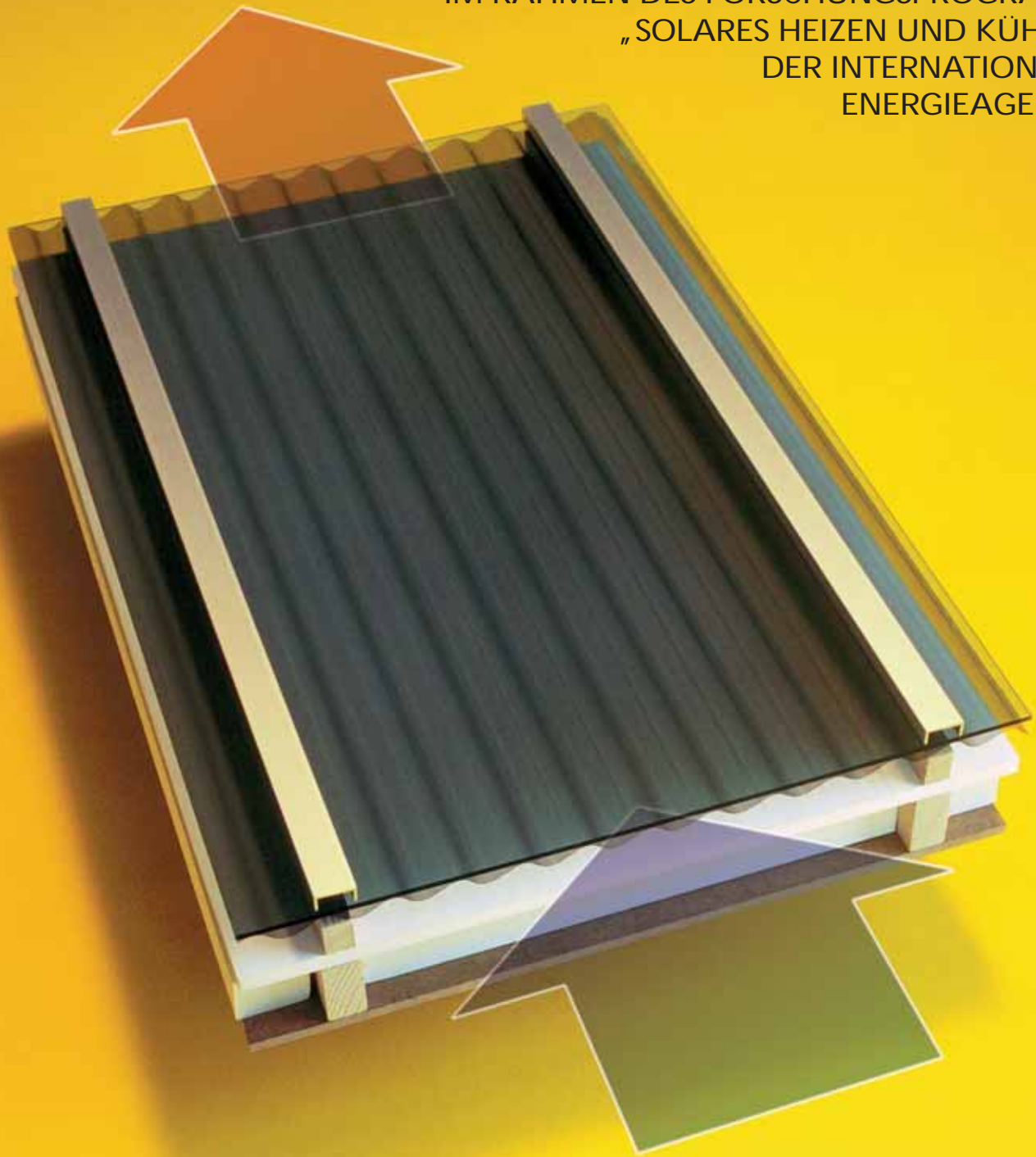


SOLARE LUFTHEIZUNGSSYSTEME

ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN
IM RAHMEN DES FORSCHUNGSPROGRAMMS
„SOLARES HEIZEN UND KÜHLEN“
DER INTERNATIONALEN
ENERGIEAGENTUR



IEA TASK 19 „SOLAR AIR SYSTEMS“



■ Moderne Bautechnik hat heute immer mehr das Bestreben, den Raumwärmebedarf niedrig zu halten, und die erforderliche Restwärme möglichst vollständig durch erneuerbare Energie bereitzustellen.

