©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nutzung der Sonnenenergie in der Haustechnik *)

Von Helmut Weik, Lübeck

Enleitung:

Mit dem Ölpreis-Schock der frühen 70-iger Jahre wurde ein Bewußtwerden der Endlichkeit nicht nur unsereres Planeten, sondern auch seiner Rohstoff- und Energie-Resourcen, und darüberhinaus auch der Grenzen des technischen Fortschritts eingeleitet.

Die technische Entwicklung der Neuzeit, vor rund 300 Jahren begonnen, wurde in den letzten 100 Jahren immer rascher vorangetrieben und fängt an, sich zu verselbständigen. Charakteristisch für die Hochindustriealisierung sind Anlagen, die weitgehend ohne menschliche Handgriffe arbeiten. Für ihr Funktionie-

---

*) Geringfügig erweiterte und aktualisierte Fassung eines Vortrags vor dem "Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien" am 27.04.1988

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ren ist der Mensch nur in soweit nötig, als er die Grundlagen für den automatischen Ablauf der Vorgänge und ihr reibungsloses Ineinandergreifen steuert. Im übrigen wird er durch die Maschine ersetzt, die für ihn arbeitet und in vielen Fällen sogar "denkt", d.h. Entscheidungen trifft.

Hauptmerkmal dieser Entwicklung ist der bedenkenlose und rücksichtlose Umgang mit den natürlichen Grundstoff- und Energie-Resourcen. Erst langsam werden uns die einschneidenden Folgen dieser Handlungsweise und die katastrophalen Auswirkungen deutlich: Mit der Zerstörung der ökologischen Kreisläufe verlangen wir von der Natur Anpassungsprozesse, die sie nicht leisten kann.

Von besonderem Gewicht ist dabei unser Verhältnis zu den Energiestoffen. Denn während die Grundstoffe durch den übermäßigen — und oft nur für die Herstellung nicht notwendiger Güter eingesetzten — Verbrauch nur knapper werden, führt der übermäßige Einsatz von Energiestoffen zu irreversiblen Schäden an der außermenschlichen Schöpfung. So bewirkt z.B. die Freisetzung von Kohlendioxid durch Verbrennungsprozesse ebenso wie die großflächige Vernichtung der tropischen Regenwälder schon jetzt Klimaveränderungen, deren Folgen noch gar nicht abzusehen sind.

Außerdem sind, wie wir mittlerweile alle wissen, die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Energievorräte der Erde begrenzt. Kohle, Erdöl, Erdgas sind keine regenerierbaren Energiequellen. Einmal verbraucht, erneuern sie sich nicht von selbst, wie die sog. regenerativen Energieformen, die uns in der Wasserkraft, im Wind und vor allem in der direkten Sonnenstrahlung zur Verfügung stehen.

Die Kernenergie, andererseits, erzeugt zwar kein Kohlendioxid; sie kann aber wegen ihrer sozialen, technischen, ökologischen und militärischen Risiken nicht Grundlage der künftigen Energieversorgung sein. Wie bei jedem Wärmekraftwerk wird auch im Kernkraftwerk für jede Nutzenergie-Einheit die doppelte Menge an kaum nutzbarer Abfallwärme erzeugt. (vergl. auch die Schlußbetrachtungen.) Vor allem aber wäre — das hat vor kurzem Klaus Traube überzeugend nachgewiesen (Spiegel Nr. 46/1988, S. 34 ff.) — eine Energieversorgung allein aus Kernenergie nicht nur nicht realisierbar, sondern überhaupt nicht zu finanzieren.

Auch aus ethischen Gründen ist die Nutzung der Kernenergie abzulehnen; denn bei der Uranspaltung entsteht das radioaktive und hochgiftige Plutonium, das — längst von der Erdkruste verschwunden, als die Spezies Mensch erschien — nun vom homo sapiens, dem "wissenden Menschen", neu geschaffen wird und wegen seiner unvorstellbar langen Halbwertszeit

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von 24 000 Jahren auf unabsehbare Zeit eine Bedrohung allen Lebens darstellt.

Was bleibt, ist die vermehrte Nutzung der regenerativen Energien in all ihren Formen. Sie sind, wie im folgenden detailliert gezeigt werden soll, in der Lage, den "Energiehunger" auch der Industrienationen weitgehend zu stillen, sofern ein entsprechender Strukturwandel eingeleitet wird.

Solare Nutzenergieformen

Ist die Sonne tatsächlich der Problemlöser, und das Solarzeitalter greifbar nahe? Je nach persönlichem Standort — und vielleicht auch beruflicher Einbindung — wird die Antwort positiv, zweifelnd oder gar negativ ausfallen.

Die Euphorie, die vor 10 Jahren noch herrschte und in der Auffassung gipfelte, daß die Energie der Sonne mühelos für alles eingesetzt werden könne, ist — so kann festgestellt werden — verflogen und hat einem nüchternen Realismus Platz gemacht. Glücklicherweise; denn nun erst können wir uns ernsthaft und pragmatisch mit dem Problem befassen und untersuchen, inwieweit das Energie-Potential, das die Sonnenstrahlung unzweifelhaft darstellt, für den tatsächlichen, d.h. wirklich notwendigen, Energiebedarf genutzt werden kann.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Photo-chemische Umwandlung

Bild 1 zeigt uns 3 Pfade für die Umwandlung der Sonnenenergie in Endenergieformen. Der mittlere Zweig repräsentiert die photo-chemische Umwandlung der Strahlung, also den Weg, den uns die Natur in der Photosynthese zur Bildung der sog. Biomasse weist, aus der wertvolle Rohstoffe mit der vorrangi-

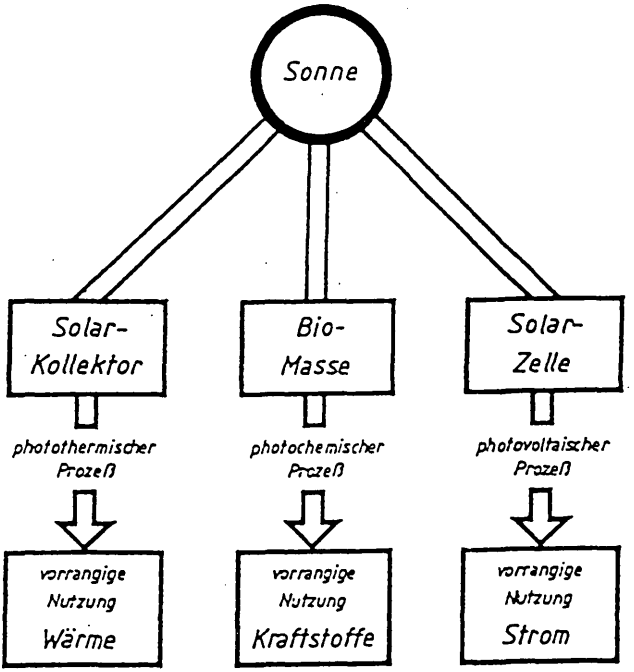


Bild 1 Die grundsätzlichen Umwandlungsprozesse von Sonnenlicht in Nutzenergie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gen Nutzung als Kraftstoffe gewonnen werden können.
Zur Erläuterung des großen, bisher noch fast völlig ungenutzten Potentials dieses Energiegewinnungszweiges, der jedoch für das hier zu betrachtende Thema nur von untergeordneter Bedeutung ist, seien 3 Beispiele genannt:
- Aus einem Hektar Raps lassen sich Kraftstoffe für den Betrieb von Dieselfahrzeugen mit einer Fahrleistung von 15000 - 20000 km gewinnen.
- Ersetzt man den Raps durch Zuckerrüben, so erreicht man — über den Bioalkohol — etwa die doppelte Fahrleistung.
- Eine Kuh (sog. Großvieh-Einheit) erzeugt etwa 1 m^3 Biogas pro Tag, mit dem Brennwert von 60% des Erdgases.
Hier sind also noch große Energiereserven verborgen. Man muß sich allerdings von dem Gedanken frei machen, daß Zuckerrüben und Raps nur Nahrungs- bzw. Futtermittel sind, sondern zu akzeptieren versuchen, daß sie auch für Energiezwecke taugen. Denn anstatt das Land unbestellt zu lassen, könnte es auch effizient zur Energiegewinnung genutzt werden.

