

Hightech-Materialien für Gebäudefassaden

Ein Beitrag im BINE-Mag@zin

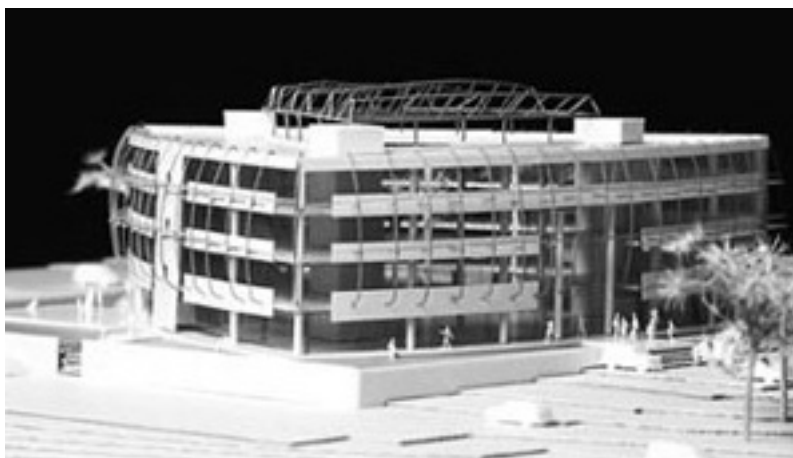
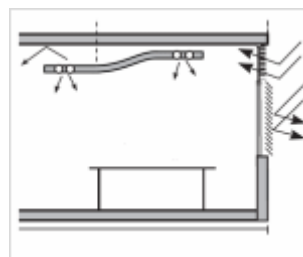
1. Neue Materialien für Gebäude
2. VIP I – Superdämmung mit Vakuum
3. VIP II – Vakuum in die Fassade
4. PV – und Gebäude liefern Strom
5. Superfenster – Transparenz mit neuem Komfort
6. PCM I – Gebäude thermisch ausbalancieren
7. PCM II – Wand schluckt Wärme
8. TWD I – Fassaden voller Wärme und Licht
9. TWD II – Ansichten
10. EC & Co. –Sonnenschutz nach Bedarf
11. Impressum ++ Links

Vakuum hält unseren Tee warm, wir tragen Kleidung mit Klimamembran und mancher Rückspiegel im Auto dunkelt bei Bedarf automatisch ab. Aber wann kommen vergleichbare Technologien für Gebäudefassaden? Einige neue Materialien und Komponenten stehen bereits an der Startlinie. Sie können die Eigenschaften von Gebäuden substanziell verändern, sofern sie richtig eingesetzt werden. Hightech – ist das Spielerei oder eine ernst zu nehmende Chance für energieeffiziente Gebäude? Die Möglichkeiten von Hightech in Gebäudefassaden werden in diesem Magazin-Beitrag aufgezeigt.

Neue Materialien für Gebäude

Vakuum hält unseren Tee warm, wir tragen Kleidung mit Klimamembran und mancher Rückspiegel im Auto dunkelt bei Bedarf automatisch ab. Aber wann kommen vergleichbare Technologien für Gebäudefassaden? Einige neue Materialien und Komponenten stehen bereits an der Startlinie. Sie können die Eigenschaften von Gebäuden

substanziell verändern, sofern sie richtig eingesetzt werden. Hightech – ist das Spielerei oder eine ernst zu nehmende Chance für energieeffiziente Gebäude? Die Möglichkeiten von Hightech in Gebäudefassaden werden in diesem Magazin-Beitrag aufgezeigt.



Innovatives Gebäude - natürlich mit schlüssigem Konzept (Quelle: Software AG)

Innovation mit Konzept

Innovation ist noch kein Wert an sich. Es muss eine Zielrichtung geben. Und für Gebäude geht es eindeutig in Richtung Energieeffizienz, Behaglichkeit, thermischer und visueller Komfort. Es geht auch um höhere Arbeitsproduktivität, um geringe Bau- und Unterhaltskosten und die Gebäudekomponenten sollen eine bessere Werthaltigkeit garantieren.

Nachdem in den letzten Jahrzehnten so manche technologische Vision und insbesondere die Idee vom Gebäude als Raumklima-Maschine geplatzt ist, machte sich eine neue Bescheidenheit bemerkbar: Reduktion auf das Wesentliche ist jetzt ein neues Ideal. Der Baukörper selbst soll so gut sein, dass eine relativ einfache Gebäudetechnik zum Wohlfühlen ausreicht. Das heißt konkret: Der Einsatz von aufwändigen Klimaanlagen, komplexer Gebäudeleittechnik und komplizierten Baukonstruktionen ist möglichst zu vermeiden. Wenn auf diese Weise Architektur, Bausystem, Baukonstruktion, Baumaterialien und Gebäudetechnik optimal aufeinander abgestimmt werden, spricht man auch vom „schlanken Gebäude“

Jetzt stehen neue Materialien für die Gebäudehülle vor der Tür. Sie erweitern den Spielraum bei der Planung schlanker Gebäude: Neue Fenster kombinieren Transparenz mit Wärmeschutz auf neuem Niveau, neue Verglasungen oder Fassadenkomponenten bringen Tageslicht tief ins Gebäude und schützen zugleich vor zuviel Sonnenwärme und Blendung, neue Fassadenmaterialien sorgen für die Wärmebalance oder ermöglichen exzellenten Wärmeschutz auf engstem Raum. Es geht also um Technologien, welche die Fähigkeit der Fassade als Schnittstelle zwischen innen und außen deutlich erweitern helfen. Die neuen Technologien funktionieren nicht für sich allein – sie brauchen eine

angepasste Architektur, ein schlüssiges Gebäudekonzept. Und ein solch innovatives Konzept wiederum kann nur entwickelt werden, wenn man die neuen technologischen Möglichkeiten kennt und einschätzen kann:

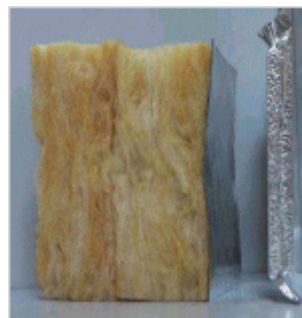


- + VIP – Superdämmung mit Vakuum
- + PV – und Gebäude liefern Strom
- + Superfenster – Transparenz mit neuem Komfort
- + PCM – Gebäude thermisch ausbalancieren
- + TWD – Fassaden voller Wärme und Licht
- + EC & Co. – Sonnenschutz nach Bedarf

VIP – Superdämmung mit Vakuum ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

VIP I – Superdämmung mit Vakuum

Kurzinfo: Vakuumdämmung für Gebäude ist eine noch ganz junge Technologie. In Forschungsprojekten werden vorgefertigte Fassadenmodule und Sandwich-Elemente entwickelt, bei denen eine ausgeklügelte Konstruktion die empfindlichen Hightech-Platten schützt und sicher ins Gebäude bringt. Gleichzeitig arbeitet man an neuen Hochbarrierefolien, mit denen das Vakuum an die 50 Jahre lang halten und einen exzellenten Wärmeschutz garantieren soll. Die Technik ist im Grunde heute schon einsetzbar, doch vor einer möglichen breiten Markteinführung werden die Erfahrungen aus aktuellen Pilot- und Demonstrationsprojekten abgewartet.



Es hat sich längst herumgesprochen: Gebäude mit einem guten Wärmeschutz sparen nicht nur geldwerte Energie, sie bringen auch spürbaren Wohlfühlkomfort. Im Winter bleiben die Innenflächen der Außenwände schön warm, die Räume können uneingeschränkt bis nahe an die Außenwände und Fenster genutzt werden. Und im Sommer bleibt die Hitze draußen, vorausgesetzt die Lüftung wird sinnvoll organisiert.

Was ist ein VIP?

Vakuum-Dämmung benötigt bei gleicher Dämmwirkung wesentlich geringere Dämmstoffstärken als konventionelle Dämmstoffe. Platten aus mikroporöser Kieselsäure haben schon unter normalem Luftdruck gute Wärmeschutzeigenschaften. Bereits ein moderates Vakuum von 50 Millibar reicht aus, um die Wärmeleitfähigkeit dieses feinporigen Materials deutlich herabzusetzen. Die Kieselsäureplatten werden in ein schützendes Vlies gepackt, evakuiert und in metallisierte Kunststofffolien eingeschweißt – fertig ist das Vakuum-Isolations-Paneel (VIP). Seine Wärmeleitfähigkeit beträgt nur etwa 0,004 W/mK, seine Wärmeschutzwirkung ist fast 10-mal besser als die gewöhnlicher Dämmstoffe. Erste VIP-Produkte sind in verschiedenen Schichtdicken erhältlich, so z. B. von den Unternehmen va-Q-tec, Wacker, Porextherm oder ZZ Wancor.



Vakuum-Isolations-Paneel (VIP) mit einem Kern aus mikroporöser Kieselsäure, einer Umhüllung aus einem schützendem Vlies und einer metallisierten Hochbarrierefolie, welche absolut fugendicht verschweißt oder verklebt wird (Foto: ZAE Bayern).

