

Garantierte Wärmelieferung

Eine Auswertung der Ergebnisse des ersten Jahres

von U. Luboschik, P. Schalajda IST Energietechnik GmbH

Für viele mag es vermessen klingen, wenn man die Wärmelieferung einer Solaranlage garantiert, wo doch nicht nur das Wetter sich dauernd ändert! Nach 20 Jahren Berufserfahrung mit der Solartechnik – so lange ist die IST Energietechnik bereits auf diesem Gebiet tätig – handelt es sich aber bei einer derartigen Garantieaussage keinesfalls um eine unseriöse Angabe eines Anbieters, der eine schnelle Mark verdienen will.

Solaranlagen beziehen ihre Energie aus der Strahlung der Sonne, und diese Strahlung schwankt sehr wenig über die Jahre. Dies ist damit zu erklären, daß es sich bei der Sonne um einen Fusionsreaktor handelt, der etwa seit 4 Mrd. Jahren die gleiche Intensität an Strahlung abgibt und dies übrigens wohl auch noch einige Milliarden Jahre tun wird. Das Angebot der Sonne schwankt im Jahresmittel – unabhängig vom Standort – maximal um 10 %. Deshalb ist es gar nicht so abwegig, die jährliche Wärmelieferung einer Solaranlage zu garantieren. Mit Hilfe dieser Garantieaussage sollen das Risiko scheuende Bauherren davon überzeugt werden, daß es sich bei der Solartechnik um eine zuverlässige, langfristig sichere Energiequelle handelt. Wegen der zwangsläufig einzusetzenden zusätzlichen Meßtechnik kommt das Prinzip aber nur bei größeren Anlagen zum Einsatz.

Das GRS-Prinzip – erste Umsetzung in Deutschland

In Südfrankreich wurde von der Fa. TECSOL die Idee geboren, die thermische Lieferung einer Solaranlage zu garantieren. Diese Idee fand – speziell bei kommerziellen Anwendungen in Hotels und Krankenhäusern – großen Anklang. Die Europäische Union unterstützt generell neue Ideen zur Nutzung von EU-internen Energiequellen und hat das erste Projekt im Rahmen des THERMIE-Programms mit rund 40 % bezuschußt. Positive Erfahrungen sollten nicht auf ein Land beschränkt bleiben. Aufgrund der bestehenden Kontakte ist die IST Energietechnik auf Partnersuche in Deutschland gegangen.

Die Möglichkeit der Garantieabgabe stieß bei den Stadtwerken auf Interesse. Diese hatten sich bereits zu der *Arbeitsgemeinschaft zur Förderung rationeller, sparsamer und umweltschonender Energieverwendung und rationeller Wasserverwendung*, kurz ASEW, zusammengeschlossen. Es fanden sich 15 Stadtwerke, die zu einer Beteiligung am EG-Antrag bereit waren. Dieser wur-

de im Herbst 1993 gestellt und 1994 genehmigt. Die ersten Anlagen konnten im selben Jahr noch in Betrieb gehen, die damit verbundene Meßtechnik und Fernüberwachung läuft seit dem Frühjahr 1995.

Garantiegeber

Die garantierte solare Wärmelieferung (oder „Garantiertes Resultat einer Solaranlage“, daher GRS) wird von einer Gruppe – bestehend aus einem Planungsbüro, der Installationsfirma und dem Hersteller der Solarkollektoren – gegeben. Organisatorisch handelt es sich dabei um eine Arbeitsgemeinschaft (ARGE), die als juristische Person gegenüber dem Auftraggeber auftritt. Neu bei dieser Konstellation ist die Rolle des Planers. Bisher versteht sich der Planer als Vertreter des Bauherrn gegenüber den ausführenden Firmen. Beim GRS-Prinzip muß er diese Rolle aufgeben und selbst zusammen mit dem Installateur unter dieser Firma eine Garantieleistung übernehmen. Er unterwirft sich also einer Kontrolle, die bisher unüblich war. Die ARGE organisiert sich vertraglich intern nach den gelieferten Leistungen:

- Planer: die Dimensionierung der Anlage, Berechnung des GRS-Wertes, meßtechnische Überwachung,
- Installateur: die Ausführung,
- Lieferant: die spezifische Leistung der gelieferten Komponenten.

