

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Schweizer Ingenieur und Architekt   |
| <b>Herausgeber:</b> | Verlags-AG der akademischen technischen Vereine   |
| <b>Band:</b>        | 104 (1986)  |
| <b>Heft:</b>        | 30-31   |
| <b>Artikel:</b>     | Einsatz von grossflächigen Solaranlagen: Erkenntnisse aus der ersten schweizerischen industriellen Solaranlage bei Rimuss |
| <b>Autor:</b>       | Hurdes, Josef Vlastislav  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-76203">https://doi.org/10.5169/seals-76203</a>                                     |

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

behaglich fühlen, aus Stoffen und Systemen bestehen, welche diese allmählichen Reaktionen auf die Umwelt ermöglichen. Anderseits halten z. B. Kleider aus Kunststoff-Folien wohl den Regen völlig ab, lassen aber darunter den Körper verschwitzen. So ist es auch bei der Bauhülle: Sie darf nicht nur, sie muss sogar auf die Umwelt- und Klimaeinflüsse Reaktionen ermöglichen. In diesem Sinne sind poröse Schichten willkommene Teile von Gebäudehüllen.

Es ist sicher nicht nur zweckmäßig, sondern dringend notwendig, den Luftaustausch von Bauten durch definierte Öffnungen beherrschbar und kontrollierbar zu gestalten. Fugen und andere Öffnungen können jedoch nur eine der drei Funktionen der Porenlüftung erfüllen: den Luftaustausch. Anders verhält es sich mit der Zugfreiheit, die nicht ohne weiteres gegeben ist, und mit dem kaum möglichen Zusatzeffekt der Wärmerückgewinnung. Beanstandungen im Behaglichkeitsbereich zeigen eine ausgeprägte Häufigkeit von Klagen über Zugscheinungen, auch bei hochgedämmten Häusern. Dies, obwohl längst bekannt ist, dass Umfassungsflächen mit ausreichenden Strahlungseigenschaften und Zugfreiheit auch bei tieferen Temperaturen ein behagliches Raumklima ergeben. Die z. T. sehr intensiv betriebenen Forschungen zur Raumlüftung suchen nach Möglichkeiten, dem Menschen die Luft in notwendiger Menge und Qualität, am richtigen Ort und mit den kleinsten negativen Nebeneffekten (Energieaufwand, Zugscheinungen, Lärm, Gestank) im Gebäude zuzuführen. In ausgewählten Fällen könnte die Porenlüftung eine Lösung darstellen.

Der Energiebedarf eines Einfamilienhauses mit modernem Dämmstandard und sorgfältiger Ausführung setzt sich für Heizzwecke aus etwa 50 bis 60% Lüftungs- und 50 bis 40%

Transmissionsverlusten zusammen. Die Transmissionsverluste lassen sich auf die Raumabschlussflächen (Dach, Boden, Wände, Fenster) aufteilen. Wird der Verlust durch die Wände auf Null reduziert, lässt sich der Gesamtbedarf wirklich nur um den Wandanteil verkleinern. Aus dieser Sicht bringt die Porenlüftung durch die Wand keine riesigen Einsparungen. Immerhin ist bemerkenswert, dass diese – wenn auch nicht übergrosse – Einsparung in der Kombination mit Zugfreiheit entsteht, und so in etlichen Fällen zu prüfenswerten Lösungen führen kann. Je länger um so klarer wird erkannt, dass die überhandnehmenden Umwelt- und Energieprobleme nicht durch eine Supermassnahme lösbar sind. Im Gegenteil: Es bedarf die Summe aller, noch so kleiner Mittel, falls sie nur gekonnt verwendet werden. Auch die Porenlüftung ist eines dieser Mittel.

Beide erwähnten Sonnenenergiesysteme nutzen die hinter einer Glaswand anfallende Überschussenergie aus, um sie in einem festen Speicher zwischenzulagern. Solar Trap hat hinter dieser Glaswand verstellbare Lamellenstoren und Fenster, Solpor feste Wände. Solar Trap lagert die Wärme in einem im Rauminneren liegenden, gut isolierten (Hypocauste-)Speicher, dessen dosierte Entladung sich auf Tage erstrecken kann. Beim Solpor strömt die Warmluft direkt durch die Speicherwand, die sich nur für Stunden aufladen lässt.

Sicher können die Mauerpartien einer Südwand, welche – aus welchem Grund auch immer – nicht voll befenstert wird, als Solpor-Wände ausgebildet und somit zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Ein solches Nebeneinander (nicht «Kombination») beider Systeme ist im speziellen Einzelfall denkbar. Keineswegs aber sollte eine tatsächliche Kombination im Sinne der gestell-

ten Frage angestrebt werden. Eine Energiegewinnung mit Transport nach Solar Trap, kombiniert mit einem porösen Speicher nach Solpor, würde zum Verlust der wesentlichen Eigenschaften beider Systeme führen. Die im Rauminneren liegende, durchströmte Speicherwand könnte nicht mehr als Wärmetauscher wie beim Solpor dienen, während die Fähigkeit des Hypocauste-Speichers des Solar Trap, Energie tagelang zu speichern und dosiert abzugeben, ebenfalls verloren ginge.