Vakuum-Paneele in Fassadensystemen

Die Vakuum-Isolation bietet sich insbesondere dort an, wo eine gute Wärmedämmung auf engstem Raum realisiert werden muss, so z. B. bei der nachträglichen Wärmedämmung von erdberührenden Fußböden bei begrenzter Raumhöhe. Oder aber in Fassadensystemen: Mit Vakuum-Isolation können schlanke Fassaden bei sehr gutem Wärmeschutz realisiert werden. Die Vakuum-Fassadenelemente können im Werk vorgefertigt und auf der Baustelle wie herkömmliche Isoliertgläser, Fertigteile oder Fassadensysteme verbaut werden. Große Vorzüge haben Fassadensysteme, bei denen defekte Vakuum-Paneele gegebenenfalls nachträglich ausgebaut und ausgetauscht werden können. Es gibt inzwischen verschiedene Konzepte, von denen einige hier kurz vorgestellt werden sollen:

Vakuum-Paneele unter Putz

Vakuum-Isolation kann an Außenwänden befestigt und unter Putz gelegt werden. Bei einem Wärmedämmverbundsystem werden die Vakuum-Paneele z. B. mit Kunststoffschienen auf der Außenwand und unter einem Putzträger montiert. Die Verarbeitung auf der Baustelle muss mit äußerster Sorgfalt erfolgen, damit die empfindlichen Vakuum-Paneele nicht beschädigt werden. Defekte Paneele können hier nachträglich nur mit sehr hohem Aufwand ausgetauscht werden.



Vakuum-Paneel im Wärmedämmverbundsystem auf einer Außenwand. Die Paneele werden auf der Baustelle mit Kunststoffschienen und unter einem Putzträger montiert. (Foto: va-Q-tec AG).

VIP II – Vakuum in die Fassade ... lesen Sie im nächsten Kapitel

VIP II – Vakuum in die Fassade

Fertige Fassadenteile

Bei einem von der Fa. Hangleiter entwickelten Produkt werden die Vakuum-Paneele an Fassadenelementen aus Beton befestigt. Eine spezielle Konstruktion hält die Paneele auf Zug am Beton und nimmt zugleich die Fassadenplatten auf. So entstehen Betonfertigteile mit hinterlüfteter Fassade. Sie haben einen U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ – dies entspricht Passivhausstandard – bei einer Gesamtstärke von nur 25 cm. Vorteil dieser Lösung ist die komplette Vorfertigung im Werk, außerdem können defekte Vakuum-Paneele auch nachträglich ausgetauscht werden. Es können beliebige Fassadenplatten einschließlich Putzträgerplatten verwendet werden. Auch individuelle Planungen können realisiert werden, vorausgesetzt sie werden an ein Grundraster von 12,5 cm angepasst.



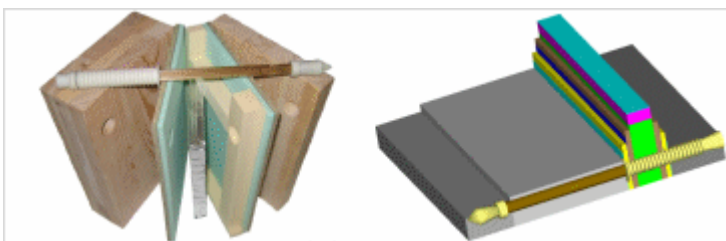
In Ballungszentren ein knappes Gut: Bauland. Vakuumdämmung spart hier Platz und Energie (Foto: PHI)



Betonfertigteil mit Vakuum-Isolation auf der Baustelle. Die Fassadenplatten werden später angebracht (Foto: Albert Hangleiter GmbH)

Robuste Sandwich-Elemente

Sandwichkonstruktionen sind robust und vielseitig einsetzbar. Mechanische Beschädigungen bei der Montage sind weitgehend ausgeschlossen. Dächer, Wände, Fassaden, Fenster und Türen können aus groß- und kleinformatigen Sandwichelementen mit Vakuum-Isolation gefertigt werden. Mit Standard-Elementen können Beschädigungen bei Montage oder Nutzung, Feuchteprobleme oder Wärmebrücken konstruktiv vermieden werden. Die Fa. Variotec arbeitet an einem solchen Baukastensystem aus Sandwich-Elementen mit Vakuum-Paneelen. Dabei verbindet ein Kohlefaseranker die Schichten punktuell auf Zug und Druck, ohne dass bedeutsame Wärmebrücken entstehen. Die neue Produktreihe wird derzeit in einem Demonstrationsgebäude erprobt.



Links: Holz-VIP-Holz-Sandwichelement der 1. Generation (Demonstrationsmodell). Rechts: Schema der aktuellen Version (Wandtyp Beton-Ortbeton-VIP-Beton) mit stark reduzierten Wärmebrücken (Quelle: Variotec Sandwichelemente GmbH)

Integration in Fassadensysteme

Vakuum-Paneele eignen sich auch zur Integration in Fassadensysteme wie z. B. in Pfosten-Riegel-Fassaden: Die Stärke der Brüstungselemente mit eingebauten Vakuum-Paneelen liegt in der gleichen Größenordnung wie die von normalen Wärmeschutz-Isolierverglasungen, und sie kann an die Verglasungsstärke angepasst werden. Der Gestaltungsspielraum ist groß, denn die Vakuum-Paneele lassen sich zwischen nahezu allen gängigen Fassadenmaterialien zu speziellen Brüstungselementen verbauen. Defekte Paneele werden hier nachträglich mit vergleichsweise geringem Aufwand ausgetauscht. Grundsätzlich sind Vakuum-Paneele auch für weitere Fassadensysteme geeignet. Doch für alle Systeme gilt: Ohne eine sorgfältige wärmetechnische Optimierung der Konstruktion verpuffen die exzellenten Dämmeigenschaften der Vakuum-Isolation weitgehend an den Wärmebrücken der Fassadenkonstruktion.



Die Fensterbrüstung im Feuerwehrhaus Gerbrunn enthält Vakuum-Isolations-Paneele (Foto: va-Q-tec AG)

Forschung und Entwicklung

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) hat ein großes Verbundprojekt gestartet, in dem verschiedene Firmen und Forschungsinstitute die Vakuumtechnik für den Einsatz in Gebäuden weiterentwickeln und testen. Die Praxistauglichkeit der verbesserten Lösungen wurde im Labor (HotBox), an Fassadentesteinrichtungen und im Rahmen von Pilotprojekten erprobt.

Verschiedene Forschungsinstitute und Entwicklungsabteilungen von Unternehmen arbeiten zudem an noch besseren und kostengünstigeren Kernmaterialien sowie an neuen Folien und Versiegelungstechniken. Denn es soll eine Lebensdauer von über 30 Jahren erreicht werden – für manche sind sogar 50 Jahre Lebensdauer und mehr die Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz der Vakuumdämmung im Bauwesen. Gleichzeitig erproben einige Architekten, Planer und Unternehmen aus der Baubranche die praktische Anwendung im Bauprozess.

Die Technik ist im Grunde heute schon voll einsetzbar, doch um Rückschläge zu vermeiden, sollten vor einer breiten Markteinführung erst weitere Erfahrungen gesammelt und ausgewertet werden. Hierbei geht es vor allem um die Aspekte Wärmebrücken, Risiko der Beschädigung auf der Baustelle, Feuchteproblematik, Brandbeständigkeit, Maßhaltigkeit im Laufe der Jahre, Risiko einer Beschädigung während der Gebäudenutzung, Lebensdauer des Vakuums, Wartung bzw. Austausch der Paneele und um Gewährleistungsfragen. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die jeweiligen

Lösungen ist enorm wichtig – bislang wird oft mit der aufwändigen Genehmigung im Einzelfall gearbeitet.



Wie geht es weiter?

Keine Frage, das Vakuum wird Einzug in Gebäudefassaden halten. Zunächst in einzelnen Problemzonen und Bauteilen wie Türen, Fenster oder Fassadenelementen. Später kommen Formteile hinzu, mit denen gezielt Wärmebrücken an Ecken, Rohrdurchführungen, Kantenabschlüssen, Fensterlaibungen u. a. eingedämmt werden. Ebenfalls noch in der Entwicklung befinden sich lichtdurchlässige Vakuum-Isolations-Paneele, die Wärmeschutz und Tageslichtnutzung in neuer Form kombinieren. Dazu wird die Metallbeschichtung durch eine transparente Siliziumoxidschicht ersetzt. Als Kernmaterial nimmt man Aerogele oder Nanogele.