In der Praxis sieht das so aus, daß sich der Bauherr zunächst einen erfahrenen Planer sucht, der bereit ist, eine derartige Verantwortung auch zu übernehmen. Der Planer wiederum wird verschiedene Firmen auffordern, bei dem Projekt im Sinne des GRS mitzuwirken und wählt sich dann den verlässlichsten Partner aus. Selbstverständlich muß dies mit Abstimmung des Bauherrn erfolgen. Die größte Rolle spielt bei der Auswahl der Partnerfirmen natürlich das Preis-/Leistungsverhältnis der Anlage, aber genauso wichtig ist die Qualität der auszuführenden Arbeiten und der Kollektoren.

Die Kontrolle der tatsächlich gelieferten Wärmemenge basiert auf eich-

fähigen Wärmemengenmessern und einer laufenden Überwachung, damit Störungen möglichst schnell erkannt und behoben werden können. Die meßtechnische Anlage muß so konzipiert sein, daß sie von allen Partnern jederzeit eingesehen werden kann. Einmal monatlich werden die Ergebnisse allen Vertragspartnern zugestellt. Prinzipiell kann diese meßtechnische Überwachung entweder dem Garantiegeber, also der ARGE, oder einer dritten Firma übergeben werden. Im Falle des hier vorgestellten EU-Projektes der ASEW hat die IST die meßtechnische Überwachung aller Anlagen übernommen.

Garantienehmer

Der Abnehmer der Wärme, entweder der Endkunde selbst oder – wie meistens in unserem Fall – die Stadtwerke, muß die Abnahme der angebotenen Solarwärme garantieren. In der Regel besteht dies darin, daß der Wasserverbrauch für Warmwasseranlagen seitens des Bauherrn definiert und das abgenommene Volumen als Basiswert garantiert werden muß.

Organisation und Abwicklung

Der Bauherr muß zunächst den Wärmebedarf in seinem Projekt ermitteln, um dem Planer die Grundlagen zu geben, auf welche Wärmelieferung die Anlage dimensioniert werden soll. Bei Altanlagen wird es empfehlenswert sein, den Wasserverbrauch zu messen, bei Neuanlagen – also im Neubau – können hier Schwierigkeiten auftreten, weil man beispielsweise nicht weiß, mit wieviel Personen die angeschlossenen Wohnungen bewohnt werden. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, werden der Garantiegeber und der Garantienehmer vereinbaren, daß während einer bestimmten Zeit eine Definitionsphase möglich ist. Die Dauer dieser Definitionsphase sollte nicht kürzer als zwei Monate im Sommer sein, man kann sich aber auch auf einen längeren Zeitraum verständigen.

Mit diesen Ausgangswerten führt der Planer eine Simulationsrechnung durch. Auf dem Markt stehen zahlreiche Rechnungsprogramme zur Verfügung, die unterschiedliche Genauigkeit bzw. sehr unterschiedliche Eingabewerte erfordern. Als GRS-Wert werden 90 % des berechneten Wer-