Photo-voltaische Umwandlung

Der rechte Zweig des Diagramms stellt die Umwandlung der Strahlung in elektrische Energie mit der vorrangigen Nutzung "Strom" dar. Elektrische Ener-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gie ist die hochwertigste Energieform, die wir kennen. Ihr hoher Nutzwert äußert sich darin, daß sie in alle anderen Formen der Energie, also in mechanische Energie, aber auch in Wärme umgesetzt werden kann. Allerdings sollte die letztgenannte Nutzungsart die absolute Ausnahme sein und Strom nicht im Niedertemperaturbereich eingesetzt werden; denn dies ist effizienter und billiger mit Hilfe der Sonnen- oder Solarkollektoren mittels photothermischer Umwandlung möglich (s.u.).
Elektrische Energie kann aus der Sonnenstrahlung unmittelbar, d.h. durch Direktumwandlung der Strahlungsenergie mit Hilfe von Solarzellen im photovoltaischen Prozeß gewonnen werden. Sie kann aber auch mittelbar über die Sekundär-Energieträger Wasser und Wind erfolgen. Wasser und Wind sind als quasi räumlich komplementäre Energieträger anzusehen: im Gebirge ist der erste, im flachen Land, insbesondere an den Küsten, ist letzterer von alters her für den Antrieb von Maschinen genutzt worden.
Auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft soll hier nicht weiter eingegangen werden; sie stellt eine bewährte Technik dar, bei der Wirkungsgrade bis zu 90% erreicht werden können.

Für die Stromerzeugung Windräder, sog. Windenergiekonverter, WEK, einzusetzen, sind Bemühungen der neueren Technikgeschichte. Vor allem hat Däne-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

mark damit große Erfolge, auch im Export, erzielt. Hier sind es in erster Linie die WEK der 50 kW-Leistungsklasse, für die — bei rund 25% Jahres-Verfügbarkeit und einer 20-jährigen Lebensdauer — ein Kilowattstundenpreis von 0,05 bis 0,08 DM errechnet wurde (0,3 bis 0,6 öS/kWh).
Die dänischen WEK sind sog. Schnelläufer; sie eignen sich für die Elektrizitätserzeugung besonders gut. Langsamläufer, wie der von dem Finnen Savonius 1929 entwickelte Vertikalachs-WEK, sind dagegen besser für Pumpenantriebe o.ä. einsetzbar. Auf Details muß hier verzichtet werden.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer Energiebereitstellungsart, und damit für ihre Akzeptanz, ist nicht nur der Jahres-Energie-Ertrag (fälschlicherweise oft Jahres-Energieleistung genannt), sondern auch der spezifische Leistungspreis der installierten Anlage, also die Größe "Währungseinheit pro Watt". Sie beträgt für ein Kernkraftwerk der heutigen Bauart und Größe rund 4 bis 5 DM/W (30 bis 35 öS/W), für einen guten, Elektrizität erzeugenden Windenergiekonverter aber nur die Hälfte, wobei bei diesem zudem keine Folgekosten für den "Brennstoff" Wind anfallen, dafür aber eine nur beschränkte Verfügbarkeit in Kauf genommen werden muß. Letztere ist für größere Anlagen zwar etwas höher (bei der inzwischen abgewrakten, auf 3000 kW-Leistung konzi-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

pierten großen Windenergie-Anlage, GROWIAN, wegen der größeren Nabenhöhe etwa 40 %), aber auch der spezifische Leistungspreis steigt, bei Growian auf 6 bis 7 DM/W (H. Selzer, Sonnenenergie 5-6/82). Auch aus diesem Grund war der dänische Weg, WEK kleinerer Leistung zu bauen und sie dezentral, sowie auch in Windparks kombiniert, einzusetzen, vernünftiger als mit großen, aber nicht ausgereiften Anlagen zu beginnen, wie es in Deutschland geschah.

Mit 15 bis 20 DM/W am höchsten ist der spezifische Leistungspreis bei der photo-voltaischen Stromerzeugung, die im Gegensatz zu den Windenergiekonvertern eine "stille Stromerzeugung" darstellt, da sie nicht mit mechanischer Bewegung und Geräuschen verbunden ist. Dieser hohe Leistungspreis und der mit 10 bis 12 % recht geringe Wirkungsgrad wirken sich bisher noch prohibitiv für eine breitere Anwendung aus. Erst eine leistungsstarke und zeitlich stabile sog. Dünnschichtzelle könnte hier den Durchbruch bedeuten.

Die Speicherung von elektrischer Energie ist ein weiteres Problem. Hier ist noch sehr viel Entwicklungsarbeit erforderlich. Dennoch sind heute Anwendungen schon dort lohnend, wo es keinen Anschluß an das öffentliche Stromnetz gibt, z.B. in abgelegenen Wohnhäusern und kleinen Siedlungen oder für örtlich

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

isolierte oder mobile Verkehrs- und andere Kontrollstationen und dergleichen.
Die einzelnen Solarzellen können zu größeren Einheiten, den Solar-Modulen, verdrahtet und diese wiederum durch Hintereinander- und Parallel-Schaltung zu sog. Solargeneratoren mit den gewünschten Spannungs- und Stromwerten zusammengefaßt werden. Es entstehen dann kleinere, dezentral einsetzbare Anlagen von mehreren Quadratmeter Fläche mit einer Leistung von einigen Kilowatt, wobei 10 m^2 Fläche bei voller Sonneneinstrahlung eine Leistung von etwa 1 kW erbringen; oder aber auch größere, 100 oder 1000 kW Leistung liefernde semi-zentrale Einheiten. Für letztere ist das 1983 errichtete 300 kW Photovoltaik-Kraftwerk auf Pellworm ein Beispiel.
Auch für kleinere Fahrzeuge läßt sich die Photovoltaik einsetzen, wie die diversen Solar-Rallyes gezeigt haben. In Bild 2 ist als mögliche Variante des solaren Antriebs von Fahrzeugen das Prinzip eines Netzgekoppelten Solarautos dargestellt. Im Solargenerator auf dem Hausdach wird tagsüber Strom erzeugt und über einen Stromwandler ins öffentliche Netz eingespeist; aus diesem wird nachts die Fahrbatterie des Autos wieder aufgeladen.

Man könnte sich vorstellen, daß solche Fahrzeuge einmal als Stadtfahrzeuge benutzt werden und hier für die Reinhaltung der Luft bzw. für eine Abgas-freie

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

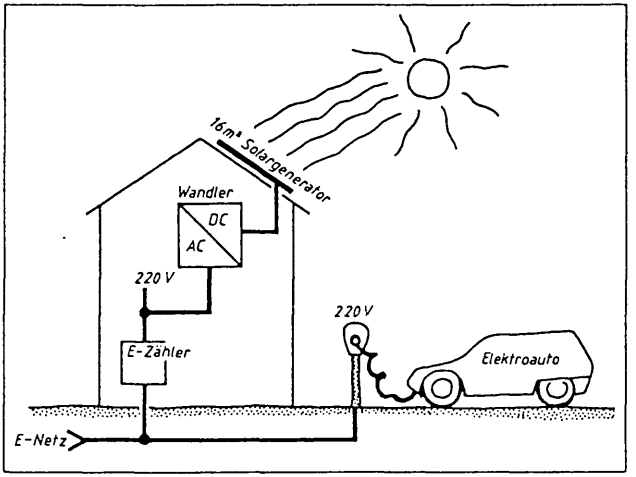


Bild 2 Im Netzverbund solar betriebenes Elektrofahrzeug

Stadt sorgen. Bis es soweit kommen kann, muß sich jedoch noch einiges ändern, vor allen Dingen in der Substruktur des städtischen Verkehrswesens.

Eine interessante Anwendung der Photovoltaik ist die solare Wasserstofftechnologie und -wirtschaft. Mit der Sonne läßt sich nämlich über die Solarzelle Strom erzeugen und mit diesem Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen. Der Sauerstoff entweicht in die Atmosphäre, und der Wasserstoff wird in Pipelines zum Ort des Bedarfs geführt.

Dort kann er entweder zur Wärmeerzeugung ver-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

brannt werden, was nicht so sinnvoll wäre, weil der Wasserstoff ein viel zu wertvoller (und auch teurer) Energieträger ist. Sinnvoller ist es, ihn für Fahrzeugantriebe zu benutzen oder aus dem Wasserstoff in Brennstoffzellen durch sog. kalte Verbrennung mit Luft-Sauerstoff wiederum Strom zu erzeugen, was mit einem Wirkungsgrad von 40 % möglich ist. Per saldo wird in dem letztgenannten Prozeß aus Sonnenstrahlung und Wasser Elektrizität erzeugt, wobei das Zwischenprodukt, der Wasserstoff, mit Luftsauerstoff unter Energiefreisetzung wiederum zu Wasser "verbrennt". Nachteilig sind vorerst die hohen Kosten: Bei etwa 3 DM/kWh Solarstrom kostet die Kilowattstunde Wasserstoff etwa 4,- DM, gegenüber rund 0,20 DM/kWh für den Strom aus der Steckdose. Hier haben Forschung und Entwicklung noch einen weiten Weg zu gehen.

