

Prof. Rolf Hanitsch (rechts) und Mitglieder seiner Arbeitsgruppe „Neue Technologien in der Energiewandlung“ vor einem 1-kW-Solargenerator an der Technischen Universität Berlin

Solaranlagen individuell planen

Erfahrungen, gesammelt mit solarthermischen Forschungs- und Demonstrationsanlagen

von Rolf Hanitsch

Die Erfahrungen aus dem mehrjährigen Betrieb von Solarforschungsanlagen zur Warmwasserbereitung und aus der langjährigen meßtechnischen Begleituntersuchung von zahlreichen Anlagen zur Warmwasserbereitung lassen den Schluß zu, daß Solaranlagen für den mitteleuropäischen Raum eine sinnvolle Ergänzung zu den konventionellen Systemen darstellen können. Welche Rolle spielt der Wirkungsgrad des Kollektors beim Solarsystem?

Diese Frage kann allein in Zusammenhang mit einer bestimmten Anwendung und einem gegebenen Klima beantwortet werden. Beispiele:

1. Kollektoren mit Glas- oder Kunststoffabdeckungen sind, wenn neuwertig, einander gleichwertig. Alterungseffekte des Kunststoffs (z.B. UV-Strahlung) können, je nach Material, die Transmission bis zu 10 % in kurzer Zeit herabsetzen.

2. Die besten einfach verglasten Kollektoren sind in ihren Kenngrößen bes-

ser als die schlechtesten doppelt verglasten Typen.

Bei der Abschätzung des Wärmeertrags und somit der Wirtschaftlichkeit gehen je nach Kollektorentemperatur, Standort und Jahreszeit entweder die optischen oder die thermischen Eigenschaften prägende in die Rechnung ein. Unterdimensionierte Kollektorflächen sind unter allen Umständen zu vermeiden. Experimentelle und theoretische Untersuchungen haben gezeigt, daß es relativ leicht ist, 60 bis 65 % des Brauchwasserbedarfs mit Solarenergie zu decken. Für die folgenden 30 % benötigte man bereits die fünffache Kollektorfläche!

Mit den bisher bekannt gewordenen Rechenprogrammen für Solarsysteme besteht die Tendenz, zu hohe Erträge zu berechnen, denn es handelt sich meistens um statische Rechenmodelle, und somit werden dynamische Effekte (z.B. Auf- und Abwärmen der Kollektoren) nur unvollständig berücksichtigt. Einsparungen durch Sonnenenergienutzung lassen sich in der Regel nur durch eingebaute Präzisionsmeßeinrichtungen genau nachweisen. Die bisher bekanntgewordenen Meßergebnisse lassen folgendes erkennen:

Die Verluste in Solaranlagen sind höher als allgemein vermutet wird. Systemwirkungsgrade liegen bei ca. 35 % und zum Teil sogar darunter. Diese Ergebnisse erhält man mit Kollektoren der

„1. Generation“. Mit den heute erhältlichen Kollektortypen der „2. Generation“, z.B. den Vakuum-Kollektoren, erzielt man erheblich bessere Werte für den Systemwirkungsgrad und die solare Deckungsrate.

Die Zirkulationsverluste in solaren Warmwasserbereitungsanlagen sind beachtlich: sie können die Hälfte des Tageswärmeverbrauchs und mehr betragen. Die Speicherverluste sind ein Vielfaches dessen, was aufgrund der Wärmedämmung erwartet werden kann.

Angesichts dieser Beobachtungen ist es angebracht, der Auslegung und Steuerung der Zirkulationskreisläufe sowie den Speicherverlusten vermehrt Aufmerksamkeit zu schenken. Eindeutig ist zu erkennen, daß es wirtschaftlich sinnvoll ist, die Speicherverluste und Zirkulationsverluste zu reduzieren, denn in den seltensten Fällen werden diese Verlustposten aufgrund der Aufstellung der Speicher und Leitungsführung einen Beitrag zur Raumheizung liefern.

