

Solaranlagen im Vergleich

Ergebnisse eines Langzeittests, durchgeführt vom TÜV Bayern

Die Entwicklung von Sonnenkollektoren ist nach Ansicht des Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT) weitgehend abgeschlossen. Die Förderung des BMFT konzentriert sich deshalb schon seit geraumer Zeit auf Meß- und Testprogramme, um zuverlässige Daten und Erkenntnisse über die Funktion von Solaranlagen über längere Zeiträume hinweg zu erhalten. Ein 1982/83 im Auftrage der Stiftung Warentest und mit Förderung des BMFT vom TÜV Bayern durchgeführter Test machte deutlich, daß damals vor allem die Komponenten solarthermischer Kleinanlagen verbesserungsbedürftig waren. Vor wenigen Wochen konnte der TÜV Bayern – abermals mit Förderung des BMFT – einen zweiten Vergleichstest abschließen. Der offizielle und von jedermann käuflich zu erwerbende Ergebnisbericht dürfte im Herbst vorliegen. Ausschnitte daraus veröffentlichen wir nachfolgend mit freundlicher Genehmigung aller mit diesem Test befaßten Institutionen. Wir beginnen mit einer zusammenfassenden Würdigung, verfaßt von Dr.-Ing. Helmut Hlawiczka, Referent im Bundesministerium für Forschung und Technologie.

Der zweite jetzt abgeschlossene Test wurde 1985 begonnen, um den heutigen wesentlich verbesserten Stand der Entwicklung zu berücksichtigen. An diesem Testprogramm waren überwiegend Firmen der mittelständigen Solarindustrie beteiligt. Es wurden 14 heute auf dem Markt angebotene Systeme untersucht und zusätzlich vier Anlagen, die heute in Deutschland noch nicht marktüblich sind. Bei diesen vier Anlagen handelt es sich um einen Speicherkollektor und drei kleine Anlagen mit Naturumlauf (sog. Thermosiphonanlagen), für die keine elektrische Pumpe im Kollektorkreislauf erforderlich ist. Von den 14 Anlagen arbeiten 12 mit Zwangsumwälzung, d.h. mit Pumpe, und zwei mit Naturumlauf. Zwölf Anlagen enthalten Solarkollektoren üblicher Bauart, zwei Anlagen hocheffiziente Vakuumröhrenkollektoren.

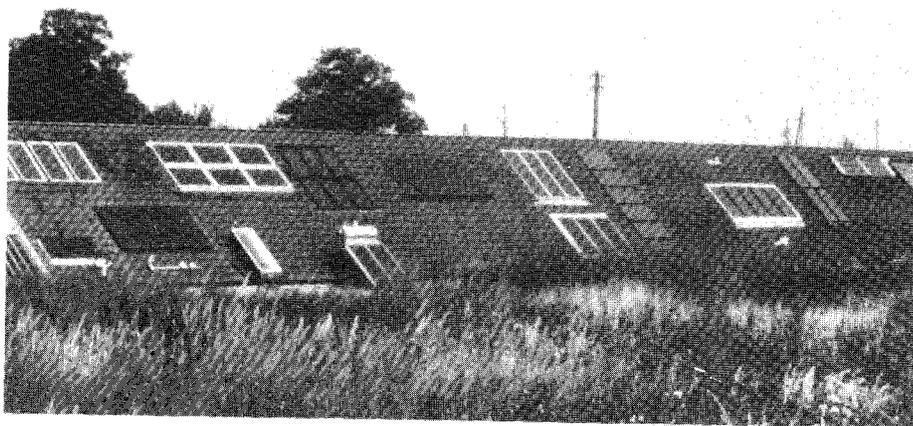
Im Testprogramm sollte mit den Solaranlagen der tägliche Warmwasserbedarf eines Vier-Personen-Haushaltes (200 l, 45 °C) während des ganzen Jahres gedeckt werden. Eine elektrische Zusatzheizung sorgte für die Wassererwärmung bei ungenügender Sonneneinstrahlung. Die Anlagen wurden sowohl einem Komponententest wie einem einjährigen Freilandversuch unterzogen. In dem Komponententest

konnten gegenüber dem ersten Test deutlich bessere Wirkungsgrade der Solarkollektoren und Wärmespeicher gemessen werden. Mängel hatten bei den Anlagen der sogenannten ersten Generation vielfach dazu geführt, daß die Sonnenenergie nur unzureichend genutzt werden konnte.

In dem Freilandversuch konnten jetzt deutlich bessere Werte der thermischen Anlagenleistung ermittelt werden. Die 14 Solaranlagen benötigen im Durch-

schnitt etwa 49 % Fremdenergie (Elektrizität) zur Deckung der Jahresnutzenergie. Bei dem ersten Test waren dafür noch rund 74 % Fremdenergie erforderlich. Bei annähernd gleichen Kollektorflächen ergab sich eine um etwa 50 % höhere Leistungsfähigkeit der Anlagen gegenüber dem ersten Vergleichstest. Auch das Betriebsverhalten der Anlagen und damit ihre Gebrauchstauglichkeit waren deutlich besser. Korrosionsschäden wurden während des Testzeitraumes nicht mehr beobachtet.

Verbesserte Leistung und höhere Haltbarkeit einer Anlage führen auch zu einem besseren Kosten/Nutzenverhältnis. Damit ist ein weiterer wichtiger Schritt für eine größere Marktverbreitung dieser Systeme gemacht. Die Nutzung der Sonnenenergie zur Wassererwärmung eröffnet längerfristig auch in Deutschland einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zur Primärenergieeinsparung, und das durch eine umweltfreundliche Energiequelle. Voraussetzung dafür sind leistungsfähige Solaranlagen mit guter Haltbarkeit und vertretbaren Kosten.



Ausschnitt aus dem Testfeld für Sonnenkollektoren. Warmwasserspeicher (Ausnahme eine Thermosiphonanlage) und Meßeinrichtungen unter dem Dach.

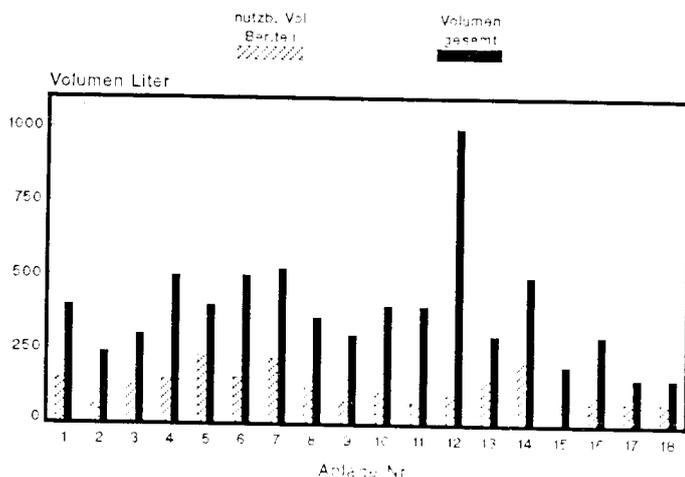


Bild 1. Speichervolumen [l] der getesteten Anlagen

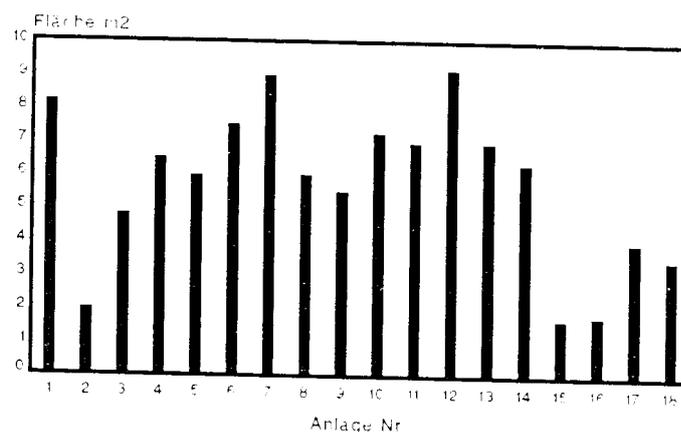
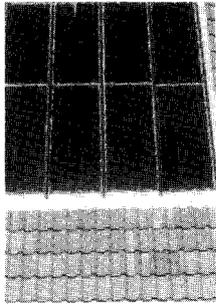


Bild 2. Wirksame Kollektorfläche [m²] der getesteten Anlagen

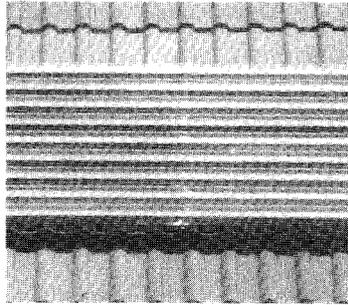
Fortsetzung des Textes auf Seite 6. Auf den Seiten 4 und 5 finden Sie einen Überblick über die getesteten Anlagen

und die wichtigsten Meßergebnisse. Erläuterungen dazu auf Seite 6 oben.