Die linke Säule in Bild 1 stellt den **photo-thermischen Prozeß** dar, also die Umwandlung von Licht in Wärme.
Wegen der großen praktischen Bedeutung dieser Nutzungsart der Sonnenenergie in weiten Bereichen des allgemeinen Energiebedarfsspektrums soll in gesonderten Abschnitten von den diversen Möglichkeiten ihrer Realisierung die Rede sein.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Sonne als Wärmequelle — Die photo-thermische Umwandlung

Mehr als 4/5 des Energiebedarfs eines privaten Haushaltes werden in Form von Niedertemperaturwärme unter 50 °C gebraucht. In der Statistik des Endenergiebedarfs der mitteleuropäischen Länder macht dies mehr als 40 % des Jahresenergieverbrauchs aus. Sie werden heute fast ausschließlich aus fossilen Energieträgern gewonnen.
Wenn uns am Energiesparen wirklich gelegen ist, so müssen wir hier, d.h. auf dem Wärmesektor, ansetzen. Die Nutzung der photo-thermischen Wandlung ist dafür geradezu prädestiniert, weil die durch die Sonne erzeugte Wärme in dem für die Heizwärmeversorgung unserer Häuser und Wohnungen erforderlichen Temperaturbereich liegt, die Sonne also eine für die Heizwärmeerzeugung **angepaßte Energiequelle** ist.

Mit dem vermehrten Einsatz der photo-thermischen Wandlung kann aber nicht nur ganz allgemein Energie eingespart werden; vielmehr wird - wie einleitend schon erwähnt - mit der reduzierten Verbrennung von fossilen Energieträgern gleichzeitig einer drohenden Klimakatastrophe begegnet (vergl. auch das in den Schlußbetrachtungen Gesagte). Ferner trägt, weil eine Entschwefelung und Entstickung der vielen individuellen Hausheiz-Anlagen kaum möglich ist, die solare

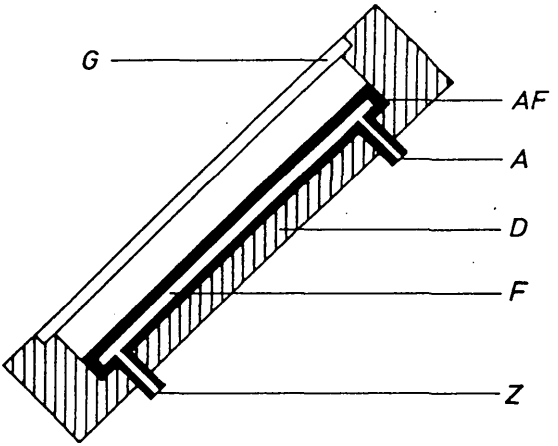
©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wärmeversorung auch zur Verbesserung der Luftqualität bei. Schließlich arbeiten effiziente solare Wärmegewinnungsanlagen mit Wirkungsgraden bis zu 50 %, ein Wert, der bei keinem anderen wärmetechnischen Umwandlungsprozeß erreicht wird.
Es spricht also alles dafür, möglichst bald und in großem Maßstab diesen Weg der Nutzung der Sonnenenergie einzuschlagen, auch wenn er zunächst einen erhöhten Kapitaleinsatz erfordert, um die an sich kostenlose Energiequelle SONNE für unsere alltäglichen Wärmebedürfnisse nutzbar zu machen.
Aus den genannten Gründen haben wir uns an der Fachhochschule Lübeck auf diesen Sektor konzentriert, als wir 1976 begannen, die Möglichkeiten zur thermischen Nutzung der Sonnenenergie zu erforschen. Denn die grundlegenden Elemente waren damals wohl bekannt; was aber fehlte, waren funktionierende solare-Heiz**systeme**, insbesondere für eine weitgehend **ganzjährige** Wärmeversorgung auf solarer Basis.
Bekannt ist das Prinzip der solaren Wärmegewinnung mittels verglaster Sonnenenergiesammler seit mehr als 200 Jahren, als der Schweizer Nikolas de Saussure mit einem, den heutigen Kollektoren ähnlichen Gerät Wärme von 70 bis 80 °C erzeugte.

Die heutigen Sonnenkollektoren bestehen im Prinzip aus einem schwarzen Absorber (aus Metall oder —

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

weniger effizient — aus Kunststoff), einer oder zwei Glas-Abdeckscheiben, einem mit dem Absorber in gutem thermischen Kontakt stehenden Kanalsystem zum Abtransport der in der Absorberplatine entstehenden Wärme und einem, außer der Vorderfront allseitig gut gedämmten Kasten (Bild 3).



G	Glasscheibe
AF	Absorberfläche
F	Wärmeträger - Flüssigkeit
Z	Zulauf
A	Ablauf
D	Dämmung

Bild 3 Prinzipieller Aufbau des klassischen Flüssigkeit-direkt-durchflossenen Sonnenkollektors

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Gute Kollektoren zeichnen sich durch eine "selektiv beschichtete" Absorberplatine aus. Sie vermindert die Wärmeabstrahlung und erhöht damit die Effizienz des Kollektors. Noch hochwertiger wird ein Kollektor, wenn auch noch der Raum zwischen Absorber und Abdeckscheibe evakuiert wird ("Vakuum-Kollektor"). In der Flachbauweise, d.h. mit ebenem Absorber (sog. Flachkollektoren) wandeln Sonnenkollektoren die direkte sowie die diffuse Strahlung in Wärme um und eignen sich für alle Bereiche des thermischen Bedarfs, wie Schwimmbadwassererwärmung (hier vornehmlich mit Kunststoffabsorbern), Warmwasserversorgung im Sommer, solare Übergangsheizung und ganzjährige Raumheizung.

In den 40er Jahren dieses Jahrhunderts zum ersten Mal entwickelt, dann völlig vergessen und 20 Jahre später neu entdeckt, wurde das sog. Wärmerohrprinzip (Bild 4). Ein hermetisch geschlosssenes, evakuiertes Rohr wird partiell mit einem niedrig siedenden Stoff, z.B. einem Kältemittel, (oder auch Wasser bei entsprechend niedrigem Druck) gefüllt. Führt man am unteren Rohrende, der Heizzone, durch eine beliebige Heizquelle Wärme zu, so verdampft das Medium; der Dampf steigt im Rohr hoch und gelangt über die nach außen gut wärmegedämmte Transportzone zum oberen, nicht gedämmten und daher kälteren Rohrende, der "Kühlzone", wo er kondensiert und die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in der Heizzone aufgenommene (latente) Wärme wieder freisetzt, die nun mittels Wärmetauscher einem externen Verbraucher zugeführt, und auf diese Weise genutzt werden kann. Das Kondensat fließt infolge Schwerkraftwirkung entlang der Rohrwandung nach unten, wo sich mit der erneuten Verdampfung der Kreislauf schließt.

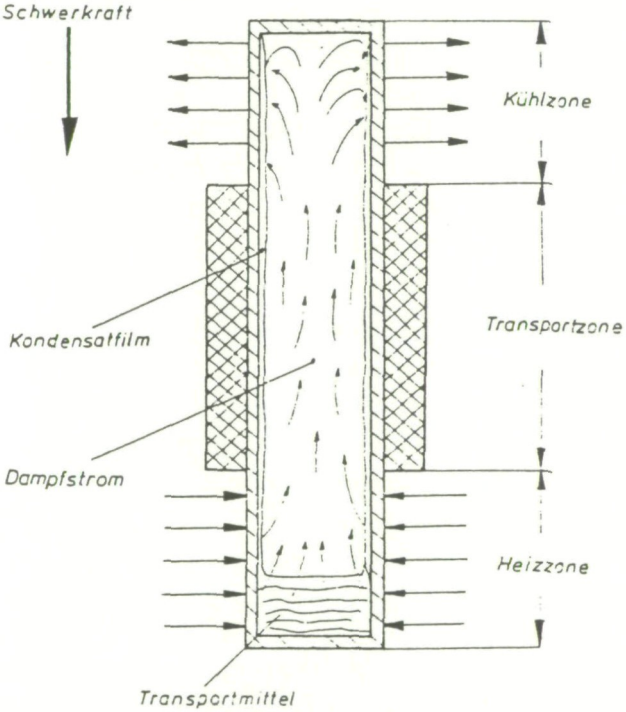


Bild 4 Prinzip des Schwerkraft-Wärmerohrs

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Das Wärmerohr kann als sehr effizientes Wärmetransportgerät verwendet werden. Es kann auch zum Herzstück eines Sonnenkollektors gemacht werden: Wird die Heizzone des Wärmerohrs als Absorber für die Sonnenstrahlung ausgebildet und die Kühlzone als Wärmetauscher zum Verbraucherkreislauf, so entsteht ein Wärmerohrkollektor. Diese Kollektoren sind sehr schnell. Wärme kann dabei immer nur in einer Richtung, nämlich **zur Kühlzone** (d.h. zum Wärmetauscher) **hin**, fließen; eine nächtliche Abkühlung eines warmen Speichers über den Kollektor kann also nicht stattfinden, was eine spezielle Anwendung möglich macht, die weiter unten erläutert wird.