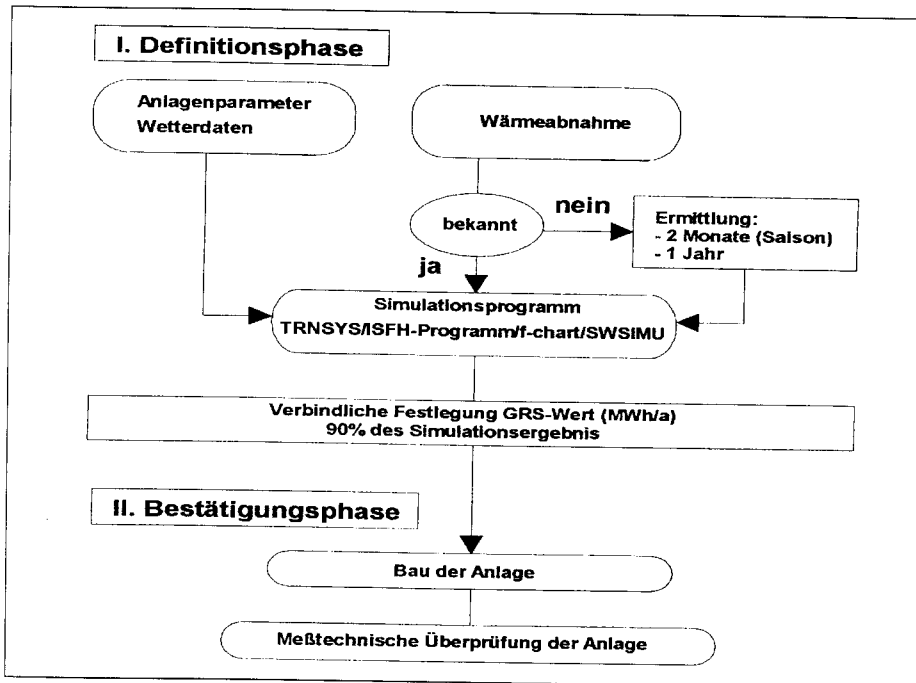


Abb. 1: Teilung des zeitlichen Ablaufs in 2 Phasen

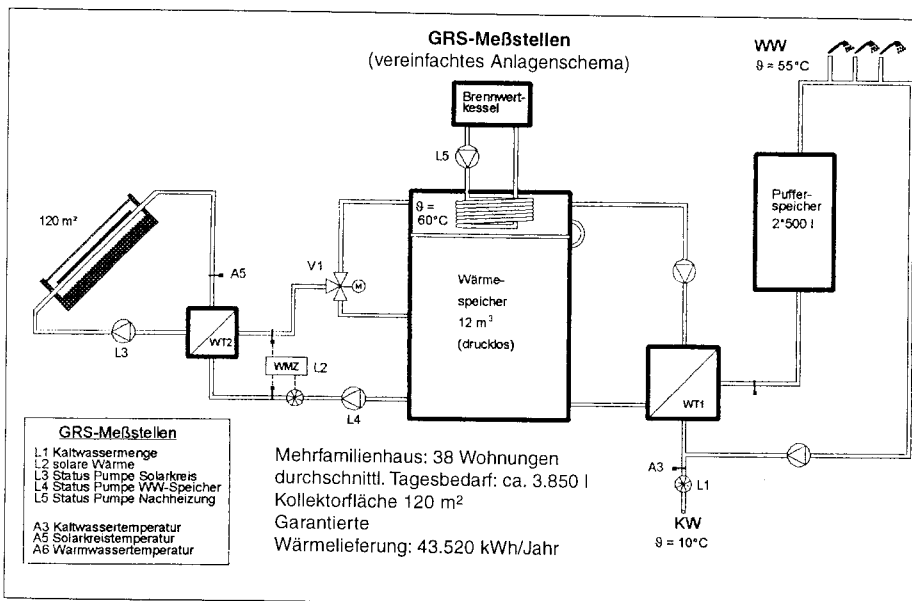


Abb. 2: Systemschema der Anlage Ulm-Heilmeyersteige

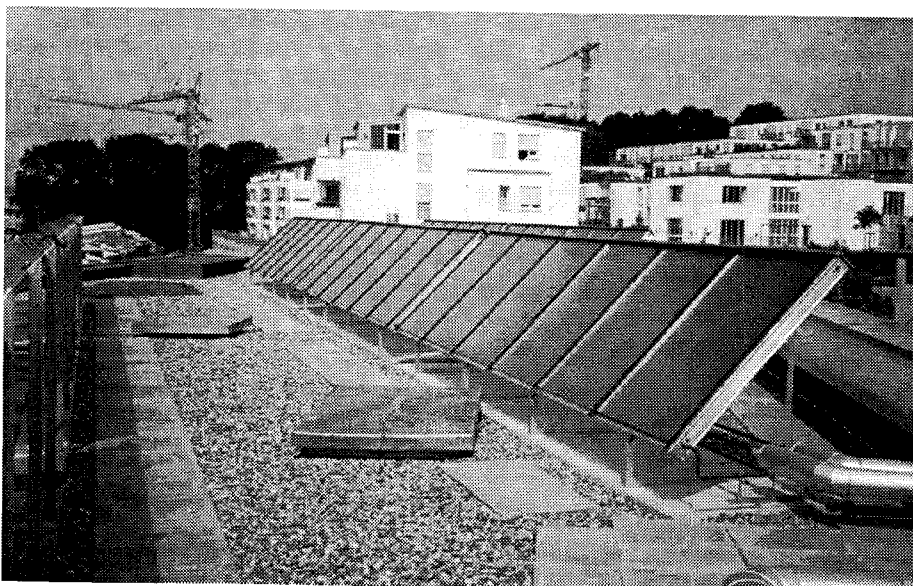


Abb. 2a: Ansicht der Anlage Ulm-Heilmeyersteige

tes aus der Simulationsrechnung zugrunde gelegt. Das Simulationsprogramm muß nachvollziehbar sein, denn es ist die Basis des Garantievertrages. Nachvollziehbarkeit ist bei komplizierten Programmen schwierig, da diese vielfältige Eingabewerte erfordern, die seitens des Programmbenutzers festgelegt und sorgfältig dokumentiert werden müssen.

Es trat mehrmals der Fall ein, daß die angenommenen Warmwassermengen unterschritten wurden und damit die garantierte Wärmemenge nicht erreicht werden konnte. Verständlicherweise steigt bei kleiner Abnahme von Warmwasser die Temperatur im Solarspeicher und damit verringert sich der Wirkungsgrad der Solaranlage und die gelieferte Wärmemenge. In so einem Fall muß dann nachgerechnet werden können, um mit den neuen Ausgangswerten einen neuen GRS-Wert zu bestimmen. Als Wetterdatensätze werden die Werte des Referenzjahres des Deutschen Wetterdienstes angenommen. Sollten sich die Jahresmittelwerte der Strahlung tatsächlich um mehr als 10 % geändert haben, kann dann auch mit den neuen Wetterdatensätzen