Bei porösen Schichten, durch die Luft nur nach innen strömt, werden Geruchprobleme nur bei verseuchter Außenluft entstehen. Anders verhält es sich bei Porenflächen, durch die sich der Luftstrom wahlweise nach innen oder aussen bewegt. Wahrscheinlich brächten hier geeignete Materialien eine Lösung, wobei deren Eigenschaft, keine Duftstoffe zu binden, in Versuchen nachgewiesen werden sollte. Einen speziellen Fall stellen Porenflächen dar, bei denen sich die Strömungsrichtung jahreszeitsweise ändert. Beim «Gegenstromverfahren» (Luft strömt gegen den Temperaturgradienten) dürften keine Geruchprobleme zu erwarten sein.

Obwohl eine solche Frage nicht gestellt wurde, ist Vollständigkeitshalber festzuhalten, dass die Theorie der Porenlüftung nach Bartussek begründet und auch in der Praxis erprobt ist. Probleme beim Einsatz des Systems sind also nicht von dieser Seite zu erwarten. Echte Schwierigkeiten könnten – wie es auch Bartussek festhält – unter anderem bei der Erfüllung der an den Planer und die Ausführenden sowie an die ihrer Zusammenarbeit gestellten Ansprüche entstehen.

Adresse des Verfassers: Andreas Eggenberger, Masch.-Ing. HTL, Fachingenieur für Bauphysik, 3400 Burgdorf.

## Einsatz von grossflächigen Solaranlagen

### Erkenntnisse aus der ersten schweizerischen industriellen Solaranlage bei Rimuss

Von Josef Vlastislav Hurdes, Schaffhausen

**Das Interesse der Bauherren an Sonnenenergieanlagen ist, hauptsächlich wegen den ständigen Unsicherheiten bei der Erdölversorgung, aber auch wegen der immer wachsenden Umweltbelastung durch Heizölabgase, weiterhin bestehend. Dieses Interesse beschränkte sich bisher allerdings vorwiegend auf Einfamilienhäuser, bei grösseren Objekten blieb eine rasche Verbreitung der Sonnenenergie aus. Dies hauptsächlich weil die Solaranlagen relativ kapitalintensiv sind und die Risiken, verbunden mit dem Bau und Betrieb von solchen Anlagen, relativ gross waren.**

Im Jahre 1983 wurde bei der Rimuss-Kellerei in Hallau im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft und als ein Projekt der Internationalen Energieagentur eine Pilot- und Demonstrationsanlage erstellt, an der die Technik und die Wirtschaftlichkeit grossflächiger Sonnenenergienutzung genau untersucht werden sollte. Das Projekt wurde durch die Universität Genf begleitet und alle Parameter, die mit der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit grossflächiger solarer Wärmeerzeugung zusammenhängen, genau analysiert. Nun liegen Resultate vor, aus denen Konsequenzen für den Bau weiterer ähnlicher Anlagen, und zwar nicht nur in der Industrie sondern auch im Hochbau, gezogen werden können. In diesem Artikel werden die wichtigsten Parameter diskutiert, die die Wirtschaftlichkeit grossflächiger Sonnenenergieerzeugung beeinflussen.

### Solare Wärmekosten

Der Preis einer solaren Kilowattstunde stellt die Basis für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dar. Er ist von einer Reihe von Parametern abhängig; zu diesen gehören hauptsächlich die Errstellungskosten der solaren Anlage, die Kosten des eingesetzten Kapitals (Verzinsung), die Lebenserwartung der Solaranlage und die Betriebs- und Unterhaltskosten einerseits, die Menge der erzeugten und an den Verbraucher abgegebenen Energie (Wärmemenge) andererseits. Viele der obenerwähnten Parameter variieren von Tag zu Tag und von Monat zu Monat; sie wurden deshalb auf einer jährlichen Basis ermittelt, um zu realistischen und praktisch anwendbaren Kosten der solaren Wärmeerzeugung zu gelangen. Bei Rimuss erreichten die einzelnen Parameter folgende Werte:

Die Erstellungskosten der Rimuss-Solaranlage von einer Fläche von 400 m<sup>2</sup> (Öffnungsfläche der Vakuumkollektoren) beliefen sich auf Fr. 477 900.- (Fr. 1194.-/m<sup>2</sup>). Davon wurden 33,6% für die Kollektoren, 11,1% für weitere Apparate und Anlagen wie Wärmespeicher, Wärmeaustauscher, Pumpen, Ventile usw., 31,6% für Installationen und Isolierungen (einschl. Material), 19,5% für Ingenieur- und Regulationsarbeiten und 4,2% für andere Ausgaben verwendet. Neben diesen, unter normalen kommerziellen Bedingungen entstandenen Projektkosten wurde, zum Vergleich, eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit solchen Projektkosten durchgeführt, die in der Zukunft nach der Einführung einer *Massenproduktion* von Sonnenkollektoren und durch weitere Sparmassnahmen erwartet werden. Diese wurden im Fall Rimuss auf Fr. 888.-/m<sup>2</sup> geschätzt (Fall C2), bzw. auf Fr. 720.-/m<sup>2</sup> (Fall C3), wenn weiter die Ingenieurarbeiten für die relativ einfachen Solaranlagen selbst erbracht werden, z. B. durch eine technische Abteilung der Industrieunternehmung, die die Solaranlage erstellen will, oder durch einen Architekten. (Für grössere oder kleinere Anlagen als bei Rimuss können «scale-up»- bzw. «scale-down»-Faktoren verwendet werden.)

