buildings. Here solar energy is directly attained without any supporting energy and without the help of moved parts. In these passive systems even a very small amount of radiation causes a reduction in the heat losses, with a medium amount of radiation losses and gains balance one another and when there is more sun this will result in net heat gains.

Another application which is already very widely spread is the use of TWD elements in the window sector where no look-through is required. Systems of this kind are deliberately employed with skylights to control and distribute the light.

New developments deal with the use of TWD's in special collectors to prepare warm and hot water. If a TWD is attached to the side and towards the back of a very well insulated flat collector, then similar to a vacuum-tube collector, very high operating temperatures can be reached (100 - 150°C for the preparation of process heat) with a good rate of efficiency. In the event of a standstill – absorber temperatures of 260°C were measured - the TWD materials are exposed to a high temperature load which means that glass capillaries are necessary.

Whilst until now only isolated projects have been realised with TWD-systems in Austria, there is a range of test houses with TWD-facades in other European countries (BRD, CH, UK). The results to date lead us to expect that the use of TWD systems in buildings, both new and old, will make a considerable contribution towards the saving of fossil sources of fuel /3/.



Figure 21: Terrace house estate with TWD - facade

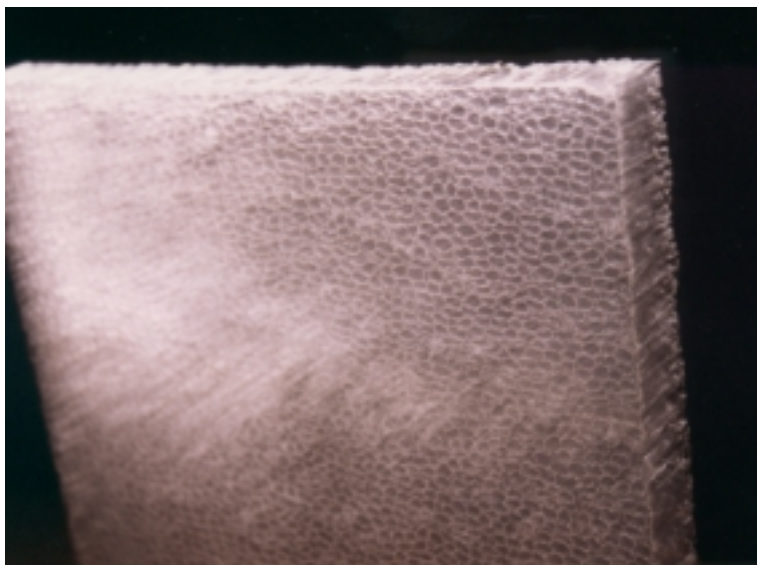


Figure 21a: Example for a TWD-material

References

- /1/ G. Faninger, Solarmarkt in Österreich, Bundesverband Solar, 1998
- /2/ Intern: Marktübersicht.doc
- /3/ A. Indinger, R. W. Lang, H. Wilk, W. Weiß, Endbericht: Österreichisches Netzwerk für Nachhaltige Wirtschafts- und Technologieentwicklung, Aktionsschwerpunkt Solarenergie, 1999
- /4/ Intern: ESIF.doc 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