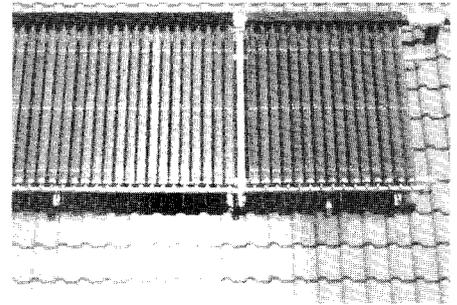
Anlage Nr. 1

Zweikreis-Zwangsumlauf,
Sunstrip-Selbstbau-Flachkollektor
Gesamtpreis DM 6084,-
wirks. Kollektorfläche 8,2 m²
Kollektorfeld 2,48 x 3,85 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,38
Q_{Fremd} 1068 kWh/a
Q_{Verl} 618 kWh/a
Q_{sol} 2360 kWh/a
R bei H = 0 1,22
H bei R = 0 3,33 kWh/m²d
Amortisationsdauer 13,5 / 6,5 Jahre
Anbieter: Wagner & Co. GmbH,
3550 Marburg



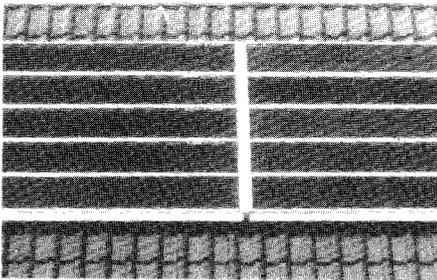
Anlage Nr. 2

Zweikreis-Naturumlauf,
Vakuüm-Röhrenkollektoren
(Anlage wird nicht mehr angeboten)
wirks. Kollektorfläche 1,96 m²
Kollektorfeld 2,61 x 1,06 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,83
Q_{Fremd} 2332 kWh/a
Q_{Verl} 646 kWh/a
Q_{sol} 1124 kWh/a
R bei H = 0 1,23
H bei R = 0 9,54 kWh/m²d
Amortisationsdauer 16,1 / 7,3 Jahre
Anbieter: Solar Energie-Technik GmbH,
6822 Altlußheim



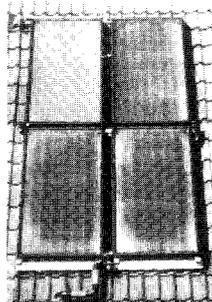
Anlage Nr. 3

Zweikreis-Zwangsumlauf,
Vakuüm-Röhrenkollektoren
Gesamtpreis DM 11 183,-
wirks. Kollektorfläche 4,8 m²
Kollektorfeld 3,4 x 1,96 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,48
Q_{Fremd} 1349 kWh/a
Q_{Verl} 703 kWh/a
Q_{sol} 2164 kWh/a
R bei H = 0 1,25
H bei R = 0 4,5 kWh/m²d
Amortisationsdauer > 30 / 14,5 Jahre
Anbieter: Klöckner & Co. KG a.A.,
8000 München 40



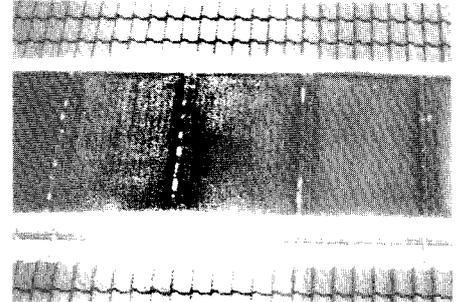
Anlage Nr. 4

Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
Gesamtpreis DM 9300,-
wirks. Kollektorfläche 6,5 m²
Kollektorfeld 4,31 x 1,8 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,45
Q_{Fremd} 1265 kWh/a
Q_{Verl} 630 kWh/a
Q_{sol} 2175 kWh/a
R bei H = 0 1,22
H bei R = 0 -
Amortisationsdauer 25,5 / 9,8 Jahre
Anbieter: Deutsche Total GmbH,
4000 Düsseldorf 1



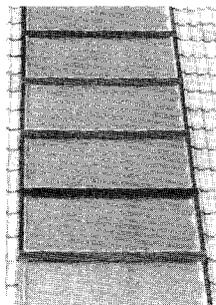
Anlage Nr. 5

Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
Gesamtpreis (kein Angebot für BRD)
wirks. Kollektorfläche 6,0 m²
Kollektorfeld 1,8 x 4,3 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,55
Q_{Fremd} 1545 kWh/a
Q_{Verl} 919 kWh/a
Q_{sol} 2184 kWh/a
R bei H = 0 1,33
H bei R = 0 3,02 kWh/m²d
Amortisationsdauer -
Anbieter: Ernst Schweizer AG,
CH-8908 Hedingen



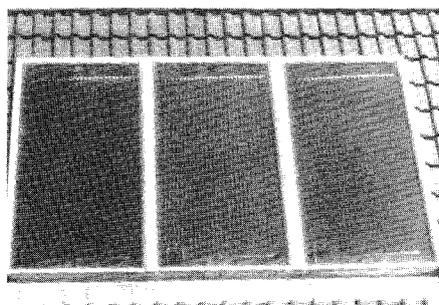
Anlage Nr. 6

Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
Gesamtpreis DM 9717,-
wirks. Kollektorfläche 7,5 m²
Kollektorfeld 5,02 x 2,12 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,38
Q_{Fremd} 1068 kWh/a
Q_{Verl} 458 kWh/a
Q_{sol} 2200 kWh/a
R bei H = 0 1,16
H bei R = 0 3,6 kWh/m²d
Amortisationsdauer > 30 / 12 Jahre
Anbieter: Christeva Sonnenenergietechnik
GmbH, 8029 Sauerlach



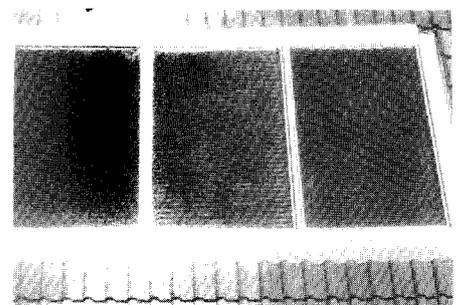
Anlage Nr. 7

Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
Gesamtpreis DM 10 384,-
wirks. Kollektorfläche 9 m²
Kollektorfeld 1,9 x 7,6 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,44
Q_{Fremd} 1236 kWh/a
Q_{Verl} 732 kWh/a
Q_{sol} 2306 kWh/a
R bei H = 0 1,26
H bei R = 0 3,85 kWh/m²d
Amortisationsdauer 26,8 / 10,1 Jahre
Anbieter: Mildebrath GmbH,
7831 Sasbach 1



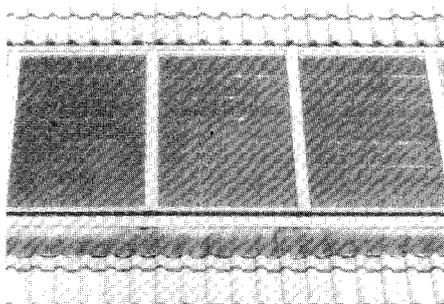
Anlage Nr. 8

Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
Gesamtpreis DM 8908,-
wirks. Kollektorfläche 6,0 m²
Kollektorfeld 2,97 x 2,56 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,47
Q_{Fremd} 1321 kWh/a
Q_{Verl} 759 kWh/a
Q_{sol} 2248 kWh/a
R bei H = 0 1,27
H bei R = 0 4,33 kWh/m²d
Amortisationsdauer 26,8 / 10,1 Jahre
Anbieter: Getra GmbH,
8309 Au/Hallertau

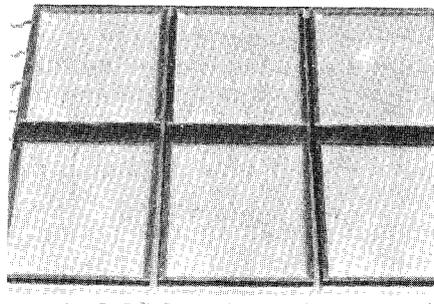


Anlage Nr. 9

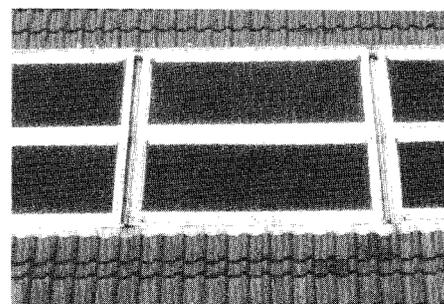
Zweikreis-Naturumlauf (ab Sommer 1986
Zwangsumlauf mit entspr. höherer Ausbeute)
Gesamtpreis DM 8900,-
wirks. Kollektorfläche 5,5 m²
Kollektorfeld 3,18 x 2,05 m
Q_{Nutz} 2810 kWh/a
R 0,60 (~ 0,55 bei Zwangsumlauf)
Q_{Fremd} 1686 kWh/a
Q_{Verl} 281 kWh/a
Q_{sol} 1405 kWh/a
R bei H = 0 1,1
H bei R = 0 7,3 kWh/m²d
Amortisationsdauer > 30 / 13,4 Jahre
Anbieter: Zierys GmbH, 8210 Prien