Die große Gewichtung des Kollektors bei Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist aufgrund unserer Erkenntnisse – bis zur Hälfte der am Kollektor anfallenden Energie geht verloren – nicht sinnvoll. Die im folgenden aufgezeigten Problemfelder an solarthermischen Anlagen beziehen sich auf den Kollektorkreis, die Regelung sowie den Speicher und die Nacherwärmung.

Konstruktive Probleme

Die Anschlüsse des Kollektors lassen nicht bei allen Herstellern eine einfache System-Verrohrung zu. Je nach Schaltung (seriell, parallel oder Serien- und Parallelschaltung) steigen dann die Kosten für die Kollektorverbindung stark an. Unvorteilhaft sind völlig glatte Anschlußstutzen, an die die Schlauchstücke mit Schlauchschellen befestigt werden. An ausgeführten Anlagen wurden bei diesem Anschlußtyp oft undichte Anschlüsse beobachtet, was zugleich mit einem Austritt von Wärmeträgerflüssigkeit verbunden war.

Die Wärmedämmung der Verrohrung und des Speichers wird oft unordentlich ausgeführt. Freiliegende Teilstücke der Verrohrung und mangelhafte Wärmedämmung des Speichers erhöhen die Systemverluste und mindern den Systemwirkungsgrad. Bei der Montage der Kollektoren wird gelegentlich vergessen, daß der Schnee auf den Kollektoren gut abrutschen soll.

Die Solaranlage sollte übersichtlich aufgebaut werden, damit im Störfall die Fehlersuche vereinfacht wird. Diese Bedingung wird selten erfüllt. Es sollte ferner die Möglichkeit geschaffen werden, den Füllstand der Wärmeträgerflüssigkeit zu überprüfen (Feststellung eines Lecks in der Anlage). Im Falle eines Defektes am Kollektor sollte eine leichte Demontage möglich sein, auch weitere Einzelteile, z.B. Pumpen, sollten mühelos austauschbar sein.

Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Hanitsch leitet im Fachbereich 19 an der Technischen Universität Berlin den Forschungsschwerpunkt „Neue Technologien in der Energiewandlung“. Sein hier abgedruckter Beitrag erschien zuerst in der Dezember-Ausgabe der U-Zeitschrift „Forschung aktuell“, die schwerpunktmäßig dem Reaktorunglück von Tschernobyl gewidmet ist.

Meß- und regeltechnische Probleme

Die zur Regelung der Solaranlage notwendigen Temperaturmeßfühler sind oft relativ schwer zugänglich angeordnet, so daß eine Überprüfung dieser Sensoren kaum möglich ist. Die eingebauten Volumenzähler sind oft überdimensioniert, und die Temperaturfühler sind nicht an repräsentativer Position in der Anlage montiert. Umwälzpumpen, die sowohl im primären als auch sekundären Solarkreislauf benötigt werden, sind nur selten korrekt dimensioniert. Die Beobachtungen zeigen, daß eine Überdimensionierung überwiegt und folglich ein unnötiger Stromverbrauch den Systemwirkungsgrad schmälert.

Kosten-Nutzen-Analysen

Die Frage nach den Wirtschaftlichkeitsaspekten eines vollständigen Solarsystems ist zugleich die Frage nach einer optimalen Brauchwasseranlage. Nach welchen Kriterien ist sie sinnvoll zu optimieren? Zu denken ist an

- maximalen Energiegewinn je m² Kollektorfläche
- größtmöglichen Deckungsgrad
- geringste Wärmekosten.

