

Solaranlage mit 650 m² Kollektorfläche für die Otto-von-Guericke Universität in Magdeburg

Solarwärme für Studenten

In nur fünf Monaten Bauzeit wurde auf zwei Dächern der *Universität Magdeburg* eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung für das Mensagebäude und die umliegenden Studentenwohnheime installiert. Die Anlage soll Wärmeerträge von mindestens 300.000 kWh liefern und damit jährlich 37.000 m³ Erdgas und 70 t CO₂ einsparen. Geplant wurde die im Rahmen des Solarthermie 2000-Programms geförderte Anlage vom Berliner Planungsbüro *Dr. Valentin*. Die Gesamtkosten der Solaranlage, die derzeit im Probetrieb läuft, liegen voraussichtlich bei 690.000 DM; der Wärmepreis bei ca. 23 Pf/kWh.

Für das Bauvorhaben wurde zunächst ein Förderantrag seitens der Universität an das *Forschungszentrum Jülich, Projektträger Biologie Energie Ökologie (BEO)* gestellt. Nach umfangreichen Voruntersuchungen dieses Projektträgers fördert das *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)* im Rahmen des Programms Solarthermie 2000 die Errichtung von großen solarthermischen Demonstrationsanlagen mit Kollektorflächen über 100 m² auf öffentlichen Gebäuden. Ziel dieses Programms ist es u.a. zu belegen, daß die Solartechnik eine zuverlässige Technik ist,

- die erheblich zur Einsparung konventioneller Energieträger und zur Vermeidung von Schadstoffemissionen beitragen kann und
- die außerdem in Zukunft die Chance hat, auch in wirtschaftlicher Hinsicht als Konkurrent der konventionellen Energieträger zu bestehen.

Aus diesem Grund werden die geförderten Projekte nach strengen Kriterien ausgewählt:

- Gefördert werden Anlagen auf öffentlichen Gebäuden des Bundes, Landes oder der Kommunen, sowie anderer Körperschaften und Anstalten öffentlichen Rechts.
- Bausubstanz und Versorgungstechnik sowie Wärme- und Warmwasserbedarf müssen gute Voraussetzungen für die Nutzung der Solartechnik bieten.
- Der Energiebedarf muß die Errichtung einer Solaranlage mit einer Größe von mindestens 100 m² Kollektorfläche rechtfertigen.
- Die zu erwartenden Nutzwärmekosten dürfen 0,30 DM/kWh nicht überschreiten.
- Die geförderten Anlagen müssen eine hohe Demonstrationswirkung für die Öffentlichkeit haben.
- Der Betreiber erklärt sich zur Teilnahme an einem begleitenden Meß- und Auswerteprogramm bereit.

Von der Antragstellung bis zur Bewilligung des Förderantrags vergeht in der

Regel etwa ein Jahr. Während dieser Phase wurden von der Universität Verbrauchsmessungen durchgeführt.

Gleichzeitig überprüfte die *Zentralstelle für Solartechnik (ZfS)* in Jülich die Erfüllung der geforderten Kriterien und damit die Förderwürdigkeit des Vorhabens.

Im Juli 1995 schließlich bewilligte das *BMBF* den Antrag auf Förderung in Höhe von 80 % der Baukosten für eine Solaranlage mit 650 m² Kollektorfläche.

Die Planungsphase

Im September 1995 erhielt das Berliner Planungsbüro *Dr. Valentin* nach einer bundesweiten, begrenzten Ausschreibung den Planungsauftrag für das Vorhaben. Ausschlaggebend für die Beauftragung war der Nachweis über umfangreiche Erfahrungen bei der Planung bzw. Forschung und Entwicklung von großen Solaranlagen.

Unvorhergesehene Probleme stellten das Projekt jedoch zeitweilig in Frage. Das Dach des Mensagebäudes erwies sich als sanierungsbedürftig und die Statik mußte überprüft werden. Es stellte

sich heraus, daß das Gebäude bereits bis an die Grenze der Konstruktion belastet war. Erst durch eine Dacherneuerung, die ohnehin erforderlich war und bei der schwere Dämmplatten durch leichtere Materialien ersetzt wurden, konnten die zusätzlichen Lasten der Kollektoren und der Aufständering statisch verantwortet werden. Die Mittel für die Sanierung mußten aus dem knappen Bauetat der Universität bereitgestellt werden.