Die *Verzinsung des eingesetzten Kapitals* spielt in der Wirtschaftlichkeitsrechnung eine der entscheidendsten Rollen. Der Grund dafür liegt hauptsächlich in der Tatsache, dass Solaranlagen sehr kapitalintensiv sind, d. h. dass der gesamte finanzielle Aufwand für die erzeugte Wärme (die erst in der Zukunft geliefert wird) im voraus zu erbringen ist. Zum Beispiel wird der Preis der solaren Wärme etwa doppelt so hoch sein, wenn die Verzinsung des Kapitals bei 12% liegt (Beispiel USA), verglichen mit einer Verzinsung von 2%, die oft bei Entwicklungsprojekten in den sonnenreichen Ländern gewährleistet wird.

Die *Lebenserwartung* der Solaranlage spielt dabei eine ebenso wichtige Rolle. Grossflächige Solaranlagen sollten die in der Industrie und Gewerbe übliche Lebensdauer erreichen. Langjährige Erfahrungen mit Solaranlagen wurden zwar noch nicht gemacht. Nach den bisherigen, über zehnjährigen Erkenntnissen kann jedoch angenommen werden, dass eine Lebensdauer von 25 Jahren und mehr ohne weiteres möglich wird. Eine konservative Annahme von einer 15jährigen Lebensdauer ergibt um bis zu rund einem Drittel höhere Wärme Kosten, wenn sie mit der in der Industrie üblichen Lebensdauer von 25 Jahren verglichen wird. Falls angenommen wird, dass gewisse Anlagenteile von Zeit zu Zeit ausgewechselt werden

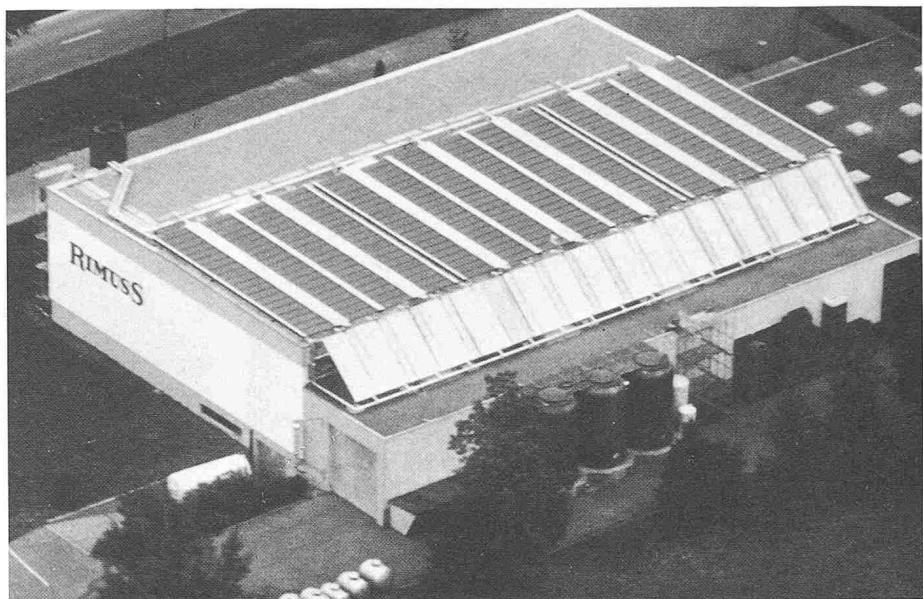


Bild 1. Die erste schweizerische Sonnenenergieanlage für die Erzeugung industrieller Prozesswärme, erstellt bei der Rimuss-Kellerei. Die solare Wärme wird zur Pasteurisierung von Traubensaft, Flaschenwaschen, Tanksterilisierung und für Heizzwecke verwendet

Tab. 1. Eine Studie durchgeführt in verschiedenen Zweigen der Nahrungsmittel-, Chemie-, Pharma-, Kosmetik-, Textil-, Papier- und Metallindustrie hat ergeben, dass die meisten Prozesse Wärme im Temperaturbereich 90-150 °C benötigen. Diese kann, unter heutigem Stand der Technik, durch die stationären Vakuumkollektoren erzeugt werden. Die Tab. 1 zeigt einige Prozesse der Nahrungsmittelindustrie. (Quelle BEW)

| Temp. (°C)         | bis 50 | 50-90 | 90-150 | 150-300 | über 300 |
|--------------------|--------|-------|--------|---------|----------|
| Pasteurisation     |        |       | x      | x       |          |
| Uperisation        |        |       | x      | x       |          |
| Trocknung          |        |       | x      | x       | x        |
| Aufwärmung von Fl. | x      | x     |        |         |          |
| Sprühtröcknung     |        |       | x      | x       |          |
| Sterilisation      |        |       | x      |         |          |
| Gefriertrocknung   |        |       |        | x       |          |
| Entkoffeinierung   |        |       | x      |         |          |
| Malzen             |        |       | x      |         |          |
| Hydrolyse          |        |       | x      |         |          |
| Vakuumtrocknung    |        |       | x      |         |          |
| Extraktion         |        |       | x      | x       |          |
| Rösten             |        |       | x      | x       |          |
| Agglomeration      |        |       | x      |         |          |
| Eindampfung        |        |       | x      |         |          |
| Kristallisation    | x      | x     | x      |         |          |
| LSCP-Behandlung    |        |       | x      |         |          |
| Thermo-Bakilator   |        |       | x      |         |          |
| Fettschmelzen      |        |       | x      | x       |          |
| Desodorierung      |        |       | x      | x       | x        |
| Tankbeheizung      | x      | x     |        |         |          |
| Reinigungswasser   | x      | x     |        |         |          |
| Absorptionskühlung |        |       |        | x       |          |
| Kochen             |        |       | x      | x       |          |
| Leitungsaufwärmung | x      |       | x      |         |          |
| Brühen             |        |       | x      |         |          |
| Separieren         |        | x     | x      |         |          |
| Homogenisieren     |        |       | x      |         |          |
| UHT-Erhitzung      |        |       | x      |         |          |
| Rahmreifung        | x      |       | x      |         |          |
| Käserhitzung       | x      |       |        |         |          |
| Schmelzen          |        |       | x      |         |          |
| Befeuchtung        |        |       | x      |         |          |
| Prozessdampf       |        |       | x      | x       | x        |
| Biersieden         |        |       | x      | x       | x        |
| Maischen           |        | x     |        |         |          |
| Neutralisation     |        |       | x      |         |          |
| Bleichung          |        |       | x      |         |          |
| Mischen            |        |       | x      |         |          |
| Geflügelzucht (JH) | x      |       |        |         |          |
| Bruteierproduktion | x      |       |        |         |          |

