



Fassadenkollektoren mit Durchblick

Fenster mit integrierten Vakuumröhren gewinnen solare Wärme, spenden Schatten und leuchten Räume gleichmäßig aus



Wissenschaftler aus Forschung und Industrie entwickelten ein Fassadensystem, das mehrere Funktionen vereint: Integrierte Vakuumkollektoren erzeugen solare Wärme auf hohem Temperaturniveau, leuchten Räume gleichmäßig semitransparent aus und bieten Sonnenschutz, ohne den Blick nach draußen zu nehmen. Das System eignet sich vor allem für Bürogebäude und andere Funktionsbauten mit hohem Verglasungsanteil. Es kann auch als architektonisches Gestaltungselement für Fassaden eingesetzt werden.

In Büro- und Verwaltungsbauten wird solare Wärme noch vergleichsweise selten genutzt, obwohl dies für die Warmwasserbereitung, die Unterstützung der Heizung und die solare Kühlung technisch und wirtschaftlich möglich wäre. Hinderlich sind oftmals die geringen Dachflächen und konkurrierende Nutzung für Lüftungstechnik oder Rückkühler sowie attraktive Alternativnutzung, beispielsweise als Dachterrassen.

Durch die Nutzung der Fassadenflächen zur Solarenergie-Nutzung sind hohe Potenziale zu erwarten, wenn es gelingt, alle architektonischen und gebäudetechnischen Anforderungen – wie Transparenz, Raumausleuchtung, Wärmeschutz und Sonnenschutz – in Einklang zu bringen.

Bei der Fortentwicklung setzten die Wissenschaftler auf Hochleistungsvakuumröhren, die mit perforierten Parabolspiegeln ausgestattet sind und in eine Elementfassade integriert werden. Der Spiegel bündelt die direkte Einstrahlung der Sonne und einen Teil des diffusen Lichts auf die Vakuumröhren, reduziert so den Wärmeeintrag der Glasfassade und damit den Kühlbedarf des Gebäudes um 70 bis 90 %. Durch Variation der Lochdichte und -größe optimierten die Forscher das Zusammenspiel von Kollektorertrag, Sonnenschutz und Raumausleuchtung. Von innen erscheint das Sonnenlicht somit gedämpft, wird gleichmäßig verteilt und ist blendfrei.

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert vom

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Die Kollektorfassade liefert ganzjährig Temperaturen über 80 °C zur Gebäudeheizung oder -kühlung sowie zur Warmwasserbereitung. Das System ist modular aufgebaut (Abb. 1) und kann auf unterschiedlichsten Gebäuden und zu beliebiger Größe zusammengefügt werden. Das Rohrsystem ist in den Profilen der Kollektoren integriert und von außen zugänglich.

Aus architektonischen, geometrischen, technischen und visuellen Gründen erwies sich die horizontale Anordnung – analog zu Sonnenschutzjalousien – als am besten geeignet (Abb. 2). Auf Jalousien und Sonnenschutzglas kann verzichtet werden.

In einem vorangegangenen Forschungsprojekt am Institut für Baukonstruktion (IBK 2) der Universität Stuttgart untersuchten Wissenschaftler bereits Vakuumröhrenkollektoren für die Anwendung an der Fassade. Erste Ideen zur Integration wurden skizziert und funktionsfähige Prototypen realisiert.

Lochung, Verglasung und solarer Ertrag

Visuelle Transparenz entsteht durch den Abstand der Röhren und durch die Perforation der Reflektorspiegel. Es zeigte sich, dass mit einem geringen Lochungsgrad von 19 % die solare Effizienz und die visuelle Transparenz kaum litten. Dieser perforierte Spiegel erreicht nahezu den üblichen Sonnenschutz mit einem G-Wert von 0,15; 85 % des Lichts werden reflektiert.

Messungen mit unterschiedlichen Varianten – mit und ohne Deckscheibe aus Einscheibensicherheitsglas (ESG) bzw. Verbundsicherheitsglas (VSG) – zeigten, dass eine Erhöhung des Lochanteils im Reflektorspiegel um rund 3 % den solaren Ertrag nur um etwa 2 % reduziert.