nachgerechnet werden sofern der GRS-Wert unterschritten würde. Grundsätzlich wird also nur nachgeprüft, wenn der GRS-Wert unterschritten wird, d.h. wenn die Vertragsbasis zwischen Auftraggeber und der ARGE nicht erfüllt wird.

Die gelieferte Wärmemenge wird – wie bereits erwähnt – mit eichfähigen Geräten vorgenommen, wie sie bei der Heizkostenabrechnung in Gebäuden üblich sind. Für die laufende Überprüfung ist eine Meßtechnik notwendig, die Temperaturen, Pumpenstatus und Durchsätze erfaßt. Es ist zwar empfehlenswert, aber nicht unbedingt notwendig, die Außentemperatur und die Strahlung ebenfalls zu messen. Denn wie oben bereits erwähnt, schwanken die jährlichen Strahlungswerte nur wenig und können leicht über eine naheliegende Wetterstation überprüft werden.

Wird nun im Laufe eines vereinbarten Zeitraumes – beispielsweise ein oder zwei Jahre – der GRS-Wert nicht erreicht, so muß die ARGE dem Garantienehmer prozentual zum nicht erreichten GRS-Wert die Kosten erstatten. Hierfür wird folgende Formel vereinbart:

$$\text{Rückzahlung} = \text{Nettoinvestition} \cdot \left(1 - \frac{\text{gemessener Wert}}{\text{GRS-Wert}}\right)$$

Die Nettoinvestition der Anlage wird ohne Meßtechnik, Wartungskosten und Mehrwertsteuer errechnet. Kostet die Anlage beispielsweise 100.000 DM und wird der vereinbar-

