

Teil 3: Solare Luftvorwärmung mit perforierten Absorbern

# Solare Nahwärme Göttingen

Seit 1990 werden in den USA und Kanada Luftkollektorfassaden mit perforierten Absorbern an großen Industriehallen (Ford, General Motors, Canadair, siehe SE 2/97) zur Luftvorwärmung eingesetzt. Die niedrigen Investitionskosten (speziell im Sanierungsbereich ca. 110 US\$/m<sup>2</sup>) ermöglichen Amortisationszeiten unter 10 Jahren. Auch in Europa wurden in den letzten Jahren Demonstrationsprojekte errichtet. Im Folgenden soll auf die Arbeitsweise dieser sogenannten perforierten Absorber eingegangen werden. Anhand von realisierten Anlagen werden geeignete Anwendungen aufgezeigt und erste Betriebserfahrungen am Heizkraftwerk Göttingen erläutert. (Teil 1 und 2 zu dem Projekt in Göttingen finden sich in den SE-Ausgaben 3/97 und 5/97).

Bei Luftkollektorsystemen unterscheidet man offene und geschlossene Systeme. Bei offenen Systemen wird der Kollektorvorkanal mit Umgebungsluft gespeist, wohingegen bei geschlossenen Systemen die Luft in einem geschlossenen Kanalsystem geführt wird. Die Entwicklung und der Stand der Technik für diese Bauart soll im Folgenden an drei Beispielen aufgezeigt werden.

Die ersten Ausführungen bestanden aus schwarz lackierten Stahlabsorberplatten, die mit transparenten Kunststoffabdeckungen versehen wurden. 1986 wurde erstmals ein solches System mit 1.877 m<sup>2</sup> an der Ford-Fertigungshalle in Oakville (Ontario, Kanada) errichtet. Die transparente Abdeckung verursacht jedoch zusätzliche Investitions- und Wartungskosten. Aus diesem Grund wurden bei nachfolgenden Projekten Lösungen ohne diese Abdeckung angestrebt.

Bei der einfachsten Version wird lediglich die Fassade mit einem Farbanstrich mit hohem Strahlungsabsorptionskoeffi-

zienten versehen. Die durch freie Konvektion aufsteigende Warmluft wird von einer unten offenen Canopy abgesaugt. Dieses Konzept wurde erstmals 1990 an der 2.627 m<sup>2</sup> großen Südfassade der McDonnell-Douglas-Montagehalle in Toronto, Ontario, erprobt. Der Wirkungsgrad dieses Systems war erwartungsgemäß geringer als der von abgedeckten Absorbern – die Investitionskosten waren allerdings ebenfalls wesentlich geringer.

Perforierte Absorberbleche wurden in Kanada und USA auf ihre Anwendbarkeit zur solaren Luftvorwärmung hin untersucht. 1990 wurde der Absorber mit transparenter Abdeckung an der Ford-Fertigungshalle in Oakville durch einen perforierten Aluminiumabsorber ersetzt. 1991 wurde an der Fassade von General Motors in Oshawa, Ontario, ebenfalls ein perforierter Absorber installiert. Kennzeichnend für dieses System war ein Sammelkanal über die gesamte Absorberbreite. Ein ähnliches System wurde 1992 auch in Deutschland am Heizkraftwerk Göttingen verwirklicht.



Abb. 1: Vorher ... – Heizkraftwerk Göttingen ohne Solarfassade

## Wie funktioniert's?

Die als „Solar Wall“ bezeichnete Ausführung des Luftkollektors mit perforiertem Absorber besteht im wesentlichen aus einem beschichteten Aluminiumtrapezblech. Der Lochanteil richtet sich nach der Fassadenhöhe und der Absaugrate. Das Trapezblech wird durch Profilschienen in einem Abstand von ca. 10 cm (Luftspalt) vor der wärmeisolierten Rückwand befestigt und erwärmt sich durch Absorption von Solarstrahlung. Die Umgebungsluft wird durch die Löcher angesaugt und strömt durch den Luftspalt bis zum Sammelkanal. Die vorgewärmte Luft kann dann über ein geeignetes Kanalsystem dem Verbraucher zugeführt werden. Dieses System bietet folgende Vorteile:

- Es ist keine transparente Abdeckung notwendig. Daher treten auch keine Verluste durch Absorption und Reflexion an dieser Abdeckung auf.
- Verluste durch freie Konvektion können durch die Grenzschichtabsaugung weitgehend vermieden werden.
- Es treten keine übermäßig hohen Absorbertemperaturen auf. Somit besteht keine Gefahr der sommerlichen Überhitzung von Bauteilen.

## Solare Absaugfassade

Im Rahmen eines BMFT-Forschungsvorhabens „Einbindung von Sonnenenergie in die Nahwärmeversorgung der Stadtwerke Göttingen AG“ (BMFT-10328867-ITW) wurde zusätzlich zu einer 785 m<sup>2</sup> großen Flachkollektoranlage ein 343 m<sup>2</sup> großes Luftkollektorsystem zur solaren Vorwärmung der Verbrennungsluft an der vertikalen Südostfassade des Heizkraftwerkes Göttingen installiert.

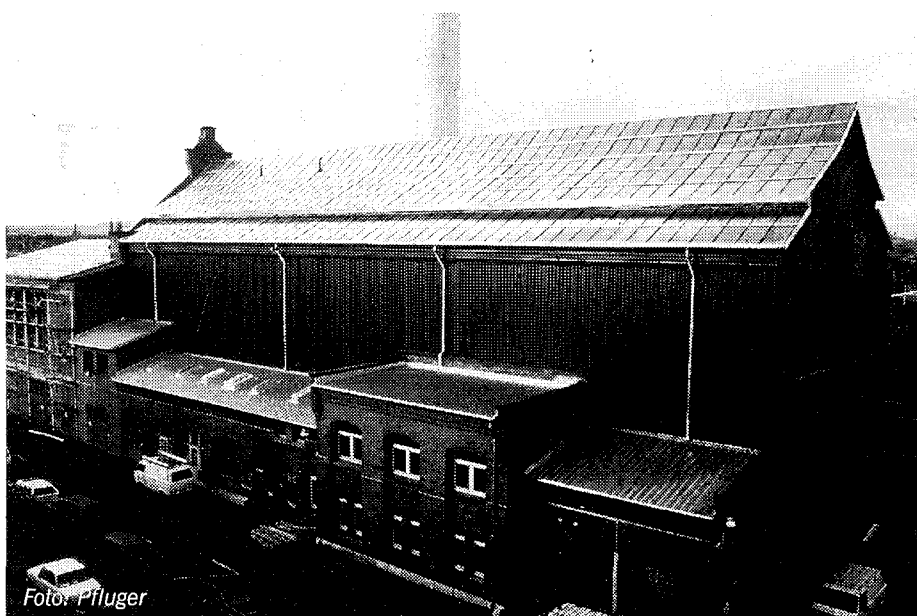


Abb. 2: ... und nachher – Solarfassade mit Luftkollektoren und Solardach mit Flachkollektoren

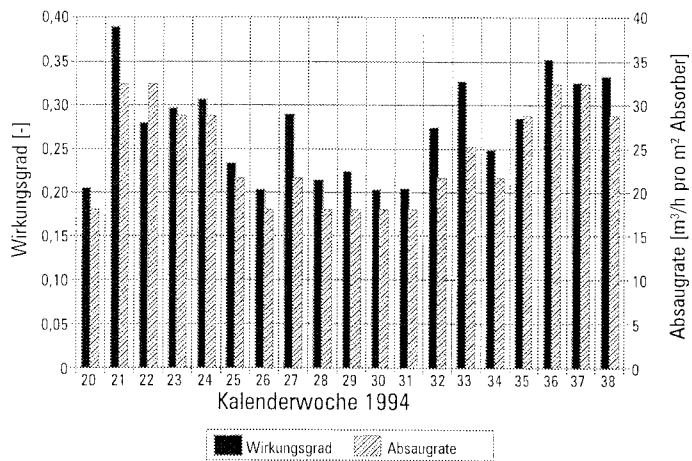


Abb. 3: Wochenmittelwerte des solaren Wirkungsgrads und des flächenbezogenen Absaugluftvolumenstroms (Absaugrate)

Die Arbeiten wurden im Zuge einer fälligen Fassadensanierung im Herbst 1992 durchgeführt. Die meßtechnische Untersuchung der Flachkollektoranlage wurde vom *Institut für Solarenergieforschung (ISFH)*, die des Luftkollektorsystems vom *Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)* der *Universität Stuttgart* durchgeführt.

Mit Hilfe einer PC-gestützten Meßdatenerfassung wurde das energetische Verhalten der Anlage untersucht. Im Mai 1994 wurden zusätzliche Sensoren installiert, um genaueren Aufschluß über die Anteile der Nutzwärme aus Solarenergie und Kraftwerksabwärme zu erhalten. Die Meßdaten wurden für den Zeitraum von Mai bis September 1994 ausgewertet.

In den Monaten außerhalb der Heizperiode konnten wegen der geringen Verbrennungsluftmengen (nur etwa 9 % vom Auslegungsfall) keine Absorberwirkungsgrade über 40 % erreicht werden. Pro Woche wurde im Meßzeitraum ein solarer Nutzwärmeertrag von 0,3 bis 0,5 MWh geliefert. Dabei waren nur 83,3 m<sup>2</sup> der Absorberfläche aktiv. Die Anlage ist also für den Betrieb außerhalb der Heizperiode überdimensioniert.

Die genauere Untersuchung der Wärmeströme zeigte, daß im Mittel 62,7 % der Wärmemenge, die den Brennern durch Luftvorwärmung zugeführt wird, aus Solarenergie stammt. Hinzu kommen 37,3 % aus Wärmerückgewinnung (Wärmeverluste der Brenner).

Der Wirkungsgrad von Zuluftkollektoren ist stark von der Absaugrate (Luftvolumenstrom pro Quadratmeter Absorberfläche) abhängig. Aufgrund der steigenden Übertemperatur wachsen mit abnehmender Absaugrate auch die Verluste.

In den Sommermonaten steigt das monatliche Solarstrahlungsangebot zwar an, der Wirkungsgrad sinkt jedoch wegen des geringen Absaugluftvolumenstroms bis auf 20 % ab. In den Sommermonaten reduziert sich der Gesamt-

ertrag demzufolge nur noch unwesentlich ansteigen. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit vor dem Absorber sinkt der Wirkungsgrad und zwar um so stärker, je geringer die Absauggeschwindigkeit ist. Die Streuung der Meßwerte in Abb. 4 resultiert hauptsächlich aus der unterschiedlichen Windgeschwindigkeit, die sich bei Absaugraten unter 72 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Absorber deutlich bemerkbar macht.

### Günstiger solarer Wärmepreis

Die Wirtschaftlichkeit von großflächigen Absaugfassaden hat sich an zahlreichen Beispielen in den USA und Kanada gezeigt, wo bereits Anlagen mit Absorberflächen in der Größenordnung 2.000 m<sup>2</sup> in Betrieb sind. Die spezifischen Investitionskosten für Luftkanalsystem und Ventilatoren sowie Material und Montagekosten der Fassade bezogen auf die Absorberfläche sind natürlich bei Großprojekten besonders gering.

Die Anlage in Göttingen mit 343 m<sup>2</sup> kann im Vergleich mit den Fassaden bei Ford (Ontario) bzw. *Canadair* (Montreal) als Kleinanlage angesehen werden. Da es sich jedoch um eine notwendige Fassadenrenovierung handelte und kein zusätzlicher Ventilator installiert werden mußte, können dennoch relativ günstige solare Wärmepreise erzielt werden.

Unter Annahme der Verbrennungsluftvolumenströme von 1993 (Auslegungsfall) hätte sich ein flächenspezifischer Jahresertrag von 250 kWh/m<sup>2</sup> ergeben.

wärmeertrag demzufolge auf etwa 0,5 MWh/Woche. Der funktionale Zusammenhang zwischen Wirkungsgrad und Absauggeschwindigkeit zeigt einen asymptotischen Verlauf: Bei einer Absaugrate von etwa 144 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Absorberfläche würde der Wirkungsgrad theoretisch 80 % erreichen und bei weiterer Steigerung

Unter der Annahme einer Lebensdauer der Anlage von 20 Jahren und einem Zins von 8 % (Annuität: 10,2 %) auf die Investitionsmehrkosten des Solarsystems gegenüber einer konventionellen Fassadenverkleidung errechnet sich der solare Wärmepreis zu 19 Pf/kWh. Mehrkosten für Strom (Ventilator) und Wartung sind darin bereits enthalten.

### Zusammenfassung

Perforierte Absorber ohne transparente Abdeckung stellen eine kostengünstige Möglichkeit der solaren Luftvorwärmung dar. Amortisationszeiten von weniger als 10 Jahren sind möglich. Bei optimaler Auslegung erreichen solche Anlagen Wirkungsgrade bis 80 % und können überall dort eingesetzt werden, wo große Luftvolumenströme bei geringem Temperaturniveau benötigt werden. Besonders eignet sich dieses System zur Lüftungsluftvorwärmung bei Industriehallen mit Luftheizsystemen.

Rainer Pfluger

Über den Autor:

Dipl.-Ing. Rainer Pfluger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITW in Stuttgart.

### Weiterführende Literatur

- /1/ Mc Clenahan, Doug and Stephen Carpenter (1989): Solar preheating of ventilation air at the Oakville Ford plant. Proceedings, Solar Energy Society of Canada. pp. 220-223
- /2/ Report of Task 14, SHCPT14.Air.1, Advanced Active Solar Systems, Low Cost, High Performance Solar Air-Heating Systems Using Perforated Absorbers
- /3/ P. Voit, R. Pfluger, N. Fisch, E. Hahne: Solare Vorwärmung von Prozeßluft im Heizkraftwerk Göttingen; 3. Symposium Thermische Solarenergienutzung; OTTI 1994
- /4/ Kutcher, C.F.; Christensen, C.B.; Barker G.M.: Unglazed Transpired Solar Collectors; Heat Loss Theory; Solar Energy Research Institute, Golden Colorado; presented at the ASME-ISME, Peno, March '91; page 6

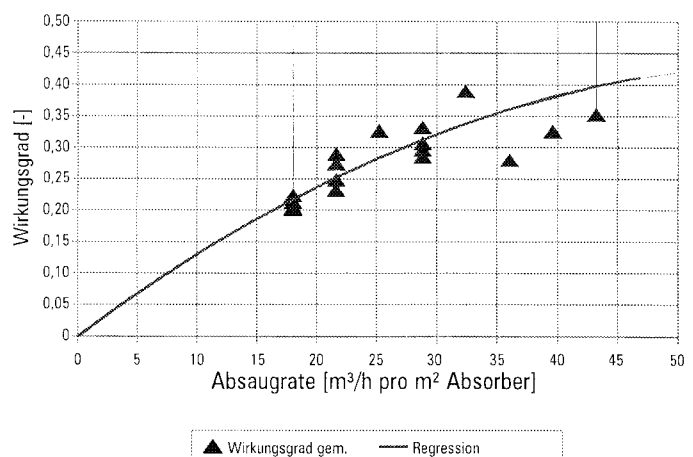


Abb. 4: Kollektorfeld-Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Absaugrate (Meßwerte und Regression)