Solare Schwimmbaderwärmung und Brauchwasserbereitung

Ein Kollektor, auch ein effizienter, macht allein keine Solaranlage. Wesentliche Komponente ist der Solarspeicher, der die im Kollektor in Wärme umgewandelte Solarstrahlung für einen späteren, strahlungsfreien Zeitpunkt abrufbar hält.

Bild 5 zeigt das Schema eines aus Kollektor und Speicher bestehenden Kollektor-Kreislaufs, bei dem eine Umwälzpumpe den Medienfluß und damit den Wärmeabtransport aus dem Kollektor besorgt (sog. Zwangsumlauf-System).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

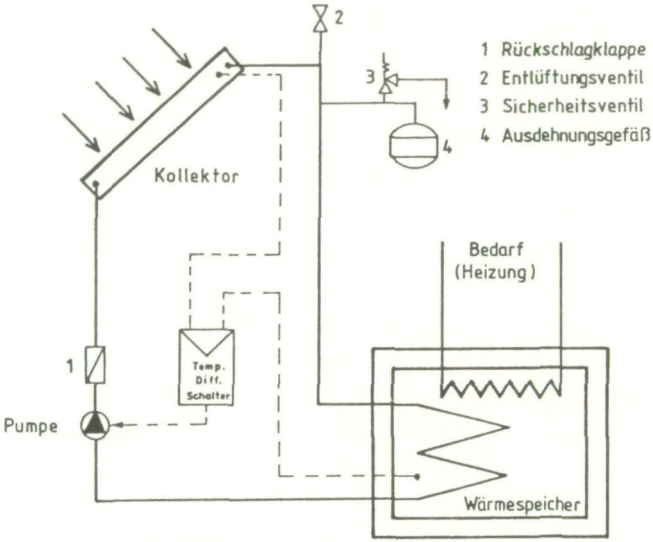


Bild 5 Kollektorkreislauf, schematisch

Ein Temperaturdifferenzregler schaltet die Pumpe ein, wenn die Temperatur im Kollektor 6 bis 8 Grad höher ist als im Speicher; dadurch setzt sich das Wärmeträgermedium in Bewegung, und Wärme wird aus dem Kollektor für die spätere Nutzung in den Speicher transportiert. Als Speichermedium eignet sich Wasser am besten, weil es die höchste spezifische Wärmekapazität hat und zudem billig ist. Mittels Wärmetauscher kann die Wärme problemlos eingelagert und effizient auch wieder entnommen werden.

Die Schwimmbaderwärmung ist der klassische An-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wendungsfall, bei dem das Wasserbecken zugleich Speicherfunktion erfüllt. Besonders günstig liegen die Verhältnisse bei Freibädern, weil die Nutzung vornehmlich im Sommer erfolgt, also Bedarf und Solarangebot "gleichphasig" sind. Weiterer Vorteil (und Effizienz-steigernd) bei dieser Art der Nutzung ist die nur geringfügige Anhebung der Temperatur von etwa 5 bis maximal 8 Grad. Daher sollten alle beheizten öffentlichen Bäder bald auf Solarheizung umgestellt werden, weil dies die sinnvollste Nutzung der Sonnenenergie ist.
Die solare Brauchwassererwärmung ist die nächst höhere Nutzungsform der Sonnenstrahlung, wenn hier von einer Klassifizierung gesprochen werden kann. Sehr viel Energie wäre einzusparen, wenn wir unser warmes Wasser im Sommer anstatt mit dem Ölkessel, der dann einen besonders schlechten Wirkungsgrad hat, mit Hilfe der Sonnenenergie bereiteten. Hier sind etwa 1,5 m^2 Kollektorfläche pro Person nötig, effiziente, günstig orientierte Kollektoren und ein mittlerer Wasserverbrauch (50 Liter pro Person und Tag) vorausgesetzt.

Eine Neuentwicklung ist der sog. Speicherkollektor (Bild 6), ein Aggregat, bei dem der Energiesammlerteil mit dem Speicherteil kombiniert ist. Er hat eine besondere Abdeckung, die aus einer Glasscheibe mit darunter liegender Polykarbonat-Wabenstruktur von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

8 bis 10 cm Dicke besteht. Sie hält die Wärmestrahlung noch besser zurück als das einfache Glas. Dadurch gelingt es, die Kollektorwärme auch industriell, d.h. auf höherem Temperaturniveau, zu nutzen, oder im Fall der üblichen Brauchwasserbereitung die abendliche Wassertemperatur selbst bei schwachen Nachtfrösten bis zum nächsten Morgen nahezu konstant zu halten.

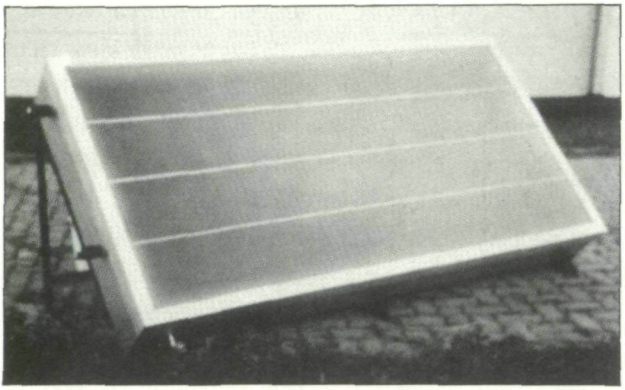


Bild 6 Speicherkollektor mit 220 Liter Wasservolumen

Die Einheit von Speicher und Kollektor vereinfacht die Installation der solaren Warmwasseranlage beträchtlich, weil sie diese zu einem einzigen Wärmeerzeugungselement zusammenschrumpfen läßt, das wie ein normaler Durchlauferhitzer installiert und genutzt werden kann.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Teilheizung mit Sonnenenergie

Die solare Heizung stellt eine sehr anspruchsvolle Nutzung der solar-thermischen Umwandlung dar.
Im Gegensatz zur Warmwasserbereitung im Sommer fällt der Heizwärmebedarf im Mittel in eine Zeit der geringen Strahlungsintensität, erfordert also ein "intelligentes" Verrohrungsschema und eine effiziente Speicherung der Solarwärme. Es gibt aber auch prinzipielle Unterschiede im Nutzungscharakter der beiden photothermischen Anwendungen, selbst wenn man für beide die Winternutzung zugrundelegt.
Ein Brauchwassersystem wird im Normalfall mit kaltem Leitungswasser von 10 bis 12 °C gespeist, so daß ein hochwertiger Sonnenkollektor auch bei geringer Bestrahlungsstärke noch Nutzenergie abgeben und den Speicherinhalt wenigstens vorwärmen kann, effiziente Wärmetauscher und Regelung vorausgesetzt. Die Strahlung wird dann, wie der Physiker sagt, **exergetisch** genutzt (Exergie = aus einem System extrahierbare Energie; ex, lat. heraus).

Bei der solaren **Heizwärme**-Versorgung liegen die Verhältnisse ganz anders: hier muß die Einstrahlung so stark sein, daß am Kollektorausgang eine Temperatur erreicht wird, die mindestens 10 K über der Vorlauftemperatur der Heizung liegt, damit die im Heizsystem "verbrauchte" Wärme wieder ersetzt werden kann.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Vorlauftemperatur einer Heizung ist nun aber keine feste Größe, sondern hängt — außer von der vorhandenen (bzw. im Fall eines Neubaus von der gewählten) Heizverteilung — etwa linear von der Außentemperatur und — ganz entscheidend—von der Gebäudedämmung ab. In gut gedämmten Gebäuden wird auch im mitteleuropäischen Klima eine Niedertemperaturheizung, z.B. ein Fußboden- oder ein Warmluft-Heizsystem mit Vorlauftemperaturen von 30 bis 45 °C völlig ausreichen. Die starke Interdependenz der solartechnischen von den baulichen Erfordernissen ist evident.
Am einfachsten ist daher die solare Übergangsheizung zu realisieren, also die Heizung im Herbst und Frühjahr (und, falls nötig, an kühlen Sommertagen), wenn die Sonne noch — oder schon wieder — relativ kräftig scheint und gleichzeitig der Heizwärmebedarf gering, also die Vorlauftemperatur niedrig ist.

