

6

1132

F 2347

96,9 %

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau

Kurzbericht

BMBau-Förderkennzeichen B I 5 - 80 01 96-8

Bearbeiter:

**Dr. M. H. Brillinger
K.-Th. Orth
Th. Pufahl**

**ME-Consult GmbH
Architekten und Ingenieure
Würzburg**

Oktober 1998

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau

Die solare Wassererwärmung ist bei kleinen Anlagen im Einfamilienhausbereich eine erprobte und bewährte Technologie, wenngleich die damit gewonnene Energie noch wesentlich teurer ist als eine konventionelle Warmwasserbereitung. Neben den zahlreichen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung im Einfamilienhausbereich, gibt es in der Bundesrepublik einige Anlagen bei Mehrfamilienhäusern und wenige Großanlagen, mit denen bis zu 700 Wohnungen versorgt werden. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, zu überprüfen, inwieweit die solare Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau bei größeren Anlagen mit größeren Kollektorflächen zu einer größeren Wirtschaftlichkeit führt.

Der Ausgangspunkt der Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau ist die Dokumentation von realisierten Solaranlagen. Dabei werden möglichst repräsentative Anlagen in drei Größenordnungen, abgestimmt auf die Anwendung im Geschößwohnungsbau, dargestellt und analysiert:

- kleine Anlagen mit Kollektorflächen bis 100 m²
- mittelgroße Anlagen mit Kollektorflächen von 100 m² - 200 m²
- große Anlagen mit Kollektorflächen von mehr als 200 m².

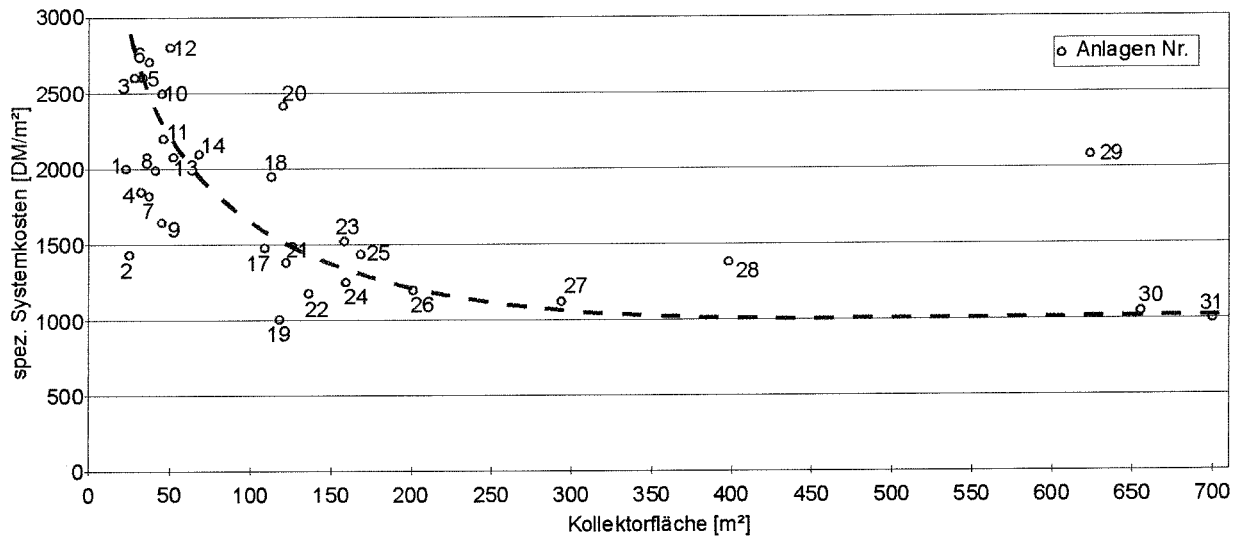
Neben der Darstellung der Anlagenkonzeption und der Investitionskosten werden die Betriebsergebnisse dokumentiert und daraus die Wirtschaftlichkeit der Anlagen abgeleitet. Als Kenndaten zur Wirtschaftlichkeit dienen die spezifischen Systemkosten als auf 1 Quadratmeter Kollektorfläche bezogene Systemkosten und die solaren Nutzwärmekosten. Diese werden ermittelt, indem die Investitionskosten mit einem angenommenen Zinssatz von 6% und einer angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren annuisiert und durch den gemessenen solaren Ertrag dividiert werden, wobei Instandsetzungs- und Wartungskosten jährlich mit 1 % der Investitionskosten berücksichtigt werden. Alle Kostenangaben sind incl. Mehrwertsteuer zu verstehen.