Der Task 19 „Solare Luftsysteme“ ist ein Teilprojekt eines breit angelegten internationalen Forschungsprogramms über solares Heizen und Kühlen, das im Rahmen der internationalen Energieagentur unter österreichischer Mitwirkung durchgeführt wird. Im Rahmen des Gesamtprojekts sollen die modernen Erkenntnisse der Sonnenenergienutzung im Hochbau zusammengeführt, in der Praxis erprobt und international verbreitet werden. Task 19 befasst sich mit dem Einsatz von **solaren Luftheizungssystemen** in Gebäuden.

Unterschiedliche Solarlufttechnologien werden seit den ersten Ansätzen (Ende des 19. Jahrhunderts in Amerika) heute weltweit entwickelt. Obwohl es sich dabei um eine vielversprechende innovative Technologie handelt, konnten solche Systeme bislang aber noch keine große Verbreitung finden. Um das international vorhandene Wissen über die Möglichkeiten solarer Luftsysteme zusammenzuführen, wurde 1994 im Rahmen der IEA ein Fünfjahresprojekt initiiert, das sich mit den Fragen der Planung und Konstruktion solcher Systeme beschäftigt. Die österreichischen Projekte und Aktivitäten innerhalb dieses internationalen Rahmenprogramms wurden vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr finanziert.

Mit solaren Luftsystemen läßt sich ein Großteil des Wärmebedarfs decken, wobei die Dachflächen und vor allem die Gebäudefassaden als Luftkollektor ausgebildet sein können und so eine zusätzliche Funktion erfüllen. Bei gut wärmedämmten und abgedichteten Häusern wird aber auch die notwendige Lüftung zu einem wichtigen Fak-

tor. Solar unterstützte Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung erhalten daher eine zunehmend größere Bedeutung.

Solare Luftsysteme müssen in enger Verbindung mit architektonischen Maßnahmen und mit der Haustechnik konzipiert und umgesetzt werden. Im Vergleich zu rein passiven Solarenergiekonzepten bietet die aktive Nutzung der Sonnenenergie im Rahmen dieser Systeme größere Variationsmöglichkeiten. Teilweise lassen sich höhere Erträge und vor allem auch eine bessere Verteilung der Wärme und damit ein höherer Wohnkomfort erzielen.

Im Rahmen von IEA Task 19 wurden bestehende Gebäude während zumindest einer Heizperiode messtechnisch detailliert erfasst, dokumentiert und ausgewertet. Aufgrund der in den Messprojekten gewonnenen Erkenntnisse werden die Planungsinstrumente überarbeitet und verfeinert. Das österreichische Forschungsprojekt „Solar Air Systems“ wurde von Dr. Manfred Bruck, Ziviltechniker (Wien) durchgeführt; die Koordination der Vorarlberger Aktivitäten hat das Energieinstitut Vorarlberg übernommen. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden die Ergebnisse von 18 Messprojekten dokumentiert und ein Überblick über die Systematik der verschiedenen Luftheizungssysteme gegeben. Das österreichische Forschungszentrum „arsenal research“ (DI Hubert Fechner) war mit der Durchführung von Luftkollektor-Tests an dem internationalen Forschungsvorhaben beteiligt.

Solare Luftheizungssysteme

wandeln Sonnenenergie in Wärme um, die mittels dem Medium Luft zum Wärmespeicher oder direkt zum Wärmeabgabesystem transportiert wird. Der verwendete Kollektor ist vergleichbar einem konventionellen Wasserkollektor mit dem Unterschied, dass nicht Wasser, sondern Luft hinter, durch oder über den Absorber zirkuliert.

Zu beiden österreichischen Projektteilen („Solar Air Systems“, Dr. Bruck und „Investigations on Series Produced Solar Air Collectors“ DI Fechner) liegen die Endberichte vor. Ein weiteres Forschungsprojekt wurde in diesem Zusammenhang ebenfalls im Auftrag des BMWV zum Thema „Double Facade“ von der Kanzlei Dr. Bruck abgeschlossen.