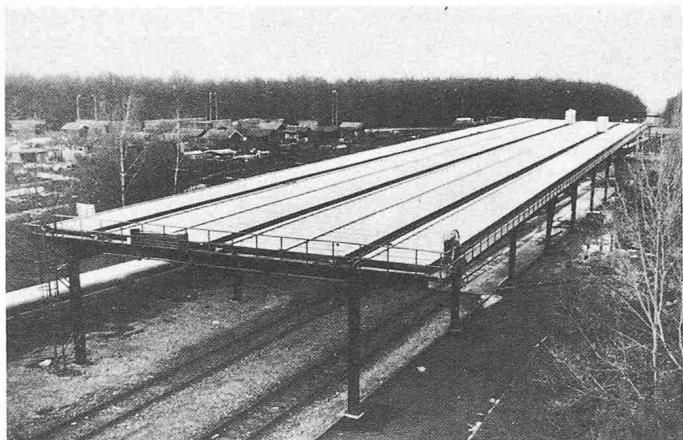


Bild 2. Die zweite schweizerische industrielle Solaranlage, erbaut im Jahre 1985, dient der Temperaturerhöhung der Rücklaufleitung eines Fernheiznetzes der Stadt Genf. Bei dem Entwurf des Kollektorenfeldes von 1000 m<sup>2</sup> konnten die Erkenntnisse aus der Rimuss-Solaranlage bereits mitverwendet werden

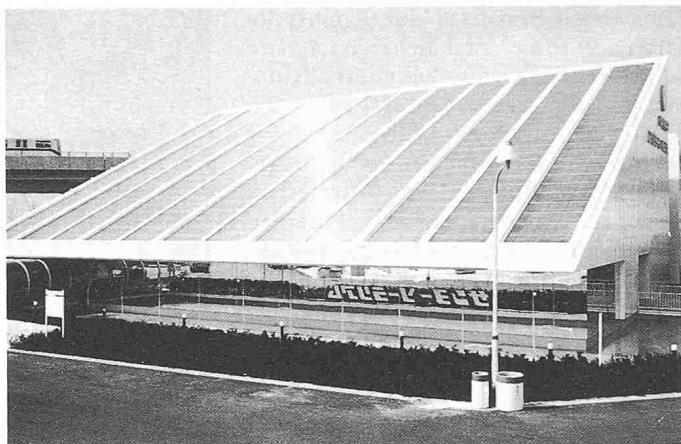
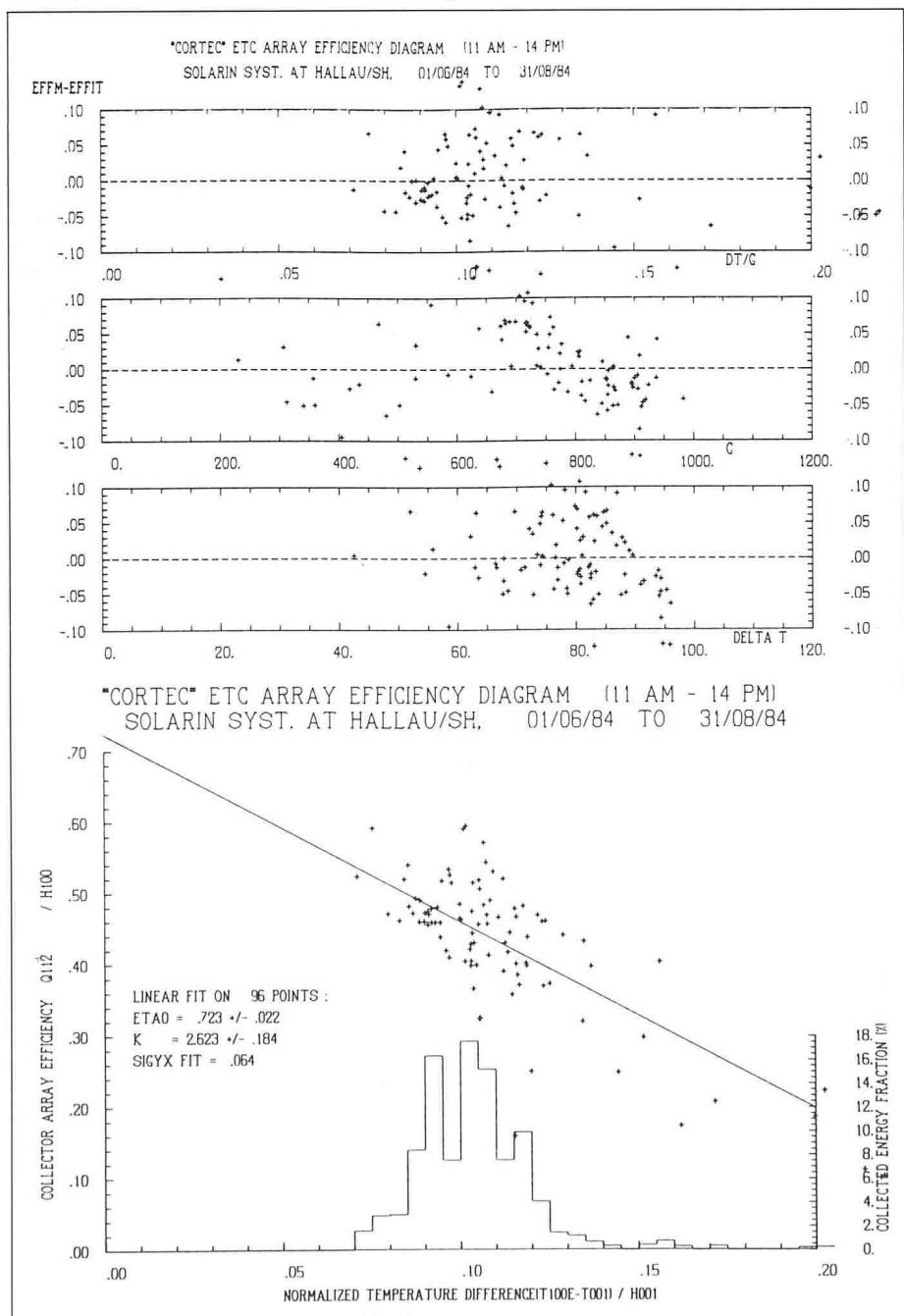