Stadtwerk	Nutzung	Größe	Art	GRS-Wert
Aachen	Sportstätte	30 m ²	Kollektor	8,0 MWh/a
Gronau	Freibad	687 m ²	Absorber	136,4 MWh/a
Hannover	Wohnhaus	23 m ²	Kollektor	in Bau
Hannover	Wohnhaus	25 m ²	Kollektor	in Bau
Heidelberg	Wohnhaus	172 m ²	Kollektor	in Bau
Herford	Wohnhaus	41 m ²	Kollektor	in Bau
Karlsruhe	Betriebsgebäude Stadtwerke	100 m ²	Kollektor	in Planung
Kulmbach	Duschwasser im Freibad	45 m ²	Kollektor	Def.phase
Mainz	Betriebsgebäude Stadtwerke	68 m ²	Kollektor	19,4 MWh/a
Mannheim	Wohnhaus (12 WE)	37 m ²	Kollektor	13,8 MWh/a
Metzingen	Freibad	640 m ²	Absorber	173,2 MWh/a
München	Ferienheim (45 Betten)	30 m ²	Kollektor	15,3 MWh/a
München	Wohnhaus (25 WE)	45 m ²	Kollektor	18,1 MWh/a
Paderborn	Dreifachsporthalle	30 m ²	Kollektor	6,8 MWh/a
Paderborn	Sporthalle	60 m ²	Kollektor	10,9 MWh/a
Saarbrücken	Duschwasser für Hallenbad	120 m ² +80 m ²	Kollektor +Absorber	in Bau
Ulm	Wohnhaus (38 WE)	120 m ²	Kollektor	43,5 MWh/a
Ulm	Wohnhaus	45 m ²	Kollektor	in Bau
Ulm	Wohnhaus	45 m ²	Kollektor	in Bau

Tab. 1: Teilnehmende Stadtwerke

te GRS-Wert um 10 % nicht erreicht, so muß die ARGE 10.000 DM an den Garantienehmer zurückerstatten. Selbstverständlich wird der ARGE zugestanden, während der Garantiezeit durch Nachbesserungen den GRS-Wert zu erreichen.

Laufende Überwachung

Am Beispiel der Solaranlage Heilmeyersteige in Ulm wird gezeigt, wieviel Meßpunkte vorhanden sind. Diese werden als 10-Minuten-Werte mit einem Datenerfassungssystem aufgezeichnet und jede Nacht abgerufen. Das Datenerfassungssystem speichert die 10-Minuten-Werte jeweils über zwei Tage rückwirkend. Zusätzlich werden die Tageswerte der letzten 90 Tage abgespeichert. Bei der Auswertung der Meßwerte wird mit logischen Verknüpfungen

überprüft, ob grobe Fehler vorhanden sind. Beispielsweise muß bei einer bestimmten Strahlung auch die Solarpumpe laufen bzw. umgekehrt, wenn diese läuft, muß eine Strahlung vorhanden sein. Tritt eine Unstimmigkeit auf, stehen stets die 10-Minuten-Werte der letzten beiden Tage noch zur Verfügung, um detaillierter analysieren zu können.

Einmal monatlich wird eine Bilanz erstellt, und diese wird den teilnehmenden Partnern von den Ingenieurbüros zugestellt. Daraus wird ersichtlich, welche Garantie gegeben wurde und wie die tatsächlichen Werte aussehen. Diese Art der Fernüberwachung hat sich in vielen Anlagen bewährt und ist sehr empfehlenswert. Allerdings muß auch angemerkt werden, daß natürlich eine derartige Überwachung Kosten verursacht. Es

wird deshalb grundsätzlich nur möglich sein, für größere Anlagen das GRS-Prinzip anzuwenden.

Einige Stadtwerke benützen die Meßdaten für eine Visualisierung der Anlage beispielsweise in ihrem Kundenberatungszentrum. Auf digitalisierten Fotos oder Anlagenschemata werden die Meßwerte angezeigt. Derartige Visualisierungsprogramme sind nicht nur publikumswirksam, sondern können auch für Schulungsveranstaltungen eingesetzt werden.