Das so entstehende Kollektor-Speicher-Gesamtsystem hat also zwei Wärmespeicher, einen für die Brauchwasserversorgung und einen zweiten zur Einlagerung der Überschußwärme aus dem Kollektorfeld, das nun um einiges größer sein muß, als es für die reine Brauchwasserbereitung erforderlich wäre.
Seine Größe richtet sich nach den örtlichen Einstrahlungs- und Klimaverhältnissen, seine Effizienz nach den baulichen. Als Richtwert kann gelten: ca. 20 m^2

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kollektorfläche bei 6 m³ Wasserspeichervolumen, effiziente Kollektoren, Südorientierung und optimale Kollektorneigung gegen die Horizontale (etwa gleich der geographischen Breite) zugrundegelegt.

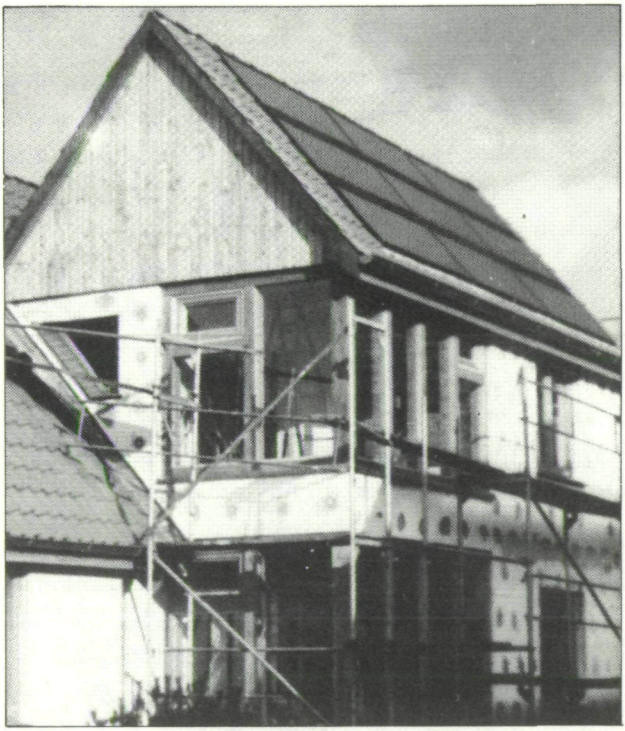


Bild 7 Beispiel einer Kollektoranlage für solare Übergangsheizung in Bad Schwartau bei Lübeck, geogr. Breite 54°

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bild 7 gibt ein Beispiel für eine solche Anlage. Hier wurde die bauliche Erweiterung eines bestehenden Einfamilienhauses dazu benutzt, neben der solaren Brauchwasserversorgung auch eine solare Teilheizung einzubauen.

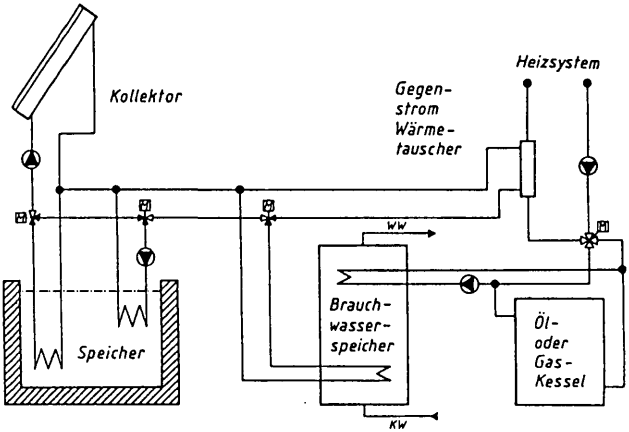


Bild 8 Verrohrungsschema der Anlage in Bild 7. Kollektorfläche 18 m²; Volumen des (Wasser-) Pufferspeichers 5,5 m³

Wie das Verrohrungsschema (Bild 8) erkennen läßt, wurde der vorhandene fossile Heizkessel in das solare Wärmeversorgungssystem integriert; er übernimmt die Heizarbeit während der kalten und sonnenarmen Wintermonate. Im Sommerhalbjahr erfolgt die Brauchwasserbereitung aus dem 18 m² großen Kollektorfeld unmittelbar oder — an Tagen mit nicht

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ausreichender Einstrahlung—über den, von vorhergehenden Sonnentagen noch vorhandenen Wärmeinhalt des 5,5 m^3 Pufferspeichers, aus dem auch in der Übergangszeit und an kühlen Sommertagen die Heizarbeit geleistet wird. Auch an klaren, sonnigen Wintertagen kann die dann reichlich anfallende Solarwärme unmittelbar über den Gegenstromwärmetauscher im Heizsystem genutzt werden. (Selbst bei beispielsweise - 10° C Außentemperatur werden in guten Kollektoren + 60 ° erreicht.) Die Regelung, eine aus mehreren, miteinander verknüpften Temperaturvergleichern bestehende Einheit, koordiniert die diversen Pumpen- und Ventil-Funktionen.

Eine besondere Art der solaren Teilheizung, und zugleich eine bisher noch nicht realisierte Nutzung des Wärmerohrkollektors (s. o.) ist die Anhebung der Rücklauftemperatur in einem Nah - oder Fernwärmenetz.
Normalerweise wird die im Heizkraftwerk erzeugte Wärme vom Verbraucher, z.B. einer angeschlossenen Wohnsiedlung oder einem Industriegebiet, genutzt. Dabei kühlt sich das Wärmeträgermedium ab und fließt bei tieferer Temperatur zum Heizkraftwerk zurück. Dort wird seine Temperatur wieder angehoben, ganz analog dem Kreislauf im gewöhnlichen Heizkesselbetrieb eines Ein- oder Mehrfamilienhauses.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Wir erweitern nun den Heizkreis und installieren zusätzlich eine Reihe von Wärmerohrkollektoren, und zwar so, daß der Rücklauf des Wärmeträgermediums durch die Kühlzone der Wärmerohrkollektoren fließt (Bild 9).

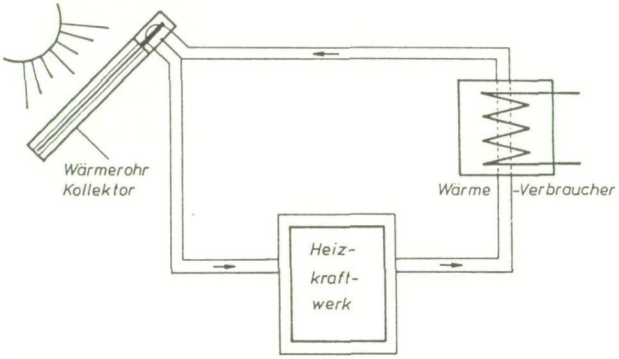


Bild 9 Solare Rücklauftemperaturanhebung in Fernwärmenetzen mittels Wärmerohr-Kollektoren, schematisch

Scheint die Sonne, bzw. ist ausreichende Strahlung vorhanden, so wird von der Kollektor-Anordnung Wärme erzeugt und dadurch die Temperatur des Mediums im Kreis angehoben; das Heizkraftwerk kann abgeschaltet bleiben. An strahlungsarmen Tagen wird von den Kollektoren keine nutzbare Wärme erzeugt. Da aber, wie oben erwähnt, im Wärmerohrkollektor Wärme nur von unten nach oben transportiert wird, und nicht umgekehrt, kühlt sich das vom

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Verbraucher kommende Medium hier nicht weiter ab, erwärmt sich aber auch nicht. Es fließt daher unbeeinflußt zum Heizkraftwerk zurück, wo seine Temperatur in der üblichen Weise wieder angehoben wird.
Dieser Vorgang geht, und darauf sei besonders hingewiesen, ohne Regelung und ohne zusätzliche Umwälzpumpe, d.h. ohne zusätzliche periphere Technik, vor sich. Wird solare Nutzwärme erzeugt, so wird sie im System genutzt. Hat die in der Kollektorbatterie entstehende Wärme wegen unzureichender Bestrahlungsstärke ein für die Nutzung zu geringes Temperaturniveau, d.h. nicht wenigstens 20 bis 25 K über der Rücklauftemperatur, so bleibt sie ungenutzt, was den Gesamt-Heizkreis aber nicht beeinflußt.