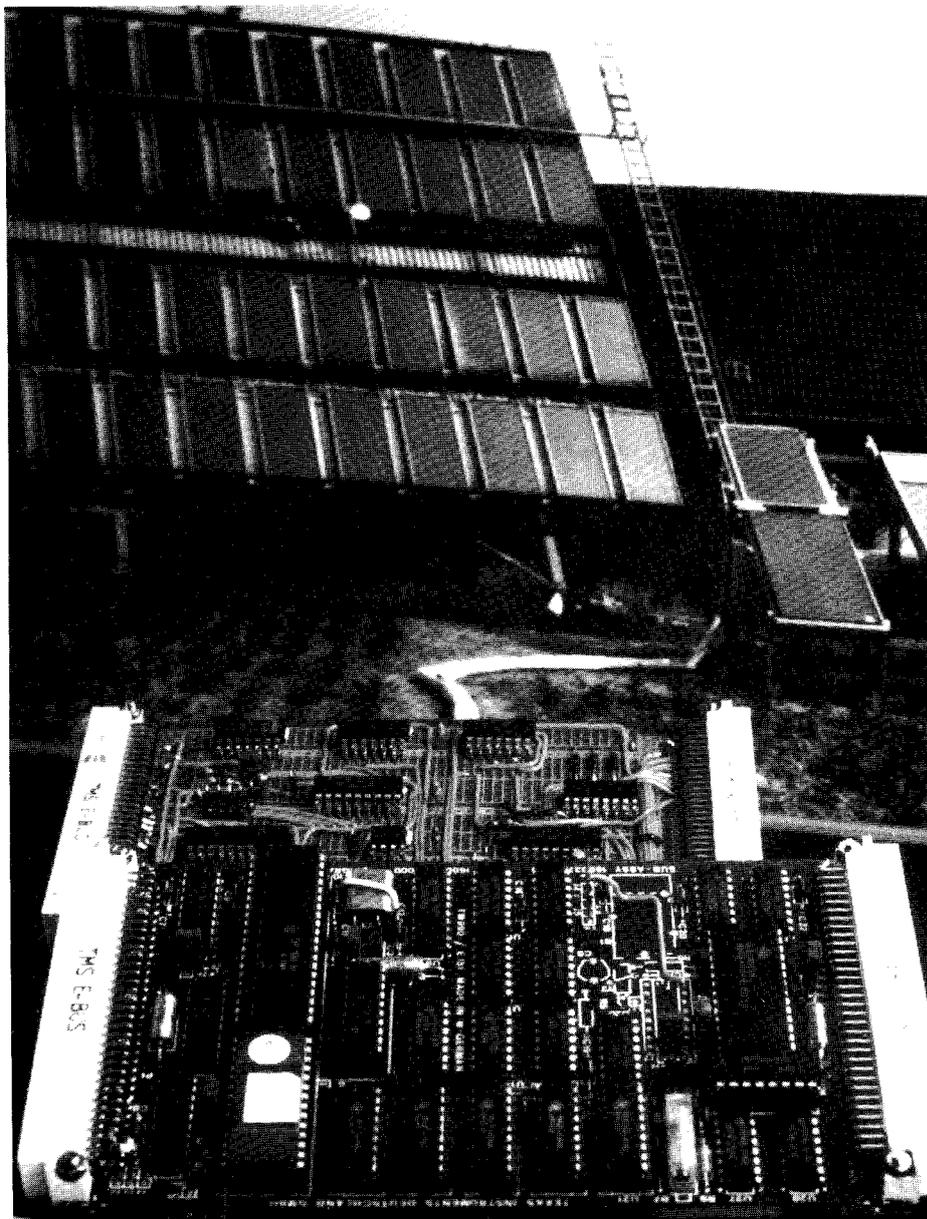
In kommerziellen Anlagen wird man sicher Anlagen, optimiert nach Kriterium c, als optimal betrachten.

Infolge Serienfertigung bieten vereinzelt Hersteller Kollektoren zum Preis von 200 bis 250 DM/m² an. Weitere Preissenkungen durch eine Massenfertigung sind kaum zu erwarten. Setzt man je nach Lage und Verbrauchsgewohnheiten 8,5 m² Kollektorfläche für ein Einfamilienhaus an, so betragen die Kosten incl. Transport für die Kollektoren ca. 35 % der Gesamtkosten.