Die spezifischen Systemkosten reichen von ca. 2.800,- DM/m² bei Anlagen mit 30 m² Kollektorfläche bis zu ca. 1.000,- DM/m² bei Anlagen von 600 m² und mehr Kollektorfläche. Grundsätzlich kann eine starke Kostendegression mit zunehmender Kollektorfläche festgestellt werden, jedoch ist der Kostenverlauf nicht so eindeutig wie erwartet. Der Grund hierfür liegt zum einen in sehr günstig ausgeführten Anlagen mit kleinen Kollektorflächen und zum anderen in hohen Baukosten bei einzelnen Anlagen mit größeren Kollektorflächen, die durch besondere Gegebenheiten bedingt waren, worunter z. B. die sehr aufwendige Aufständigung der Kollektoren bei bestimmten Projekten mit Kosten von über 400,- DM/m² zählt. Desweiteren sind bei den wenigen dokumentierten Anlagen mit einem älteren Baujahr teilweise höhere Systemkosten zu verzeichnen als dies heutzutage der Fall wäre.

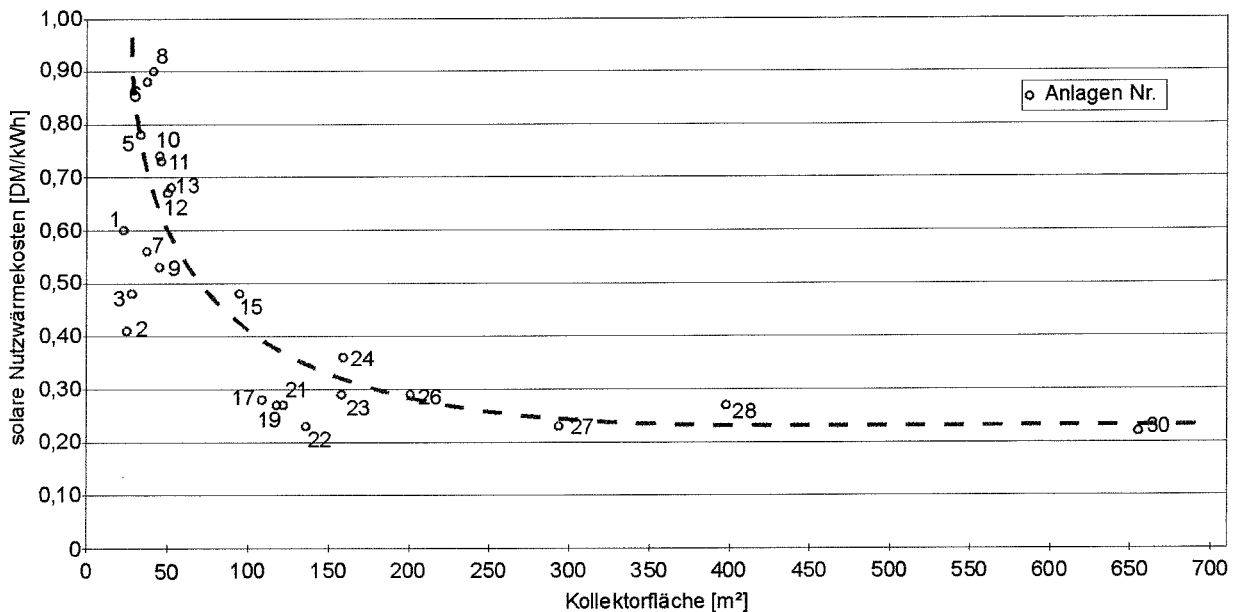
In gleicher Weise nehmen die solaren Nutzwärmekosten mit zunehmender Kollektorfläche ab. Sie reichen von ca. 0,90 DM/kWh bei kleinen Anlagen bis zu 0,22 DM/kWh bei großen Anlagen mit 300 m² Kollektorfläche und mehr. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einigen Anlagen aufgrund der ersten Betriebsergebnisse Nachbesserungen vorgenommen wurden, die sich noch nicht in neuen Meßergebnissen niedergeschlagen haben. So ist bei kleinen