Solare "Vollheizung". Das Lübecker Solarheizkonzept

Die anspruchsvollste Art der Nutzung der photothermischen Umwandlung ist die ganzjährige Heizwärmeversorgung. Dabei kann es sich in unseren Breiten aber nicht um eine hundertprozentige solare Wärmebedarfsdeckung handeln; dafür variiert das Solarangebot im Jahresverlauf zu stark.
Insbesondere besteht in Mitteleuropa ein ausgeprägtes Ungleichgewicht zwischen Winter- und Sommereinstrahlung: In Hamburg, beispielsweise, ist die Bestrahlungsstärke der drei sonnenreichsten Som-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

mermonate sechs mal so hoch wie die der drei sonnenärmsten Wintermonate. Daher soll unter solarer "Voll"-Heizung ein Konzept verstanden werden, das die photothermische Wandlung des Jahres-Strahlungsangebots optimal und auch unter ökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll, und weitgehend unter Verzicht auf den herkömmlichen Heizkessel bei möglichst niedrigem Fremdenergieeinsatz für die winterliche Heizarbeit nutzt.

Ganz ohne Fremdenergie könnte man in unseren Breiten nur mit einem ökonomisch kaum vertretbar großen Kollektorfeld (80 bis 100m²) und einem etwa 150 m³ großen (Wasser-) Speicher die Jahres-Heizarbeit solar erbringen. Ein solches Ein-Speicher Solarsystem wurde zwar in Dänemark realisiert, dürfte aber aus Kostengründen kaum Nachahmer finden.
Besser erscheint ein Konzept, bei dem das Jahres-Strahlungs-Ungleichgewicht durch technische Hilfsmittel gemildert wird, auch wenn dann ein gewisses Maß an Fremdenergie erforderlich ist. Gemeint ist der Einsatz einer Klein-Wärmepumpe in Verbindung mit einem Kollektor-Doppelspeicher-System (Bild 10).
Die Funktion des Wärmeerzeugers wird hierbei von einem Heizspeicher übernommen (in Bild 10 als "Tagesspeicher" bezeichnet), der zu Beginn der Heizperiode (sowie an Wintertagen mit ausreichender Einstrahlung) vom Kollektorsystem, und in der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

strahlungsarmen Zeit von der Wärmepumpe aufgeladen wird. Seine Temperatur variiert—je nach Außentemperatur (und Güte der Gebäudedämmung)—zwischen 35 und 50 °C. Bei einem Haus der Standardgröße (130 m² beheizte Fläche) ist ein Volumen von 3 bis 4 m³ ausreichend, Wasser als Speichermedium angenommen.

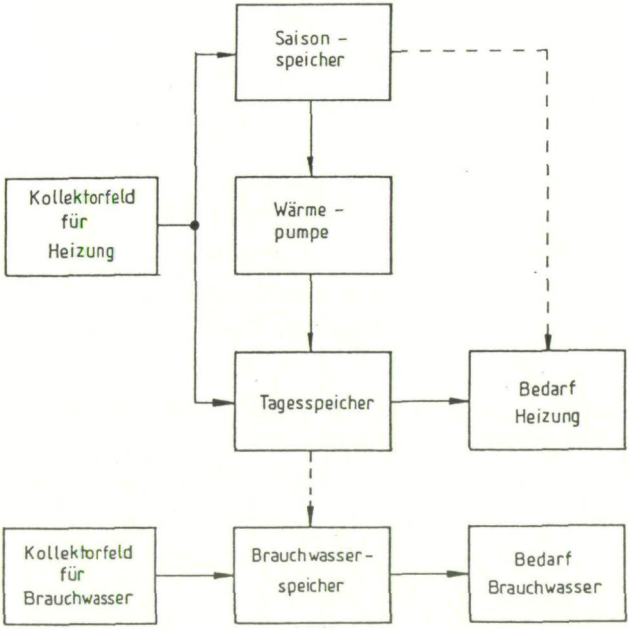


Bild 10 Blockschema des Kollektor-Doppelspeicher-Wärmepumpen-Heizkonzept des Lübecker Solarhauses

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Daneben ist ein zentraler Wärmespeicher nötig ("Saisonspeicher" in Bild 10), der die Strahlungswärme des Sommers speichert, gelegentliche Heizarbeit während des Sommers, sowie die der Übergangszeit leistet und im Winter das Wärmereservoir für die Wärmepumpe darstellt. In der letztgenannten Eigenschaft fungiert er nach Abkühlung des Speichers auf 0 °C auch als Eis-Latentspeicher.
Das Konzept hat gegenüber einem Ein-Speicher-Kollektor-System zwei ganz wesentliche Vorzüge:
- Es entsteht kein Sommer-Wärmeüberschuß, weil der Frühsommer-Strahlungsüberschuß zunächst dazu benutzt wird, den Speicher wieder aufzutauen.

- Auch die schwache Wintereinstrahlung, die im Ein-Speicher-System verloren geht (s.o.), kann energetisch sinnvoll— wenn auch nur energetisch als Wärmenachschub für die Wärmepumpe — genutzt werden, weil durch den Wärmepumpenbetrieb der Speicher "künstlich" auf Gefriertemperatur abgekühlt wird. Durch den ständigen Energie-Nachschub kann das Speichervolumen auf 17 bis 18 m^3 begrenzt bleiben. Als Wärmepumpe genügt ein Aggregat (entweder als Kompressor- oder als Absorptions-Wärmepumpe konzipiert), das im Vereisungsmodus eine Heizleistung von 4 bis 5 kW erbringt, sofern das Gebäude sehr gut wärmegedämmt ist (mittlerer k-Wert 0,3 bis 0,35 W/m^2K). Letzteres ist eine ganz wesentliche

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Voraussetzung für das Funktionieren des solaren Heizkonzepts.
Die Brauchwasserversorgung kann in das Kollektor-Doppel-Speichersystem integriert, oder aber (energetisch sinnvoller, vergl. oben) mittels eigenem, kleinerem Kollektorfeld sichergestellt werden. Für die Winterversorgung ist dann eine geeignete Ankopplung an das solare Heizsystem angebracht. Auf Details kann hier nicht eingegangen werden. (siehe z.B. Weik, "Das Solarhaus-Experiment der FH Lübeck. Entwicklungen - Ergebnisse - Chancen"; FH Lübeck, Okt. 1988).

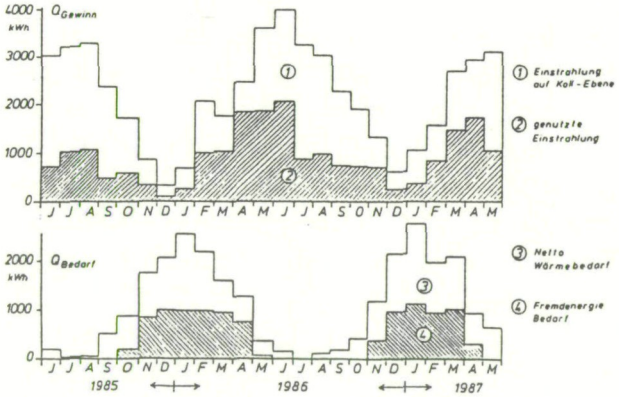


Bild 11 Energiegewinn- und Wärmebedarfsbilanz des Lübecker Solarhauses in den Betriebsjahren 1985/86 und 1986/87

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Bild 11 zeigt die Ergebnisse, die mit einem solchen (aktiven) Kollektor-Doppelspeicher-Solarsystem in dem an der Fachhochschule Lübeck 1980 bis 1982 errichteten und 5 Jahre von einer Familie bewohnt gewesenen Einfamilien-Demonstrationshaus in den Jahren 1985 bis 1987 erzielt wurden.
Das Gebäude ist ein gewöhnliches Satteldachhaus mit First in Ost-West-Richtung. Es hat eine Kerndämmung (zwischen dem doppelschaligen Mauerwerk) mit einem mittleren k-Wert von 0,35 W/m^2k. Zwecks optimaler Winternutzung der Sonnenstrahlung wurde einer Neigung des Süddachs von 60° gegen die Horizontale gewählt (geogr. Breite von Lübeck 54°). Betrieben wurde die Solaranlage mit 28 m^2 Kollektoren für die Heizung und 3 m^2 für die Brauchwasserbereitung, die für die Winterversorgung mittels Wärmerohrverbindung an den Heizspeicher angekoppelt war.