Bild 3. Bei Neubauten können Sonnenkollektoren direkt in die Bauhülle integriert werden und, wie diese Sanyo-Kollektoren, Wärme für Warmwasser und Gebäudeklimatisierung liefern

Bild 4. Die momentanen Wirkungsgrade des Kollektorenfeldes, gemessen während einer Sommerperiode bei Temperaturen zwischen etwa 80 und 100 °C, bewegen sich zwischen 35 und 60%



und die Solaranlagen eine Lebensdauer erreichen, die z. B. bei Hochbauten üblich ist, fallen die Preise solarer Wärme erheblich.

*Betriebs- und Unterhaltskosten* sind bei Solaranlagen repräsentiert durch Kosten für externe Energie (für den Antrieb von Umlöpfumpen, Elektroventilen usw.) und Kosten für einen periodischen Wechsel des Wärmeträgers im solaren Kreislauf. Das Wärmeträgermedium soll bei Rimuss voraussichtlich alle rund 5 Jahre ausgewechselt werden. Die externe Energie könnte allenfalls bei einer nicht optimal ausgelegten Anlage einen relativ hohen Anteil erreichen, da die Pumpen praktisch ununterbrochen im Betrieb stehen, auch wenn die Solaranlage nur wenig oder gar keine Nutzwärme liefert. Möglichst kurze Rohrleitungen und niedrige Widerstände beim Energietransport sind deshalb erforderlich. Der Unterhalt der automatisch operierenden Anlage wurde bei Rimuss durch das bestehende Personal ohne nennenswerten Mehraufwand geführt. Für die gesamten Betriebs- und Unterhaltskosten wurde in die Wirtschaftlichkeitsrechnung ein Betrag von Fr. 1500.- pro Jahr eingesetzt.

## Energieumwandlung

Die Menge der erzeugten nützlichen Wärme variiert mit der Menge der auf die Kollektoren eingestrahlten Sonnenenergie, mit dem Wirkungsgrad der Energieumwandlung und mit den Wärmeverlusten zwischen den Kollektoren und dem Verbraucher.

Der Wärmepreis steht dabei in einem praktisch linearen Verhältnis mit der Menge der auf die Kollektoren eingestrahlten Sonnenenergie. In einer Ge-

gend mit doppelt so hoher jährlichen Bestrahlung des Kollektorenfeldes wird aus der gleichen Anlage doppelt soviel Nutzwärme erzeugt und der Wärme- preis wird dementsprechend halbiert.