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschöfwohnungsbau

Anlagen bis 100 m² mit optimierter Anlagentechnik von solaren Nutzwärmekosten zwischen 0,40 DM/kWh und 0,50 DM/kWh auszugehen, während bei Großanlagen über 200 m² die Kosten auf 0,18 bis 0,20 DM/kWh absinken können.



Spez. Systemkosten und Kollektorflächen bei Solaranlagen im Geschöfwohnungsbau (Anlagen.-Nr. laut Dokumentation)



Solare Nutzwärmekosten im Verhältnis zu den Kollektorflächen bei Solaranlagen im Geschöfwohnungsbau (Anlagen.-Nr. laut Dokumentation)

In einem weiteren Schritt werden grundsätzliche Überlegungen zum Einsatzpotential der solaren Warmwasserbereitung im Geschöfwohnungsbau angestellt. Vor dem Hintergrund einer stark abnehmenden Neubautätigkeit im Geschöfwohnungsbereich kommt den Wohnungen im Altbaubestand und deren Modernisierungsmöglichkeiten unter Einbeziehung von solarer Warmwasserbereitung besondere Bedeutung zu. Anhand von Daten des statistischen Bundesamtes wurde festgestellt, daß 54% des gesamten Wohnungsbestandes in

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau

den alten und neuen Bundesländern von insgesamt ca. 33 Mio. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern mit 3 und mehr Wohnungen untergebracht sind. Von großer Bedeutung für den Einsatz von Solaranlagen ist die Anzahl der Vollgeschosse, hängt hiervon doch prinzipiell der Anteil der Dachflächen pro Wohneinheit und damit die Installationsmöglichkeit für die Kollektorflächen ab. Ca. 77% der Wohngebäude weisen ein oder zwei Vollgeschosse, 21% drei bis vier Vollgeschosse und ca. 2% fünf und mehr Vollgeschosse auf. In einer theoretischen Modelluntersuchung wurde ermittelt, daß auch bei achtgeschossigen Wohngebäuden mit Flachdächern ca. 2 m² Kollektorfläche/Person und bei geneigten Dächern ca. 1,4 m²/Person unter Berücksichtigung eines Faktors von 0,5 für Dachgauben und ähnlichem zur Verfügung stehen. Damit kann auch bei höhergeschossiger Bebauung von einer prinzipiellen Einsatzmöglichkeit solarer Warmwasserbereitung ausgegangen werden.

Bei der Analyse der Investitionskosten von Solaranlagen wurden diejenigen Komponenten untersucht, die für die Gesamtkosten entscheidend sind. Der Kostenanteil von Kollektoren kann bis zu 40% und mehr ausmachen. Deshalb werden die verschiedenen Montage- und Konstruktionsmöglichkeiten von Kollektoren bis hin zum Solar-Roof als neueste Konzeption eingehend untersucht. Die Kostenentwicklung der Kollektoren in den letzten Jahren zeigt Rückgänge um ca. 1/3, was unter anderem mit zunehmenden realisierten Kollektorflächen aber auch mit einer größer werdenden Konkurrenzsituation inklusive ausländischer Anbieter zusammenhängt. Unter Zugrundelegung der Kostensituation der Unternehmen bei Herstellung und Vertrieb von Kollektoren scheint für die nächsten Jahre eine untere Preisgrenze bei Großflächenanlagen von ca. 350 DM/m² bis 400 DM/m² inkl. Mehrwertsteuer realistisch. Je größer und zusammenhängender eine Kollektorfläche ausgebildet werden kann, desto geringer fallen die Kosten je Quadratmeter aus. Bei Kleinanlagen ergeben sich Kosten in der Größenordnung von ca. 800 DM/m² Kollektorfläche.

