

Solaranlage der Universität Magdeburg seit April 1997 in Betrieb

Was leistet sie?

Im April 1997 begann der Probetrieb der größten solarthermischen Anlage des Landes Sachsen-Anhalt. Die auf dem Dach der Mensa der *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg* installierte Anlage hat eine Kollektorfläche von ca. 650 m². Bereits in der Ausgabe 3/97 berichtete die SE über die Planung der Anlage.

Im Zusammenhang mit der Neustrukturierung der Warmwasserversorgung faßte die Universität 1995 den Beschluß, einen Förderantrag zum Bau einer großen solarthermischen Anlage im Rahmen des Demonstrationsprogramms „Solarthermie-2000“³, das vom damaligen Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (heute: BMBF) ins Leben gerufen wurde, zu stellen.

Das BMBF fördert die Errichtung und mehrjährige meßtechnische Begleitung ausgewählter großer solarthermischer Anlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung mit einer Kollektorfläche von mehr als 100 m². Ziel des Programms ist es, nachzuweisen, daß bei entsprechender Dimensionierung und Planung derartiger Anlagensysteme auf der Basis vorbereiteter Verbrauchsmessungen bzw. Simulationsrechnungen niedrige solare Nutzwärme-kosten erreichbar sind.

Deshalb wurden als Förderobergrenze bzw. als ein Auswahlkriterium solare Wärmegestehungskosten von max. 0,30 DM/kWh bei einer Annuität von 10,3 % festgelegt. Durch Steigerung der solaren Systemerträge und/oder Senkung der spezifischen Systemkosten soll dieser Wert im Laufe des Programmzeitraumes deutlich gesenkt werden.

Die mehrjährige meßtechnische Begleitung soll eine umfassende Bewertung und ggf. auch weitere Optimierung der

Anlagen ermöglichen. Die Basis dafür bildet die für das Solarsystem abgegebene und über Simulationen geprüfte solare Ertragsgarantie.

Von der Studie zur Realisierung

An der *Universität Magdeburg* wurden umfangreiche Voruntersuchungen und Studien durchgeführt, um eine Anlage konzipieren zu können, bei der die Gestehungskosten für das solare Warmwasser 0,25 DM/kWh möglichst unterschreiten /1/. Ziel der am *Institut für Apparate- und Umwelttechnik (IAUT)* in Zusammenarbeit mit dem Dezernat Technik durchgeführten Planungen war, die Solaranlage so in die vorhandene Wärmeversorgung einzubinden, daß in den Sommermonaten das Universitätsheizwerk mit einer Kesselleistung von insgesamt 17,4 MW abgeschaltet werden kann.

Warmwasserverbraucher sind ca. 2.000 Studenten auf dem Campus der Universität, verteilt auf 10 Wohnheime. Zusätzlich wird die Mensa mit Warmwasser versorgt.

Zunächst wurden repräsentative Warmwasserverbrauchskennlinien angenommen. Die Verbrauchsgewohnheiten von Studenten unterscheiden sich gravierend von denen anderer Verbraucher. Obwohl, wie üblich, morgens und abends Bedarfsspitzen zu beobachten sind, ist der Warmwasserverbrauch sonst über den Tag ziemlich gleichmäßig verteilt. Es gibt also kein ausgesprochenes „Verbrauchstal“ während des Tages.

Weiterhin sinkt der Verbrauch am Wochenende gegenüber dem während der Woche (vgl. /1, 2/). Die geringste Warmwasserabnahme erfolgt allerdings, wie zu erwarten, in den Semesterpausen sowie zum Jahreswechsel.

Diese außergewöhnliche Verbrauchscharakteristik unterscheidet sich deutlich von Kennlinien üblicher Wohngebäude und macht die Solaranlage zur weiteren Erforschung des Ertragsverhaltens interessant.

In die Anlagenplanung wurden Studenten des Instituts *IAUT* eingebunden. Um die erwähnten Förderbedingungen zu erfüllen, wurden bereits in der Vorplanung verschiedene Anlagenkonfigurationen si-

mulativ untersucht sowie eine Machbarkeitsstudie für ein kostengünstiges Speichersystem erarbeitet.

Dabei kristallisierte sich heraus, daß die vorhandenen 70 m³ Speichervolumen aufgrund der räumlichen Gegebenheiten in zwei Gruppen geteilt werden, wobei ein Pufferspeichervolumen von 25 m³ für den Solarkreis und von 45 m³ als Bereitschaftsspeicher zur Verfügung stehen (vgl. Abb. 1).