Der *Wirkungsgrad* der Energieumwandlung ist insbesondere bei Mitteltemperatur-Wärmeerzeugung (über ca. 60 °C) von grosser Bedeutung. Für die Rimuss-Anlage wurden hocheffiziente Kollektoren eingesetzt, mit welchen Wärme bei Temperaturen bis zu ca. 150 °C mit noch relativ guten Wirkungsgraden erzeugt werden kann. Das zwischen den Absorbern und der Verglasung herrschende Vakuum reduziert die Konvektionsverluste dieser sogenannten Vakuumkollektoren praktisch auf Null. Das Vakuum verbessert nicht nur den Wirkungsgrad der Energieumwandlung, es verlängert auch die Lebensdauer der Kollektoren, bzw. der Absorber und deren selektiven Beschichtung, die keinen atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind. Die momentanen Wirkungsgrade bewegen sich bei Rimuss zwischen etwa 35% (bei Prozesstemperaturen um 100 °C) bis zu etwa 60% (im Brauchwasserbereich um 60 °C). Die täglichen und monatlichen Wirkungsgrade sind allerdings niedriger als die momentanen, und zwar wegen des Auftritts von verschiedenen *Systemverlusten*. Zu diesen gehören einerseits dynamische Verluste, die durch thermische Kapazität einzelner Teile der Solaranlage entstehen, andererseits verschiedene statische Verluste wie Wärmeabgang durch das Rohrleitungssystem, Verluste durch Überhitzung des solaren Kreislaufes während Perioden mit niedrigem Wärmebedarf, die früher erwähnten Verluste durch Zuführung externer Kraft sowie Verluste, die durch Ausserbetriebssetzung der Anlage entstehen, während Sonnenenergieangebot vorhanden ist. Die Höhe aller dieser Verluste variiert kontinuierlich.

Die *längerfristigen Wirkungsgrade*, d. h. die momentanen Kollektorwirkungsgrade reduziert um die obenerwähnten Systemverluste, wurden statistisch ausgewertet, und es wurde ermittelt, dass die bei Rimuss erzeugte Wärmemenge praktisch nur von der täglich auf die Kollektoren anfallenden (Sonnen-)Energiemenge und von der Temperatur der Energieerzeugung (Prozesswärmtemperatur) abhängig ist. Solche Parameter wie z. B. die tägliche Sonnenscheindauer oder die Jahreszeit (Sommer/Winter) scheinen von einer untergeordneten Rolle zu sein. Deshalb können die bei Rimuss gewonnenen Resultate über die Wirtschaftlichkeit der solaren Wärmeerzeugung auch auf andere klimatische Verhältnisse relativ pro-

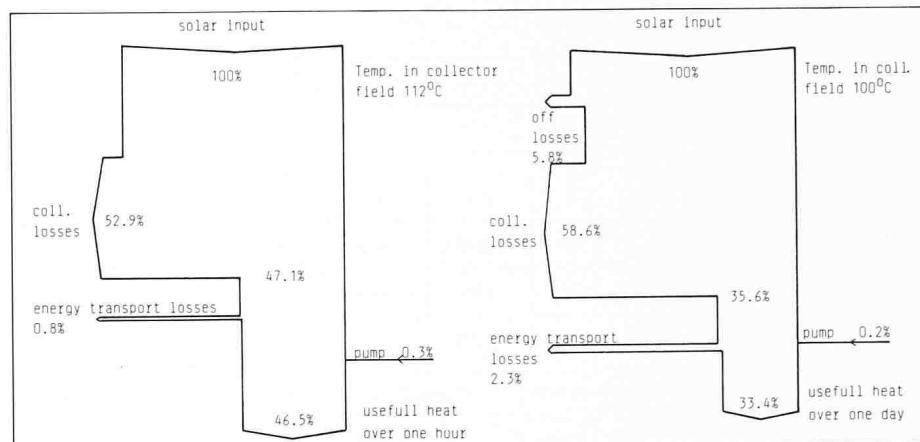


Bild 5. Verschiedene Systemverluste reduzieren weiter den Wirkungsgrad des Kollektorenfeldes. Am Vergleich des Energieschlusses während einer Stunde und einem Tag sieht man, wie die Verluste mit der Zeit wachsen. Die Höhe der langfristigen Verluste kann durch Optimierung der Steuerung evtl. reduziert werden

Bild 6. Nach einer statistischen Auswertung der täglichen Wirkungsgrade (daily Input/Output-Verhältnis) konnte festgestellt werden, dass sie von der täglichen Sonnenscheindauer bzw. von der Jahreszeit praktisch unabhängig sind. Die bei Rimuss gewonnenen Resultate können deshalb für Umrechnungen der Sonnenenergieausbeute für andere Standorte verwendet werden