Anlage Nr. 10

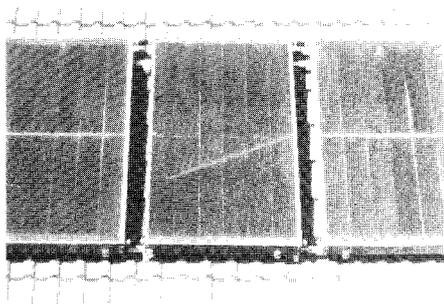
Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 9300, –
 wirks. Kollektorfläche 7,3 m²
 Kollektorfeld 4,7 x 1,78 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,33
 Q_{Fremd} 927 kWh/a
 Q_{Verl} 553 kWh/a
 Q_{sol} 2436 kWh/a
 R bei H = 0 1,20
 H bei R = 0 2,74 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 21,9 / 9,0 Jahre
 Anbieter: Energie-Technik Müller GmbH & Co. KG, 7181 Satteldorf


Anlage Nr. 11

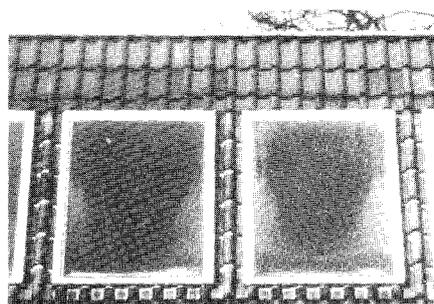
Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 9063, –
 wirks. Kollektorfläche 7 m²
 Kollektorfeld 2,93 x 3,14 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,54
 Q_{Fremd} 1517 kWh/a
 Q_{Verl} 648 kWh/a
 Q_{sol} 1941 kWh/a
 R bei H = 0 1,23
 H bei R = 0 5,17 kWh/m²d
 Amortisationsdauer > 30 / 14,3 Jahre
 Anbieter: Walo Georg Wagner, 8770 Lohr am Rhein


Anlage Nr. 12

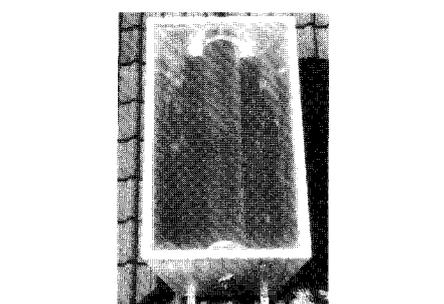
Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 11 500, –
 wirks. Kollektorfläche 9,2 m²
 Kollektorfeld 5,44 x 2,13 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,51
 Q_{Fremd} 1433 kWh/a
 Q_{Verl} 759 kWh/a
 Q_{sol} 2136 kWh/a
 R bei H = 0 1,27
 H bei R = 0 4,46 kWh/m²d
 Amortisationsdauer > 30 / 17,4 Jahre
 Anbieter: GEFAS GmbH, 7888 Rheinfelden 2


Anlage Nr. 13

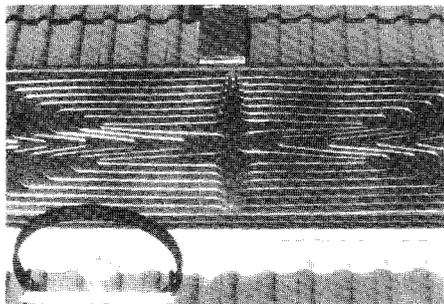
Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 7250, –
 wirks. Kollektorfläche 6,6 m²
 Kollektorfeld 3,68 x 1,96 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,53
 Q_{Fremd} 1489 kWh/a
 Q_{Verl} 871 kWh/a
 Q_{sol} 2192 kWh/a
 R bei H = 0 1,31
 H bei R = 0 5,01 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 14,0 / 6,7 Jahre
 Anbieter: Solar Diamant System GmbH, 4441 Wetztingen


Anlage Nr. 14

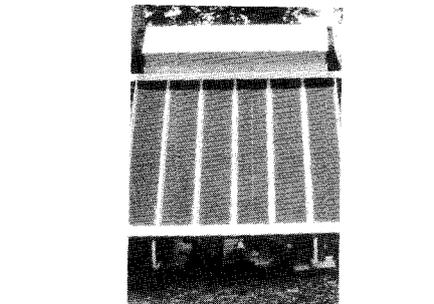
Zweikreis-Zwangsumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 9964, –
 wirks. Kollektorfläche 6,4 m²
 Kollektorfeld 4,61 x 1,8 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,41
 Q_{Fremd} 1152 kWh/a
 Q_{Verl} 674 kWh/a
 Q_{sol} 2332 kWh/a
 R bei H = 0 1,24
 H bei R = 0 3,61 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 26,6 / 10,1 Jahre
 Anbieter: Solar-Fit GmbH, 8602 Strullendorf


Anlage Nr. 15

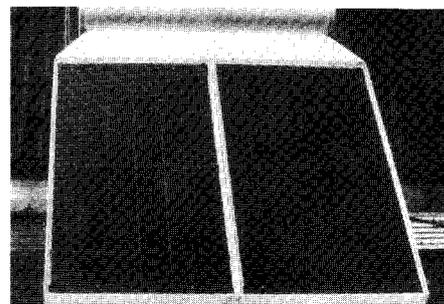
Einkreis-Naturumlauf, Speicherkollektor
 Gesamtpreis DM 2045, –
 (ohne notwendigen konventionellen Speicher)
 wirks. Kollektorfläche 1,7 m²
 Kollektorfeld 2,0 x 1,0 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,83
 Q_{Fremd} 2304 kWh/a
 Q_{Verl} 369 kWh/a
 Q_{sol} 843 kWh/a
 R bei H = 0 1,12
 H bei R = 0 –
 Amortisationsdauer 18,4 / 8,0 Jahre
 Solar Diamant System GmbH, 4441 Wetztingen


Anlage Nr. 16

Zweikreis-Naturumlauf
 Gesamtpreis DM 2600, –
 (ohne notwendigen konventionellen Speicher)
 wirks. Kollektorfläche 1,8 m²
 Kollektorfeld m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,79
 Q_{Fremd} 2212 kWh/a
 Q_{Verl} 328 kWh/a
 Q_{sol} 916 kWh/a
 R bei H = 0 1,11
 H bei R = 0 11,3 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 17,9 / 7,8 Jahre
 Anbieter: Solar Energie-Technik, 6822 Altlußheim


Anlage Nr. 17

Zweikreis-Naturumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 4500, –
 wirks. Kollektorfläche 4,0 m²
 Kollektorfeld 2,05 x 2,15 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,79
 Q_{Fremd} 2212 kWh/a
 Q_{Verl} 737 kWh/a
 Q_{sol} 1325 kWh/a
 R bei H = 0 1,25
 H bei R = 0 9,2 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 11,9 / 6,1 Jahre
 Anbieter: Deutsche Total GmbH, 4000 Düsseldorf 1


Anlage Nr. 18

Zweikreis-Naturumlauf, Flachkollektor
 Gesamtpreis DM 3426, –
 (ohne notwendigen konventionellen Speicher)
 wirks. Kollektorfläche 3,5 m²
 Kollektorfeld 2,0 x 1,96 m
 Q_{Nutz} 2810 kWh/a
 R 0,70
 Q_{Fremd} 1960 kWh/a
 Q_{Verl} 369 kWh/a
 Q_{sol} 1208 kWh/a
 R bei H = 0 1,12
 H bei R = 0 9,1 kWh/m²d
 Amortisationsdauer 19,2 / 8,2 Jahre
 Anbieter: Solar Diamant System GmbH, 4441 Wetztingen

Erläuterungen zur Übersicht auf den Seiten 4/5

Alle Daten beziehen sich auf einen täglichen Warmwasserbedarf von 200 l mit einer Temperatur von 45°C. Der angegebene Gesamtpreis wurde von den Herstellern genannt und versteht sich ohne Montage. Q_{Nutz} Nutzwärme, R Fremdenergiebedarf, Q_{Fremd} Fremdenergie, Q_{Verl} Verlustwärme, Q_{sol} Solarwärme. Amortisationsdauer (in Jahren); erster Wert bei angenommenen 21 Pf/kWh Fremdenergie, zweiter Wert bei 42 Pf/kWh.