Bedenkt man, daß noch Pumpen, Rohrleitungen, Regler und der Speicher zum Solarsystem gehören, so kommt man nach unseren Erfahrungen beim Neubau des Hauses auf ca. 1000 bis 1200 DM/m² Kollektorfläche, während bei Altbauten, die nachträglich mit Solaranlagen ausgerüstet werden, mindestens 1800 bis 2000 DM/m² angesetzt werden müssen.

In der Fachliteratur und auf Fachtagungen werden die Lebensdauerprobleme bisher nur zögernd oder gar nicht behandelt. Schweizer Spezialisten geben für die Lebensdauer von Solarenergie-Nutzungsanlagen 10 bis 15 Jahre an. Im Rahmen des „solar pilot test facility“ (SPDF)-Forschungsvorhabens der Europäischen Gemeinschaft wird von uns eine Schadensstatistik geführt. Da die beobachteten Systeme jedoch erst sechs Jahre arbeiten, kann noch keine abgesicherte Aussage getroffen werden. Die ersten Erhebungen haben jedoch gezeigt, daß die größeren Fehlerarten bei Kollektor, Pumpen und Ventilen sowie der Regelung auftreten.

Nach amerikanischen Untersuchungen kann man bei einem Kollektor, der aus einer eingefahrenen Fertigung stammt, mit einem Ausfall innerhalb von zehn Jahren rechnen. Die mittlere Lebensdauer eines Solarsystems zur Brauchwassererwärmung wird mit rund



Digitale Regler für solarthermische Systeme, entwickelt an der Technischen Universität Berlin.

20 000 h angegeben, während ein konventionelles System etwa 67 000 h haben wird. Die bei diesen Abschätzungen benutzten Fehlerraten stammen jedoch aus Schadensstatistiken, die an nicht-solaren Systemen gesammelt wurden.

Durch den Übergang von den analogen Reglern zu digitalen Reglern (Ein-

satz von Mikroprozessoren) wird sich in der Zukunft die Ausfallrate für die Regler erheblich vermindern lassen. Industrie und Hochschulinstitute arbeiten zur Zeit an Reglern unter Verwendung von hochintegrierten elektronischen Bauelementen, um dieses Ziel zu erreichen.

Probleme bei der Markteinführung

Beispiele ausgeführter Solaranlagen, die bereits einige Zeit in Betrieb sind, haben den Beweis erbracht, daß auf dem Gebiet der solarthermischen Niedertemperatursysteme viel möglich ist und daß schon einiges erreicht wurde. In Fachkreisen (Heizungs-, Klima-, Lüftungstechnik) ist aber noch eine große Unsicherheit im Hinblick auf solarthermische Anlagen festzustellen, die es abzubauen gilt. Ferner fehlt es Bauinteressenten an objektiven Entscheidungshilfen.

Der Einsatz von Solaranlagen erfordert sinnvollen Einsatz, fachmännische

Planung und fachmännische Ausführung. Solarthermische Niedertemperatursysteme (Brauchwasservorwärmung; Heizung) sind im Aufbau durchaus anspruchsvoll und erfordern in Konkurrenz zu konventionellen Heizsystemen eine größere ingenieurmäßige Bearbeitung und eine seriöse technische Planung. Nach unseren Erfahrungen läßt sich eine individuelle Planung für jedes einzelne Objekt kaum umgehen. Eine Fülle von verschiedenen Berufen sind an der Erstellung einer Solaranlage beteiligt. Auf das gute Zusammenspiel zwischen den einzelnen Verantwortungsbereichen kommt es an.

Erst ist die technische Lösung des Niedertemperatursystems bis in das Detail zu erarbeiten, und dann können Angebote eingeholt werden. Das klassische Vorgehen bei einem Neubau, d.h. die Zusammenarbeit zwischen Bauherren und Architekten, kann bei den Alternativheizsystemen selten zu einem Konzept führen, das durch eine optimale Energienutzung gekennzeichnet ist. Der Bereich der optimalen und suboptimalen Lösungen kann nur abgesteckt werden, wenn zusätzlich ein Energieberater (Energieingenieur) an der Festlegung der Gebäude- und Energienutzungskonzeption beteiligt wird.