Infos

- + [BINE-Projekt-Info 08/2004 „Vakuum-Isolation in Fassadenelementen“](#)
- + Innovative Energie-Projekte: [Bürogebäude mit Vakuum-Isolations-Paneelen](#)
- + Innovative Energie-Projekte: [Wohn- und Geschäftshaus mit Vakuumisolationspaneelen](#)

Links

- + [Fraunhofer Verbundprojekt Hochbarrierefolien](#) (Projekte / Wärmedämmung / VIP)
- + Deutsche Informationsplattform zur Vakuumdämmung im Gebäudebereich: www.vip-bau.de
- + Schweizer Forschungsgemeinschaft für die Vakuumdämmung im Bauwesen: www.vip-bau.ch

PV – und Gebäude liefern Strom ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

PV – und Gebäude liefern Strom

Kurzinfo: Die Photovoltaik ist nach Jahren einer rasanten Entwicklung jetzt eine ausgereifte und zuverlässige Technik – und hat doch großes Entwicklungspotenzial: Es wird auch künftig deutliche Fortschritte geben bei den Kosten, bei der Leistungsfähigkeit, bei der rationellen Montage auf Gebäudedächern und an Gebäudefassaden. Die eigentliche Herausforderung wird lauten, die Photovoltaik in großen Flächeneinheiten und kostengünstig in Gebäudearchitektur und Siedlungsplanung zu integrieren.



Positive Bilanzen

In wärmeoptimierten Gebäuden wird der Verbrauch von elektrischem Strom bedeutsam. Primärenergetisch bewertet wird der Strombedarf von elektrischen Geräten, Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung zum wesentlichen Posten in der Energiebilanz. Mit Solarstrom kann diese Bilanz durch vor Ort erzeugten Strom ausgeglichen werden, ja es kann sogar ein Überschuss erwirtschaftet werden.



Solarmodule in Auf-Dach-Montage [Foto: BSi]

Solaraktive Flächen für die Architektur

Mit der Ästhetik solaraktiver Flächen lassen sich variantenreiche und sehr moderne Formensprachen für die Architektur entwickeln. Die Anmutung von Solarmoduloberflächen fasziniert ebenso wie der lautlose, saubere und umweltfreundliche Betrieb der gesamten Anlage. Solarmodule können das Gestaltungsrepertoire von Architekten bereichern, ihr Einsatz sollte jedoch wohl überlegt sein – es ist die gleiche Umsicht notwendig wie bei den klassischen Fassadenmaterialien. Eine ganze Reihe von gelungenen Photovoltaik-Fassaden zeigt, dass Solarmodule bald wie Standard-Fassadenbekleidungen eingesetzt werden können.



SSG-Fassade mit semitransparenten Isolierglasmodulen [Quelle: Tobias Grau KG]

Solaraktive Flächen in die Fassade ...

Aufgrund besonderer baurechtlicher Anforderungen werden meist Sondermodule eingesetzt. Die ersten speziellen Photovoltaik-Fassadensysteme mit geeigneten Fassadenmodulen sind bereits auf dem Markt. Die Solarstromtechnik lässt sich bei allen Fassadenarten einsetzen: bei Kaltfassaden, Warmfassaden und Doppelfassaden. Zur Montage können die üblichen Befestigungssysteme aus dem Glasfassadenbau benutzt werden.



Links: Kaltfassade mit kristallinen Modulen am Rembrandt College in Veenendaal (Niederlande) [Quelle: Frauke Berger, DGS] Rechts: Gerahmte Photovoltaik-Standardmodule am Brüstungsbereich des Energieforums Berlin (Foto: Ralf Haselhuhn)

... oder auf die Fassade?

Photovoltaikmodule lassen sich sehr einfach an vorhandene Fassaden befestigen. Hier bietet sich die Nutzung von Brandwänden oder fensterloser Fassaden großer Industrie- und Gewerbeanlagen an. Immer wenn keine speziellen Anforderungen an Form und Größe der Module gestellt werden, können Standardmodule eingesetzt werden.

Statt rahmenloser Module (Lamine) sind auch gerahmte Module einsetzbar. Bei der Montage werden die gerahmten Module auf Profilschienen zu großflächigen Elementen vormontiert und dann in die Fassadenunterkonstruktion eingehängt.



Doppelnutzen: Module und Sonnenschutz

Großzügige Glasflächen in Fassaden und Dächern stellen oftmals hohe Anforderungen an den Sonnenschutz. Geeignet angebrachte Verschattungselemente helfen die sommerliche Gebäudeerwärmung zu verringern. Außen liegende Jalousien, Markisen oder Rollläden schützen grundsätzlich effektiver als innen liegende Verschattungselemente, weil sie die Sonnenstrahlung gar nicht erst ins Gebäude lassen. Sonnenschutzeinrichtungen und Solarmodule brauchen gleichermaßen eine optimale Ausrichtung zur Sonne, ihre Funktion lässt sich also verbinden. Man kann die Verschattungselemente aus Glas- oder Metall durch geeignete Solarmodule ersetzen – die Gesamtkosten erhöhen sich dadurch kaum. Die günstige Modulorientierung und die gute Hinterlüftung garantieren hohe Energieerträge.

Infos

+ [BINE-Informationspaket „Photovoltaik – Gebäude liefern Strom“](#)

Mit praxisrelevanten Aspekten für Planung, Montage und Betrieb einer Solarstromanlage. Im Fokus: Netzgekoppelte Anlagen an Gebäuden und die verschiedenen Möglichkeiten der Fassaden- und Gebäudeintegration.

Autor: Ralf Haselhuhn, DGS

155 Seiten, 17,80 Euro

+ [BINE-Projekt-Info „Performance von Photovoltaik-Anlagen“ \(3/2003\)](#)

+ Innovative Energie-Projekte: [Einfamilienhaus Fellbach mit integrierter Photovoltaik-Anlage](#)

+ Innovative Energie-Projekte: [Photovoltaik-Module beschatten Verwaltungsgebäude](#)

Links

+ Informationen, Planungs- und Gestaltungstipps zum Bauen mit Photovoltaik:
www.solarintegration.de

Superfenster – Transparenz mit neuem Komfort ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

Superfenster – Transparenz mit neuem Komfort

Kurzinfo: Die Wärmeschutzqualität von Verglasungen ist inzwischen sehr gut und hat weiteres Potenzial. Die Fensterrahmen blieben lange Zeit hinter der technologischen Entwicklung bei den Verglasungen zurück. Jetzt gibt es auch hier hochwertige Produkte am Markt, die mit den sehr guten Verglasungen mithalten können. Beim Einbau werden immer noch viele Fehler gemacht und auf diese Weise die Wärmeschutzqualität der Superfenster unnötig geschmälert. Neue Konzepte und vorgefertigte Lösungen für den Einbau der Superfenster liegen bei einigen Herstellern bereit. Aktuelle Forschungsprojekte lassen weitere Innovationen im Bereich Wärmeschutz, Sonnenschutz und Tageslichtsteuerung erwarten: Verglasungen mit speziellen Beschichtungen, Folien und Strukturen sowie Vakuum-Gläser könnten nochmals deutliche Fortschritte bringen.



Aus dem Blickwinkel der Energieeffizienz und des thermischen Komforts brauchen Fenster vier Voraussetzungen, um maximalen Nutzen zu bringen:

- die Verglasung hat einen niedrigen U-Wert (Wärmeschutz) und einen hohen g-Wert (Lichtgewinn)
- der Rahmen ist sehr gut wärmegeschützt und hat ein möglichst kompaktes Profil
- der Einbau ist in Bezug auf Luftdichtigkeit und der Minimierung von Wärmebrücken optimiert
- die Einbindung ins architektonische Konzept ist stimmig hinsichtlich Gestaltung und Funktion.



Doch wo stehen heutige Fenster? Mit Dreischeiben-Wärmeschutz-Verglasungen können Wärmeverlustkoeffizienten von nur 0,5 bis 0,8 W/m²K erreicht werden (U_g). Und mit Zweischeiben-Verglasungen kommt man immerhin bis zu U_g-Werten von 1,0. Fensterrahmen sind hinter dieser Entwicklung lange Zeit zurückgeblieben. Hier lag der Wärmeverlustkoeffizient auch bei guten Rahmen zwischen 1,4 und 2 W/m²K (U_f). Ende der 1990er Jahre wurden sehr gut wärmegeämmte Fensterrahmen entwickelt – auf der Basis von Holz mit Polyurethanschaum sowie auch unter Verwendung von Kunststoff oder Aluminium und anderen Materialien (mit Wärmeverlustkoeffizienten für den Rahmen (U_f))

von 0,8 bis 1,3). Mehr als dreißig Hersteller aus Deutschland, Österreich und der Schweiz fertigen solche Fenster inzwischen in Serie. In Verbindung mit Dreischeiben-Wärmeschutz-Verglasung erreichen Fenster mit diesen Rahmen einen sehr guten Wärmeverlustrkoeffizienten von ungefähr 0,8 bis 1 W/m²K (Uw).

Doch hochwertige Bauteile allein reichen nicht aus. Auch die Montage muss stimmen, sonst geht viel Wärme über Wärmebrücken und Fugen verloren. Hier zeigen sich in der Baupraxis weiterhin große Mängel: Fenster werden häufig außenbündig oder in der gemauerten Wand montiert. Der Rahmen sollte jedoch möglichst vollständig in die Dämmebene platziert werden. Die optimale Einbauposition – so die Ergebnisse eines Forschungsprojekts - liegt im Neubau etwa im innenseitigen ersten Drittel der Dämmung. Die Einbausituation im Altbau ist dagegen komplexer und muss individuell gelöst werden. Auf jeden Fall wirksam ist eine Überdämmung des Blendrahmens.