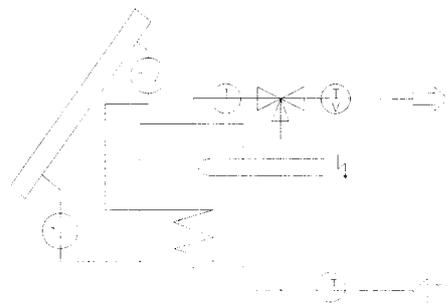


Bild 3. Meßaufbau schematisch

Anmerkungen zur Normung

In Deutschland hat die Entwicklung aktiver Systeme zur solaren Warmwasserbereitung nach den ersten drastischen Ölpreiserhöhungen 1973/74 eingesetzt. Mit den besten Verkaufsjahren 1977 und 1978 setzte die Normung für Solarkollektoren ein. Zunächst mußten sicherheitstechnische Vorschriften für Solaranlagen erarbeitet werden. Die lehnen sich eng an die bestehenden DIN-Normen für sicherheitstechnische Anforderungen an konventionelle Heizungsanlagen sowie die bestehenden technischen Regeln für Dampfkessel TRD an. Gefährliche Zustände, die z.B. bei hohen Stillstandtemperaturen oder auftretenden Überdrücken oder sich an Luft selbstentzündenden Wärmeträgerflüssigkeiten hätten entstehen können, mußten vermieden werden. Entsprechende Festlegungen sind in den Normen DIN 4757 Teil 1 bis Teil 3 enthalten.

Mit einer Norm als Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Kollektoren, die sich an die damals bestehende BSE-Richtlinie anlehnte, die wiederum bereits europäisch abgestimmt war, fand die nationale Normung für Solaranlagen zur Wassererwärmung zunächst ihren Abschluß (DIN 4757 Teil 4). Allerdings

fehlt bislang noch ein wichtiges Glied in der Kette: ein Verfahren zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von kompletten Solaranlagen – eine für den Verbraucher wichtige Frage.

Diese Lücke soll durch verschiedene Anstrengungen geschlossen werden. Zum einen arbeitet Deutschland im internationalen Komitee für Normung (ISO) mit, wo für Labor und Freiland entsprechende Methoden genormt werden. Die zur Diskussion stehenden Verfahren sind jedoch auf ihre Aussagefähigkeit hin weder erprobt noch auf eine Minimierung des dazu notwendigen meßtechnischen Aufwandes hin untersucht worden. Diese Fragen sollen in einem Forschungsverbund mit fünf Instituten in Deutschland geklärt und dann in die internationale Normung eingebracht werden.

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit von solaren Wassererwärmungsanlagen muß einhergehen mit Vorschriften für Langzeitbeständigkeit und Gebrauchstauglichkeit, auch für Werkstoffe und Komponenten (Kollektor, Speicher usw.). Diese Vorschriften werden ebenfalls international erarbeitet und dienen letztlich dazu, die Zuverlässigkeit

der solar beheizten Warmwasseranlagen sicherzustellen und für Wirtschaftlichkeitsüberlegungen kalkulierbar zu machen.

Prüfbedingungen

Die Anlagen wurden von den Herstellern zur Verfügung gestellt, in ein nach Süden ausgerichtetes, um 45 Grad geneigtes Modelldach eingebaut und in Betrieb genommen. Jede Anlage mußte den Warmwasserbedarf einer vierköpfigen Familie decken, nämlich täglich 200 l mit etwa 45 °C. Wärme, die nicht solar geerntet werden konnte, wurde aus versuchstechnischen Gründen mit einer elektrischen Zusatzheizung und nicht, wie sonst üblich, mit einem Heizkessel eingespeist.

Alle 18 Anlagen wurden unter den genannten Prüfbedingungen über einen Zeitraum von etwa acht Monaten betrieben, d.h. einem Langzeitversuch unterzogen. Im Anschluß an den Langzeitversuch wurden alle Anlagen zwei Kurzzeitversuchen über einen Zeitraum von jeweils fünf Wochen unterworfen, bei denen täglich 100 l bzw. 300 l warmes Wasser mit 45 °C entnommen wurde. Am Beginn und am Ende eines jeden Kurzzeitversuches wurden die Anlagen bei abgeschaltetem Kollektorkreislauf betrieben, d.h. es wurde keine Solarwärme eingekoppelt. Damit wurden am Anfang und am Ende eines Kurzzeitversuches identische Bedingungen für die Wärmebilanzen erreicht.

Mit einer Datenerfassungsanlage wurden Temperaturen, Wärmemengen und Meteorologiedaten laufend erfasst und später in einem Rechner ausgewertet. Umfangreiche Messungen wurden an Kollektoren und Speichern durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten zu ermitteln.

Die vier Anlagen besonderer Bauart wurden, wie die 14 anderen, von den Firmen zur Verfügung gestellt, montiert und in Betrieb genommen. Bei diesen waren jedoch keine Komponentenmessungen durchzuführen. Die Datenerfassungsanlage für sie wurde vom Institut für Kernphysik der KFA Jülich bereitgestellt, das auch die Auswertung der Meßergebnisse übernahm.

Folgende thermodynamische Größen wurden gemessen:

- Vor- und Rücklaufemperatur im Kollektorkreis

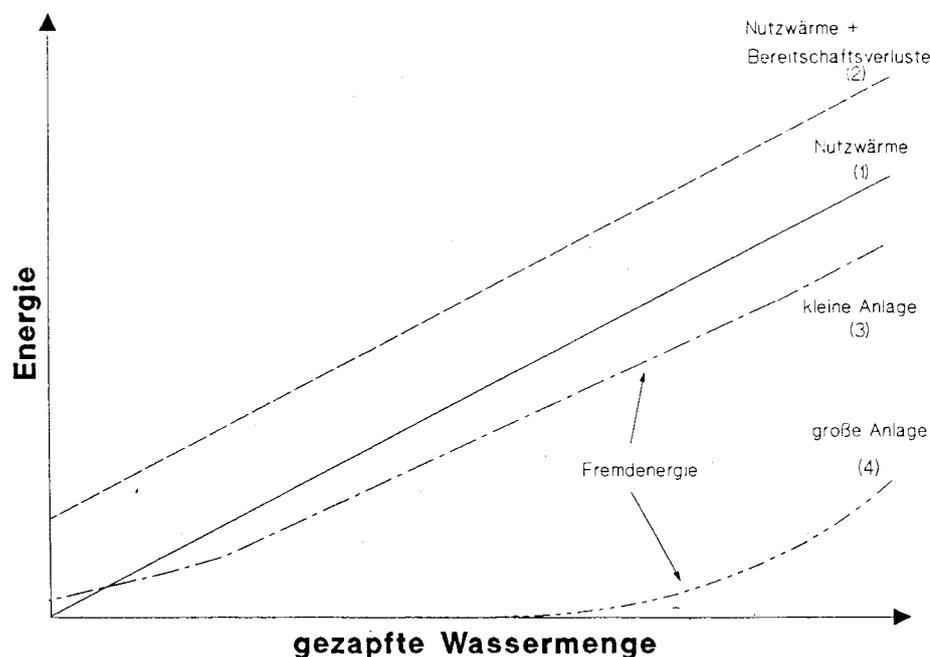


Bild 4. Fremdenergiebedarf Q_{Fremd} in Abhängigkeit von der entnommenen Wassermenge (für einen vorgegebenen Strahlungswert); Q_{Fremd} wird zusätzlich zur Solarenergie benötigt, um die Nutzwärme bereitzustellen und die Verluste abzudecken. Kurve 3 zeigt den Fremdenergiebedarf einer Anlage, die für kleine Zapfraten, Kurve 4 einer, die für große Zapfraten ausgelegt ist.

- Volumenstrom im Kollektorkreis
- Betriebsstunden der Umwälzpumpe im Kollektorkreis
- Elektrowärmemenge
- Kaltwasser- und Warmwassertemperatur im Warmwasserkreis
- Speicheraustrittstemperatur
- Volumenstrom im Warmwasserkreis.

An meteorologischen Daten wurden gemessen:

- Strahlungsgrößen
- Umgebungstemperaturen
- Windgeschwindigkeit/-richtung.