Außer einem 370 Liter-Brauchwassertank hatte das System einen Tages-(Heiz-)Speicher von 3,5 m^3 und einen Saisonspeicher von 18 m^3. Die Wärmepumpe war eine elektrische Kompressor-Wärmepumpe von 2 kW Anschlußwert. Sie soll aber durch eine Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe ersetzt werden, sobald ein geeigneter Prototyp verfügbar sein wird. (H. Stierlin, J.R. Fergusen, Newsletter of the IEA Heat Pump Center, 6, Nr. 4, p. 13-16, Dec. 1988). Tabelle 1 gibt Zahlenwerte über das Betriebsverhalten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

des Heizsystems während der kontinuierlich vermessenen Jahre 1985/86 und 1986/87, die beide einen ausgesprochen hohen Wärmebedarf hatten. Dennoch war es möglich, wie auch aus Bild 11 hervorgeht, den Fremdenergiebedarf nur auf die reinen Wintermonate beschränkt zu halten.

Betriebsdaten des Lübecker Solarsystems in den Betriebsjahren 1985/86 und 1986/87

		1985/86	1986/87
Klimadaten			
Gradtagzahl (nach VDI-2067)	[Kd/a]	4358	4489 *
mittl. Lufttemperatur während der Heizzeit	[°C]	4,7	4,5 **
Meßwerte			
Einstrahlung in die Kollektorebene	[MWh/a]	25,4	28,1
in die Speicher eingelagerte Solarwärme	[MWh/a]	10,4	11,6
Netto-Wärmebedarf des Hauses	[MWh/a]	13,5	12,9
Energiebedarf der Wärmepumpe	[MWh/a]	5,8	4,9
Daraus abgeleitete Betriebsdaten			
Kollektor-Wirkungsgrad	[%]	41	41
Speicher-Wirkungsgrad	[%]	75	69
System-Wirkungsgrad	[%]	31	29
solare Deckungsrate	[%]	57	62

Legende:

* Langzeitmittelwert für Kiel, 1975-85 4137 Kd

** Langzeitmittelwert 5,3 °C

Tabelle 1 Betriebsdaten des Lübecker Solarhauses während der Jahre 1985 bis 1987

Bemerkenswert ist die mit 60 % relativ hohe solare Deckungsrate, also der Anteil am Wärmebedarf, der aus der Strahlung gedeckt werden konnte. Er wird sich noch erhöhen, wenn die im Sommer 1989/90

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ausgeführte Teilverglasung der Haussüdseite eine sog. **Passive Sonnenenergienutzung** zuläßt, womit das Gebäude zum Demonstrationsobjekt für eine kombinierte passiv-aktive Solarnutzung wird (Bild 12).

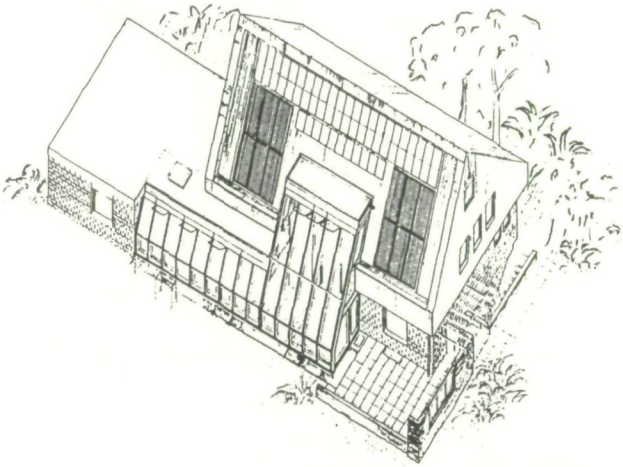


Bild 12 Kombination von passiv-aktiven Solarmaßnahmen zur Heizwärmeversorgung von Wohngebäuden; dargestellt am Beispiel des Lübecker Solarhauses

Schlußbetrachtungen

Mit einigen, über die technischen Details der Sonnenenergienutzung hinausgehenden Betrachtungen soll diese Abhandlung abgeschlossen werden. Sie berühren zunächst die vordergründig evidenten wie die

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

tieferen, vorwiegend nur naturwissenschaftlich begründbaren Argumente für den dringend notwendigen Übergang vom fossilen zum Solarzeitalter und gehen schließlich auch der philosophisch-psychischen Frage nach, ob wir — selbst wenn die Einsicht vorhanden wäre, eine "richtige Weichenstellung" vorzunehmen — den Willen haben **können**, zu tun, was wir für das Überleben der Menschheit für richtig halten.

Der Mensch ist das einzige Wesen, das von der Evolution mit einer Intelligenz ausgestattet wurde. Dank dieser Intelligenz entdeckte der **homo sapiens** das Feuer; vor Urzeiten das Flammenfeuer, vor einem halben Jahrhundert das atomare. Aber die Intelligenz des homo sapiens scheint — zumindest in seiner Allgemeinheit — nicht soweit entwickelt zu sein, daß er die Gefahren erkennt, die durch beide Feuer seiner eigenen Spezies drohen.

Das atomare Feuer kann, wie wir inzwischen alle wissen, die gesamte Menschheit mehrfach auslöschen, wenn es als Waffe verwendet wird; aber auch in der sog. **friedlichen** Anwendung ist es — ganz abgesehen von den oben genannten ethischen Bedenken — nicht risikolos beherrschbar, es sei denn durch einen **absolut perfekten** Menschen. Tschernobyl war ein Menetekel, aber wir haben es nicht als solches wahrgenommen. Das Flammenfeuer, von jeher Symbol für anthropo-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gen erzeugte Energie, schien lange Zeit unbedenklich in der Hand des Menschen. Doch auch hier beginnt sich, wie einleitend erwähnt, langsam die Erkenntnis durchzusetzen, daß in einer sich potentiell vermehrenden Erdbevölkerung bei bedenkenlosem und nur auf materiellen Gewinn bedachtem Gebrauch latente Gefahren für unser Klima bestehen, und damit langfristig für unser Überleben. Aber es ist zu befürchten, daß wir auch hier die Warnzeichen milder und stürmischer werdenden Winter übersehen oder sie falsch interpretieren und zur Tagesordnung übergehen.
Wir sollten lernen, die beiden Feuer unter Kontrolle zu bringen; für das atomare Feuer heißt das, es sofort gänzlich zu 'löschen', und für das Flammenfeuer, es auf ein für die Umwelt (und das ist unbestreitbar die Mit-Welt des Menschen) und die Nach-Welt der heutigen Generation ungefährliches Maß zu reduzieren.

Wo aber sind Auswege? Was kann an die Stelle insbesondere der Verbrennung von fossilen Energiestoffen treten, und gibt es außer den sich allmählich erschöpfenden Energiestoffvorräten und der drohenden Klimakatastrophe noch andere wichtige, weniger sinnfällige Gründe, die in der langen Menschheitsgeschichte so bewährte Art der Energieerzeugung zu verlassen und neue Wege zu gehen?
Die Physik liefert ein weiteres, sehr gewichtiges Ar-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gument mit dem Energie- bzw. Entropie-Fließgleichgewicht, in dem sich die Erde mit ihrer Umgebung seit Jahrmillionen befindet, und das der **homo technicus** empfindlich zu stören beginnt. Zu welchen Konsequenzen solche Störungen führen können, sei stark vereinfachend zunächst am 'System Mensch' erläutert. (Für eine detaillierte Darstellung, insbesondere bezüglich der Gültigkeit des Entropie-Modells für das System 'Mensch', sei auf die Spezialliteratur verwiesen, z.B. auf Ervin Laszlo, "Global denken", Horizonte Verlag, Rosenheim 1989, S. 154/55).

Wegen des Austauschs von Energie und Materie mit seiner Umgebung wird der menschliche Organismus als **offenes System** bezeichnet; die Körpertemperatur von 37 °C ist das Ergebnis des thermischen Gleichgewichts zwischen der durch interne, chemische Umsetzungen erzeugten Körperwärme und der Wärmeabgabe des Körpers an die Umgebung, mit der außerdem Materie ausgetauscht wird: Aufnahme von Nahrung und Ausscheidung der Reststoffe.Durch Störung des thermischen (und chemischen) Gleichgewichts, z.B. erhöhte innere Wärmeproduktion infolge krankhafter Veränderungen im Orgasmus, kann das System, falls nicht für ungehinderte Wärme- oder Materieabgabe (oder beides) gesorgt wird, an nicht über die Systemgrenzen abgeführter Entropie zugrundegehen. (Entropie — griechisch, das 'Nicht-verwandelbare' —

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ist ein Maß für die bei einer Energieumwandlung gleichzeitig erzeugte, im System gebundene und daher nicht weiter nutzbare Wärme, bzw. den damit verbundenen **Wertverlust** der Energie.)