An den Hochschulen sind Bestrebungen im Gange, verstärkt Energieingenieure auszubilden. Ein Curriculum für den „Energieberater“ wurde an der TU Berlin erarbeitet. Dieses Weiterbildungsprogramm wurde vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft und dem Senator für Wissenschaft und Forschung in Berlin gefördert und wird zur Zeit zum vierten Mal durchgeführt.

Die zukünftige Solarenergienutzung für Brauchwassererwärmung und Niedertemperaturheizung dürfte durch folgende Problemkreise gekennzeichnet sein:

- Wahl des richtigen Anlagentyps für das in Frage kommende Gebäude
- Wahl des richtigen Regelkonzepts und der Regeleinrichtungen
- Wahl eines brauchbaren Fabrikats und eine fachmännische Installation.

Da dem Verbraucher nur wenige Informationen über die Lebensdauer von Solarenergie-Nutzungsanlagen vorliegen, sollte die Stiftung Warentest verstärkt Langzeituntersuchungen an Solarkomponenten und Solarsystemen durchführen.

Bei einer Analyse der Anforderungen an Sonnenkollektoren wäre vornehmlich die Werkstofftechnik zu nennen. Bekannte Werkstoffe oder Werkstoffpaarungen werden unter zum Teil neuen Bedingungen eingesetzt. Beispiel:

1. Langzeitbeständigkeit von Kunststoffen gegen UV-Strahlen, wenn die Kunststoffe als Kollektorabdeckung

oder als Absorber (bei der Schwimmbaderwärmung) zum Einsatz kommen. 2. Durch Sauerstoffdiffusion durch die Kunststoffrohre einer Fußbodenheizung kann es nach längerer Betriebszeit zur Rostschlammbildung im Heizungssystem kommen, wenn im Wasserkreislauf Stahlteile vorhanden sind.

Werkstoffuntersuchungen und Korrosionsuntersuchungen sind auch in Zukunft weiter durchzuführen.

Durch geeignete selektive Schichten, die mit niedrigen Herstellungskosten verknüpft sein müßten, läßt sich der Wirkungsgrad des Kollektors um 4 bis 10 %, je nach Arbeitstemperatur, erhöhen. Die Anwendung von Wertanalyseverfahren auf den Kollektor dürfte dazu führen, daß die Kosten/m² in der Zukunft reduziert werden. Die Preise für Flachkollektoren liegen zur Zeit je nach Kollektorart zwischen 650 DM/m² und 180 DM/m². Bei Fertigung in großer Stückzahl und „design to cost“ sollten die Preise je nach Kollektorart um etwa 15 bis 20 % sinken.

Einfache Energiefassade ausprobiert

Für DGS-Mitglied Karl-August Kassens, Elbestraße 84 in 2850 Bremerhaven-G., bieten die Wände von Gebäuden große Flächen, über die Solarwärme auf einfachste Weise eingefangen werden kann. Über sein Sonnenenergie-Fassadensystem haben wir in „Sonnenenergie“ 3/84 bereits kurz berichtet. Mittlerweile hat er seine zum Patent angemeldete Erfindung selbst ausprobiert und uns die hier wiedergegebenen Bilder zugeschickt. Zur Erläuterung verweist er auf die Offenlegungsschrift DE 28 53 975 A1, in der es u.a. heißt:

„Die Erfindung betrifft eine kombinierte, durch Reflexion kühlende oder durch Sonneneinstrahlung wärmende doppelwandige Fassadenplatte, die gleichzeitig eine gute isolierende Wirkung aufweist. Sie nutzt die Wärmespeicherfähigkeit einer Hauswand und kann in den heißen Sommermonaten zum Aufheizen eines Wärmespeichers herangezogen werden. Durch diese Platte wird ein Auskühlen der Wand verhindert, gleichzeitig jedoch bei Sonneneinstrahlung ein starkes Aufheizen der Wand ermöglicht. Durch den Einbau eines reflektierenden Vorhanges, der in