Gewonnene Erkenntnisse und Aussichten

• Funktionsüberwachung

In Abb. 3, am Beispiel Ulm, sieht man, daß bis zum Monat 8/95 die garantierten Werte im wesentlichen unter den tatsächlichen lagen, daß also mehr Energie geliefert wurde als garantiert war. Man erkennt aber auch, daß ab September '95 die tatsächlichen Werte deutlich unter den garantierten liegen. Es stellte sich heraus, daß aufgrund von Revisionsarbeiten ein Teil der Anlage durch Lufteinschlüsse nicht mehr durchströmt wurde. Es liegt nun an den beteiligten GRS-Partnern, wann und wie schnell eine derartige Panne ausgemerzt wird. Wie man sieht, lassen die beteiligten Firmen in diesem Fall viel Zeit unnütz verstreichen.

Abb. 4 zeigt die Ergebnisse der Anlage in Aachen. Hier wird das Warmwasser für das Sporthelm erwärmt. Im Juni war Spielpause, der Warmwasserverbrauch deshalb sehr gering und der GRS-Wert konnte nicht erreicht werden. Da insgesamt die Anlage aber gut funktioniert, wird ein derartiger Einbruch von den Partnern als plausibles Verhalten akzeptiert.

An diesen beiden Beispielen sieht man die Nützlichkeit der laufenden Überwachung und Auswertung der Meßergebnisse. Pannen können schnell erkannt und besondere Anlagen-Charakteristiken erklärt werden.

• Kostenbetrachtung

Tab. 2 enthält die spezifischen Anlagenkosten der im Jahr 1995 fertiggestellten und vermessenen Anlagen. Der Bezug ist einmal die Kollektorfläche, zum zweiten der garantierte Jahresertrag (kWh_{GRS}).

Die Tabelle zeigt, daß die garantierten Wärmemengen sehr stark streuen. Dies ist bei ähnlicher Nutzung eigentlich nicht zu erwarten. Es zeigt auch, daß die Anlagen, deren Ergebnisse unter 300 kWh/m² liegen, entweder besonders hohe Temperaturen erreichen müssen oder ungünstig ausgelegt sind. Letzteres ist z.B. dann der Fall, wenn die Anlage für den Bedarf zu groß ausgelegt wurde.