Im Unterschied zum menschlichen Organismus ist die Erde ein **geschlossenes System**, was besagt, daß zwar Energie- aber kein Materieausgleich mit der Umgebung (Sonne bzw. Weltall) stattfindet. Im Laufe der Entwicklungsgeschichte hat sich hier ein **Entropiefluß**-Gleichgewicht herausgebildet: die von der Sonne durch die Systemgrenzen zur Erde transportierte Strahlungsenergie, die eine Quelle von **freier**, weil arbeitsfähiger Energie und infolgedessen **negativer** Entropie ist, kompensiert die von der Erde System-intern durch natürliche Prozesse erzeugte und ins Weltall abgestrahlte Wärme (positive Entropie). Das Entropie-Fließgleichgewicht im 'System Erde' wird seit Beginn der Industrialisierung in zunehmendem Maße dadurch gestört, daß die Industrieproduktion und die Wärmekraftwerke (auch die Kernkraftwerke) eine zusätzliche Wärmelast erzeugen. Prinzipiell kann zwar eine Energie-Entwertung durch Zufuhr von freier Energie rückgängig gemacht werden, daher bleibt die Störung des Gleichgewichts (theoretisch) unkritisch, solange 'Import' und Nutzung der Sonnenstrahlung die durch Verbrennung fossiler Energieträger (und in Kernkraftwerken) anthropogen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in irreversiblen Prozessen erzeugte Entropie ausgleichen und die Erde sich der Abfallwärme durch die Systemgrenzen entledigen kann.
In der Realität ist das System Erde **als Ganzes** aber bestenfalls metastabil, weil infolge der räumlich variablen Einstrahlung und/oder Entropieerzeugung nur unvollständige und selten über längere Zeit andauernde Kompensationen möglich sind. Da zudem die Entropiezunahme auf unserem Planeten und die (in derselben fatalen Richtung wirkende) Entropieexport-hemmende $C0_2$-Produktion lokal ungewöhnlich hohe Werte erreicht haben, die der homo technicus der Industrienationen nicht gewillt ist, durch drastische Änderung seiner Lebensgewohnheiten sowie der gesellschaftlichen und energiepolitischen, profitorientierten Strukturen abzubauen, kann es jederzeit zu kritischen Instabilitäten kommen.

Eine Lösung des Energieproblems kann, so wurde in dieser Abhandlung gezeigt, neben dem rationellen Umgang mit Energie die Nutzung der regenerativen Energien sein; sie entspricht auch der energetischen Logik:
Nur die Sonnenenergie ist eine Kreislaufenergie; ihre Nutzung — in der direkten Form als Sonnenstrahlung ebenso wie in den Sekundärformen — schließt eine zusätzliche, über die natürliche Erwärmung hinausgehende Wärmelast der Atmosphäre aus und vermag

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

damit das thermische Gleichgewicht der Erde zu erhalten. Insofern ist sie von prinzipiell anderer 'Qualität' als die herkömmlichen Energieformen, was schon daraus folgt, daß sie der Erde von außerhalb ständig zufließt, also ein kontinuierliches Energie-**Einkommen** darstellt, während die Verbrennung der fossilen Energieträger (außer den nachwachsenden Holzbeständen) der langsamen Aufzehrung des erdeigenen Energie-**Kapitals** gleichkommt.

Daß dieses Energie-Kapital an Kohle, Öl und Erdgas begrenzt ist (auch wenn wir immer noch bisher unbekannte Lagerstätten ausmachen und abbauen) und durch den ungezügelten Verbrauch ständig, und zwar mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt, wissen wir längst, wollen es aber (noch) nicht wahrhaben und vertrauen darauf, daß der technische Fortschritt uns immer wieder neue, irgendwie brauchbare Lösungen beschert. Unsere hedonistische Lebensart, die Nach-mir-die-Sintflut-Mentalität der reichen Industrienationen, läßt uns nicht an das Morgen und die möglichen Nöte der nachfolgenden Generationen denken. Es steht also gar nicht die Lösung eines technischen Problems an, sondern es ist primär eine **gesellschaftspolitische Fragestellung** von globalem Ausmaß, die bald einer befriedigenden Lösung zugeführt werden muß. Für ihre Umsetzung ist der politische Wille unabdingbar, auch wenn es darüber, z.B. wegen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Internalisierung der von den herkömmlichen Energieträgern verursachten erheblichen, externen Kosten (die einfach kein Tabu mehr sein darf) zu Zielkonflikten mit der heute die politische Willensbildung stark beeinflussenden Wirtschaft kommen mag. Diese Risiken müssen in Kauf genommen werden; denn nichts ist höher zu veranschlagen als die energiepolitische, zugleich von einer tiefen Verantwortung gegenüber dem Menschen getragenen Vernunft.
Es muß aber schnell gehandelt werden; denn die Lösung der CO_2-Verseuchung der Atmosphäre duldet keinen Aufschub. Wenn das Ziel der Torontokonferenz (1988), bis zum Jahr 2005 den CO_2-Ausstoß um 20 % zu senken, erreicht werden soll, muß jetzt mit einer in die Breite wirkenden Substitution der herkömmlichen Energieträger durch regenerative Energien begonnen werden, weil Informationsarbeit, volle Akzeptanz und Umrüstung auf das notwendige Ausmaß mindestens ein Jahrzehnt dauert, und weil die Umweltsünden, die wir bis heute begangen haben, sich noch etwa 10 Jahre lang auf das Klima auswirken werden, selbst wenn wir heute damit aufhörten.

Die dafür nötigen Techniken stehen bereit; sie sind — obschon hochentwickelt — einfach und überschaubar, mit einem Wort: **humane Technik für jedermann.** Ihr konsequenter Einsatz wird mit Notwendigkeit zu Strukturänderungen in der Energiewirtschaft führen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die dadurch gekennzeichnet sind, daß der Sonnenenergienutzer als Energieselbstversorger den Bedarf der auf dem Markt nachgefragten herkömmlichen Energie mindert. Da aber dieser Vorgang nicht abrupt einsetzt, bleibt der Energiewirtschaft Zeit, sich darauf einzustellen.

Technisch wie gesellschaftspolitisch ist der Übergang vom fossilen zum solaren Energiezeitalter also ohne Bruch durchführbar. Es ist daher eine globale Aufgabe aller Verantwortung tragenden, im Zusammenwirken und mit Unterstützung der Medien und der gesellschaftspolitisch wirkenden Gruppen einen Erziehungsprozeß einzuleiten mit dem Ziel, einen grundlegenden Bewußtseinswandel herbeizuführen. Nur so wird es möglich sein, an der vor uns liegenden Weggabelung in der Entwicklung unseres Planeten die Alternativen zu sehen: entweder in falsch verstandenem Liberalismus (und im Rahmen von Wahlgeschenken) alles so laufen lassen wie bisher, nämlich weiter in die Naturprozesse eingreifen, mit der begonnenen Umweltzerstörung fortfahren und die zukünftige Entwicklung dem Zufall überlassen, — — oder aber die Herausforderung unserer Zeit annehmen und mit der dem Menschen gegebenen Intelligenz in einer **'holistischen Allianz' von Wissenschaft, Kunst, Religion und Erziehung** (Laszlo) den erforderlichen, zielgerichteten Kulturwandel versuchen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Es wird dann sicher keinen Zweifel geben, welchen von beiden Wegen wir einzuschlagen haben. Aber es ist zu fragen, ob wir den Willen haben **können**, unser Verhalten der Schöpfung gegenüber wirklich zu ändern. Die Pessimisten werden auf Schopenhauer verweisen, der in den "Philosophischen Aphorismen" (Insel-Verlag, S. 347 der Ausgabe 1924) schreibt: "Der Wille hat zwar eine metaphysische Freiheit, aber keine empirische. Der intelligible Karakter ist frei, der empirische ist necessitirt!"
Dagegen werden die Optimisten an die Ergebnisse der modernen Physik erinnern, wonach der Gesamtweg nicht in jeder Einzelheit determiniert ist, sondern genügend Spielraum für freie Entscheidungen nach der einen wie nach der anderen Seite bleibt. Diese ihr gewährte (vielleicht nur kleine) Chance der Entscheidungsfreiheit **muß** die Menschheit dazu benutzen, durch gezielte Verwendung des reichen und stetigen solaren Energieflusses die weitere Entwicklung des Planeten auf einen Pfad zu lenken, der das komplexe und vielfach vernetzte System Erde aus der drohenden Instabilitätskrise in den stabilen Ordnungszustand zurückführt.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Helmut Weik,
Fachhochschule Lübeck, Stephensonstr. 3, D-2400 Lübeck

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 129

Autor(en)/Author(s): Weik Helmut

Artikel/Article: Nutzung der Sonnenenergie in der Haustechnik. 11-54