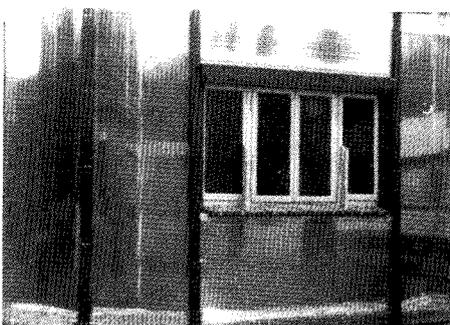
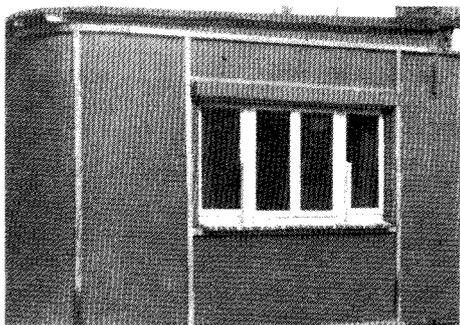
heißen Sommermonaten durch eine einfache Vorrichtung zwischen den transparenten Platten hochgezogen wird, ist eine Kühlung der Wand zu erreichen, besonders, weil dann gleichzeitig mehrere Lüftungslöcher freigegeben werden. Neu sind diese Lüftungslöcher, die automatisch durch den herunterlaßbaren Vorhang geschlossen (kalte Jahreszeit) oder nach Bedarf (warme Jahreszeit) geöffnet werden können. Neu ist auch der Vorhang ...“

Bayer. Städtetag empfiehlt: Solaranlagen nicht behindern

Der Einbau von Sonnenkollektoren soll durch örtliche Bauvorschriften der Städte und Gemeinden nicht erschwert werden. Nach Meinung des Bayerischen Städtetags dürfen die Anforderungen an die Baugestalt nicht so hoch geschraubt werden, daß die Nutzung der Sonnenenergie behindert wird. Hart wollen die Bauexperten der Städte jedoch bei historischen Baudenkmalern bleiben. Andererseits sollte die neue

Technik nicht schon allein deshalb abgelehnt werden, weil sie den Gebäuden ein neues und vielleicht auch ungewohntes Aussehen gibt. Es sollen jedoch nur solche Kollektoren verwendet werden, die auf die Baugestalt Rücksicht nehmen. Gegen ausgesprochene Verunstaltungen bietet das bayerische Baurecht ausreichende Handhaben. Ob ein Haus oder das Stadtbild die technischen Einbauten im Dach verträgt, sei letztlich nach der örtlichen Situation zu entscheiden.

Sonnenkollektoren seien inzwischen technisch so weit ausgereift, daß sie – jedenfalls bei der Warmwasserbereitung und zum Teil auch bei der Raumheizung – nicht unwesentlich dazu beitragen könnten, Energie einzusparen. Den Städten und Gemeinden empfiehlt der Städtetag deshalb, in ihrem planerischen und gestalterischen Ermessen die Nutzung der Sonnenenergie entsprechend zu berücksichtigen. Das gelte beispielsweise auch für Festsetzungen zur Gebäudelage, Firstrichtung oder Dachneigung. Auch solche Gebote könnten den Einsatz der Solartechnik erleichtern oder erschweren.



Einfache Dachlatten, zur besseren Wärmeverteilung mit Löchern parallel zur Wand versehen, bilden die Unterkonstruktion (linkes Bild). Auf dem mittleren Bild ist der in Bodennähe zusammengefaltete Vorhang gut zu erkennen. Rechts das fertige Versuchshäuschen. Die Meßwerte hätten ihn selbst überrascht.

schreibt Kassens. Obwohl die Außenluft im September 1986 beispielsweise im Mittel kaum mehr als 14 °C erreichte, konnte er selbst bei geringer Sonneneinstrahlung 30 bis 40 °C in der Wand messen.