Erstauulich sind die hohen spezifischen Anlagenkosten aller Anlagen

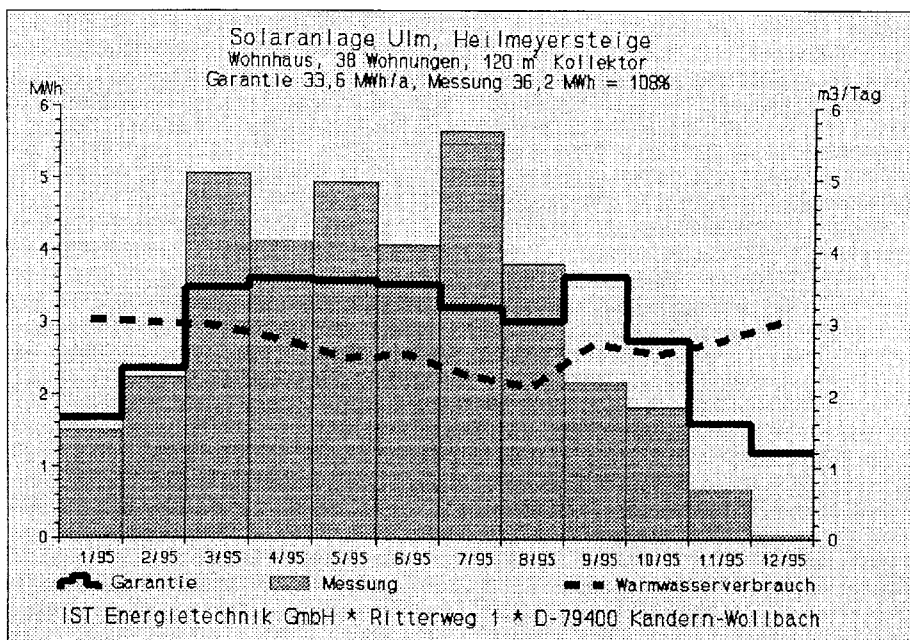


Abb. 3: Jahresergebnis Heilmeyersteige, Ulm

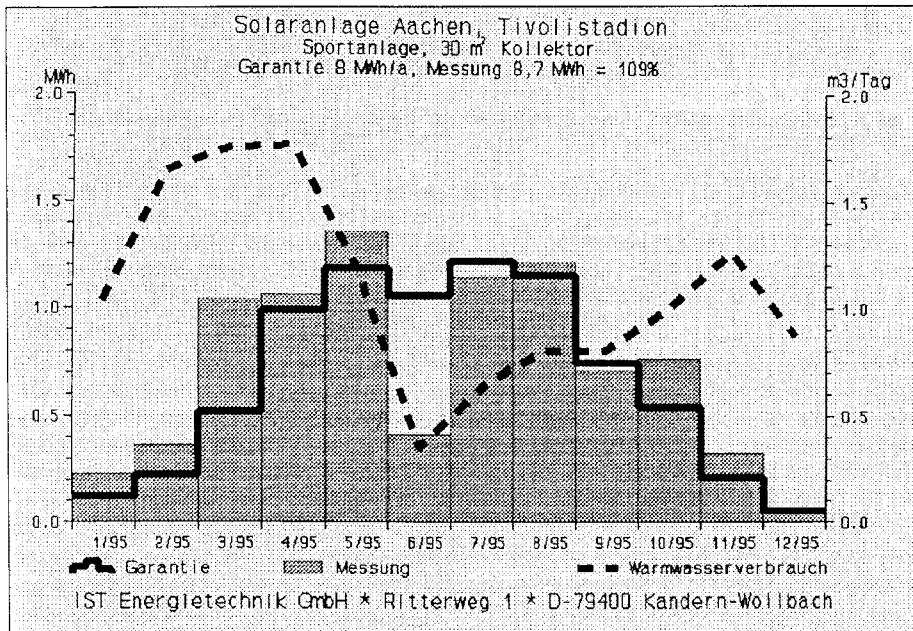


Abb. 4: Jahresergebnis Aachen

des Projekts. Sie sind fast alle teurer als eine Standard-Kleinanlage und mehr als doppelt so teuer wie die in der Literatur zitierten Anlagen (Dr. Fisch, Stgt.). Dazu kann angemerkt werden, daß die Anlagen in dem hier vorgestellten Projekt nachgerüstet wurden, was immer höhere Kosten verursachen dürfte.

Die LowFlow-Auslegung der Anlagen wirkt sich nicht auf die spezifischen Kosten der Anlagen aus. Dies liegt zum einen daran, daß die Anlagen verhältnismäßig klein sind (30 m² und 37 m²), zum anderen an den verwendeten Schichtspeichern, die teurer als die üblichen Speicher sind.

Sonstige Erfahrungen und Schwierigkeiten

Wie die Ergebnisse zeigen, ist es kein Hexenwerk, die Wärmelieferung von thermischen Solaranlagen zu garantieren. Die realen Schwankungen des Wetters liegen in der Bandbreite der Berechnungen. Wesentliche Einflüsse haben die abgenommenen Warmwassermengen auf den thermischen Output. Technisch ges-

ehen ist die Fernüberwachung von derartigen Solaranlagen kein Problem. Ein wesentlicher Vorteil der Fernüberwachung ist darin zu sehen, daß Störungen sehr schnell erkannt werden und von den beteiligten Garantiegebern auch schnell behoben werden können.