Weitere **Ergebnisse des gesamten Programms** sind:

- Die Publikation „Built Examples“, in der 33 Gebäude mit unterschiedlichen Solar-Luftsystemen beschrieben werden.
- Die Publikation „Product Catalogue“, in der Komponenten solarer Luftsysteme dargestellt sind.
- Das PC-Simulationsprogramm TRANSYS liegt in einer neuen Version vor, die die neuen Forschungsergebnisse berücksichtigt.
- Ein Handbuch für den Entwurf und die Planung solarer Luftsysteme.

Die Ergebnisse des internationalen Projekts Task 19 haben gezeigt, dass bei praktisch allen Arten von Hochbauten solare Luftheizungssysteme zur Anwendung kommen können. In allen Fällen ist eine ökologische Entlastung durch die Einsparung fossiler Brennstoffe gegeben. Einfache Systeme zur Luftvorwärmung sind trotz der niedrigen Energiepreise betriebswirtschaftlich argumentierbar.

SOLARE LUFTHEIZUNGSSYSTEME

■ Der Endbericht zum Projekt „Solar Air Systems“ beschreibt die Einsatzmöglichkeiten solarer Luftheizungssysteme und gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Systemvarianten. Die Vor- und Nachteile solcher Systeme gegenüber rein passiven Solarenergiekonzepten und auch gegenüber solaren Wasserheizsystemen werden im Bericht zusammengefasst. 18 bestehende Gebäude wurden im Rahmen dieses Projekts messtechnisch erfasst, es handelt sich dabei um verschiedene Gebäudetypen, die jeweils andere Anforderungen und Rahmenbedingungen (hinsichtlich Architektur, Technik, Wärmebedarf und Nutzerverhalten) stellen: Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude, Schulen und Kindergärten, eine Garage und eine Sporthalle. Die Ergebnisse aus diesen Messprojekten wurden in Kurzberichten zusammengefasst. Die österreichischen Projekte Garage Mätzler, Hauptschule Koblach, Kindergarten Bäumle und Haus Frei sind als vollständige Berichte im Endbericht dargestellt.

■ WIE FUNKTIONIEREN SOLARE LUFTHEIZUNGSSYSTEME?

Als Kollektor für ein solares Luftheizungssystem können folgende, in die Gebäude integrierte, Bauelemente dienen:

- Fassaden- oder dachintegrierte Paneele (verglast oder nicht verglast), die zugleich als Wetter- oder Lärmschutz funktionieren

- Fenster mit Doppelverglasung und verstellbarer Innenjalousie, die als Absorber wirkt
- Transparente Verkleidung der Fassade
- Verglaste Räume wie z.B. Atrium, Wintergarten und Dachgeschoss

Als Wärmespeicher werden Hypokausten (Betondecken mit röhrenförmigen Auslassungen, durch die die solar erwärmte Luft streicht), Murokausten (Hohlkernmauerwerk) oder Steinspeicher im Keller oder im Kern des Gebäudes verwendet. Natürlich kann die sonnenerwärmte Luft auch ohne Zwischenspeicherung direkt dem Raum zugeführt werden, um neben der Wärmeabgabe auch für Frischluft und Regulierung der Luftfeuchtigkeit zu sorgen.

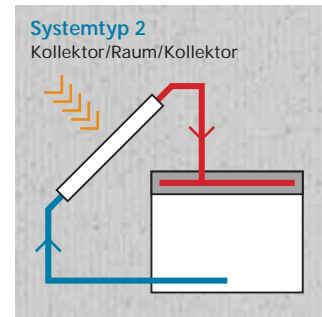
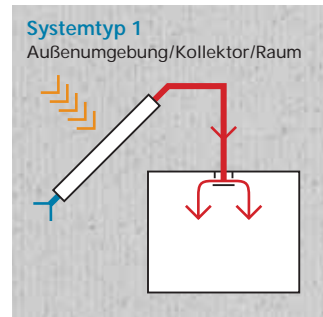
Die Luftzirkulation ergibt sich im Prinzip automatisch durch die aufsteigende erwärmte Luft (natürliche Konvektion); im Rahmen von solaren Luftheizungssystemen werden meist aber Ventilatoren verwendet. In gut geplanten Systemen sollte das Verhältnis von Energiebedarf für den Ventilator zur gewonnenen Energie 1:15 bis 1:25 betragen. Im günstigsten Fall wird die Energie für die Lüftung durch Photovoltaik-Paneele erzeugt. Dabei regelt sich das System selbst, da die PV-induzierte Ventilatorleistung proportional zur solaren Wärmeleistung ansteigt.