Die mit dem Langzeitversuch und mit den Kurzzeitversuchen ermittelten Leistungsdaten der Anlagen wurden nach einem Prognoseverfahren auf das Testjahr, das vom November 1985 bis zum November 1986 festgelegt wurde, umgerechnet. Naturgemäß waren die aus den Kurzzeitversuchen ermittelten Leistungsdaten mit größeren Ungenauigkeiten behaftet als die aus dem Langzeitversuch über etwa acht Monate ermittelten Werte.

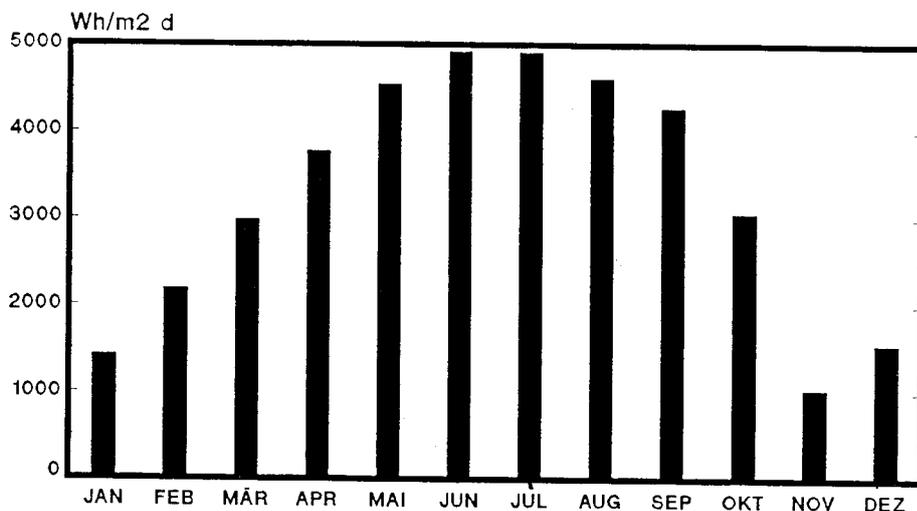


Bild 5. Monatliche Werte der Strahlung H während des Testjahres.

Auslegung einer Anlage anhand einer Darstellung nach Bild 7

Zwei Größen in dieser Darstellungsart charakterisieren die Güte einer Sonnenheizungsanlage aus energetischer Sicht: der Basiswert von R bei $H = 0$ und die Steigung der Geraden.

R-null ist ein direktes Maß für die Güte des Wasserspeichers, d.h. für die Höhe der dort entstehenden Verluste. Je größer die Verluste des Speichers, desto höher liegt R-null über dem Basiswert 1.

Die Steigung der Geraden ist ein Maß dafür, in welchem Umfang eine Anlage das Angebot der Sonne in nutzbare Wärme umwandelt. Im wesentlichen ist die Steigung von der Fläche des Kollektorfeldes und von dessen Wirkungsgrad abhängig.

Ein Kollektor mit einem vergleichsweise kleinen Wirkungsgrad benötigt mehr Fläche, um die gleiche Steigung zu erzielen wie ein Kollektor mit hohem Wirkungsgrad.

Eine Sonnenheizungsanlage zur Wassererwärmung muß nach dem täglichen Wasserbedarf dimensioniert werden. Als Anhaltswert für den Warmwasserbedarf kann in der Bundesrepublik ein Wert von 30 bis 50 Liter pro Person mit einer Temperatur von 50 °C angesetzt werden. Ausgehend vom benötigten Warmwasserbedarf ist die Speichergröße des Solarteiles festzulegen. Zweckmäßigerweise wird der Solarteil für etwa den doppelten Warmwasserbedarf eines Tages ausgelegt.

Die Größe des Bereitschaftsteiles soll nur so groß gewählt werden, daß ausreichend warmes Wasser während einer Zapfung, z.B. für eine Badewanne, bereitsteht. Die Größe hängt aber auch wesentlich von der Leistungsfähigkeit der Zusatzheizung und damit von der konventionellen Heiztechnik ab. Anhand der Einstrahlungswerte für den Aufstellungsort der Sonnenheizungsanlage ist die wirksame Kollektorfläche festzulegen.

Nach den vorgenannten Kriterien ist bei den in der Bundesrepublik üblichen

Heizungstechniken und Betrachtungswerten im Jahresschnitt ein R-Wert für den Fremdenergiebedarf von 0,5 sinnvoll. Ein R-Wert in dieser Größe ergibt praktisch in der heizfreien Zeit (etwa vier Monate) eine nahezu hundertprozentige Deckung des Wärmebedarfes für die Wassererwärmung.

Eine leistungsoptimierte Anlage, die z.B. 70 % des Wärmebedarfes Q_{Nutz} deckt, ist dann sinnvoll, wenn in den Sommermonaten zusätzliche Verbraucher (z.B. ein Gartenschwimmbad oder Fremdzimmer) angeschlossen sind. Sonst können geerntete Wärmemengen nicht genutzt werden, eventuell entstehen auch Probleme mit zu hohen Speichertemperaturen.

Eine kostenoptimierte Anlage läßt sich dagegen am sichersten erreichen, wenn sie als Vorwärmer eines konventionellen Systems arbeitet. Es muß allerdings auch außerhalb der Heizperiode, wenn die Heizungsanlage häufig abgeschaltet wird, Fremdenergie bereitgehalten werden. Die praktische Auslegung einer Solaranlage wird deshalb meistens ein Kompromiß zwischen beiden Extremen sein. Orientiert man sich daran, daß sie in aller Regel eine Ergänzung zu einer konventionellen Anlage darstellt, die in der Heizzeit die nötige Wärme für die Raumbeheizung bereitstellt, so ist die Forderung sinnvoll, daß sie zumindest in der heizfreien Zeit, in der die konventionelle Anlage bekanntlich mit einem schlechten Wirkungsgrad arbeitet, den Warmwasserbedarf vollständig decken kann.

Diese Forderung ist etwa erfüllt, wenn wie bereits erwähnt, im Jahresschnitt der Fremdenergieaufwand $R = 0,5$ beträgt. Anlagen mit R-Werten beträchtlich unter 0,5 weisen relativ große Kollektorflächen auf. Da andererseits die Kostendegression bei Solaranlagen mit zunehmender Kollektorfläche erheblich ist, weil die Kollektorkosten nur etwa 30 % der gesamten Anlagekosten aus-

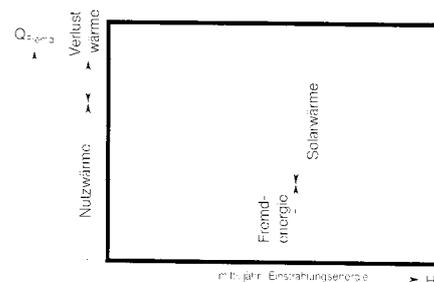


Bild 6. Leistungsfähigkeit einer Solaranlage, dargestellt am Verhältnis von Fremdenergie Q_{Fremd} zur Bestrahlungsstärke H. Kennt man von einem Standort die mittlere jährliche Einstrahlung H, so kann man aus so einer Darstellung in etwa ablesen, wieviel Fremdenergie aufzuwenden ist, wenn der dem Diagramm zugrunde gelegte Wärmebedarf vorausgesetzt wird.

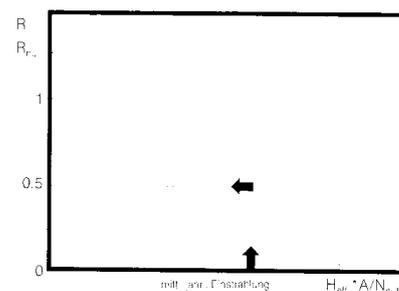


Bild 7. Prinzipielle Darstellung des relativen Fremdenergiebedarfs R (Quotient aus Fremdenergie : Nutzenergie) über der Größe $A \cdot H_{\text{eff}} / Q_{\text{Nutz}}$; in $A \cdot H_{\text{eff}} / Q_{\text{Nutz}}$ bedeuten: H_{eff} Einstrahlung in kWh/m²a einschließlich einer Außenlufttemperatur-Korrektur, Q_{Nutz} Nutzwärme in kWh/a.

machen, ist dies eine Ermessensfrage für den Anwender.

Rentabilitätsbetrachtung

Zur Rentabilitätsbetrachtung werden ein Arbeitspreis für die kWh und der Anlagenpreis verwendet. Dazu werden beim Arbeitspreis ein Wert wie derzeit üblich sowie der doppelte Betrag des derzeit üblichen kWh-Preises zugrunde gelegt. Der Anlagenpreis wurde nach Angabe der Hersteller eingesetzt. Er kann regional sowie je nach dem Vertriebsweg verschieden sein. Der konkrete Anlagenpreis kann für eine Anlage nur durch konkrete Angebote bestimmt werden.