Die Konzeption der Speicheranordnung für Solaranlagen im Geschößwohnungsbau wird wesentlich durch die Legionellenproblematik beeinflusst. Da in aller Regel Trinkwasserspeicher mit mehr als 400 l benötigt werden, wird bei Solaranlagen im Geschößwohnungsbau heute fast ausschließlich ein solarer Pufferspeicher eingesetzt, der vom Trinkwassersystem über einen Wärmetauscher getrennt ist und deshalb nicht der thermischen Desinfektion unterliegt. Pufferspeicher können in verschiedene Systemkonstellationen eingebunden sein, die sich im wesentlichen durch die Art der Nachheizung bzw. durch die Art der Vorerwärmung des Kaltwassers unterscheiden. Im Rahmen der Untersuchung werden vier Systeme ausführlich erläutert, wobei Aussagen über die energetische Effizienz dieser Anlagen zum derzeitigen Zeitpunkt nicht getroffen werden können, da vergleichende Meßergebnisse zu den einzelnen Systemen nicht vorliegen, was darauf zurückzuführen ist, daß die Pufferspeichersysteme relativ neu entwickelt wurden. Hier besteht in zweifacher Hinsicht Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Zum einen fehlen ausreichend genaue Simulationsprogramme, mit denen für den Einzelfall einer Solaranlage die zu erwartenden Ergebnisse der verschiedenen Speichersysteme simuliert und entscheidungsreif vergleichbar gemacht werden können. Zum anderen sind bisher nur wenige Pufferspeicheranlagen meßtechnisch erfaßt und wenn, dann nur über einen kurzen Zeitraum. Im Rahmen des Solarthermie-Programms der

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschöf- wohnungsbau

Bundesregierung laufen zur Zeit entsprechende Meßprogramme, die durch weitere Anlagenvarianten ergänzt werden müssen.

Während die Kurzzeitspeicher im wesentlichen dazu dienen, den tageszeitlichen Rhythmus zwischen solarem Einstrahlungsangebot und Warmwasserbedarf auszugleichen, geht es bei Langzeit-Wärmespeichern darum, das jahreszeitlich höhere Energieangebot des Sommers auf die Wintermonate zu übertragen. Man spricht deshalb auch von saisonalen Wärmespeichern. Langzeit- oder saisonale Wärmespeicher müssen mit relativ großen baulichen Aufwand realisiert werden, weshalb sich solche Anlagen nur lohnen, wenn sie nicht nur für die Warmwasserbereitung sondern auch für die Raumheizung herangezogen werden. Wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung wurden solare Nahwärmesysteme mit Langzeitspeichern in die Untersuchungen einbezogen, obwohl sie den eigentlichen Untersuchungsgegenstand der Warmwasserbereitung durch den Heizungsanteil überschreiten. Bei allen bisher in Deutschland realisierten Projekten mit Langzeitspeichern handelt es sich um Prototypen bzw. Pilot-Projekte mit erst relativ kurzer Laufzeit. Deshalb liegen bisher auch nur wenige Ergebnisse vor, die teilweise zu Modifizierungen der Anlagen geführt haben, von denen wiederum kaum Meßergebnisse vorhanden sind. Die gesamte Technologie bedarf einer Entwicklungsphase, in der nur vorsichtig Prognosen über die Wirtschaftlichkeit getroffen werden können. Es ist jedoch absehbar, daß Anlagen mit Langzeitspeichern aufgrund der hohen Investitionskosten für die Speicher zu solaren Nutzwärmekosten führen, die mit 0,30 DM/kWh bis 0,40 DM/kWh deutlich über denen von Großanlagen ohne Langzeitspeicherung liegen.