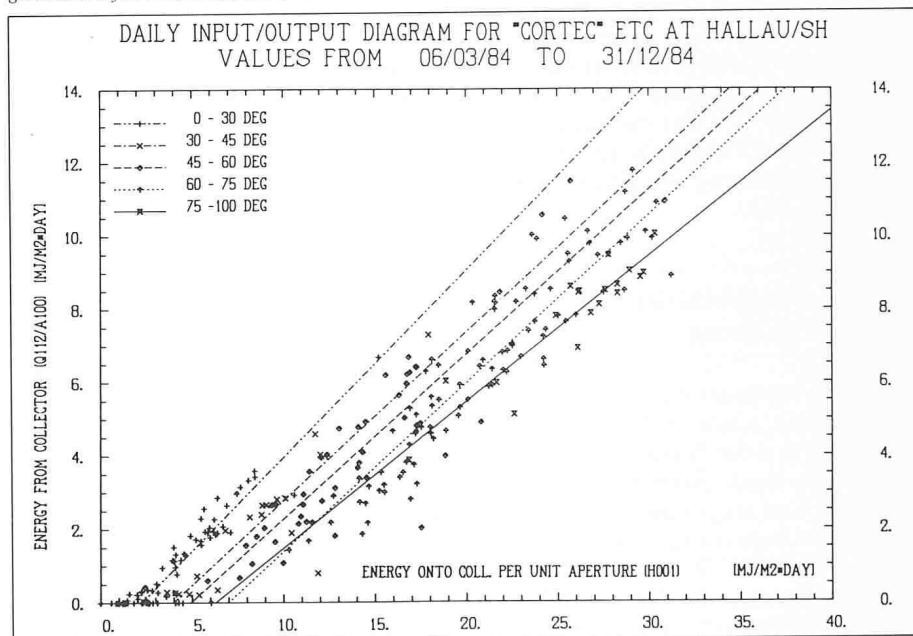
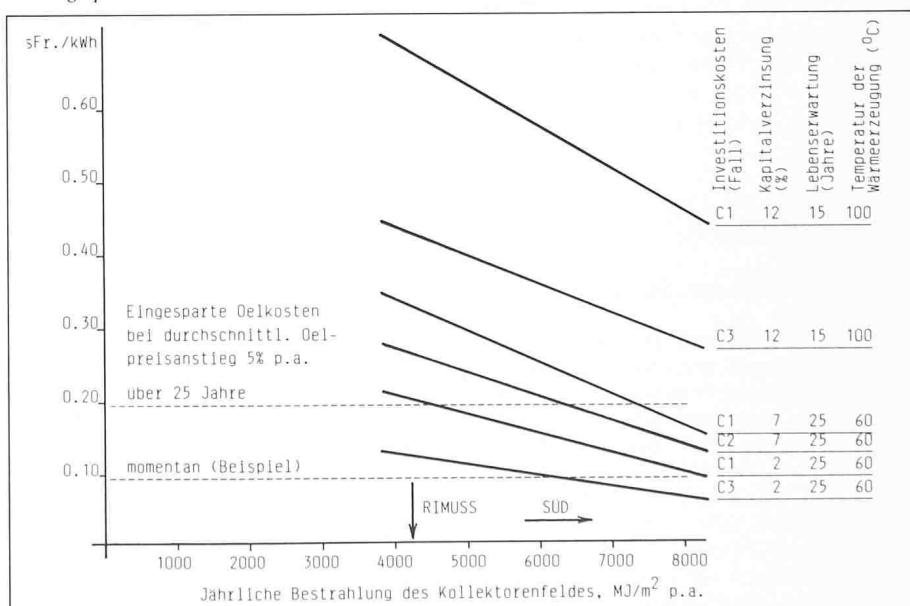


Bild 7. Preisvergleich einer solaren Kilowattstunde, erzeugt durch die Rimuss-Solaranlage unter verschiedenen finanziellen, betrieblichen und klimatischen Bedingungen (ausgewählte Beispiele). Preisvergleich mit den eingesparten Ölcosten



|                                    | Fall C1  |           |            |          |          |            |
|------------------------------------|----------|-----------|------------|----------|----------|------------|
| sFr. Erstellungskosten             | 477 900  |           |            |          |          |            |
| Lebenserwartung / Jahren           | 15       |           |            | 25       |          |            |
| Zins, % p. a.<br>Annuität, %       | 2<br>7.8 | 7<br>11.0 | 12<br>14.6 | 2<br>5.1 | 7<br>8.6 | 12<br>12.7 |
| jährliche Fixkosten sFr. p. a.     | 37300    | 52600     | 69800      | 24400    | 41100    | 60700      |
| Betriebskosten, sFr. p. a.         | 1500     | 1500      | 1500       | 1500     | 1500     | 1500       |
| jährliche Kosten total, sFr. p. a. | 38800    | 54100     | 71300      | 25900    | 42600    | 62200      |

Tab. 2. Jährliche Kosten für eine Solaranlage sind von den Erstellungskosten, aber auch von der Lebenserwartung, Verzinsung des eingesetzten Kapitals sowie von den Betriebs- und Unterhaltskosten abhängig. Man sieht, dass eine und die gleiche Anlage jährlich sFr. 71 300.-, aber auch sFr. 25 900.- kosten kann! Anlagen, deren jährliche Kosten sich an der oberen Grenze bewegen, haben der Wirtschaftlichkeit der Sonnenenergieerzeugung meist keinen guten Ruf gebracht.

blemlos umgerechnet werden. Ein Mittelwert der täglichen Wirkungsgrade betrug bei Rimuss z. B. 30% bei einer durchschnittlichen Temperatur im Kollektorenfeld von 73 °C (über drei Monate), oder 23% während einer anderen dreimonatigen Periode bei durchschnittlich 90 °C. Über das ganze Jahr bei gemischten Temperaturen der Wärmeerzeugung betrug der Wirkungsgrad bei Rimuss 25%.

## Wirtschaftlichkeit der Wärmeerzeugung

Die solare Wärmeerzeugung wird dann wirtschaftlich, wenn ihr Preis niedriger ist als der Preis der Wärme aus konventionellen Anlagen. Beim Vergleich beider Wärmeerzeugungsmethoden ist von grosser Bedeutung, ob die Solaranlage monovalent, d. h. als alleiniger Wärmelieferant, oder bivalent, lediglich als Brennstoffsparer, im Anschluss an eine konventionelle Anlage eingesetzt wird. Im ersten Fall sind in der Kostenrechnung auch die Amortisationskosten der konventionellen Wärmeerzeugungsanlagen zu berücksichtigen. In beiden Fällen sind die Brennstoffkosten nicht nur bei heutigem Preisniveau, sondern unter Berücksich-

tigung der Brennstoffsteuerung, z. B. infolge allgemeiner Teuerung und anderer Einflüsse, zu betrachten. Bei einer Teuerungsrate von z. B. 5% p.a. steigt der Brennstoffpreis über eine Lebensdauer der Solaranlage von 15 Jahren um durchschnittlich 44%, bei 25 Jahren Lebensdauer um 90%.