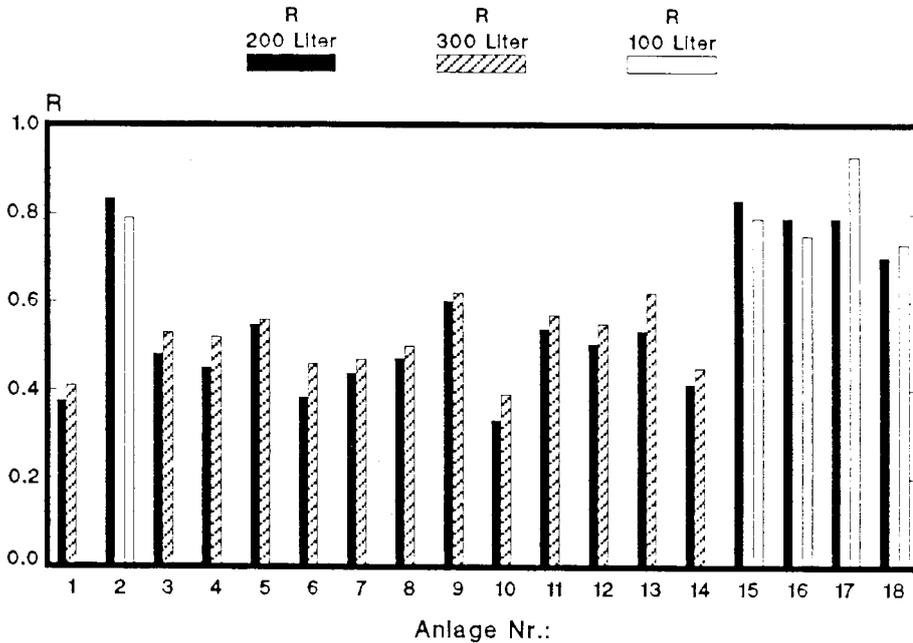


Bild 8. Relativer Fremdenenergiebedarf der getesteten Anlagen. Bemerkenswert ist, daß neun von 13 Anlagen einen R-Wert von etwa 0,5 erbrachten, drei weitere wiesen R-Werte unter 0,4 auf. Zwölf Anlagen benötigen außerhalb der Heizzeit nahezu keine Fremdenergie. Die relativ einfache und preiswerte Thermosiphonanlage Nr. 9 erreichte nach Umbau auf Pumpenbetrieb ebenfalls einen R-Wert von 0,5. Die Anlage Nr. 2 mit nur 2 m² Kollektorfläche hätte diesen Wert bei einer Verdreifachung der Kollektorfläche erreichen können.

Gebrauchstauglichkeit, Rentabilität

Sämtliche Anlagen erwiesen sich während der Testzeit (mit Ausnahme von Kleinigkeiten) als problemlos. Die Störanfälligkeit war gering. Bei kleineren Zapfmengen als 200 l/Tag kann allerdings bei groß dimensionierten Anlagen in den Sommermonaten bei hohen Bestrahlungsstärken und hohen Umgebungstemperaturen der Kollektorkreislauf wegen zu hoher Wassertemperaturen im Speicher abgeschaltet werden. Bei längeren Stillstandsphasen der Kollektoren unter diesen Bedingungen ist eine negative Beeinflussung der Lebensdauer möglich.

Die Montagefreundlichkeit ist bei Sonnenheizungsanlagen in den letzten Jahren wesentlich verbessert worden. Dies wird vorwiegend durch eine günstigere Ausgestaltung der Einbindung von Kollektorfeldern in die Dachhaut erreicht.

Das Kosten-/Nutzenverhältnis von Solaranlagen konnte in den letzten Jahren durch die höhere Leistungsfähigkeit der Anlagen und eine höhere Haltbarkeit verbessert werden. Sofern günstige Bedingungen hinsichtlich Standort, Wasserverbrauch und Montage gegeben sind, sind die Wärmepreise mit anderen Energieträgern vergleichbar.

Zusammenfassende Bewertung

Die Leistungsfähigkeit der Anlagen wurde bei verschiedenen Warmwasserbedarfswerten ermittelt. Generell waren keine gravierenden Unterschiede der R-Werte, z.B. zwischen einem Wasserbedarf von 200 l und von 300 l je Tag, gegeben. Nahezu bei allen Anlagen ist deshalb eine höhere Rentabilität bei höherem Wasserbedarf gegeben.

Bei den Speichern wurden gegenüber früheren Vergleichsversuchen die Wärmeverluste erheblich reduziert sowie die Temperaturschichtung verbessert. Es zeigte sich allerdings, daß bei herkömmlichen Speichern lediglich die Speicherung des maximal etwa doppelten täglichen Wasserbedarfes sinnvoll ist und daß insbesondere bei Anlagen für einen kleinen Wasserbedarf kleinere Speichergrößen mit verbesserten Wärmedämmungen zur Anwendung kommen sollten.

Nahezu unabhängig von den Leistungswerten von Kollektoren kann eine ausreichend gute Leistungsfähigkeit einer Anlage erreicht werden. Hocheffiziente Kollektoren haben jedoch den Vorteil, daß relativ kleine Flächen notwendig sind sowie durch den möglichen größeren Temperaturhub der Einfluß der Verrohrung des Solarkreislaufes auf die Leistung geringer wird. Von Bedeutung sind ebenfalls die Montagemöglichkeiten, die bei Aufdachkollektoren wesentlich günstiger sind.

Nahezu die gleiche Leistungsfähigkeit ist bei richtig dimensionierten Anlagen mit Naturumwälzung und Zwangs-

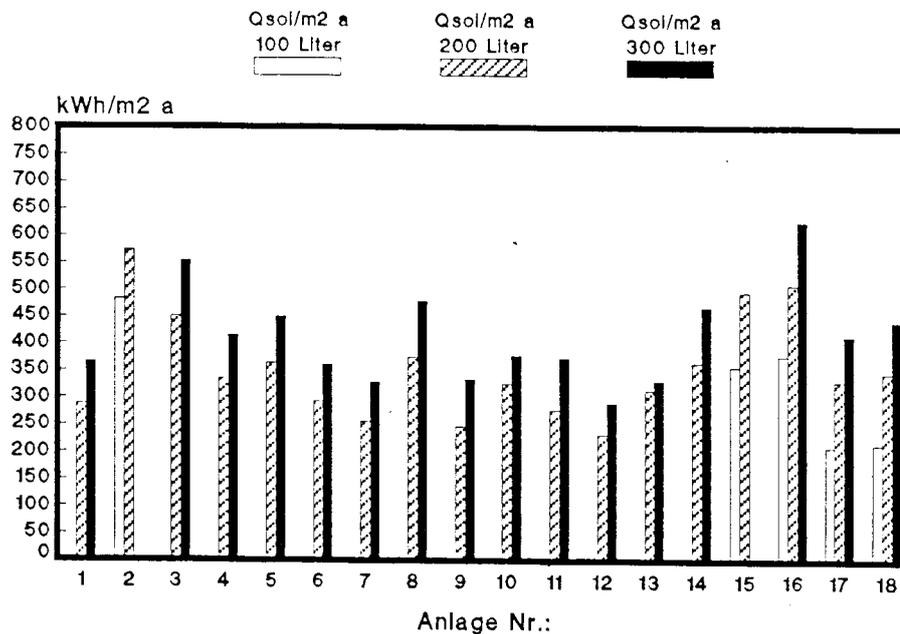


Bild 9. Solarwärmebeitrag je Quadratmeter Kollektorfläche. Während die „kleinen“ und preisgünstigen Anlagen (Nr. 2 und Nr. 15 bis 18) im Vergleich zu den „großen“ Anlagen beim relativen Fremdenenergiebedarf R (Bild 8) optisch schlecht abschneiden, wird in dieser Darstellung deutlich, daß ihre spezifische Leistungsfähigkeit sehr gut ist. Zurückzuführen ist das auf niedrige Systemtemperaturen.

Bei der Amortisationsrechnung wurden ein Zinssatz von 7 %, eine Energiepreissteigerung von 3 % und ein auf 10 Jahre anrechenbarer Abschreibungsbetrag von 10 % des Anlagenneupreises bei einem angenommenen Steuersatz von 30 % zugrunde gelegt.

Vom Anlagenpreis incl. Montage wurde bei den Anlagen, bei denen ein konventioneller Warmwasserspeicher ersetzt wird, ein Betrag von 1500,- DM abgezogen, der dem Wert eines sol-

chen Speichers bei einem konventionellen System entspricht. Bei den Anlagen Nr. 2, 15, 16 und 18 erfolgte die Preisangabe ohne den bei diesen Anlagen erforderlichen konventionellen Speicher, so daß die Preise dieser Anlagen ohne Abzug angesetzt wurden. Als „Einsparung“ wurde jeweils der Beitrag der Solarenergie am Gesamtwärmebedarf angesetzt. Dieser Beitrag deckt zum Teil die Summe der Verluste und der Nutzwärme ab.

umwälzung zu erzielen. Zu berücksichtigen ist allerdings, daß Anlagen für Naturumwälzung in der Bundesrepublik aufgrund von baulichen Gegebenheiten nicht überall installiert werden können.