Die Wärmeverteilung erfolgt über konventionelle Lüftungsanlagen, über die Hypo- und/oder Murokausten oder direkt von Raum zu Raum.

■ EINSATZMÖGLICHKEITEN:

Die direkte Lufteinbringung wird meist nur für die Beheizung von Hallen oder Lagerräumen und für die Trocknung

diverser landwirtschaftlicher Produkte eingesetzt. Dagegen wird die indirekte Einbringung (z.B. über Hypokausten) zur Raumheizung von z.B. Wohngebäuden benutzt, da von den erwärmten Flächen eine als angenehm empfun-



dene Wärmestrahlung an den Raum abgegeben wird. Auch die Luftvorwärmung, in Kombination mit Wärmerückgewinnungsanlagen, ist ein mögliches Anwendungsgebiet.

In der praktischen Umsetzung zeigt sich, dass Systeme, die mehr als eine Funktion erfüllen können, in der Regel wirtschaftlicher sind.

Typische Verwendungszwecke sind:

- Solare Raumheizung
- Zulufterwärmung
- Warmwasserbereitung
- Induzierte Kühlung (z.B. Solarkamine)
- Stromerzeugung (hybride PV-Systeme)
- Beschattung (z.B. Fensterkollektoren)

■ VOR- UND NACHTEILE:

Solare Luftheizungssysteme bieten gegenüber rein passiven Solarenergiekonzepten aber auch gegenüber Wasserheizsystemen einige wichtige Vorteile. Im Vergleich zur passiven Solarenergienutzung zeigten sie folgende positive Eigenschaften:

- eine bessere Nutzung der Sonnenenergie ohne Komforteinschränkungen (zB. Überwärmungsprobleme)
- eine bessere zeitliche Bedarfsanpassung durch die Wärmeabstrahlung



■ SYSTEMVARIANTEN:

Im Rahmen des Endberichts zum österreichischen Teil von IEA Task 19 „Solar Air Systems“ werden verschiedene Systemvarianten solarer Luftheizungssysteme dargestellt und anhand der Messprojekte analysiert.

Beim einfachen **Systemtyp 1** wird Außenluft durch einen verglasten oder

unglasten Kollektor direkt in den Raum, der belüftet und beheizt werden soll, geführt. Anwendungen reichen vom Ferienhaus, in dem die Luftfeuchtigkeit reguliert wird, bis zu großen Industriehallen, die eine entsprechende Belüftung benötigen.

Das **System 2** läßt die Raumluft durch einen Kollektor zirkulieren. Die Luft wird dabei erwärmt, steigt auf und wird durch eine thermische Speicherdecke wieder an den Raum abgegeben. Dieses System basiert rein auf natürlicher Konvektion und hat sich vor allem bei Wohnhäusern bewährt.

Bei **Systemtyp 3** wird die vom Kollektor erwärmte Luft durch einen Hohlraum zwischen einer äußeren wärmedämmten und einer inneren Schale der Fassade des Gebäudes geführt. Dadurch wird ein Puffer erzeugt, der die Wärmeverluste über die Außenhaut des Bauwerkes entscheidend reduziert.