Die mit GRS-Anlagen verbundenen Schwierigkeiten sehen wir wie folgt:

- Simulation

Entweder man führt die Simulation mit einfachen Programmen durch – z.B. f-Chart oder Getsolar –, was mit gewissen Risiken behaftet ist, oder man erlaubt sich ein detailliertes Abbild der Solaranlage auf dem Rechner (ISFH, TRSYS). Letzteres ist mit großem Arbeitsaufwand und damit mit hohen Kosten verbunden. Einfache Simulationsrechnungen sind auch nur für einfach konzipierte Solaranlagen möglich. Einige Simulationsprogramme behelfen sich damit, daß Anlagentypen vorgegeben werden, welche die Eingabe wesentlich erleichtern (u.a. TSOL). Bei den im Projekt vorkommenden Anlagen sind aber kaum Typisierungen möglich, so

Anlagen Nr.	Kollektor-Fläche [m²]	Spez. Kosten [DM/m²]	GRS berechnet [kWh _{GRS} /m²]	gemessener GRS [%]	Spez. Investition [DM/kWh _{GRS}]	System
1	30	1.976	267	109	7,41	konv.
10	37	2.474	372	*	6,65	LowFlow
11	68	(2.647)	285	*	(9,28)	konv.
12	30	2.369	510	*	4,64	LowFlow
14	30	1.507	225	*	6,70	konv.
15	60	(2.333)	181	*	(12,88)	konv.
17	120	2.672	363	108	7,37	konv.

* kürzerer Meßzeitraum als 12 Monate

Tab. 2: Meß- und Garantiewerte der im Betrieb stehenden Anlagen

daß man sich immer mit Unsicherheiten abfinden muß.

- Die Anlagenkonzeptionen werden seitens der Planer unnötigerweise verkompliziert. Man sollte bei der Konzeption auf eine klare Trennung zwischen der Solarlieferung einerseits und der Nachheizung andererseits achten. Ein Durchmischen des Solarspeichers durch die Warmwasserzirkulation ist auf jeden Fall zu vermeiden. Schwierigkeiten mit der Legionellenproblematik sind durch getrennte Speicher und mit Wärmetauschern in den Griff zu bekommen. Eine Typisierung der Anbindung der Solaranlage an die konventionelle Wärmeversorgung eines Gebäudes sollte möglich sein und ist auch aus Gründen der Berechnungsmodelle von Nöten.

- Kosten der Fernüberwachung

Da die Solartechnik sowieso schon erhöhte Warmwasserbereitungskosten verursacht, ist es problematisch, die zusätzlichen Kosten für eine Fernüberwachung dem Wärmepreis zuzuschlagen. Die monatlichen Kosten liegen zwischen 60 und 100 DM. Dies ist nur für größere Anlagen vertretbar, wir meinen über 100 m² Kollektorfläche. Allerdings ist auf lange Zeiträume gesehen eine erhebliche Steigerung der Lebensdauer durch eine gute Überwachung zu erwarten. Letztere kann auch von einem Hausmeister durchgeführt werden, sofern sowieso schon einer vorhanden ist.

- Definition der Wärmemenge

Es ist wichtig, sich darüber klar zu werden, an welcher Stelle die solare Garantieleistung erfolgt – vor dem Speicher oder hinter dem Speicher. Bei Anlagen, in denen solare und fossile Wärme auf einen Speicher laufen, ist es sehr schwierig oder unmöglich, nach dem Speicher den Solaranteil zu messen. Deshalb ist es in diesen Fällen oft notwendig, den Wärmemengenzähler im Solarkreis einzubauen. Dann muß die Wärmemenge an einem Wasser-Glykol-Gemisch bestimmt werden. Wärmemengenzähler können zwar für ein bestimmtes Wasser-Glykol-Gemisch programmiert werden, sie können dann aber nicht mehr geeicht werden.

Alles in allem betrachtet bietet das Projekt die Möglichkeit, sehr verschiedene Solaranlagen miteinander zu vergleichen. Für einige Stadtwerke war es die erste große Solaranlage. Da die Erfahrung mit großen Solaranlagen bisher kaum vorhanden war, ist das GRS-Projekt ein nützliches Forum für den Erfahrungsaustausch.