Die Auslegung der Leistungsfähigkeit einer Anlage und damit ihre Größe hängt im wesentlichen vom Verwendungszweck und von den Eigenschaften der konventionellen Anlage ab. Sofern eine konventionelle Anlage ganzjährig aus anderen Gründen betrieben werden muß, ist es zweckmäßig, eine Sonnenheizungsanlage relativ klein zu dimensionieren, damit hohe Ernteerträge je Quadratmeter Kollektorfläche erzielt werden können.

Sofern eine konventionelle Anlage außerhalb der Heizperiode für die Wassererwärmung nur mit niedrigem Wirkungsgrad arbeitet, ist es zweckmäßig, eine Sonnenheizungsanlage so auszulegen, daß in diesem Zeitraum die Wassererwärmung nahezu vollständig gedeckt wird.

Aufgrund der relativ hohen Anlagenkosten und der derzeit gegebenen niedrigen Energiepreise ist eine Rentabilität nach herkömmlichem Gesichtspunkt nur bei günstigen Randbedingungen, d.h. insbesondere einem hohen Wärmebedarf für die Wassererwärmung im Sommer zu erzielen. Zu berücksichtigen ist allerdings die Umweltentlastung und daß der derzeit gegebene Energiepreis möglicherweise auf lange Frist nicht stabil bleibt.

DGS zum Test

Die DGS begrüßt sehr, daß ein Kollektoranlagen-Test unter praxisnahen Bedingungen durch den TÜV Bayern e.V. durchgeführt wurde.

Durch die lange Laufzeit des Tests und die Nachbesserungsmöglichkeiten durch die Firmen konnte ein Qualitätsstandard erreicht und dargestellt werden, der bisher von vielen Verbrauchern nicht für möglich gehalten wurde.

Die erzielten Ergebnisse stellen klar, daß mit einer gut konzipierten Solaranlage die benötigte Menge an Brauchwasser zu erwärmen ist und somit eine Alltagstauglichkeit von Kollektoranlagen erreicht wurde.

Weitere drei Diagramme finden Sie auf der nächsten Seite.

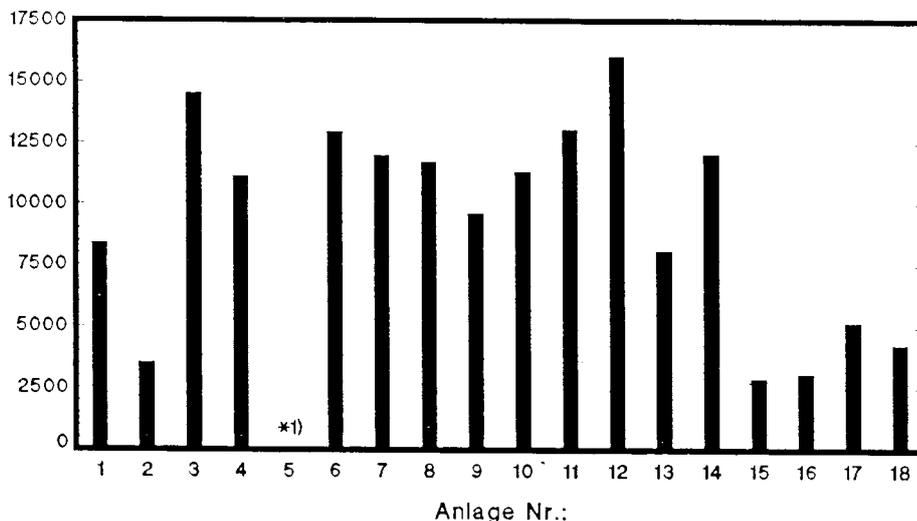


Bild 10. Anlagenpreise einschließlich Montage (in DM nach Herstellerangaben); Anlage Nr. 5 wird in Deutschland nicht mehr angeboten. Der Vergleich zwischen „großen“ und „kleinen“ Anlagen zeigt, daß für hohe Leistung in der Regel auch ein hoher Preis zu bezahlen ist.

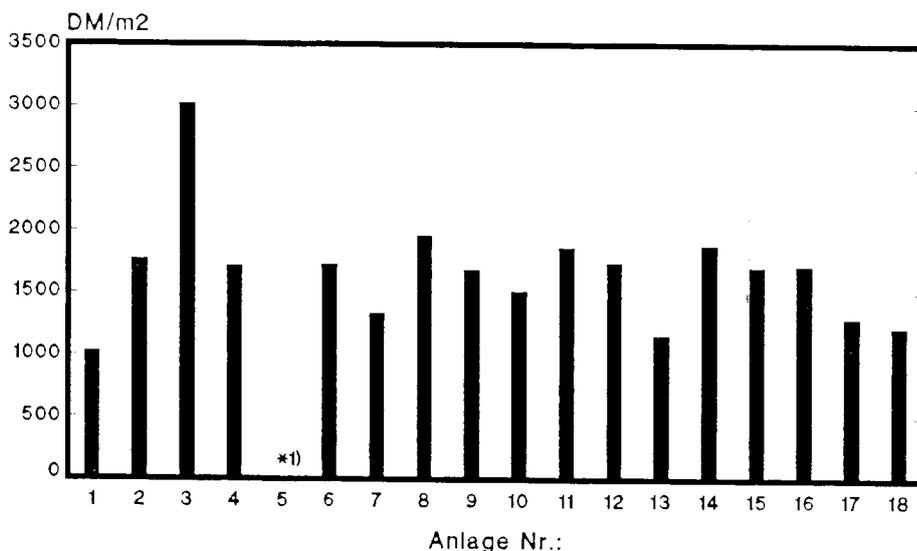


Bild 11. Anlagenpreise je Quadratmeter Kollektorfläche

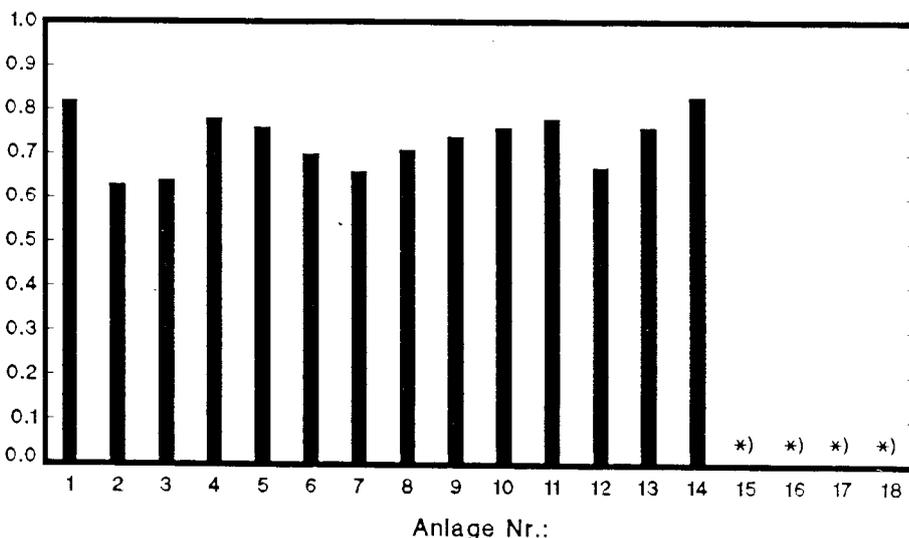


Bild 12. Konversionsfaktor eta_0 eines Kollektors. Das ist der Wirkungsgrad bei einer durchschnittlichen Arbeitstemperatur gleich der Umgebungstemperatur und damit ein Maßstab für die Intensität der Strahlungsaufnahme. (Wert für Anlagen Nr. 15 bis 18 nicht bestimmt.)

BDI-Kommentar zur Energieeinsparung 1986

Der sparsame Umgang mit Energie hält trotz gesunkener Preise für Öl und andere Energieträger und trotz steigender Realeinkommen an. Der Primärenergieverbrauch ist 1986 gegenüber dem Vorjahr mit 385 Mill. t Steinkohleneinheiten (SKE) unverändert geblieben, während das Bruttosozialprodukt um 2,4 Prozent und die industrielle Netto-Produktion um 2,2 Prozent stiegen. Damit hat sich nach Ansicht des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) der langfristige Trend fortgesetzt, mit gleichbleibendem oder geringerem Primärenergieeinsatz ein steigendes reales Bruttosozialprodukt zu erstellen.