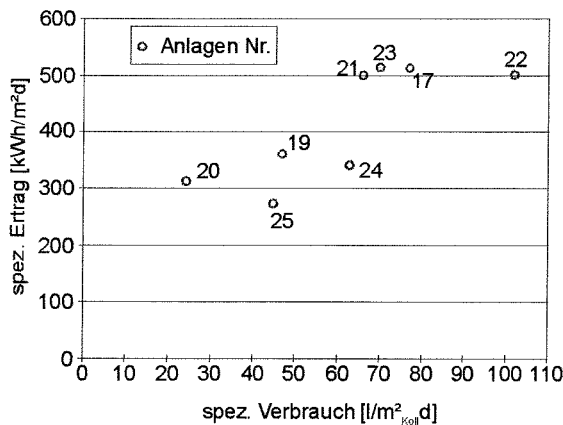
Die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung wird wesentlich durch den tatsächlichen Warmwasserbedarf bestimmt. Nach den Erfahrungen und den Auswertungen von Solaranlagen in den letzten Jahren wird eine Auslegung nach den durchschnittlichen Bedarfszahlen in den Sommermonaten empfohlen. Die Auslegung nach Jahresdurchschnittswerten würde zu einer größeren Dimensionierung der Anlagen führen, was zwar einen absolut höheren solaren Energiegewinn, jedoch einen niedrigeren Systemnutzungsgrad und damit höhere solare Nutzwärmekosten zur Folge hätte. Obwohl diese Tatsache seit Jahren in Fachkreisen bekannt ist, wurde bei zahlreichen realisierten Solaranlagen während des Betriebes festgestellt, daß die Bedarfswerte zu hoch abgeschätzt wurden. Die Folge sind überdimensionierte Anlagen, die in Einzelfällen bei hoher Einstrahlung bereits in den Vormittagsstunden außer Betrieb gehen, da die zulässige Temperatur des Pufferspeichers erreicht ist.

Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch bei 60°C lag bei den untersuchten Wohngebäuden in der Größenordnung von ca. 31 l/Pd mit einer Spannweite von minimal 20 l/Pd und maximal 40 l/Pd. Bei Seniorenwohnheimen liegt der Verbrauch wesentlich höher. Hier kann von einem Durchschnittswert von ca. 70 l/Pd ausgegangen werden. Studentenwohnheime weisen ebenfalls einen höheren Warmwasserverbrauch als normale Wohnungen auf. Im Semester liegen die Werte im Durchschnitt bei ca. 40 l/Pd, in den Semesterferien können sich wesentlich geringere Verbräuche ergeben. Im Einzelfall empfiehlt sich unbe-

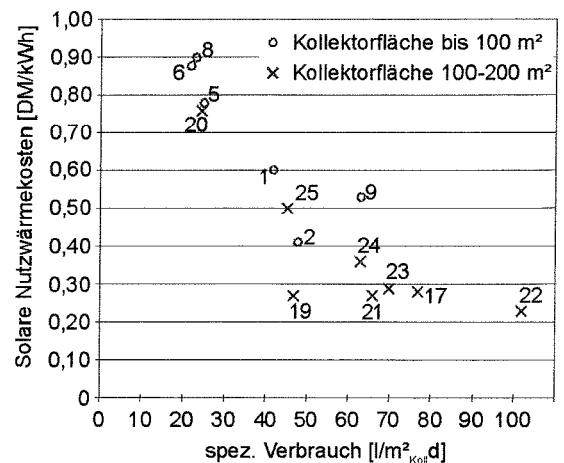
Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau

dingt, bei bestehenden Gebäuden den Warmwasserbedarf vor der Planung einer Solaranlage zu messen und ihn mit dem Bedarf ähnlicher Gebäude abzugleichen. Bei Neubauten sind Verbrauchswerte von Gebäuden ähnlicher Struktur heranzuziehen.