Bau und Probetrieb der Solaranlage

Nach Projektbestätigung und Fördermittelzuweisung seitens des *Projekträgers Biologie Energie Ökologie des BMBF* wurde im Herbst 1995 das Berliner *Ingenieurbüro Dr. Valentin* mit der Planung beauftragt. An der bundesweiten Ausschreibung zur Projektrealisierung beteiligten sich zwölf Firmen.

Die Firma *Fuchs Haustechnik GmbH* in Glindow (Land Brandenburg) erhielt schließlich den Auftrag zum Bau der

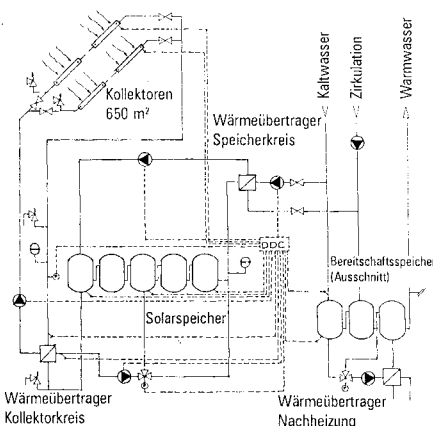
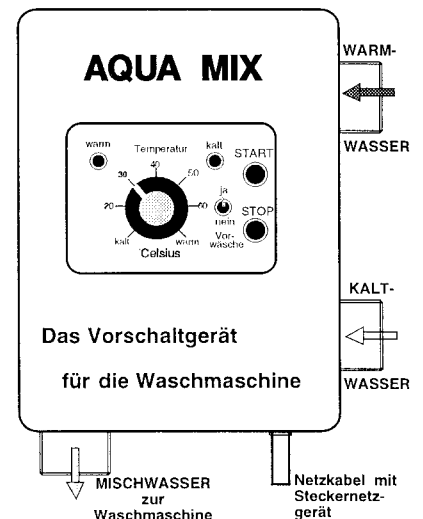


Abb. 1: Schema der Solaranlage der Universität Magdeburg

AQUA MIX Das Vorschaltgerät für die Waschmaschine



AQUA MIX ermöglicht die Einspeisung von Warmwasser aus Solaranlagen und anderen umweltfreundlichen Heizsystemen in die Waschmaschine. In einem 4-Personen Haushalt werden so mehr als 300 kWh Strom im Jahr eingespart.

Umweltschonende Technik

OLFS & RINGEN

Hauptstr. 28 27412 Breddorf

Telefon 04285 /1578 Fax 1860

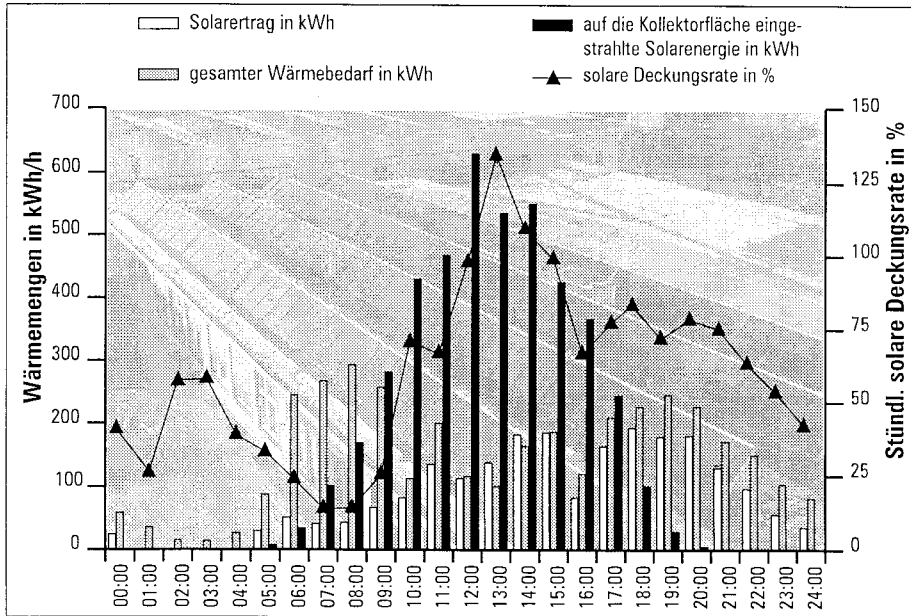


Abb. 2: Repräsentative Tageskennlinien bei guter Sonneneinstrahlung (28. Juli 1997)

Solaranlage. Diese Firma übernahm auch die Gewährleistung eines Wärmegestehungspreises von 0,20 DM/kWh (Annuität 8,72 %).