In der Forschung: 4-Folien-Verglasung mit einem Wärmeverlustrkoeffizient von nur 0,17 (Fa. Häring Fenster + Fassaden, CH)

Perspektive Verglasung

Beim Glas gibt es noch jede Menge Entwicklungspotenzial. So wurde bereits 1991 eine Verglasung mit Heat-Mirror-Folien vorgestellt, die einen Ug-Wert von 0,35 W/m²K erreicht (2 Folien / Fa. Häring Fenster + Fassaden, CH). Das gleiche Unternehmen stellte 2001 das Konzept einer Multimembran-Verglasung vor, mit dem ein Ug-Wert von 0,17 W/m²K erreicht werden soll (3-4 Folien). Zu klären sind u. a. die langzeitstabile Transparenz der Folien. Weltweit wird zudem an der Vakuum-Verglasung gearbeitet, bei der sehr kleine Stützkörper oder Nanostrukturen den atmosphärischen Druck auf die Scheiben aufnehmen. Mit 2-Scheiben-Systemen will man den Wärmeverlustrkoeffizienten auf etwa 0,15 drücken, mit 3-Scheiben-Systemen gar auf nur 0,1 W/m²K. Damit würde die Verglasung eine ähnliche Wärmeschutzqualität erreichen wie eine Wand nach Passivhausstandard!



Vakuumbelüftung mit low-ε-Schicht und Stützkörpern (2-Scheiben-System)

Infos

- + [BINE-Projekt-Info „Fenster optimal einbauen“](#) (Nr. 10/2003)
- + [BINE-Informationspaket „Energieeffiziente Fenster und Verglasungen“](#) (2000)
- + [BINE-Projekt-Info „Fenster mit hohem Wärmeschutz“](#) (Nr. 4/1999)

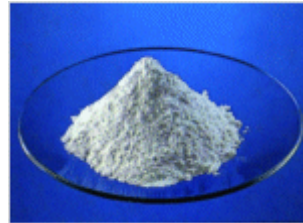
Links

- + [Passivhaus-Institut](#)
- + [Fensterinstitut Rosenheim e.V.](#)
- + [ZAE Bayern](#)
- + [Fa. Häring, CH](#)

[PCM – Gebäude thermisch ausbalancieren](#) ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

PCM I – Gebäude thermisch ausbalancieren

Kurzinfo: PCM steht für „Phase-Change-Materials“. Diese Materialien lassen sich in etablierte Baustoffe oder gebäudetechnische Komponenten integrieren und speichern auf diese Weise Überschusswärme in Gebäuden sehr effektiv. PCM lassen sich an Außen- und Innenwänden, an Decken und u. U. auch in Fußböden einsetzen. Nach mehrjährigen Forschungsarbeiten unter Beteiligung verschiedener Unternehmen aus den Sektoren Bauchemie und Baustoffe sind jetzt erste Produkte für die Baubranche am Markt verfügbar.

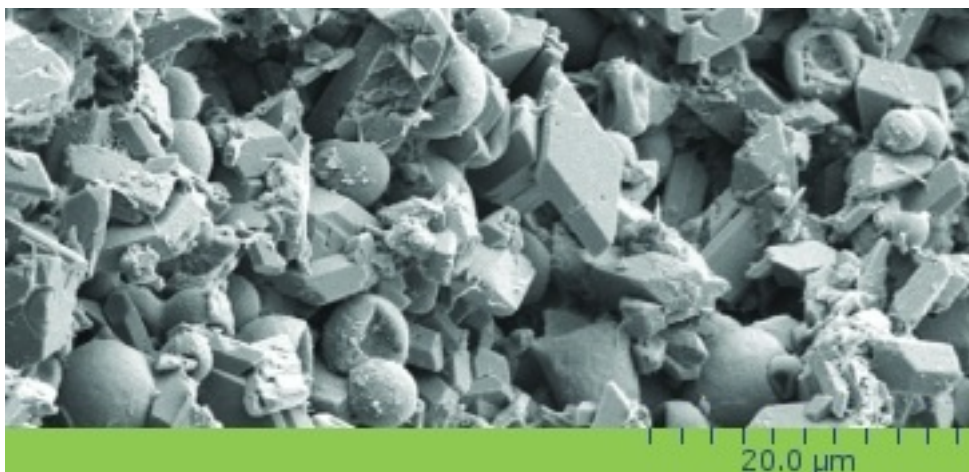


Wärmeausgleich schafft prima Raumklima

In Gebäuden mit freiliegenden massiven Gebäudeteilen ist es im Sommer oft angenehm kühl. Die massiven Wände, Böden oder Decken fungieren als Wärmepuffer. Sie können tagsüber Wärme aufnehmen und nachts wieder abgeben. Voraussetzung für diesen natürlichen Wärmeausgleich im Tag-Nacht-Rhythmus ist zum einen eine effektive Auskühlung in der Nacht mittels natürlicher oder mechanischer Lüftung. Zum anderen braucht das Gebäude eine ausreichend hohe Wärmekapazität. Besonders effektiv funktioniert diese Form der Gebäudekühlung im Nichtwohnungsbau (also in Bürogebäuden, Gewerbegebäuden etc.), weil hier Wärmespeichereffekt und Nachtlüftung oft sinnvoll auf die Nutzungszeiten abgestimmt werden können.

Thermisch „leichte“ Gebäude dagegen heizen sich im Sommer tagsüber sehr schnell auf. Die Wärme aufgrund von Sonneneinstrahlung und Abwärme von Menschen und Geräten kann nicht von kühlen Bauteilen absorbiert werden. Dieser Effekt tritt auf bei Gebäuden in Leichtbauweise mit Bauteilen aus Holz oder Gipskarton. Auch bei manchen massiven Gebäuden kann dieser Aufheizungseffekt auftreten, wenn die massiven Wände, Decken und Böden verkleidet sind und ein Wärmeaustausch behindert wird.

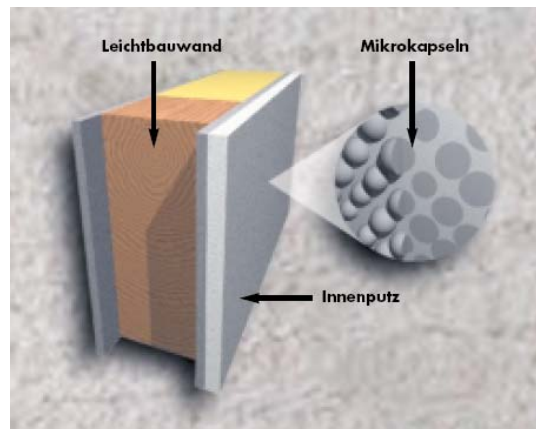
Mit der Einlagerung von Latentwärmespeicher-Materialien in die Oberfläche von Decken oder Wänden kann das Wärmeaufnahmevermögen von Räumen stark erhöht werden.



PCM-haltiger Gipsputz unter dem Rasterelektronenmikroskop. Das Paraffin ist in Mikrokapseln eingebunden: Die Latentwärmespeicherstruktur hat auf diese Weise eine sehr große, die Wärme austauschende Oberfläche (Quelle: Fraunhofer ISE).

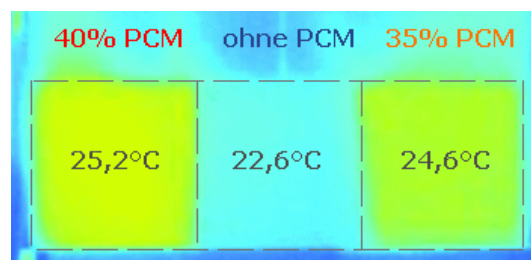
Weiches Wachs puffert Wärme

Wenn Beton oder Mauerwerk Wärme aufnehmen, erwärmen sie sich. Dabei ist keine Wärmeabsorption ohne Temperaturerhöhung möglich. Das ist nicht weiter problematisch, solange die Bausubstanz nachts wieder auf angenehm niedrige Temperaturen gekühlt werden kann. Und doch sind hier Latentwärmespeicher deutlich im Vorteil. Sie können bei einer bestimmten Temperatur Wärme aufnehmen oder abgeben, ohne dass sich ihre eigene Temperatur dadurch wesentlich verändert. Genau wie beim Schmelzen von Eis viel Wärme notwendig ist, ohne dass sich das Eis-Wasser-Gemisch merklich erwärmt, so verhalten sich auch Salzhydrate und Paraffine beim Fest-Flüssig-Übergang: Sie können sehr viel Wärme aufnehmen oder abgeben, ohne dass sich ihre Temperatur spürbar ändert. Der Wärmespeichereffekt resultiert allein aus der Änderung des Aggregatzustands. Salzhydrate und Paraffine zeigen bei Raumtemperatur solche Eigenschaften, sie werden als Phasenwechselmaterialien bezeichnet (kurz: PCM – Phase-Change-Materials). Auch wenn PCM sehr viel Wärme absorbieren können, so müssen sie genauso von der tagsüber gespeicherten Wärme entlastet werden wie „sensible“ Wärmespeicher. Denn vielleicht muss schon am nächsten Tag erneut gekühlt werden.