Es ist ersichtlich, dass die Kosten der solaren Wärme je nach den jeweils auftretenden Bedingungen sehr unterschiedlich sein können. Die bei Rimuss erbaute Anlage liefert, unter den nord schweizerischen klimatischen Bedingungen, Wärme für z. B. Fr. 0.20/kWh (Erstellungskosten der Anlage Fr. 477 900.-, Lebenserwartung 25 Jahre, 2% Zins, Wärmeerzeugung bei 60 °C), oder aber auch für Fr. 0.69/kWh (gleiche klimatische Verhältnisse und Entstehungskosten wie oben, aber Lebenserwartung 15 Jahre, 12% Zins und Wärmeerzeugung bei 100 °C). In einem südlichen Land mit grösserem Sonnenenergieangebot kann der Wärmepreis aus der gleichen Anlage wie bei Rimuss, bei 60 °C Wärmeerzeugung, z. B. bis auf Fr. 0.11/kWh absinken, bei einer Massenproduktion von Sonnenkollektoren und einer eigenen Projektierung der Anlage gar auf Fr. 0.07/kWh, beides unter den Wärmepreis aus konventionellen Wärmeerzeugungsanlagen.

## Resultate

Dies sind nur einige Ausschnitte – eine detaillierte Analyse der Technik und Wirtschaftlichkeit grossflächiger, solarer Wärmeerzeugung am Beispiel der Rimuss-Kellerei liegt nun in Form eines Buches [1] vor. Diese paar Beispiele demonstrieren allerdings, dass es bereits heute auch in unseren Breitengraden eine grosse Anzahl an potentiellen Anwendungen gibt, bei denen die solare Wärme bei vergleichbarem Kostenniveau erzeugt wird wie durch ölgefeuerte Kesselanlagen. Die geringeren Umweltbelastungen sind dabei noch nicht berücksichtigt. Zu den wirtschaftlichsten gehören solche grossflächigen Anlagen, die langlebig sind (z. B. mit Vakuumkollektoren ausgestattet), die ohne Anspruch auf hohe Kapitalverzinsung gebaut werden und die Nieder temperaturwärme (bis etwa 60 °C) erzeugen. Neben einer Reihe von Industrieprozessen gehört zu diesen Anwendungen hauptsächlich die gemeinschaftliche Brauchwassererzeugung im Temperaturbereich 50–60 °C.

Adresse des Verfassers: J. V. Hurdes, Dr.-Ing. SIA, Delta Energie AG, Chnürbrächi 36, 8197 Rafz.

## Literatur

- [1] Hurdes/Lachal: Industrial Solar Heat, generated by stationary vacuum tube solar collectors at temperatures up to ca. 150 °C. DELTA ENERGIE AG 1986 (Diese Publikation kann beim Verfasser bestellt werden.)
- [2] Hurdes, Guisan, Lachal, Mermoud, Rudaz, Kaelin: Solare Erzeugung industrieller Prozesswärme. Bundesamt für Energiewirtschaft 1985.

ben Entwürfen sowie für mögliche Ankäufe stehen dem Preisgericht 85 000 Fr. zur Verfügung. Aus dem Programm: Das Wettbewerbsgebiet liegt im Osten der Stadt und umfasst und 34 000 m<sup>2</sup>. Das Planungsgebiet wird geprägt durch seine Lage am Rande des Siedlungsgebietes; seiner gestalterischen Funktion als Abschluss der Stadt fällt deshalb grosse Bedeutung zu. Im wesentlichen sind folgende Anforderungen zu beachten: Schaffung von etwa 200 Wohnungen; Schaffung eines wirtschaftlichen sowie städtebaulich wie architektonisch guten Wohnungsbau, welcher sowohl den heutigen wie zu

## Wettbewerbe

### Überbauung Achslengut, St. Gallen

Die Ortsbürgergemeinde St. Gallen veranstaltet einen öffentlichen Projektwettbewerb für die Überbauung Achslengut in St. Gallen. Teilnahmeberechtigt sind alle Architekten, die in der Stadt St. Gallen seit mindestens dem 1. Juli 1985 niedergelassen (Wohn- oder Geschäftssitz) oder Bürger der Stadt St. Gallen (alle städtischen Ortsgemeinden) sind. Zusätzlich werden die folgenden Architekten zur Teilnahme eingeladen: R. Rast, Bern, Antoniol + Huber,

Frauenfeld, P. Haas, Arbon, Bétrix-Consolascio, Zürich, M. Alder, Basel, D. Schneebli, T. Ammann, Zürich, F. Bereuter, Arbon. Betreffend Arbeitsgemeinschaften und Architekturfirmen wird ausdrücklich auf die Bestimmungen der Art. 27 und 28 der Ordnung für Architekturwettbewerbe SIA 152 sowie auf den Kommentar zu Art. 27 aufmerksam gemacht. Fachpreisrichter sind F. Eberhard, Stadtbaumeister, St. Gallen, H. Voser, St. Gallen, R. Stoos, Brugg, P. Zumthor, Haldenstein; T. Eigenmann, St. Gallen, Ersatz. Für die Prämierung von etwa sie-

Fortsetzung auf Seite 747