Der Ertrag des Kollektors wird durch eine 20 mm starke VSG-Deckscheibe gegenüber einer 10 mm starken ESG-Deckscheibe um etwa 10 % verringert. Konkret entspricht das einer Erhöhung des Lochanteils um rund 10 %. Die Ergebnisse der Basismessungen und der Simulationen zeigten weiterhin, dass der solare Ertrag mit einer ESG-Scheibe und einer Stärke von 10 mm um circa 10 %, mit einer VSG-Scheibe und einer Stärke von 2 x 10 mm um etwa 20 % reduziert wird. Die Abdeckscheiben haben also einen größeren Einfluss auf den Ertrag als die Lochung der Reflektorspiegel.

Mit oder ohne schützende Frontscheibe

Je nach Anwendung bieten Kollektorfassaden mit oder ohne Deckscheibe (Abb. 3) spezifische Vorteile. Die Konstruktion ohne Deckscheibe ist weniger aufwendig. Sie hat sich aus architektonischen und energetischen Gesichtspunkten durchgesetzt.

Die aufwendigere Konstruktion mit einer schützenden Deckscheibe vor der eigentlichen thermischen Fassade – ähnlich einem Kastenfenster – bietet jedoch Vorteile in puncto Sicherheit und Verschmutzung. Außerdem kann die im Zwischenraum entstehende Wärme über den Kollektor abgeführt und damit die Überhitzung des Zwischenraums verhindert werden. Selbst bei Stillstand des Systems vermeiden die niedrigen U-Werte der Vakuumröhren, verglichen mit einem Flachkollektor, einen zusätzlichen Wärmeeintrag.

Lichttechnische Untersuchungen und Wirtschaftlichkeit des Systems

Zur Beurteilung der Sonnenschutz- und Tageslichteigenschaften wurden zwei geschosshohe Fassadenmodule ohne Deckscheibe gefertigt und in die Teststation der

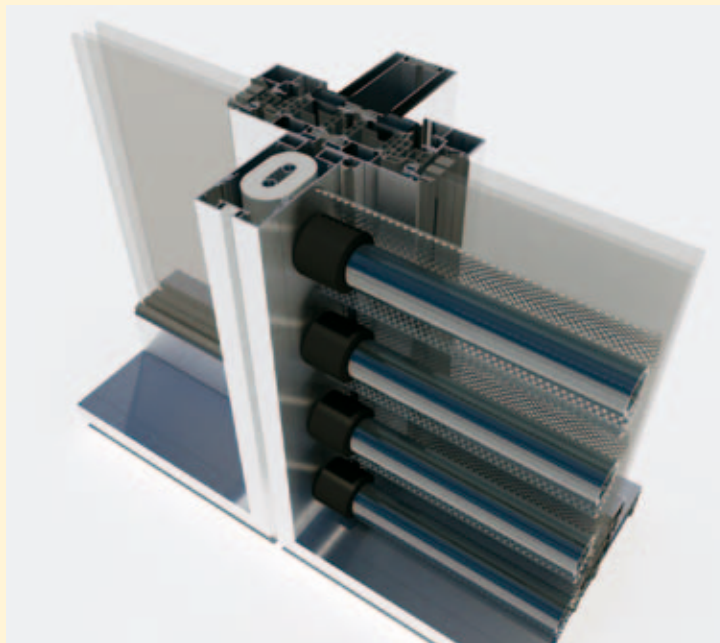


Abb. 1 Computermodell: Vor der Glasscheibe wird das Fassadenbauteil befestigt. Das gebogene, perforierte Reflektorblech bündelt die Sonnenstrahlen zum Absorberrohr. Quelle: Universität Stuttgart, IBK 2



Abb. 2 Visualisierung: So könnte ein Bürogebäude mit Fassadenkollektoren von außen aussehen. Quelle: Universität Stuttgart, IBK 2

TU München am Fachgebiet für Hüllkonstruktionen eingebaut und anschließend lichttechnisch untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Kollektorfassade ein hohes sturmsicheres Sonnenschutzpotenzial besitzt, zusätzliche Kühllasten verhindert und einen konventionellen Sonnenschutz ersetzen kann. Die Kosten für aufwendige Sonnenschutzeinrichtungen oder -verglasung entfallen.