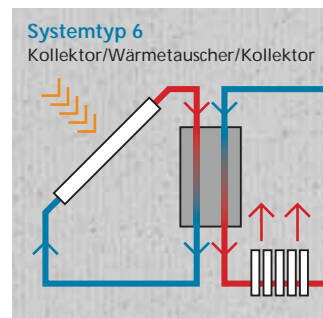
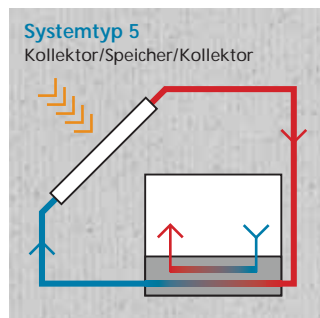
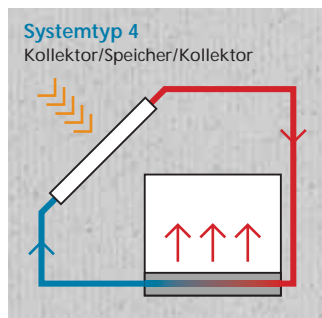
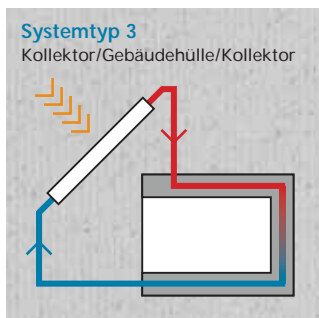
Das **System 4** ist eine häufig verwendete Variante. Dabei handelt es sich um das klassische solare Luftheizungssystem. Luft, die vom Kollektor erwärmt wurde, wird durch Rohre, die im Boden oder in der Wand verlegt sind, geführt. Die Wärme wird mit einer Zeitverzögerung von vier bis sechs Stunden an den Raum abgegeben. Dieses System hat den Vorteil von großen Strahlungsoberflächen und sorgt für behaglichen Wohnkomfort. Ein System mit erzwungener Konvektion (Einsatz von Ventilatoren/Lüftern) ermöglicht die höchsten Wirkungsgrade bezüglich Wärmegewinne. Die Anwendung dieses Systems ist bei allen Gebäudeformen, die große Strahlungsflächen zulassen, möglich.

Eine Weiterentwicklung dieses Typs ist das **System 5**, bei dem die Raumluft in eigenen Kanälen geführt wird. Dadurch kann die Wärme länger gespeichert und bedarfsabhängig abgegeben werden. Aufgrund höherer Errichtungskosten wird diese Variante aber nur selten angewendet.

Beim **Systemtyp 6** wird ein solarer Luftkollektor mit einer konventionellen Heizungsanlage kombiniert. Dabei können herkömmliche Radiatoren, Fußboden- und Wandheizungen verwendet werden. Gleichzeitig besteht dabei die Möglichkeit, Warmwasser aufzubereiten. Dieses System eignet sich ebenfalls für Sanierungen und für Gebäude, in denen die Wärme über weite Strecken transportiert werden muss.

des Pufferspeichers am Abend und in der Nacht

- eine bessere Wärmeverteilung (auch in nordgerichteten Räumen ist die Verteilung der solar gewonnenen Wärme möglich)



Quelle: Kanzlei Dr. Bruck

Gegenüber solaren Wasserheizsystemen haben solare Luftheizsysteme Vorteile in Bezug auf die Sicherheit (ein Leck in der Anlage führt nicht zu Wasserschäden) und im Hinblick auf den Umweltschutz, da keine Frostschutzmittel benötigt werden.

Positive Aspekte solcher Systeme sind darüber hinaus ihre zusätzlichen Funktionen. In die Architektur integrierte solare Luftsysteme dienen oft auch als Wetterschutz und als Barriere gegen Straßenlärm oder auch zur Lastaufnahme von zB. Schneelasten. Die Systemkomponenten bilden einen integralen Bestandteil der herkömmlichen Gebäudehülle und sind gut kombinierbar mit der mechanischen Belüftung von Gebäuden, die sich nicht nur für Bürogebäude, sondern auch bei der Konzeption von Niedrigenergiehäusern immer mehr durchsetzt.

Allerdings weisen solare Luftheizungssysteme auch folgenden Nachteil auf:

- Luft hat im Vergleich zu Wasser eine sehr geringe Wärmespeicherkapazität ($0,0003 \text{ kWh/m}^3\text{K}$ gegenüber von $1,16 \text{ kWh/m}^3\text{K}$ von Wasser).
- Relativ große Luftvolumina sind zum Transport verhältnismäßig geringer Wärmemengen erforderlich.
- Um diese großen Luftvolumina zu bewegen sind große Querschnitte notwendig.

UNTERSUCHUNGEN AN SOLAR-LUFTKOLLEKTOREN AM ÖSTERREICHISCHEN FORSCHUNGSZENTRUM „ARSENAL-RESEARCH“

■ Der zentrale Teil jedes aktiven Solar-systems ist der Kollektor, wo die Strahlungsenergie der Sonne gesammelt und in Wärme umgewandelt wird. Solare Luftkollektoren sind derzeit noch nicht sehr verbreitet: weltweit gibt es nur ca. ein Dutzend Hersteller, die sich mit der serienmäßigen Produktion von Luftkollektorsystemen beschäftigen. Während für Warmwasser-Sonnenkol-

nissen und Massenstrom, sowie ein Effizienzvergleich der unterschiedlichen Kollektorbauarten. Die technischen Voraussetzungen im Forschungszentrum „arsenal research“ waren der bestehende Sonnensimulator und der Prüfstand für Wasserkollektoren sowie eine aufwendige Luftaufbereitung mittels einer 150 m³ großen Klimakammer.

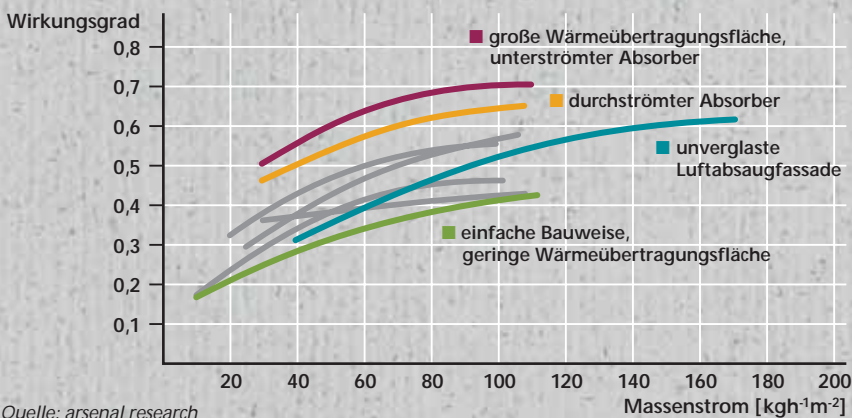
Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in einigen Fällen von den Herstellern aufgegriffen und in der Weiterentwicklung der Produkte berücksichtigt.

Wie auch bei Warmwasser-Sonnenkollektoren ist ein guter Kollektor allein noch kein Garant für optimale Solarerträge; folgende Punkte können unter anderen die Leistung der Gesamtanlage wesentlich beeinflussen:

- die tatsächlich auftretende Strömungssituation im Kollektor
- die Art der Kollektor-Verschaltung
- die Regelungsstrategie
- das erforderliche Temperaturniveau
- die Umgebungs-Luftgeschwindigkeit (besonders bei überströmten und nicht abgedeckten Kollektoren)
- die Leckluftrate
- der Speicher

Wirkungsgrad als Funktion des Massenstroms

Eintrittstemperatur = Umgebungslufttemperatur, Umgebungsluftgeschwindigkeit 3ms⁻¹



lektoren Teststandards in internationalen und nationalen Normen festgelegt sind und auch europaweit einheitliche Normen entwickelt werden, gibt es für Luftkollektoren derzeit keine Prüfnormen.

Im Rahmen von IEA Task 19 „Solar Air Systems“ wurde im Auftrag des BMWV vom österreichischen Forschungszentrum „arsenal research“ ein Projekt durchgeführt, bei dem Hersteller von Luftkollektoren eingeladen wurden, ihre Kollektoren umfangreich untersuchen zu lassen. Sieben Hersteller aus sieben Ländern (Europa, Kanada und Australien) griffen das Angebot auf und ließen ihre bereits serienmäßig gefertigten Kollektortypen und auch Prototypen verschiedener Bauart in Österreich testen.

Ziel des Projekts war die Entwicklung sinnvoller Rahmenbedingungen und Testabläufe, eine aussagekräftige Darstellung des Wirkungsgradverhaltens in Abhängigkeit von Temperaturverhält-

Im Rahmen des Projekts wurden unter anderem folgende Punkte untersucht:

- der Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz zwischen Umgebungsluft und Austrittstemperatur
- der **Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Massenstrom**
- die Leckluftrate
- der Druckabfall in Abhängigkeit vom Massenstrom
- der Einfluss der Außenkonvektion
- das Stillstandsverhalten
- die Absorberwirksamkeit

Mit dem im Rahmen von IEA Task 19 erarbeiteten Planungswerkzeug liegt nun eine fundierte technische Grundlage für die Auslegung solarer Luftheizsysteme vor. Die Ergebnisse stellen für innovative Bauherren, Planer und Architekten eine weitere Möglichkeit dar, Gebäude zu planen, deren Wärmeversorgung überwiegend mit erneuerbarer Energie gedeckt werden kann.



DOPPELFASSADE: QUANTITATIVES THERMISCHES VERHALTEN UND PLANUNGSRICHTLINIEN



■ Im Rahmen von IEA-Task 19 wurde eine weitere Studie im Auftrag des BMWV von der Kanzlei Dr. Bruck erstellt, die sich mit dem thermischen Verhalten und den Vor- und Nachteilen einer zweiten Fassade an Gebäuden beschäftigt. Eine „Doppelfassade“ ist eine Außenwandkonstruktion, bei der an der Außenseite der Hauptfassade eine zweite transparente Fassade angebracht wird. Da die Belüftung über den Zwischenraum äußere-innere Fassade erfolgt, sind bei der Planung dieser Gebäudekomponente architektonische und klimatische Überlegungen eng verknüpft.

Vom funktionellen und ästhetischen Standpunkt stellt die „Doppelfassade“ eine Mischung zwischen integriertem Luftheizkollektor, der die opaken Außenwandkomponenten als Absorberfläche nutzt, und einem Winter-



garten, wenn auch ohne die übliche Bewohnbarkeit, dar. Die Konstruktion erlaubt einerseits eine Reduktion der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste und andererseits die maximale Nutzung solarer Gewinne durch Luftvorwärmung.

Diese Vorteile und andere positive Aspekte (z.B. die gestalterischen Möglichkeiten oder die natürliche Belüf-

barkeit) haben zu einer zunehmenden Beliebtheit dieser Konstruktion bei Architekten und Bauherren geführt. Im Rahmen dieser Studie werden die Eigenschaften der „Doppelfassade“ für die Bereiche Neubau und Sanierung von Büro- und Wohngebäuden untersucht. Ziel ist es, den Einfluss der wesentlichsten Parameter als Basis für konkrete Planungsrichtlinien zu quantifizieren.

Z A H L E N / D A T E N / F A K T E N

PROJEKTTRÄGER

Die folgenden Studien sind im Rahmen von IEA Task 19, im Auftrag des BMWV entstanden:

„Solar Air Systems“,
Kanzlei Dr. Bruck, Wien 1999
und

„Double Facade“,
T. Zelger, M. Bruck, C. Muss, Wien 1999
Kanzlei Dr. Bruck
Prinz-Eugenstraße 66
A-1040 Wien
bruck@magnet.at

„Investigations on Series Produced
Solar Air Collectors“,
DI Hubert Fechner, Wien 1999
arsenal research
Faradaygasse 3
A-1030 Wien
www.arsenal.ac.at

PUBLIKATIONEN

Die Endberichte dieser Studien sind in der Reihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des BMWV in englischer Sprache erschienen und erhältlich bei:
PROJEKTFABRIK,
Nedergasse 23, A-1190 Wien
Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ findet sich auf der FORSCHUNGSFORUM HOMEPAGE.

Internationale Publikationen

sind erschienen im Verlag James & James Ltd., 35-37 William Road, London NW1 3ER, UK:

„Solar Air Systems-Built Examples“,
Hrsg. S.Robert Hastings,
IEA Solar Heating & Cooling
Programme, ISBN 1-873936-85-0

„Solar Air Systems Product Catalogue“,
Hrsg. S.Robert Hastings,
IEA Solar Heating & Cooling
Programme, ISBN 1-873936-84-2

„Solar Air Systems: A Design
Handbook“, ISBN 1-873936-86-9

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

<http://www.forschungsforum.at>

BMWV im Internet: <http://www.bmwv.gv.at>

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte im Rahmen des Leitschwerpunktes „Zukunftsfähige Energie- und Umwelttechnologien“ des BMWV. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr; Abteilung Öffentlichkeitsarbeit, Leitung: Dr. W. Fingernagel; A-1014 Wien, Minoritenplatz 5. Inhaltliche Koordination: Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Leitung: Dipl.Ing. M. Paula. Fotos und Grafiken: Projektfabrik, arsenal research, Kanzlei Dr. Bruck. Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, gdw@b@ouncil.net. Herstellung: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM erscheint mindestens vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei:
Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23, e-mail: projektfabrik@magnet.at