Hervorzuheben ist, daß an der Anlage zum Zwecke einer detaillierten Analyse des Betriebsverhaltens der Solaranlage ca. 100 Meßpunkte und ein entsprechender Datenlogger installiert wurden, welcher Temperaturen, Durchflüsse, Leistungen und Wetterdaten in Form integraler Halbstundenwerte aufzeichnet. Im April 1997 konnte die Anlage den Probetrieb aufnehmen. Die offizielle Übergabe erfolgte am 10. Juni 1997 im Rahmen der Magdeburger Studententage.

Hohe solare Deckungsraten

Die vom Solarsystem (zur Vorwärmung) abgegebene Wärmemenge betrug von Mai bis Ende Dezember ca. 300 MWh. Damit wurde der geplante Jahresertrag bereits in acht Monaten erreicht. Es muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Solarstrahlung 1997 deutlich über dem langjährigen gemittelten Verlauf lag, der

bei Simulationen üblicherweise zugrunde gelegt wird.

Die gute Solarstrahlung trug auch zu dem erfreulichen Wirkungsgrad (Systemnutzungsgrad) der Anlage von ungefähr 50 % für die Monate Juni bis September bei (vgl. Jahreskennlinie, Abb. 4).

Wie die repräsentative Tageskennlinie (Abb. 2) verdeutlicht, übersteigt der solare Energieertrag den Wärmebedarf normalerweise von 9 bis 17 Uhr. Die Balken der Tageskennlinie stellen die auf die Kollektorfläche eingestrahlte Sonnenenergie dar. Sie bildet nicht den bekannten glockenartigen Tagesgang nach, da der Himmel an diesem Tag nicht völlig wolkenfrei war.

Die „stündliche solare Deckungsrate“ schwankte bis in die Abendstunden zwischen 70 und 80 %, obwohl die gespeicherte Wärmemenge abnahm. Gleichzeitig nahm jedoch auch der Wasserverbrauch ab.

Die tagsüber erwärmten Solarspeicher geben die Wärme aufgrund des begrenzten Durchsatzes des zweiten Wärme-

übertragers und des geringen Wärmebedarfs während der Mittagszeit nur schrittweise an das zu erwärmende Trinkwasser ab.

Für die Vorwärmung des Brauchwassers stand die in den Solarspeichern angereicherte Wärme teilweise bis in die Morgenstunden zur Verfügung. Der Abbildung der Tageskennlinie kann die zeitversetzte Wärmeabgabe der Solarspeicher entnommen werden. Bis in die Abendstunden lag der solare Anteil an der Warmwasserbereitung noch bei über 70 %.

In den Sommermonaten betrug die monatliche solare Deckungsrate 60 bis 70 %. Die solare Deckungsrate ist, wie Abb. 2 bis 4 ebenfalls zeigen, sowohl von der Solarstrahlung als auch vom Warmwasserverbrauch abhängig.

Temporäre Deckungsraten während der Mittagszeit von über 100 % scheinen auf den ersten Blick unglaublich, sind aber anhand der aktuellen Warmwasserabnahme und der Regelungscharakteristik erklärbar: In den Mittagsstunden der Semesterferien sinkt der stündliche Warmwasserverbrauch auf 1 bis 2 m³/h (früh und abends ca. 5 m³/h). Zu diesem Zeitpunkt ist der Solarenergieertrag des Kollektorfeldes am größten. Die Solarspeicher heizen sich schnell auf über 60 °C auf. Es besteht die Gefahr, daß die Solaranlage überhitzt wird.

Um die solare Wärme dennoch für die Warmwasserversorgung nutzen zu können, wird aus dem ersten Bereitschaftsspeicher die zu einem Volumenstrom von 5 m³/h fehlende Wassermenge von ca. 3 bis 4 m³/h mit dem Kaltwasser gemischt und dieses solar vorgewärmt. Die Temperatur des Wassers im ersten Bereitschaftsspeicher beträgt ungefähr 20 bis 40 °C. (Die Mischtemperatur am zweiten Wärmeübertrager der Solaranlage beträgt bei einer Kaltwassertemperatur von rund 15 °C im Sommer mindestens 20 bis 30 °C.) Dieser Speicher übernimmt damit die Funktion eines So-

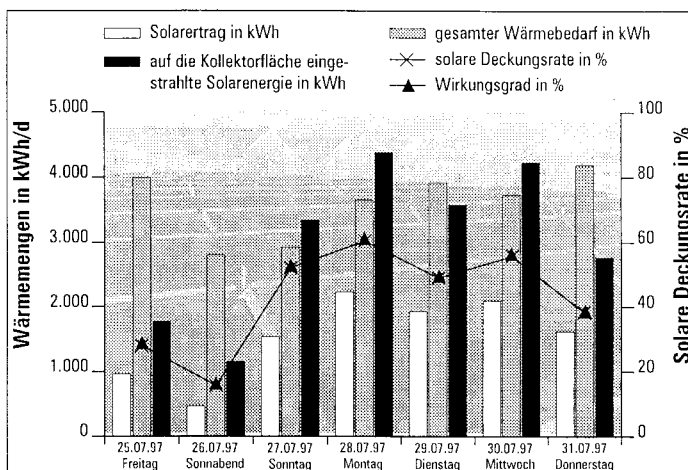


Abb. 3: Repräsentative Wochenkennlinien

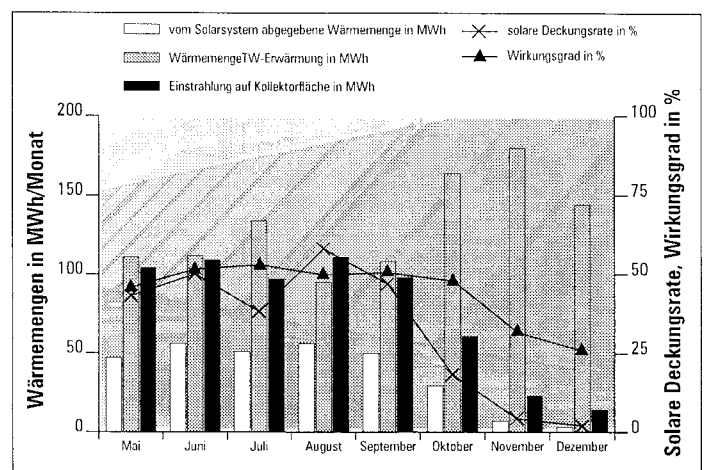


Abb. 4: Jahreskennlinien 1997

lar-Pufferspeichers, der die „geerntete“, aber momentan nicht abnehmbare Solarwärme für die Abend- und Morgenstunden „aufhebt“.

Hohe Betriebstemperaturen im Sommer

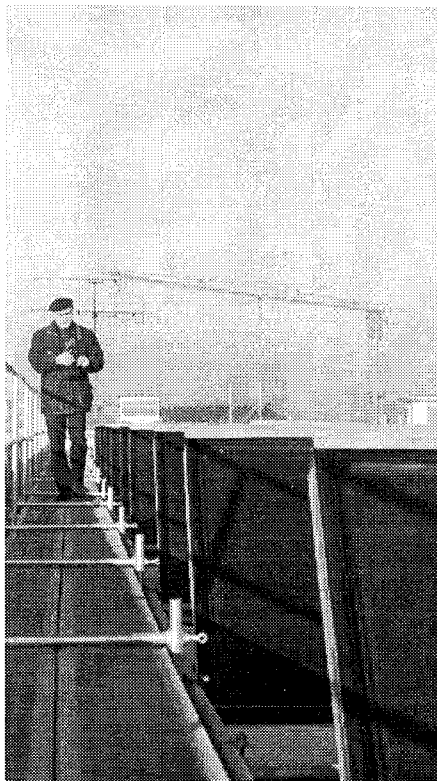
Der Tagesdurchschnitt der solaren Deckungsrate lag für die Wochentage im Sommer bei ca. 50 % (Abb. 3). An Wochenenden steigt er manchmal auf über 80 %.

Die entsprechende Erwärmung der Solarspeicher auf bis zu 65 °C ist für die Diskussion des Betriebsverhaltens des Kollektorfeldes wesentlich, da sich die Zulauftemperatur zum Kollektorfeld ebenfalls deutlich erhöht, so daß sich im Sommer durchschnittliche Kollektorfeldtemperaturen während der Mittagszeit bei wolkenfreiem Himmel von über 80 °C einstellen.

Da der Wirkungsgrad einer Solaranlage vor allem von der Kollektortemperatur abhängt, wäre es energetisch günstiger, das Kaltwasser direkt vom Kollektorkreis vorwärmen zu lassen und nur die zeitweise nicht benötigte Wärme in den fünf Solarspeichern zu „parken“. Diese Variante hätte allerdings höhere Investitionskosten zur Folge gehabt.

Interessant wäre in diesem Zusammenhang die Ermittlung eines „energetischen Gütegrades“ der Solaranlage, der die real „geerntete“ Energiemenge derjenigen gegenüberstellt, welche bei optimalem Wirkungsgrad des Kollektorfeldes gewinnbar wäre.

Die Verschlechterung des Wirkungsgrades auf ca. 25 % im Dezember könnte mit den Regelbedingungen der Solaranlage erklärt werden. Einerseits reicht oft die von der Kollektorfläche absorbierte Sonnenenergie nicht aus, um



die entsprechende Regelungs-Temperaturdifferenz zum kältesten der fünf Solarspeicher überhaupt zu überschreiten, andererseits werden die Solarspeicher bei den wenigen Temperaturüberschreitungen nicht hinreichend erwärmt. Bei dieser Problematik wären ebenfalls konstruktive bzw. regelungstechnische Verbesserungen leistungsfördernd.

Kennzahlen schaffen

Zielstellung weiterer detaillierter Analysen und simulativer Untersuchungen der Solaranlage ist, charakteristische Kennzahlen für die Solaranlage der *Universität Magdeburg* und ähnliche Großanlagen zu entwickeln und zu quantifizieren.

Insgesamt hat sich der lange Weg von der Vorplanungsphase bis zur Umsetzung gelohnt. Unter den spezifischen Bedingungen des Warmwasserverbrauchs der Studentenwohnheime arbeitet die Solaranlage seit April 1997 zuverlässig und mit guter energetischer Effektivität. Die bisher von der Sonne „geernteten“ Energieerträge sind beachtlich.

Bestätigt sich in den kommenden Monaten dieses Betriebsverhalten und sind die Solarerträge weiter ähnlich hoch, können die Wärmegestehungskosten auf weniger als 0,20 DM/kWh (Annuität 8,72 %) absinken. Das läßt die Solarthermie aufgrund solcherart nachgewiesener Wirtschaftlichkeit für die Zukunft attraktiver werden.

Rüdiger Sontag, Andreas Lange

Literatur

/1/ A. Arit: Konfigurierung eines kostengünstigen Speichersystems für eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung. Diplomarbeit Universität Magdeburg 1995

/2/ G. Valentin, M. Schnauss: „Solarwärme für Studenten“, *Sonnenenergie* 3/97

Danksagung

Die dargestellten Ergebnisse resultierten aus einem zu 80 % vom *BMBF* und zu 20 % vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Vorhaben „Solaranlage Universität Magdeburg“ des Programms „Solarthermie-2000 Teilprogramm 2“ FKZ 0329602 A. Die Autoren danken für die Förderung.

Über die Autoren:

Dr.-Ing. habil. Rüdiger Sontag ist Privatdozent am Institut für Apparate- und Umwelttechnik der Universität Magdeburg. *Dipl.-Ing. Andreas Lange* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fachhochschule Magdeburg.

Michael Heizmann · Schloßstraße 2 · 35753 Greifenstein/Beilstein
Thermische Solaranlagen · Photovoltaik · Windkraft · Zubehör

Tel. 02779 / 1401 · Telefax 02779 / 91007

heizmann

SYSTEM-ELEKTRONIK

Import – Export / Groß- und Einzelhandel
Händleranfragen erwünscht

- Solarmodule von 1,5 W_p - 120 W_p ab Lager
- Laderegler – Wechselrichter (Insel und Netz)
- Blei-Gel- und Säurebatterien ab Lager
- Niedervoltleuchten, Zeitschaltuhren, PIR-Melder usw.
- Solarpumpen und Systeme (für z.B. Wasserspiele)
- Solar-Baukästen und Experimentiersätze
- Solarbetriebene Kleinartikel

(Hauptkatalog gegen DM 10,- in Briefmarken erhältlich)