In Mikrokapselfüllungen eingeschlossene Speichermaterialien erhöhen die Wärmekapazität von Baustoffen entscheidend (Graphik: Fraunhofer ISE)

Wie schnell kühlt eine Leichtbauwand aus? Das kommt auf die PCM-Beimischung an: Eine Gipskartonplatte mit 3 Bereichen (ohne PCM, 35% PCM und 40% PCM) wurde gleichmäßig auf ca. 29°C erwärmt. Die IR-Aufnahme unten zeigt das Wärmespeichervermögen von Phasen-Wechsel-Materialien nach 95 Minuten.



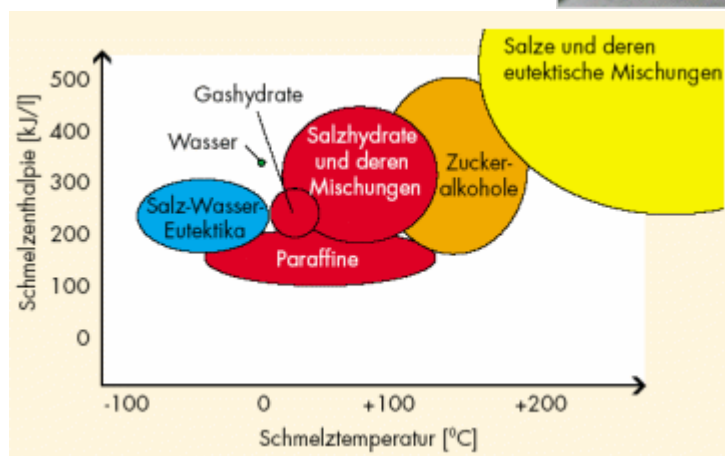
Die IR-Aufnahme nach 95 Minuten zeigt das Wärmespeichervermögen von Phasen-Wechsel-Materialien (Thermographie: Fraunhofer ISE, Graphik: BINE Informationsdienst).

PCM II – Wand schluckt Wärme ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

PCM II – Wand schluckt Wärme

Fest oder flüssig – eine Frage der Temperatur

Je nach Speichertemperatur und Anwendungsbereich eignen sich unterschiedliche Stoffe als Latentwärmespeicher. Während sich für Temperaturen unter 0°C wässrige Salzlösungen eignen, so sind für höhere Temperaturen bis ca. 120°C Paraffine, Salzhydrate sowie Mischungen von Salzhydraten die erste Wahl. Salzhydrate haben den Fest-Flüssig-Übergang bei ähnlichen Temperaturen wie Paraffine, sie können im Vergleich sogar noch mehr Wärme absorbieren.



Typische Phasenübergangstemperaturen verschiedener Klassen von Phasen-Wechsel-Materialien (PCM). Graphik: BINE Informationsdienst

Salzhydrate können in Gebäudekomponenten wie Kühlsegel oder transparente Kunststoffhohlprofile hermetisch eingepackt werden. In Baustoffe lassen sie sich nicht geeignet strukturiert integrieren. Deshalb werden in Baustoffen bislang allein Paraffine als Latentwärmespeicher genutzt. Die Brennbarkeit von Paraffinen ist dabei ein Problem – aber ein lösbares. Das Paraffin wird in kleinteiligen Strukturen eingepackt, in so genannte Mikrokapseln. Es handelt sich um Kunststoffkapseln mit Durchmessern zwischen 1/200 und 1/50 Millimeter. Die Mikroverkapselung verhindert, dass das Paraffin in den Baustoff gelangt und dessen Eigenschaften negativ beeinflusst. Zudem wird die gesamte Oberfläche der vielen kleinen Kapseln sehr groß. Dies bringt einen wirksamen Wärmeübergang zwischen PCM und Baustoff. Das mikroverkapselte Paraffin ist ein Pulver, das in unterschiedlichen, handelsüblichen Baustoffen einsetzbar ist. So z. B. in Innenputzen, Spachtelmassen oder Gipskartonplatten. Auf diese Weise kann zusätzliche Speichermasse in die Bausubstanz gebracht werden.

In verschiedenen Forschungsprojekten konnte gezeigt werden, dass die Zugabe von mikroverkapseltem Paraffin die Wärmeleitfähigkeit, die Dampfdurchlässigkeit und die Funktion der verwendeten Baustoffe als Feuchtigkeitpuffer nicht beeinträchtigen – die Mikrokapseln sind wohl einfach zu klein.



PCM-haltiger Gipsinnenputz wird an einer Wand aufgetragen (Foto: Fraunhofer ISE)

Wand schluckt Wärme

PCM-haltiger Baustoff hat auf einer Schichtdicke von nur 1 cm etwa die gleiche Wärmekapazität wie eine 5 cm dicke Ziegelwand. Bezogen auf die Wandstärke bedeutet das eine Zunahme der Wärmekapazität um den Faktor 5 – angestrebt wird mittelfristig der Faktor 10. Untersuchungen des Fraunhofer ISE an zwei Testzellen in Leichtbauweise zeigen, wie groß der Kühleffekt PCM-haltiger Baustoffe tatsächlich sein kann. Eine mit einer PCM-haltigen Spachtelmasse ausgestattete Testzelle wies bei Temperaturen von über 30°C gegenüber der Referenzzelle bis zu 4 K niedrigere Luft- und Wandtemperaturen auf. Bei Versuchen unter realen Bedingungen – mit automatischer Verschattung – traten über einen längeren Zeitraum in der mit PCM ausgestatteten Testzelle häufig Temperaturen zwischen 20 und 26 °C auf. In der Referenzzelle lag die Temperatur im selben Zeitraum im Mittel um ca. 2 K höher.

Schon auf dem Markt?

Die BASF hat Ende 2004 mit der Vermarktung des PCM-Rohstoffs Micronal®PCM begonnen. Anfang 2005 hat maxit Deutschland GmbH einen PCM-haltigen Putz offiziell in sein Produktsortiment aufgenommen: Bei dem Gips-Maschinenputz mit dem Produktnamen "maxit clima" sind die mikroverkapselten Paraffine auf eine Phasenwechseltemperatur von 24° bis 26°C eingestellt. Der Spezialputz nimmt fast 5-mal mehr Wärme auf als herkömmlicher Innenputz – eine 3 cm starke Putzschicht kann sommerliche Überhitzungseffekte deutlich begrenzen. Allerdings muss dabei der PCM-Putz per Nachtlüftung immer wieder "entladen" werden. Da Paraffin brennbar ist, wurde der Putz in die Brandschutzklasse B2 eingestuft, er erfüllt jedoch mit einer Feuer hemmenden Beschichtung (Dämmschichtbildner) auch die Anforderungen der Baustoffklasse B1.

Infos

- + [BINE-Projekt-Info 06/2002 „Latentwärmespeicher in Baustoffen“](#)
- + [BINE-Themen-Info IV/2002 „Latentwärmespeicher“](#)
- + Innovative Energie-Projekte: [Sanierung nach Passivhauskonzept unter Einsatz von PCM-Gipskartonplatten im Dachgeschoss in Leichtbauweise, Tübingen](#)
- + Innovative Energie-Projekte: [3-Liter-Haus Ludwigshafen mit PCM-Putz](#)

Links

+ [BASF Bauchemie – Micronal®PCM](#)

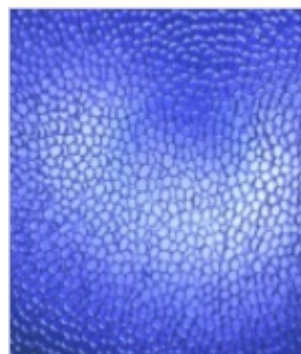
+ [maxit Deutschland – maxit clima](#)



TWD – Fassaden voller Wärme und Licht ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

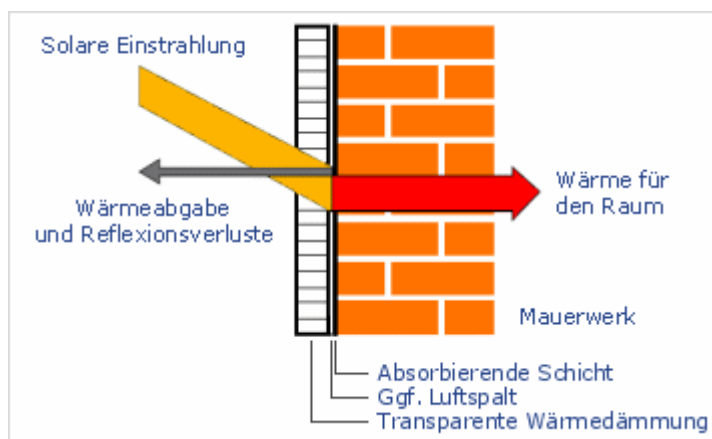
TWD I – Fassaden voller Wärme und Licht

Kurzinfo: Schon seit Jahrzehnten wird an der Transparenten Wärmedämmung (TWD) gearbeitet. Es gibt inzwischen viele verschiedene marktverfügbare Konstruktionen und Systeme. Mit TWD kann den Wärmespeichereffekt von südorientierten Außenwänden gezielt genutzt werden für eine Wärmenutzung zur rechten Zeit. Doch die breite Anwendung will nicht in Gang kommen, denn TWD ist nicht universell einsetzbar und stellt hohe Ansprüche an die Planung.



Wärme kommt von draußen

Lange Zeit galt: Die Wände sind opak – also lichtundurchlässig – und je nach Wärmeschutz fließt im Winter mehr oder weniger Wärme von innen nach draußen. Mit der Transparenten Wärmedämmung (TWD) jedoch lässt sich an sonnigen Wintertagen die Energieflussrichtung in Wänden umdrehen – Wärme kann jetzt auch von außen nach innen fließen. Das auf die Außenwände fallende Sonnenlicht wird zur Raumheizung genutzt. Bei günstiger Wandorientierung können pro Jahr Energiegewinne von immerhin 50 bis 130 kWh pro m² TWD-Fassade zur Raumbeheizung genutzt werden.



Sonnenlicht fällt durch die Kapillar- oder Wabenstruktur der TWD auf die Licht absorbierende Fläche der Wand. Die Wärme fließt größtenteils durch das Mauerwerk in Richtung Gebäudeinneres (Graphik: BINE Informationsdienst).

Transparente Wärmedämmung besteht aus Waben- oder Hohlkammerstrukturen in Glas- oder Kunststoffausführung. Die Strukturen werden so angeordnet, dass das Sonnenlicht in Richtung der Zellenlängsachse einfällt. Reflexionen treten nur noch an den schmalen Kanten der Strukturen auf, so dass fast die gesamte auftreffende Solarstrahlung in Richtung absorbierende Wand vorwärts reflektiert wird. Ein Großteil der Solarstrahlung gelangt also durch die transparente Schicht hindurch auf die massive Wand. An der dunkel beschichteten Wand wird das Licht absorbiert und in Wärme umgewandelt. Da die Transparente Wärmedämmung im Verhältnis zum Wandbaustoff eine schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzt, wird die Wärme größtenteils in die Massivwand geleitet. Diese wirkt als thermischer Speicher und gibt die aufgenommene Wärme mit entsprechender Verzögerungszeit an die dahinter liegenden Räume wieder ab. Der gewählte Wandbaustoff und die Wanddicke bestimmen sowohl die Zeitverzögerung der Wärmeabgabe an den Raum als auch den erreichbaren Temperaturanstieg.

Im Sommer und in der Übergangszeit kann es zur Überhitzung des Systems kommen, sodass in der Regel ein temporärer oder statischer Sonnenschutz oder eine Wärmeabfuhr per Luft- oder Wasserzirkulation erforderlich ist.



Fenster oder Wand?

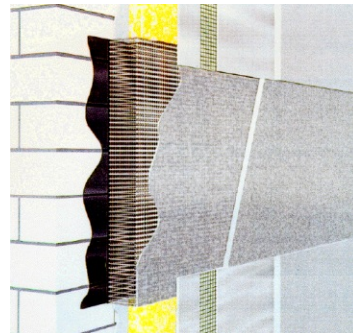
Werden die Waben- oder Hohlkammerstrukturen ohne massive Wand wie eine Verglasung in die Fassade gesetzt, so ist die Transparente Wärmedämmung Wand und Verglasung zugleich. Im Vergleich zur gewöhnlichen Verglasung wird das Tageslicht so gleichmäßiger im Innenraum verteilt – dies liegt an der Streuwirkung der Waben- oder Hohlkammerstrukturen. Allerdings ist die Durchsicht stark eingeschränkt, so dass die Anordnung im Oberlichtbereich oder in Kombination mit durchsichtiger Verglasung geplant werden sollte. Auf Grund des günstigen Verhältnisses von g- zu U-Wert, das erst von wenigen Wärmeschutzverglasungen erreicht wird, können diese Systeme bei günstiger Orientierung ausreichend Solarwärme liefern. Gegenüber den Speichersystemen (mit massiver Wand) sind die geringeren Investitionskosten von Vorteil.

TWD II – Ansichten ... sehen Sie verschiedene TWD-Systeme im nächsten Kapitel

TWD II – Ansichten

In der Baupraxis wird die Transparente Wärmedämmung noch nicht häufig eingesetzt. Dennoch gibt es neben vielen Demonstrationsgebäuden auch viele unterschiedliche Systeme am Markt. Im Folgenden werden einige beispielhafte Systeme vorgestellt.

Das StoSolar Fassadenelement ist ein transparentes Wärmedämm-Verbundsystem mit einer putzartigen Oberfläche. Es wird auf das Mauerwerk geklebt und fugenlos an das umgebende konventionelle Wärmedämm-Verbundsystem angeschlossen.



Fassadenelement als transparentes Wärmedämm-Verbundsystem mit einer putzartigen Oberfläche (Quelle: Sto AG)

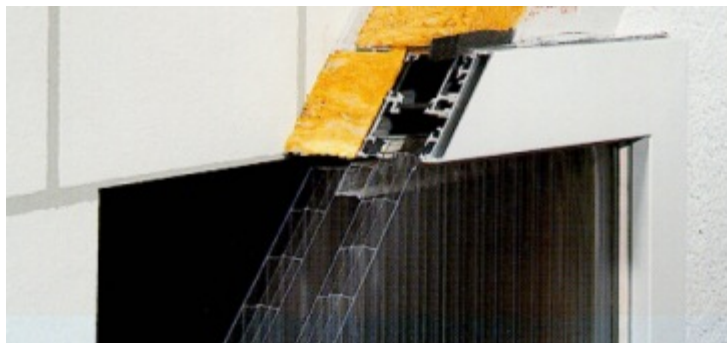
Ansichten

Kernstück des Fassadensystems von gap-solar ist eine spezielle Solarwabe, die in Form eines Panels an der Außenwand montiert wird. Außen schützt eine hinterlüftete Verglasung das System gegen Witterung. Aufgrund der Konstruktion kann u. U. auf einen sommerlichen Überhitzungsschutz verzichtet werden.



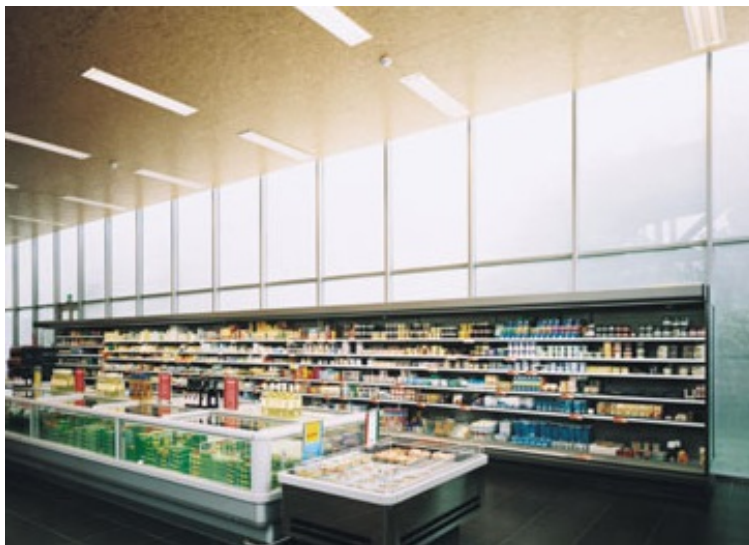
TWD-Fassade mit hinterlüfteter Verglasung (Quelle: gap-solar)

Das Unternehmen Bayer Sheet Europe bietet ein Transparentes Wärmedämmmaterial an mit absorberparallelen Strukturen – unter Verwendung von zwei Makrolon-Vierfach-Stegplatten. Das System ist direkt ohne weitere Abdeckung in die Fassade integrierbar. Aufgrund der speziellen Struktur kann u. U. auf einen sommerlichen Überhitzungsschutz verzichtet werden (www.bayersheeteurope.com).



TWD-System, das ohne weitere Abdeckung in die Fassade integrierbar ist (Quelle: Bayer Sheet Europe)

Die Fa. Okalux bietet ein transluzentes TWD-System an: Kapilux ist ein Isolierglas mit integrierter Kapillarplatte. Mit ihrer vorwärtsgerichteten Lichtstreuung wird neben der Wärmedämmung auch die Tageslicht-Ausleuchtung in die Raumtiefe verbessert. Das Produkt kann wie herkömmliches Isolierglas eingebaut werden.



Isolierglas Kapilux als transluzente Solar-Licht-Wand (Quelle: Okalux)

Wann lohnt sich TWD?

Die transparente Wärmedämmung ist unter geeigneten Voraussetzungen in Alt- und Neubau einsetzbar. Ausreichende Energiegewinne lassen sich nur bei einer ungefähren Südorientierung der Fassade erzielen (von Südost bis Südwest). Einschränkend gilt, dass sich die solare Wärme nur bei ausgewählten Gebäuden und Nutzungsformen sinnvoll nutzen lässt, denn prinzipbedingt wird die Wärme erst mit einer Zeitverschiebung von etwa 6-8 Stunden im Raum hinter der TWD-Fassade wirksam. Die Kosten liegen im Bereich von 200 bis 1.000 Euro pro m², je nach System und je nach Aufwand für Planung, Sonnenschutz und individuelle Anpassungsleistungen. Interessant ist die transparente Wärmedämmung in Verbindung mit Systemen zur Tageslichtnutzung. So z. B. transluzente Wandelemente oder Verglasungen, die zur Tageslichtversorgung von Sporthallen, Gewerbe- und Industriebauten und Treppenhäusern eingesetzt werden und Wärme und Licht zugleich liefern.

Infos

+ [BINE-Informationspaket „Transparente Wärmedämmung“](#)

+ Innovative Energie-Projekte: [Low Energy Office Köln](#), u. a. Verwendung von 1,4 m² TWD-Fassadenheizung pro Büro auf der Südseite

+ Innovative Energie-Projekte: [Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg](#), u. a. Verwendung von Licht streuenden Oberlichtern aus TWD

Links

+ [Fachverband TWD e.V.](#)

+ [Bayer Sheet Europe GmbH](#), Darmstadt

+ [Cabot Nanogel GmbH](#), Halsteren, Niederlande

+ [gap-solar GmbH](#), Perg, Österreich

+ [Glasfabrik Lamberts GmbH & Co KG](#), Wunsiedel-Holenbrunn

+ [Okalux GmbH](#), Marktheidenfeld-Altfield

+ [Sto AG](#), Stühlingen

EC & Co. –Sonnenschutz nach Bedarf ... lesen Sie weiter im nächsten Kapitel

EC & Co. – Sonnenschutz nach Bedarf

Kurzinfo: Sonnenschutz und vielleicht auch Blendschutz auf Knopfdruck, ohne mechanische Systeme – das ist eine verlockende Vorstellung für Planer, Architekten und Investoren und verspricht einen milliardenschweren Markt. Die Technologien schalt- und regelbarer Verglasungen haben teils einen beachtlichen Reifegrad erreicht. Doch die Unternehmen zögern mit der Markteinführung: Entweder geht es hierbei um Kosten oder um technologische Probleme. So haben die Unternehmen die Markteinführung erst einmal auf Eis gelegt. Doch Forschung und Entwicklung gehen in eine neue Runde.



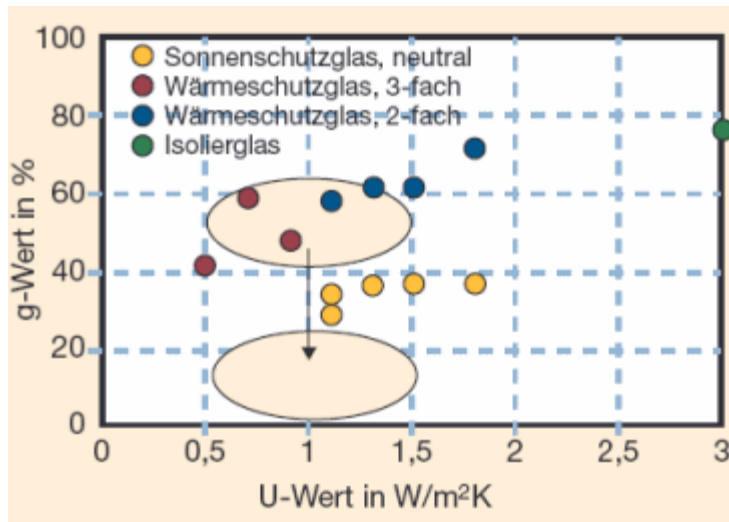
Thermotrope Verglasung in Modellraum (Fotos: H. Hartwig, TU München)

Mit einer konsequenten Tageslichtplanung kann der Energiebedarf von tagsüber genutzten Gebäuden deutlich verringert werden. Jedoch kommt es zugleich darauf an, Überhitzung und Blendung zu vermeiden. Mit schaltbaren Schichten kann – im Gegensatz zum herkömmlichen Sonnenschutz – der Strahlungsenergie- und Lichtfluss direkt in der Verglasung den klimatischen und nutzungsbedingten Anforderungen dynamisch angepasst werden.

Verschattungseinrichtung oder absorbierende Schicht?

Bislang werden zur Begrenzung des solaren Energieeintrages Sonnenschutzverglasungen oder feststehende bzw. bewegliche Verschattungseinrichtungen eingesetzt. Bei Sonnenschutzverglasungen sorgen Beschichtungen auf der Glasoberfläche dafür, dass viel sichtbares Licht, aber nur ein geringer Anteil der Energie im restlichen Sonnenspektrum ins Gebäude gelangt (Selektivität). Diese Beschichtungen sind zu allen Jahreszeiten praktisch gleichmäßig wirksam, verhindern also im Winter die Nutzung solarer Wärmegewinne. Und im Sommer reicht der Sonnenschutz der Verglasung bei starker Sonneneinstrahlung nicht aus, er muss meist durch weitere Maßnahmen ergänzt werden.

Mechanische Verschattungseinrichtungen wie Jalousien, Raffstores oder Markisen erlauben eine bedarfsgerechte Regelung von Licht- und Wärmeeintrag ins Gebäude zu moderaten Kosten. Die beweglichen Teile sind jedoch anfällig für Störungen. Schaltbare Verglasungen, die ihre optischen Eigenschaften "auf Knopfdruck" (aktive Systeme) oder „selbsttätig“ (reaktive Systeme) ändern, haben das Potenzial, die genannten Nachteile der heute gängigen Systeme zu überwinden. In der unten stehenden Abbildung markieren die Ellipsen den Schalteffekt in den Bereichen, die durch Verglasungen mit veränderlichem Transmissionsgrad erschlossen werden sollen. Bei guter Wärmedämmung, d. h. geringem U-Wert, soll der Gesamtenergiedurchlassgrad g in einem möglichst weiten Bereich geschaltet oder variiert werden können.



Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) und Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) typischer Verglasungen – Schaltbare Verglasungen im Kontext von marktgängigen Verglasungen. Quelle: Fraunhofer ISE

System	Gesamtenergie-durchlassgrad g
	hell / abgedunkel
außenliegende Jalousien oder Markisen bei	
Sonnenschutzverglasung	0,36 / 0,13
Wärmeschutzverglasung	0,58 / 0,20
zwischen den Scheiben liegende Jalousien oder Rollos	
Sonnenschutzverglasung	0,36 / 0,18
Wärmeschutzverglasung	0,58 / 0,29 ... 0,65 / 0,07
innenliegende Jalousien oder Rollos	
Sonnenschutzverglasung	0,36 / 0,29
Wärmeschutzverglasung	0,58 / 0,46
Schaltbare Verglasungen	
Elektrochrome Verglasung	0,36 / 0,12
Gaschrome Verglasung	0,50 / 0,15
Thermotrope Verglasung	0,48 / 0,15
Photochrome Verglasung	0,60 / 0,04 ... 0,40 / 0,01

Exemplarische Kennwerte verschiedener Sonnenschutzsysteme (Quelle: Fraunhofer ISE)

Insgesamt erweitern schaltbare Verglasungen den gestalterischen Spielraum von Architekten, weil verglaste Flächen jetzt auch ohne beweglichen oder feststehenden Sonnenschutz realisierbar sind – ohne dass der Kühlenergiebedarf des Gebäudes merklich ansteigt.

Das aktive Schalten der elektrochromen bzw. gaschromen Schichtsysteme kann entweder manuell oder automatisch in Abhängigkeit von der Einstrahlung auf die Fassade bzw. der Raumtemperatur erfolgen. Eine stufenlose Regelung ist ebenfalls möglich. Dagegen bestechen thermotrope und photochrome Systeme durch ihre völlige „Autarkie“, wobei die Schalttemperatur mit der Fertigung festgelegt wird und später keine Änderung dieser Schalteigenschaft mehr möglich ist.

Je nach Art der Aktivierung der optischen Schaltung oder nach deren Aufbau unterscheidet man folgende schaltbare Schichten:

Elektrochrome Schichten:

Prinzip: Schaltung in Form einer Abdunklung (Blaufärbung) durch einen elektrischen Strom, der Endzustand ist stromlos. Die Transmission lässt sich stufenlos verändern, die Durchsicht bleibt dabei immer erhalten. Elektrochrome Verglasungen können also in allen Fassadenbereichen eingesetzt werden – bei direktem Sonnenlicht gibt es allerdings keinen sicheren Blendschutz, eine mögliche Blendung wird bloß stark reduziert. Die Anforderungen an den Sonnenschutz dagegen werden voll erfüllt.

Status: In Deutschland wurden elektrochrome Verglasungen an ausgewählten Pilotfassaden getestet. Eine Markteinführung ist jedoch in absehbarer Zeit nicht zu erwarten, da die an den Forschungsprojekten beteiligten Unternehmen die Vermarktung nicht starten wollen oder technologisch noch nicht soweit sind.

Gaschrome oder hydrochrome Schichten:

Prinzip: Schaltung in Form einer Abdunklung (Blaufärbung) durch Kontakt mit einem Gas. Die gaschromen Schichten zeigen die charakteristisch tiefblaue Färbung im abgedunkelten Zustand – die Durchsicht bleibt erhalten. Die Einfärbung erfolgt durch eine Einlagerung von Wasserstoffgas. Der Wasserstoff wird zunächst durch eine Katalysatorschicht verfügbar gemacht und kann dann in die poröse Wolframoxidschicht eindringen. Die Transmission der gaschromen Verglasung wird mit der Wasserstoffkonzentration im Gasspalt einer Verbundscheibe gezielt beeinflusst. Entfärbt wird durch Überströmen der aktiven Schicht mit Sauerstoff. Die Elektronik steuert die erforderliche Gaskonzentration entsprechend den Anforderungen der Nutzer oder der Gebäudeleittechnik. Je nach Gasversorgungssystem können Verglasungsflächen von bis zu 10 m² geschaltet werden.



Gaschrome Verglasung in verschiedenen Schaltzuständen. Jeweils rechtes Element: unbeschichtete Standardverglasung. Element links oben: gaschrome Verglasung im gefärbten Zustand. Element links unten: gaschrome Verglasung (links) gebleicht, (mitte) teilweise eingefärbt, (rechts) stark eingefärbt. Quelle: Fraunhofer ISE / Interpane E&B mbH

Status: Bislang wurden Scheiben bis zur Größe 1,5 x 1,8 m² realisiert. Erste Pilotfassaden mit gaschromen Verglasungen wurden gebaut und getestet. Das beteiligte Unternehmen hat die Markteinführung jedoch erst einmal abgesagt: Wirtschaftliche und technologische Risiken seien zu groß.

Photochrome Schichten:

Prinzip: Schaltung in Form einer Abdunklung durch Bestrahlung. Photochrome Gläser oder Kunststoffscheiben finden sich z. B. in selbsttönenden Sonnenbrillen. Unter Sonnenlichteinfall dunkeln diese Gläser in den Farben grau oder braun ein, bleiben jedoch durchsichtig.

Photochrome Systeme schalten vollkommen selbsttätig. Sie sind nur bedingt als Sonnenschutzsysteme geeignet, weil sie auch bei hoher Einstrahlung im Winter schalten. Naheliegender ist dagegen deren Einsatz als Blendschutz.

Status: Verschiedene Umstände verhinderten bislang den Einsatz großformatiger Gläser in der Architektur: Starke Temperaturabhängigkeit der Ein- bzw. Entfärbung, mangelnde Langzeitstabilität, hoher Absorptionsgrad im abgedunkelten Zustand und hohe Preise. Status der Neuentwicklung auf Basis einer elektrochromen Schicht mit elektrochemischer Solarzelle, jedoch wesentlich einfacherer Schichtaufbau als bei photoelektrochromen

Schichten (siehe unten): Prototypen ca. 10x10 cm². Marktverfügbare Verglasungsprodukte sind mittelfristig noch nicht zu erwarten.

Photoelektrochrome Schichten:

Prinzip: In photoelektrochromen Schichten werden die Wirkungsmechanismen einer elektrochromen Schicht mit einer elektrochemischen Solarzelle kombiniert. Über einen externen Stromkreis wird die Schicht geschaltet: Ist der externe Stromkreis geöffnet, so färbt sich die Schicht unter Bestrahlung. Die Blaufärbung des Wolframoxid bleibt erhalten, solange der Schalter geöffnet bleibt. Wird der externe Stromkreis später geschlossen, so entfärbt sich die Schicht. Es wird zur Schaltung also keine externe Strom- bzw. Spannungsversorgung benötigt. Die Einfärbezeit ist flächenunabhängig und nicht – wie bei elektrochromen Systemen – durch die begrenzte Leitfähigkeit der transparenten Elektroden eingeschränkt. Vorteilhaft im Winter: Ein unerwünschtes Abdunkeln der Verglasung kann durch Schließen des Stromkreises unterbunden werden.

Status: Es wird derzeit daran gearbeitet, photoelektrochrome Schichten großformatig zu realisieren und deren Langzeitstabilität zu verbessern. Marktverfügbare Verglasungsprodukte sind mittelfristig noch nicht zu erwarten.

Thermochrome Schichten:

Prinzip: Thermochrome Schichten wechseln ihre Farbe, wenn ihre Temperatur einen bestimmten Wert übersteigt. Vanadiumoxid ist das Material, dem das größte Potential zugemessen wird. In dünnen Schichten aufgetragen geht Vanadiumoxid bei etwa 68°C von dem metallischen in den Halbleiter-Zustand über. Zugleich ändern sich die optischen Eigenschaften signifikant. Dies wirkt sich am stärksten auf den infraroten Spektralbereich aus, während sich die Transmission für sichtbares Licht nur wenig ändert. Unterhalb etwa 500 nm absorbieren die Schichten stark bei entsprechend sehr geringer Transmission. Im sichtbaren Spektralbereich kann damit in beiden Schaltzuständen insgesamt wenig Licht die Schicht durchdringen.

Status: Derzeit wird an Schichten mit geringeren Schalttemperaturen und günstigeren Schalteigenschaften gearbeitet. Produkte für die Anwendung in Gebäudeverglasungen sind aber derzeit nicht absehbar, eine Eignung als schaltbare Sonnenschutzverglasung ist umstritten.

Thermotrope Schichten:

Prinzip: Thermotrope Schichten schalten selbsttätig von einem klaren in einen stark streuenden, weiß eingetrübten Zustand. Die Lichtstreuung im geschalteten Zustand rührt von Teilchen oder Domänen her, deren Brechungsindex sich von ihrer Umgebung unterscheidet. Analog zu den in der Milch fein verteilten Fetttropfchen, verursachen die Domänen in thermotropen Schichten eine starke Mehrfachstreuung und damit diffuse Transmission von Licht sowie die weiße Farbe. Thermotrope Schichten sind für die Sonnenschutzverglasung geeignet.

Aufgrund fehlender Durchsicht im geschalteten Zustand eignen sich thermotrope Schichten besonders für den Einsatz im Oberlichtbereich oder für eine Integration in dauerhaft lichtstreuende Verglasungen.

Status: Im Sommer 2002 wurden erste Pilotfassaden mit thermotropen Verglasungen ausgerüstet. Die Markteinführung für thermotrope Verglasungen steht weiterhin aus.

Zukunftsmusik

Seit einigen Jahren werden Systeme untersucht, in denen eine Reflektorstruktur das einfallende Licht je nach Einfallswinkel gezielt umlenkt oder reflektiert. Die Mikrostruktur kann in den Glasverbund integriert und mit schaltbaren Schichten kombiniert werden. Das macht die Verglasung in der Anwendung flexibler. Auch kann damit ein ausreichender Blendschutz gewährleistet werden.

Im dem vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme koordinierten Forschungsprojekt MIKROFUN I konnten die Strukturen per Interferenzlithografie auf Flächen von bis zu 375mm x 375mm homogen generiert werden. Ebenso wurde die Realisierbarkeit von teilflächig beschichteten Mikrostrukturen gezeigt, wobei sowohl statische wie auch optisch schaltbare Beschichtungen getestet wurden. In der jetzigen zweiten Phase (MIKROFUN II) sollen ausgewählte Konzepte in enger Zusammenarbeit mit der Industrie in konkrete Produkte umgesetzt werden. Bei allem Optimismus: Mit entsprechenden Architekturglasprodukten ist in naher Zukunft erst einmal nicht zu rechnen.

Infos

[BINE-Themen-Info „Schaltbare und regelbare Verglasungen“ I/2002](#)

Innovative Energie-Projekte: [Neubau Fraunhofer ISE, Freiburg](#) – Einsatz gaschromer Verglasung zu Testzwecken

Links

Forschung an innovativen Sonnen- und Blendschutztechnologien (Projekt MIKROFUN u. a.): [Fraunhofer ISE, Freiburg](#)

Entwicklung elektrochromer Verglasung: [Gesimat GmbH, Berlin](#)

Infoline Sonnenschutz bei baunetz.de

[Weitere Links und Downloads zum Thema](#) ... finden Sie im folgenden Kapitel

Impressum ++ Links



Herausgeber

Fachinformationszentrum Karlsruhe GmbH

BINE Informationsdienst, Bonn

Autor

Johannes Lang

++ Links ++

[Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit \(BMWA\)](#)

[Projektträger Jülich \(PTJ\)](#)

[Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme \(ISE\)](#)

[Fraunhofer-Institut für Bauphysik \(IBP\)](#)