Bei den einzelnen Energieträgern sei die Entwicklung 1986 allerdings unterschiedlich verlaufen: Während der Mineralölverbrauch um 4,6 Prozent zugenommen habe, sei der von Steinkohle um drei Prozent, Braunkohle um acht Prozent und Erdgas um 2,2 Prozent zurückgegangen. Auch der Einsatz von Kernenergie, der 1985 noch um rund ein Drittel gestiegen war, sei 1986 um 5,1 Prozent zurückgefallen. Neben der teilweise längeren Dauer von Revisionen und Prüfungen habe man Kernkraftwerke auch deshalb weniger eingesetzt, um die Bezugsverpflichtungen für deutsche Steinkohle in Kraftwerken einzuhalten.

Wie der BDI weiter ausführt, sind bei der Bewertung des Primärenergieverbrauchs 1986 Sonderfaktoren mit gegenläufiger Tendenz zu berücksichtigen. Der hohe Zuwachs bei Mineralöl sei zum Teil auf die massive Vorratsbildung bei den Verbrauchern von leichtem Heizöl zurückzuführen. Der Vorratsaufbau schlage sich statistisch als „Verbrauch“ nieder. Ohne diese Bestandeffekte wäre der Primärenergieverbrauch 1986 rückläufig gewesen. Andererseits habe die verhältnismäßig milde Witterung des vergangenen Jahres ihren Teil zum geringeren Heizenergieverbrauch beigetragen.

Bei weiterer Zunahme der industriellen Nettoproduktion habe man den spezifischen Energieverbrauch der Industrie, das ist der Energieverbrauch pro Einheit der Industrieproduktion, 1986 infolge rationaler Energieverwendung und energiesparenden Strukturwandels erneut kräftig senken können.

Der Gesamtstromverbrauch aller Verbrauchssektoren sei 1986 gegenüber dem Vorjahr um 0,4 Prozent auf 413 Mrd. kWh gewachsen und damit seit mehreren Jahren erstmals deutlich hinter der Wachstumsrate des realen Bruttosozialprodukts zu rückgeblieben. Ursachen dafür seien der konjunkturbedingte Verbrauchsrückgang in der stromintensiven Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie sowie die 1986 insgesamt milden Witterungsverhältnisse. Deshalb könnten die Ergebnisse des vergangenen Jahres noch nicht als Trendwende im Verhältnis von Bruttosozialprodukt und Stromverbrauch gewertet werden.

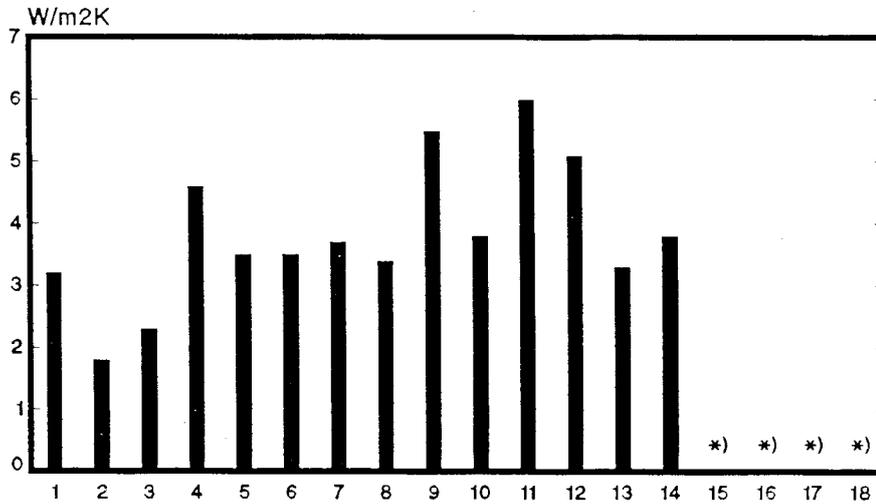


Bild 13. Wärmeverluste bei Kollektoren. Bei Flachkollektoren führen selektive Beschichtungen des Absorbers und dicke rückseitige Wärmedämmungen zu guten Werten zwischen 3 und 4 W/m²K. Die niedrigsten Werte weisen Vakuum-Röhrenkollektoren auf. (Wert für Anlagen Nr. 15 bis 18 nicht bestimmt.)

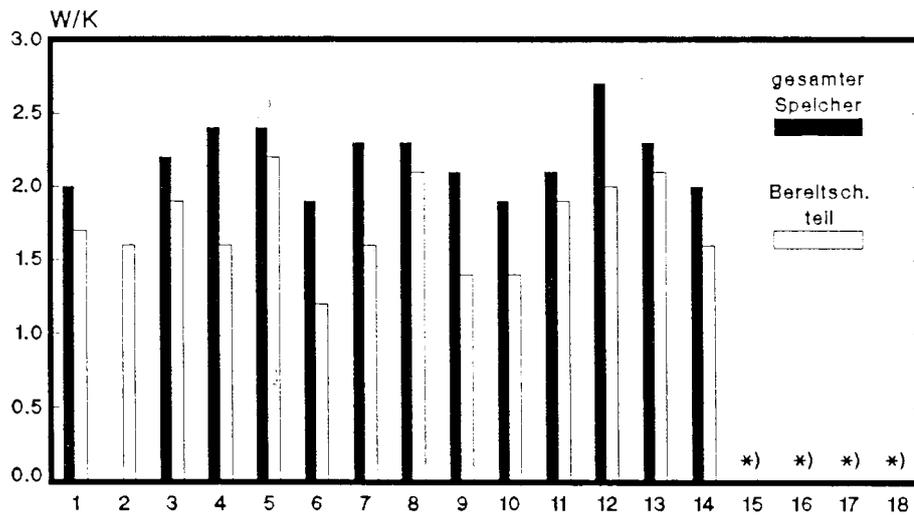


Bild 14. Wärmeverluste der Speicher. Je größer der Wasserdurchsatz, umso geringer die Verweilzeit des Wassers im Speicher und damit der Speicherverlust. Die Speicherverluste sind von großem Einfluß auf die Leistungsfähigkeit einer Anlage, was sich auch daran erkennen ließe, daß der Fremdenergiebedarf R ziemlich gleich bleibt, ob man 100, 200 oder 300 l/d entnimmt. (Werte für Anlagen Nr. 15 bis 18 nicht bestimmt.)

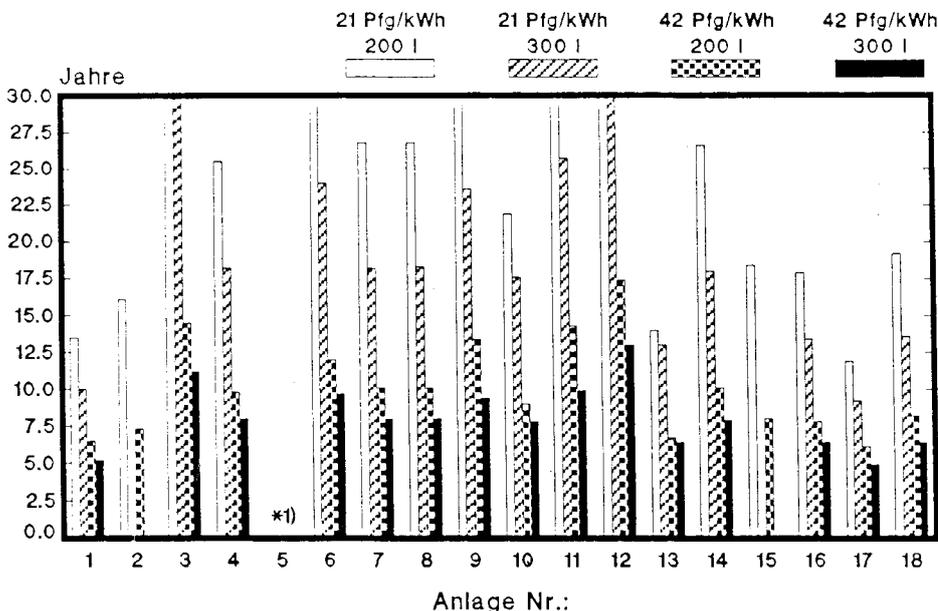


Bild 15. Amortisationszeiten bei einem Warmwasserbedarf von 200 und 300 l/Tag und zwei verschiedenen Preisen für die Zusatzenergie. Geht man von einer deutlichen Verteuerung der Energieträger bis zum Jahre 2000 aus, sind die Voraussetzungen für eine kontinuierliche Einführung solarthermischer Anlagen in die Haustechnik gegeben, schreibt der TÜV-Bayern.