Für die Standorte Oslo, Frankfurt, Würzburg, Madrid, Athen, Doha wurden die Bruttokollektorwärmeerträge durch Simulationsrechnungen ermittelt. Es können standortbedingt in der Fassadenebene bis zu ca. 70 % der Erträge von Solaranlagen mit Dachmontage und einem Anstellwinkel entsprechend dem Breitengrad erreicht werden, sie verteilen sich jedoch gleichmäßiger über das Jahr. Nach Möglichkeit sollte aus energetischer Sicht auf eine Abdeckscheibe am Kollektor verzichtet werden. Ist eine zusätzliche Abdeckscheibe – beispielsweise aus Sicherheitsgründen – vonnöten, sind die Ertragseinbußen mit ESG geringer.



Abb. 3 Messungen: Mit einer Testvorrichtung wurde die solare Leistungsfähigkeit gemessen und anschließend Expositionstests durchgeführt. Am Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) in Stuttgart sind die fertigen Fassadenmodule als O-Serie montiert – mit und ohne Deckscheibe.
Quelle: Universität Stuttgart, IBK 2



Abb. 4 Pilotanlage: Die Testfassade wurde in Langensteinbach bei Karlsbad an einem Betriebsgebäude der Firma Ritter Energie- und Umwelttechnik installiert.
Quelle: Universität Stuttgart, IBK 2

Die typische energetische Amortisationszeit beträgt nach Angaben der Wissenschaftler 10 Monate. Verglichen mit konventionellen Kollektor-Dachsystemen haben die Fassadensysteme wirtschaftliche Vorteile wegen des Dreifachnutzens Energiegewinnung, Tageslichtnutzung und Sonnen- sowie Wärmeschutz.

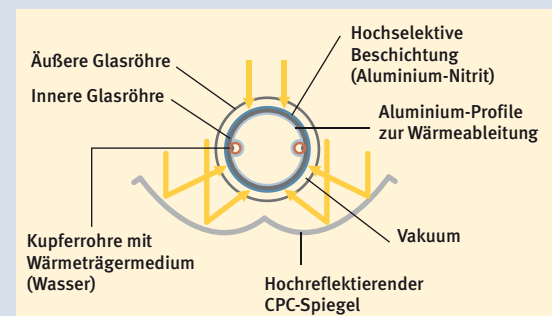
Das fassadenintegrierte Solarthermie-Konzept wurde mehrfach ausgezeichnet, u. a. mit dem „Intersolar Award“ (2010), dem „European Aluminium Award 2010“ der Essener Aluminium-Messe sowie mit dem „Design Plus Award“ der ISH.

Planungsaspekte und Pilotanlage

Bei der Planung einer Solarthermie-Fassade sollten mögliche Hindernisse, die den Ertrag schmälern könnten, einbezogen werden. Ideal ist ein frei stehendes Gebäude ohne Dachvorsprünge, Vordächer und objektnahe Bepflanzungen. Diese führen schnell zu Verschattungen und dementsprechend

Mit Vakuum die Sonne bündeln

Vakuumkollektoren sind aus Solarglas zweischalig aufgebaut, ähnlich einer Thermoskanne. Der Zwischenraum ist evakuiert und ermöglicht eine sehr hohe Dämmwirkung. Die innere Röhre besitzt zum Zwischenraum hin eine aufgedampfte hochselektive Absorberschicht. Im Zentrum befinden sich das Absorberblech aus Aluminium und die bügelartigen Solarleitungen aus Edelstahl, welche die Wärme zu den senkrecht dazu angeordneten Sammlerrohren abführen. Ein speziell beschichteter CPC-Aluminiumspiegel hinter den Röhren lenkt die Sonnenstrahlen auch bei unterschiedlichen Einfallswinkeln und diffusem Licht auf das Absorberrohr. Dadurch lassen sich auch im Winter bei niedrigen Außentemperaturen hohe Temperaturen im Solarkreislauf erzielen.