Nachdem der Warmwasserbedarf ermittelt, überprüft und als Auslegungsbedarf festgelegt worden ist, müssen die Komponenten der Solaranlage dimensioniert werden. Dabei hat sich die Größe der Kollektorfläche im Verhältnis zum Verbrauch als entscheidendes Kriterium für die mit der Solaranlage erzielbaren Ergebnisse herausgestellt. Der spezifische Warmwasserverbrauch als Quotient von Verbrauch und Kollektorfläche beeinflusst im wesentlichen Maße die solaren für die Warmwasserbereitung zur Verfügung stehenden Erträge. Großdimensionierte Anlagen mit einem kleinen spezifischen Verbrauch haben zwar einen hohen solaren Deckungsanteil, jedoch geringere spezifische solare Nutzenergieerträge als solche mit höheren spezifischen Verbrauchswerten, d. h. der Systemnutzungsgrad nimmt mit zunehmenden solaren Deckungsanteil ab. Deshalb wird ein spezifischer Warmwasserverbrauch von ca. 70 l/m²d als Auslegungsgröße empfohlen, der sich bei der Auswertung bestehender Solaranlagen als besonders wirtschaftlich herausgestellt hat.



Spez. Verbrauch im Verhältnis zu dem spez. Ertrag bei mittleren Solaranlagen mit Kollektorflächen von 100-200 m² (Anlagen-Nr. laut Dokumentation)



Spez. Verbrauch im Verhältnis zu den solaren Nutzwärmekosten bei Solaranlagen im Geschößwohnungsbau (Anlagen-Nr. laut Dokumentation)

Neben den technischen und energetischen Aspekten von Solaranlagen spielt die organisatorische Abwicklung der Installation und des Betriebes insbesondere bei größeren Anlagen eine wichtige Rolle für eine erfolgreiche und breitere Umsetzung der Technologie. Nicht nur im technologischen Bereich von Solaranlagen ist in den letzten Jahren eine deutliche Entwicklung zur Kostensenkung zu beobachten sondern auch im organisatorischen Bereich sind neue Wege beschritten worden. Vor allem sogenannte "Contracting-Modelle" bieten Möglichkeiten und Vorteile für eine breite Umsetzung der solaren Warmwasserbereitung. Unter Contracting versteht man dabei die vertraglichen Vereinbarungen zwischen den Bauherren bzw. Eigentümern eines Gebäudes mit einem Fachunternehmen oder einem Konsortium von Planern und ausführenden Firmen, die mit ihren spezifischen Know-how der

Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung im Geschößwohnungsbau

Technik, der Finanzierung sowie des Betriebes der Energieversorgungsanlagen wirtschaftliche Energielieferungen ermöglichen. Dabei sind Solaranlagen nur als ein Teil der gesamten Energieversorgungsanlage zu sehen, auf die sich die Vereinbarungen beziehen. Fachunternehmen als Contracting-Partner können ihr spezifisches Know-how, das sie bei der Abwicklung vieler Projekte gewonnen haben, zur Verfügung stellen und übernehmen gleichzeitig -je nach Ausgestaltung der vertraglichen Vereinbarungen- das Risiko der Investitionen und der Betriebsergebnisse, d.h. sie garantieren einen bestimmten solaren Ertrag. Mit Hilfe eines garantierten Betriebs- und Kostenrahmens können eventuelle Vorbehalte von Wohnungseigentümern, z. B. Wohnungsbaugesellschaften, gegenüber der Solartechnik abgebaut und ausgeräumt werden.

Nachdem die thermische Solarenergienutzung bereits seit Jahrzehnten bekannt und in einzelnen Projekten eingesetzt worden ist, hat sich in den letzten Jahren eine erstaunliche Reduzierung der Kosten ergeben. Diese wurde vor allem durch größere Anlagen, aber auch durch eine Weiterentwicklung insbesondere der Anlagenkonzeption und der Anlagendimensionierung erreicht. Gerade Großanlagen sind für den Geschößwohnungsbau interessant und lassen, wenn man den Bestand an Geschößwohnungen betrachtet, in den nächsten Jahren breite Einsatzmöglichkeiten erkennen. Solare Nutzwärmekosten in der Größenordnung von 0,18 DM/kWh bis 0,20 DM/kWh scheinen durchaus realistisch und wurden bereits bei einzelnen Anlagen mit Kollektorflächen über 500 m² erreicht. Damit kommt man in den Bereich konventionell erzeugter Energie und leistet gleichzeitig einen beträchtlichen Beitrag zur Umweltentlastung.