Nach etwa acht Monaten Planungsphase konnte die Anlage im Bundesauschreibungsblatt öffentlich ausgeschrieben werden. Etwa 30 Firmen forderten bundesweit die Ausschreibungsunterlagen an; 12 Firmen nahmen am Ausschreibungsverfahren teil. Im Oktober 1996 wurde dann mit dem Bau der Anlage begonnen.

Optimiertes Anlagenkonzept

Während konventionelle Warmwasserbereitungsanlagen nach dem maximalen Verbrauch ausgelegt werden müssen, orientieren sich Solarsysteme eher an dem minimalen Verbrauch im Sommer.

Nur nach diesem Auslegungskriterium werden hohe Wärmeüberschüsse, die zur Abschaltung des Kollektorkreises führen, vermieden und hohe Nutzungsgrade mit guten Erträgen pro m² Kollektorfläche erzielt, die sich positiv auf den Wärmepreis auswirken.

Hohe solare Nutzungsgrade sind von sogenannten Vorwärmssystemen bei ei-



Abb. 1: Für die Öffentlichkeit sichtbarer Teil (180 m²) der Solaranlage auf einem Zwischengebäude der Uni Magdeburg
Fotos: Dr. Valentin

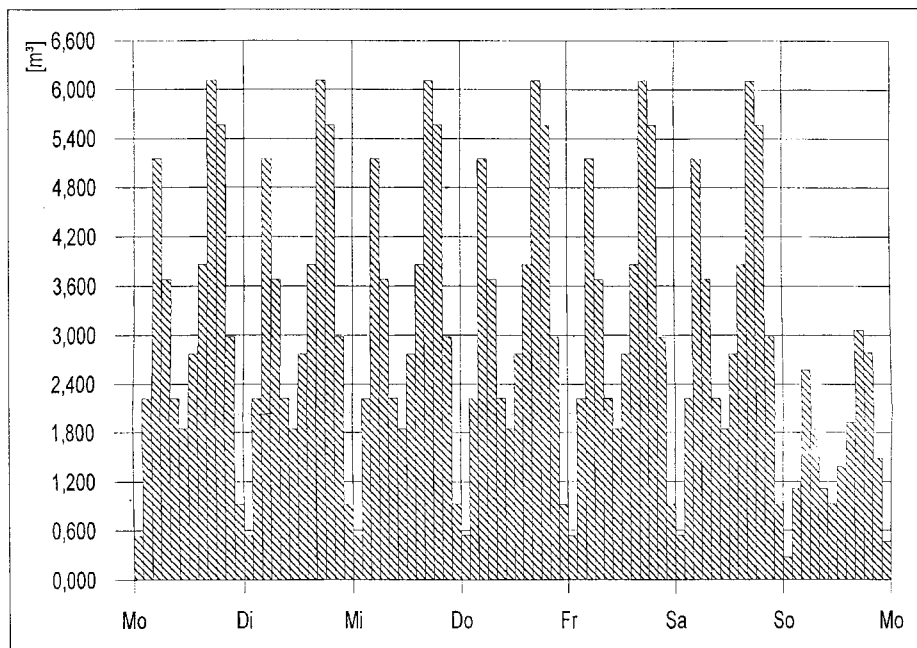


Abb. 2: Verbrauchsprofil der Mensa und Studentenwohnheime über eine Woche im Sommer

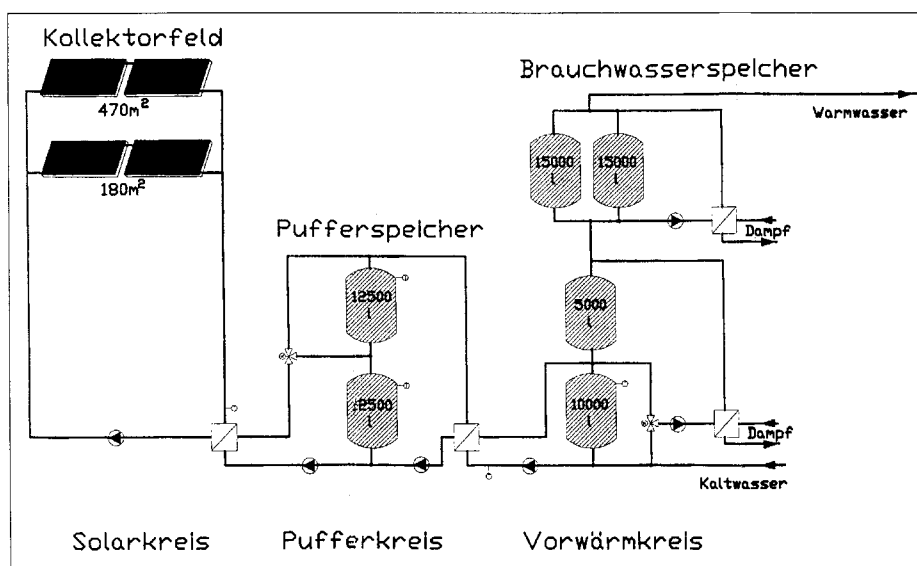


Abb. 3: Anlagenschema der Warmwassererwärmung

nem hohen täglichen Bedarf der Verbraucher bezogen auf die Kollektorfläche zu erzielen. Als Orientierungsgröße für die Dimensionierung der Anlage wurde aufgrund von Erfahrungswerten ein Verbrauch von 70 l/m² Kollektorfläche angesetzt.

Durch Berechnungen mit dem Simulationsprogramm T*SOL wurde die Anlage unter Verwendung von gemessenen Verbrauchsprofilen optimiert und Kollektorfläche sowie Speichervolumen variiert.

Als Optimierungskriterium diente der zu erzielende Wärmepreis (DM/kWh) der Solaranlage. Die Anlage wurde daraufhin auf 650 m² Kollektorfläche mit einem Aufstellwinkel von 45° und 25.000 l Pufferspeichervolumen konzipiert.

Grundlage für die Dimensionierung waren im wesentlichen die Messungen des Warmwasserverbrauchs und deren zeitlicher Verlauf. Für die Warmwasser-

versorgung des Mensagebäudes sowie von zehn umliegenden Studentenwohnheimen wurde ein mittlerer täglicher Bedarf von 45 m³/d im Sommer und 100 m³/d im Winter ermittelt.

Abb. 2 zeigt ein typisches Verbrauchsprofil während der Semesterferien im Sommer.

Gegenüber den Wochentagen geht der Verbrauch an Samstagen und Sonntagen deutlich zurück und liegt in den Semesterferien generell niedriger als in den übrigen Zeiten des Jahres.

Der geringste Tagesbedarf wurde im Sommer während der Semesterferien an einem Sonntag mit 10 m³ gemessen. Der höchste Tagesbedarf mit etwa 145 m³ an einem Wochentag zur Vorlesungszeit.

Eine weitere Forderung an das Anlagenkonzept war die möglichst einfache Gestaltung des Solarsystems, um einen

störungsarmen Betrieb und einfache Regelbarkeit des Systems zu gewährleisten.

Aufgrund der Legionellenverordnung, die die tägliche Aufwärmung aller Brauchwasserspeicher über 400 l vorschreibt, werden größere Solarsysteme zweckmäßigerweise mit Pufferspeichern ausgestattet. Damit werden auch bei einfachster Anlagenkonfiguration bereits zwei Wärmeüberträger und vier Pumpenkreise erforderlich.

Abb. 3 zeigt ein Funktionsschema der Anlage in Magdeburg.

Die Solarenergie wird von dem mit Frostschutzmittel gefüllten Solarkreis über einen Wärmeüberträger an den bzw. die Pufferspeicher übergeben und hier zwischengespeichert.

Ein Motorventil ermöglicht – beispielsweise bei zurückgehender Einstrahlung – die Einspeisung der Wärme in den mittleren Teil des Speichers und verhindert so die Abkühlung des bereits heißen, oberen Teils. Ein zweiter Wärmeüberträger übergibt die zwischengespeicherte Energie aus dem Pufferspeichersystem an die Trinkwasserspeicher.

Der konventionellen Warmwasserbereitung ist ein Vorwärmerspeicher vorgeschaltet. Dieser Vorwärmerspeicher wird zur Legionellendesinfektion in regelmäßigen Intervallen auf Solltemperatur gebracht. Der Vorwärmerspeicher gleicht die starken Schwankungen des Wasserverbrauchs aus und ermöglicht einen kontinuierlichen Volumenstrom durch den Wärmeüberträger zwischen Pufferkreis und Vorwärmkreis.

Bauliche Voraussetzungen

Als Aufstellfläche für das Kollektorfeld standen das Flachdach des Mensagebäudes mit 1.500 m² und das Dach eines Zwischenbaus zur Verfügung.

Um dem Demonstrationscharakter der Anlage Rechnung zu tragen, war von vornherein vorgesehen, einen Teil der Kollektoren sichtbar auf dem vorderen Teil des Zwischenbaues zu montieren, da das Dach der Mensa aufgrund der hohen Attikakante von außen nicht einsehbar ist.

Für die Installation der Anlagentechnik bot ein Raum neben der Trinkwarmwasserbereitung, in dem sich auch die ehemaligen Warmwasserboiler befanden, günstige Voraussetzungen.

Für die Trinkwarmwassererwärmung stehen neun Speicher á 5.000 l zur Verfügung. Sie werden von einem gasbefeuerten Dampfkessel nachgeheizt.

Die Installation

Aufgrund der statischen Probleme mußte eine besonders leichte Unterkonstruktion für die Kollektoren gefunden werden, die zudem kostengünstig und anpassungs-

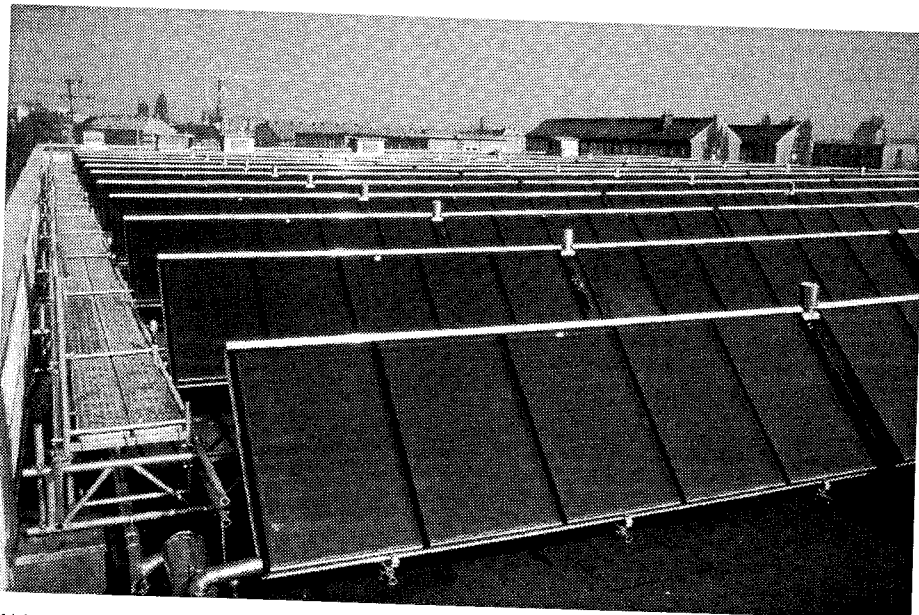


Abb. 4: Auf dem Mensdach der Universität Magdeburg installierte Kollektorreihen

fähig, sowohl an die Tragekonstruktion des Gebäudes als auch an beliebige Kollektoren, sein sollte.

Durch die Verwendung von Normteilen wurde eine Konstruktion gefunden, die alle Anforderungen in hervorragender Weise erfüllt.

Im Zuge der Dachsanierung wurden insgesamt 125 Stützen in die Dachhaut eingedichtet. Zwischen diesen Stützen wurden Gitterträger aus verzinktem Stahl befestigt und die Trägerreihen untereinander mit Längsrohren verbunden. Auf diese Unterkonstruktion in Leichtbauweise lassen sich Kollektoren beliebiger Bauart problemlos mit den zugehörigen 45° Aufstellwinkel montieren.

Durch die Verwendung von Standardgerüstteilen konnte die gesamte Konstruktion in wenigen Tagen montiert werden. Eine Bearbeitung der Bauteile auf der Baustelle war nicht erforderlich. Die feuerverzinkten Träger, Stahlrohre und Rohrverbinder garantieren einen dauerhaften Witterungsschutz und damit eine lange Lebensdauer.

Kollektoren aus Brandenburg

Jeweils sechs Kollektoren sind in einer 36 m breiten Reihe angeordnet, die sich über die gesamte Gebäudebreite erstreckt. Auf dem Mensdach sind 66 Kollektoren in elf Reihen in einem Abstand von vier Metern angeordnet. Der Zwischenbau trägt vier Kollektorreihen mit 24 Kollektoren.

Um der bei Solaranlagen geltenden Dampfkesselverordnung zu genügen, wurde jede Kollektorreihe mit einem Absperrventil ausgerüstet und mit einem Sicherheitsventil versehen.

Die Großkollektoren mit einer Absorberfläche von 7,6 m² und 6,4 m² sind Lizenzprodukte der Firma Wagner & Co aus Marburg. Sie wurden von der Firma

UFE-Solar in Eberswalde/Brandenburg hergestellt.

Die Kollektoren sind pro Reihe hintereinander geschaltet und werden im sogenannten low flow-Prinzip mit 15 l/m²h durchströmt. Dieses Prinzip erlaubt geringere Rohrleitungsquerschnitte und trägt somit zur Kostenreduzierung bei. Allerdings muß hierbei besonderer Wert auf die Möglichkeit des hydraulischen Abgleichs des Rohrleitungssystems gelegt werden. Die Kollektoren sind nicht nach Tichelmann verschaltet, aber jeder Strang wurde mit einem Regulierventil ausgerüstet. An den Hochpunkten wurden absperrbare Entlüfter montiert. Von den Kollektorfeldern wurde eine 60 m lange Sammelleitung in DN 80 zu den Pufferspeichern in einem Kellerraum geführt.

Integration in das bestehende System

Die fünf vorhandenen ehemaligen Brauchwasserspeicher á 5.000 l konnten als Pufferspeicher genutzt werden. Sie wurden über einen Plattenwärmeüberträger an den Solarkreis angebunden. Durch die Verwendung der vorhandenen Speicher, die lediglich gereinigt und neu wärmegeklämt werden mußten, konnten erhebliche Kosten eingespart werden.

Zwei große Doppelpumpen sorgen für einen Massenfluß von ca. 10.000 l/h Flüssigkeit durch den Solarkreis und den Speicherladekreis. Der Solarkreis ist mit 2.000 l Frostschutzmittel-Wasser-Gemisch gefüllt. Drei Ausdehnungsgefäße mit insgesamt 3.000 l Volumen sind für Solarkreis und Pufferspeicher erforderlich.

Die Anlage wurde eigensicher ausgelegt, so daß selbst bei Stillstand der Pumpe (beispielsweise durch Stromaus-

fall) und hoher Sonneneinstrahlung das durch Dampfbildung entstehende Volumen von den Ausdehnungsgefäßen aufgenommen werden kann, ohne daß das Sicherheitsventil anspricht.

Steuerung durch DDC-Technik

Die gesamte Haustechnik im Gebäude ist mit DDC-Technik ausgerüstet und über eine zentrale Leittechnik überwacht. Daher wurde der Entschluß gefaßt, auch die Solaranlage über DDC-Technik zu steuern und zu überwachen. Diese kostenintensivere Lösung bietet durch die freie Programmierbarkeit und die Überwachung aller wichtigen Parameter den Vorteil eines sehr flexiblen Regelungssystems.

Störungen wie Pumpenausfall, Über- oder Unterdruck werden an die Zentrale weitergeleitet und auf einem Protokollprinter ausgedruckt. An der Bedienstation werden in einem Anlagenschema die aktuellen Temperaturen und Betriebszustände angezeigt. Der Zugriff auf die Regelparameter ist durch Paßwort geschützt.

Status quo

Die Anlage läuft derzeit im Probetrieb. In dieser Phase werden Betriebsparameter und Regelkonzept überprüft. Erst dann findet eine Abnahme statt. Danach muß die Anlage die vom Hersteller garantierten Wärmeerträge liefern. Durch Simulationsrechnungen wurden jährliche Erträge von 300.000 kWh ermittelt und garantiert.

Im Auftrag der ZfS, die das Forschungsprogramm wissenschaftlich begleitet, überwacht die Fachhochschule Merseburg die Anlage durch eine umfangreiche Meßtechnik. Wie bei allen im Solarthermie 2000-Programm geförderten Anlagen werden zwei Jahre lang alle Betriebsdaten aufgezeichnet. Auf diese Weise wird die Einhaltung der Leistungsgarantie überwacht und notfalls eine Nachbesserung gefordert.

Die Gesamtkosten der Anlage liegen voraussichtlich bei ca. 690.000 DM einschließlich Planungskosten und Mehrwertsteuer. Mit einem Herstellungspreis von knapp über 1.000 DM/m² Kollektorfläche ist die Anlage einer der bisher günstigsten. Bei dem vorausbestimmten Wärmeertrag der Anlage ergibt sich ein spezifischer Wärmepreis von 23 Pf/kWh. Sie ist damit konkurrenzfähig zur Warmwasserbereitung mit elektrischer Energie.

Gerhard Valentin, Martin Schnauss

Über die Autoren:

Dr.-Ing. Gerhard Valentin ist Geschäftsführer des Berliner Planungsbüros Dr. Valentin. Dipl.-Ing. Martin Schnauss ist Mitarbeiter in dem Planungsbüro.