Quelle: Paradigma/Ritter.XL Solar-GmbH

zu Leistungseinbußen. Der Fassadenkollektor leistet auf einer südlich orientierten Fassadenfläche im Winter bei tief stehender Sonne einen höheren Beitrag zur Heizung als ein vergleichbarer Kollektor, der auf dem Dach montiert ist. Er kann aufgrund der geringeren Einstrahlung im Sommer größer dimensioniert werden, ohne dass die Solaranlage häufig in den Stillstand geht.

Die Fassadenelemente wurden in einer Pilotanlage als vorgehängtes Fassadensystem an ein Betriebsgebäude der Firma Ritter Energie- und Umwelttechnik (Abb. 4) in Langensteinbach bei Karlsbad installiert. Die Fassadenelemente bestehen aus acht Kollektoren ohne Deckscheibe und sind jeweils 1,6 m breit und circa 2,8 m hoch. Die Aperturfläche eines Einzelkollektors beträgt 4,21 m², in Summe 33,68 m². Je Kollektor sind 24 Röhren übereinander angeordnet und nach Süden mit 8° Abweichung nach Westen ausgerichtet.

Ziel war einerseits, erste Erfahrungen bei der Montage unter realen Bedingungen zu sammeln, aber auch die Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Anlage im täglichen Betrieb zu testen. Es zeigte sich, dass bei der Integration in die Fassade eine größere Anzahl von Kollektoren (gegenüber einem Dacheinbau) bei gleichem Druckverlust in Serie verschaltet und damit der Verrohrungsaufwand minimiert werden kann.

Im realen Betrieb wurde die Funktionsfähigkeit der hydraulischen Komponenten des Kollektors und seiner Teile vermessen und überprüft. Die Testanlage erfüllte die gestellten Erwartungen hinsichtlich des Betriebsverhaltens und lief störungsfrei.

Die Perforation der CPC-Spiegelbleche gewährleistet nach Angaben der dort arbeitenden Angestellten einen angenehmen Sonnenschutz und ermöglicht auch den Blick nach draußen. Im Raum bleibt es angenehm kühl, was die Arbeitsatmosphäre deutlich verbessert.



Gebäude mit Solarenergie kühlen

Das Fassadensystem mit Vakuumröhrenkollektoren erreicht insbesondere im Sommer hohe Temperaturen. Das sind auch ideale Voraussetzungen für das solarthermische Kühlen. In den gemäßigten Klimazonen, aber auch in Mitteleuropa, wächst der Kühlbedarf in Gebäuden. Die Komfortansprüche steigen und immer größere Teile der Gebäudehüllen werden verglast. Trotz modernerer Technik bleibt in Bürogebäuden die Abwärme von Computern und Elektronik unverändert auf hohem Niveau. Solare Systeme könnten diesen Bedarf oftmals effizient und umweltfreundlich decken. Besonders interessant ist naturgemäß der Export in südliche Klimazonen.

Technologisch haben sich deutsche Forschungseinrichtungen sowie die kleinen und mittelständischen Firmen durch intensive Forschung eine international führende Stellung erarbeitet. Aber die junge Branche befindet sich in einem doppelten Wettbewerb: Zum einen drängen aus der Kältebranche bekannte Anbieter insbesondere aus Asien auf die internationalen Märkte. Zum anderen erwächst auch technologisch eine neue Konkurrenz. Mit den stark gesunkenen Preisen für Photovoltaik werden auch solarelektrische Systeme mit Kompressionskältemaschinen immer attraktiver. Die Industrievetreter und der Großteil der Forscher bleiben aber optimistisch. Platz sei für beide Technologien, so der Konsens. Ein Vorteil der solarthermischen Systeme liege darin, dass sie flexibel auch mit anderen Wärmequellen kombinierbar seien. So könne auch industrielle Abwärme oder Energie aus der Kraftwärmekopplung genutzt werden.

Forschungsbedarf sehen die Wissenschaftler weiterhin bei den Komponenten, aber auch bei der Systemtechnik. Deutlich besser werden müssten beispielsweise die Rückkühlsysteme. Zu dieser Technologie startete das Bundesumweltministerium ein komplexes Verbundvorhaben mit drei wissenschaftlichen Einrichtungen und drei Firmen. Andere Bauteile, wie etwa die Kollektoren, haben die notwendige Qualität, müssten aber signifikant billiger werden. In dem Verbundprojekt „Evaluierung der Chancen und Grenzen von solarer Kühlung im Vergleich zu Referenztechnologien“ – kurz EvaSolK – zeigen die Forscher Perspektiven der solarthermischen Kühlung für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche, insbesondere auch einen Systemvergleich mit solarelektrischen Verfahren.

Projektbeteiligte

- » **Projektleitung:** Universität Stuttgart, Institut für Baukonstruktion, Lehrstuhl 2 für Baukonstruktion, Bautechnologie und Entwerfen, Jörg Hieber, joerg.hieber@ibk2.uni-stuttgart.de
- » **Vermessung der Prototypen und der O-Serien des Fassadenkollektors:** Universität Stuttgart, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik, Dr. Stephan Fischer, fischer@itw.uni-stuttgart.de
- » **Simulation und Ertragsbewertung:** Solites Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, Stuttgart, Dirk Mangold, mangold@solites.de
- » **Lichttechnische Vermessung:** Technische Universität München, Fakultät für Architektur, Fachgebiet für Technologie und Design von Hüllkonstruktionen, Philipp Molter, philipp.molter@lrz.tum.de
- » **Industriepartner Kollektor, Testkollektoranlage Langensteinbach:** Ritter XL Solar, Karlsbad, Dr. Rolf Meißner, r.meissner@ritter-xl-solar.com
- » **Industriepartner Fassade:** Hydro Building System GmbH / Wicona, Ulm a. d. Donau, Max Radt, max.radt@hydro.com
- » **Industriepartner Fassadenbau:** Frener & Reifer Metallbau GmbH, Brixen (Italien), Michael Reifer, m.reifer@frenereifer.com und Metallbau Früh GmbH, Umkirch, Anton Früh, a.frueh@metallbau-frueh.com

Mehr vom BINE Informationsdienst

- » Räume ins richtige Licht rücken. BINE-Projektinfo 09/2012
- » Thermische Solaranlagen – Studentenwohnheime. BINE-Projektinfo 06/2008
- » Große Solarwärmeanlagen für Gebäude. BINE-Themeninfo I/2008
- » Dieses Projektinfo gibt es auch online und in englischer Sprache unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos.
- » BINE Informationsdienst berichtet aus Projekten der Energieforschung in seinen Broschürenreihen und dem Newsletter. Diese erhalten Sie im kostenlosen Abonnement unter www.bine.info/abo

Projektorganisation

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
11055 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Dr. Peter Donat
Zimmerstraße 26 – 27
10969 Berlin

Förderkennzeichen
0325956A

Impressum

ISSN
0937 - 8367

Herausgeber

FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Autorin

Anna Durst

Titelbild

Universität Stuttgart, IBK 2

Urheberrecht

Eine Verwendung von Text und Abbildungen aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

Kontakt · Info

Fragen zu diesem Projektinfo?
Wir helfen Ihnen weiter:

0228 92379-44

BINE Informationsdienst

Energieforschung für die Praxis
Ein Service von FIZ Karlsruhe

Kaiserstraße 185-197
53113 Bonn

Tel. 0228 92379-0
Fax 0228 92379-29
kontakt@bine.info
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages