

## **Zukunftsweisende Baumodule**

Armin Binz

**Am Beispiel der Aussenwand kann schön gezeigt werden, wie neue Bautechnologien die Architektur beeinflussen und diese wiederum Auslöser für bautechnologische Neuentwicklungen ist. Der sich stetig verbessernde Wärmeschutz hat zum Bedürfnis nach Hochleistungs-dämmstoffen wie Vakuum-Isolationen oder anderen schlanken, hochdämmenden Wandkonstruktionen wie Solarfassaden geführt. Das Auftauchen der modernen Wärmeschutzverglasungen hat die Epoche einer eigentlichen Glasarchitektur ausgelöst – mit vielen neuen Problemen und Herausforderungen bauphysikalischer und statischer Natur.**

### **Neue Bautechnologien für die Aussenwand**

Neue Bautechnologien entstehen aufgrund verschiedener treibender Kräfte. Nebst dem immer wirksamen Druck zur ökonomischen Rationalisierung sind es vor allem neue materialtechnologische Eigenschaften, welche neue Bautechnologien ermöglichen sowie veränderte Bedürfnisse, die sich aus übergeordneten Trends ergeben. Wobei sich diese Entwicklungen gegenseitig beeinflussen und vorantreiben. Am Beispiel der Aussenwand kann gezeigt werden, dass der relativ konstante Trend zu energieeffizientem Bauen in den letzten 25 Jahren den Nährboden für material- und bautechnologische Neuerungen gebildet hat, welche erneut verbesserte Möglichkeiten des Bauens geschaffen haben, verbunden mit wiederum neuen Herausforderungen an die Bauelemente- und Bausystem-Produzenten.

### **Vakuum-Isolationen für schlanke Aussenwände**

Die erforderlich Dämmstärke in Aussenwandkonstruktionen stieg seit Mitte der siebziger Jahre von 4 auf etwa 12 cm an. Pioniere des energieeffizienten Bauens begannen in den achtziger Jahren mit Wärmedämmungen von über 15 cm Dicke und mit der Schaffung des MINERGIE-Standards wurden Dämmstärken von 18 bis 20 cm offiziell als wünschenswert und betriebswirtschaftlich vernünftig ausgezeichnet. Mit dem MINERGIE-P-Standard, der schweizerischen Formulierung des Passivhausstandards, ist es für die Pioniere des energieeffizienten Bauens klar geworden, dass Dämmstärken in der Größenordnung von 30 cm angezeigt sind. Damit wurde die Leistungsfähigkeit herkömmlicher Dämmstoffe erstmals als unbefriedigend wahrgenommen. Zwölf mal leistungsfähiger als Backstein, wurden über drei Jahrzehnte alle möglichen Eigenschaften der Dämmstoffe optimiert und speziellen Bedürfnissen angepasst, jedoch nicht ihre Dämmfähigkeit.

Die konstruktive und architektonische Bewältigung von 20 bis 30 cm dicken Dämmsschichten ist schwierig. Ein Lösungsweg, der eingeschlagen wurde, ist die Entwicklung von Vakuum-Isolationen. Vakuum-Isolations-Panel (VIP) bestehen im Wesentlichen aus einem Kernmaterial, welches in einer Vakuumkammer in eine hoch gasdichte Hüllfolie eingeschweißt wird. Das Vakuum spielt dabei die Schlüsselrolle, denn die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes wird massgeblich durch die Wärmeleitung des eingeschlossenen Gases bestimmt. Durch die Evakuierung wird diese Gasleitung unterbunden.

Für den Baubereich am besten als Kernmaterial geeignet ist Kieselsäure, ein mineralisches, nanoporöses Pulver, das bereits bei Normaldruck sehr gute Wärmeleitfähigkeitswerte von nur  $0.018 \text{ W}/(\text{m K})$  aufweist. Da dies doppelt so gut wie Mineralwolle oder Polystyrol ist, wird selbst bei Verlust des Vakuums immer noch eine relativ gute Dämmwirkung erzielt. Ein für den Baubereich nicht zu unterschätzender Vorteil dieses Produktes liegt in der Nichtbrennbarkeit und in der Möglichkeit, Formstücke herzustellen. Je kleiner die Poren sind, desto geringer muss der Unterdruck sein, um die Wärmeleitung durch das eingeschlossene Gas zu unterbinden. Dank der Nanoporosität des Materials bestehen deshalb relativ geringe Anforderungen an das Vakuum, so dass mit einer hohen Lebenserwartung gerechnet werden kann.

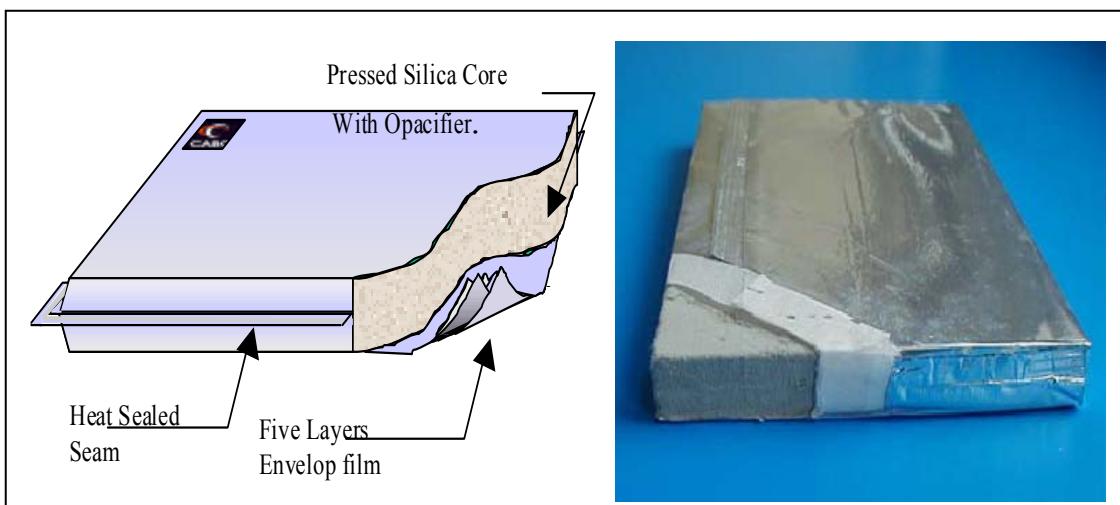


Abb. 1: Vakuum-Isolations-Panel (VIP) bestehen aus einem nanoporösen Kern, welcher im Vakuum in eine gasdichte Verbundfolie eingeschweißt wird (links: Cabot, rechts: Va-Q-tec).

Derzeit werden auf dem Schweizer Markt drei verschiedene Produkte von VIP angeboten (Informationen dazu sind zu finden auf [www.vip-bau.ch](http://www.vip-bau.ch), der Website des vom Bundesamt für Energie finanzierten IEA-Projektes „Vakuum-Dämmung für den Baubereich“).



Abb. 2: *Vakuum-Isolations-Panel (VIP), hier eingesetzt als Innendämmung bei einer Altbausanierung der Architekten Viriden und Partner in Zürich.*

VIP werden heute vor allem direkt auf der Baustelle in die Konstruktion eingebaut. Mit Abstand am häufigsten werden Flachdachterrassen mit VIP ausgerüstet. Es ist damit auf einfache Art möglich, eine unangenehm hohe Stufe zwischen Innenraum und Terrasse zu vermeiden.

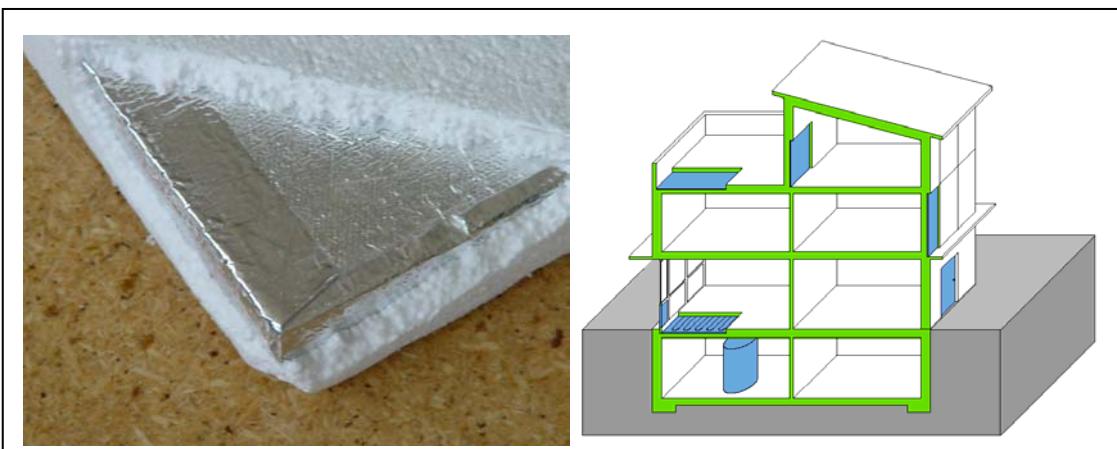


Abb. 3: *Vakuum-Isolationen sind relativ teuer und verletzlich. Sie müssen in der richtigen Art am richtigen Ort eingesetzt werden.*

Es ist zu hoffen, dass längerfristig auch vermehrt Bauprodukte und –systeme mit integrierten VIP auf den Markt gelangen. Die Verarbeitung von VIP in der geschützten Atmosphäre eines Produktionsbetriebes würde der mechanischen Verletzlichkeit eher Rechnung tragen, als die rauen Sitten auf der Baustelle.

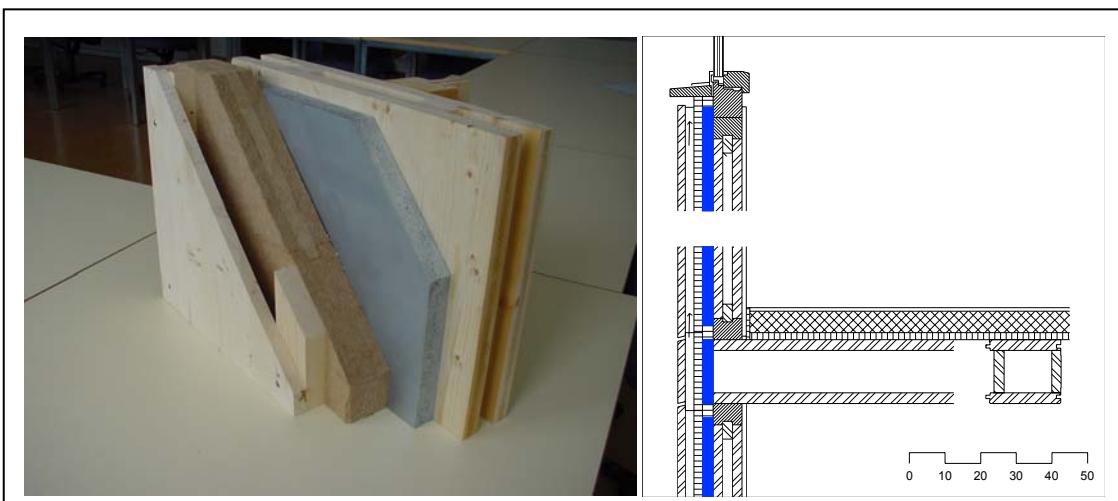


Abb. 4: *Vakuum-Isolations-Panel für eine hochdämmendes vorfabriziertes Holzbausystem mit schlanken Wandstärken (Hürzeler Holzbau).*

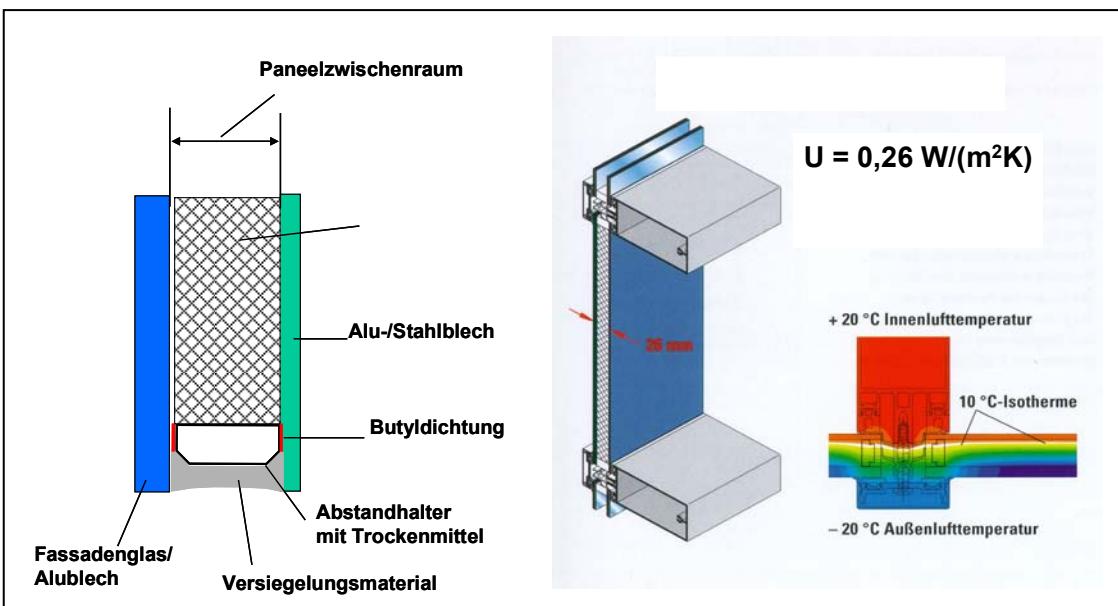


Abb. 5: *Schüco VacuTherm. Ein Fassadensystem mit VIP in den Brüstungspanel.*

Neben den „folienumhüllten“ VIP gibt es von Lambdasafe GmbH (früher Thyssen Vakuumtechnik) Vakuum-Bauplatten als evakuierte Edelstahlkassetten, ebenfalls mit Kieselsäure als Kernmaterial. Diese Bauplatten können sehr grossflächig hergestellt werden (bis zu drei mal acht Meter) und sind sehr dicht und robust.

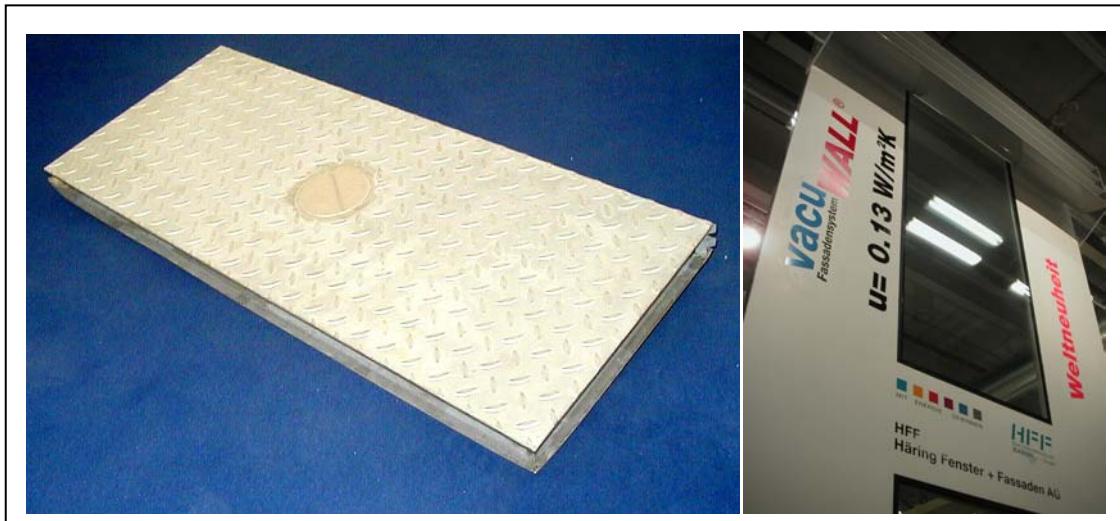


Abb. 6: Lambdasafe, Vakuum-Isolations-Panel als Chromstahl-Gebäudehüll-Element (Härting AG, Pratteln).

### Nachhaltige Glasarchitektur?

Während bei der opaken Außenwand sich zuerst das Problem manifestierte, dass nämlich die Wände wegen der zunehmenden Dämmung immer dicker und unhandlicher für Planung und Ausführung wurden, veränderte sich der transparente Teil der Außenwand nachhaltig infolge der Einführung einer neuen Technologie, nämlich der modernen Wärmeschutzgläser. Infrarotverspiegelte, spezialgasgefüllte Verglasungen reduzierten die Wärmeverluste der transparenten Partien der Gebäudehülle um einen Faktor drei. Damit wurden Lösungswege des energieeffizienten Bauens der achtziger Jahre, wie etwa Luft- und Fensterkollektorfassaden, obsolet. Vor allem aber wurde eine ganz andere Art von Architektur möglich. Außenwände mit dem technisch maximalen Glasflächenanteil wurden technisch-bauphysikalisch machbar und gesetzeskonform realisierbar. Damit veränderte sich allerdings nicht nur die Architektur grundlegend. Auch das energetische Geschehen eines vollverglasten Gebäudes ist prinzipiell anders und beeinflusst überdies die Komfortfaktoren massgeblich, nebst Tageslichbeleuchtung insbesondere die thermische Behaglichkeit – nicht nur im Winter, sondern fast noch mehr im Sommer. Die Architektenchaft hat die neue Freiheit, fast beliebige grosse Glasanteile in der Gebäudehülle wählen zu können, enthusiastisch angenommen. Dass Glasgebäude physikalisch sehr komplex sind und dass tiefer Energiebedarf und guter Komfort nur erreicht werden, wenn eine sorgfältige Planung erfolgt, wird bis heute zuweilen ignoriert. Mit der Folge, dass Glasbauten entstanden, die nur mit unsinnig hohem Energieverbrauch betrieben werden können und selbst dann kein befriedigender Nutzerkomfort erzielt werden kann.

Die Problemlage vollverglaste Bauten hat verschiedene technische Entwicklungen induziert, die interessant sind, deren Erfolgs-Chancen aber derzeit unterschiedlich sind. Als sicherer Wert gilt die Weiterentwicklung der Verglasungen selbst. Mit weiter verbesserten Beschichtungen und mit dem

Einsetzen von infrarotverspiegelten Folien wird es möglich sein, U-Werte unter  $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu erreichen. Da die Strahlungsdurchlässigkeit dabei trotzdem nicht (oder nicht wesentlich) unter 50% fallen wird, werden diese Verglasungen bei praktisch allen Lichtverhältnissen eine positive Wärmebilanz an durchschnittlichen Wintertagen haben. Damit werden Glasfassaden zu einer Art Lichtheizung: Das normale Tageslicht trägt schon einen grossen Teil der Heizlast. Wegen des guten Dämmwertes wird auch das Strahlungsklima hinter vollverglasten Fassaden behaglicher werden. Je mehr sich der Dämmwert der verglasten Fassaden demjenigen moderner opaker Außenwandkonstruktionen nähert, desto einfacher werden die energetischen, aber auch komfortmässigen Probleme lösen lassen.

Mit der Entwicklung der modernen Wärmeschutzverglasungen wurden die Rahmenpartien von Fenstern und Fassaden plötzlich zu krassten Schwachstellen der Gebäudehülle. Erst in den letzten Jahren sind in diesem Bereich wirklich Fortschritte gemacht worden. Auslöser war die explizite Thematisierung dieses Problems durch das Passivhausinstitut, das die Forderung an die Fensterhersteller richtete, Fensterrahmen mit U-Werten unter  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzubieten, den Rahmen-U-Wert also fast zu halbieren. Heute sind tatsächlich über dreissig sogenannte Passivhausfenster mit diesen Qualitäten erhältlich. Interessanterweise ist in der Schweiz eine Alternative zu diesen gut gedämmten, aber etwas klobigen Fenstern entstanden: Eine drastische Minimierung des Rahmenanteils soll es ermöglichen, auch etwas schlechtere U-Werte weiterhin in Kauf nehmen zu können. Das Problem des Fensterrahmens illustriert auch schön, dass modernes energieeffizientes Bauen davon lebt, dass integrierte Lösungen erdacht werden und nicht nur die Bauteile selbst optimiert werden. Bei vielen neueren MINERGIE-P-Bauten sind die Fenster bzw. ihre Rahmen dermassen in die Wandkonstruktion eingebettet, dass sie fast völlig von der Dämmsschicht der Wand abgedeckt werden, so dass der Rahmen-U-Wert an Bedeutung verliert.

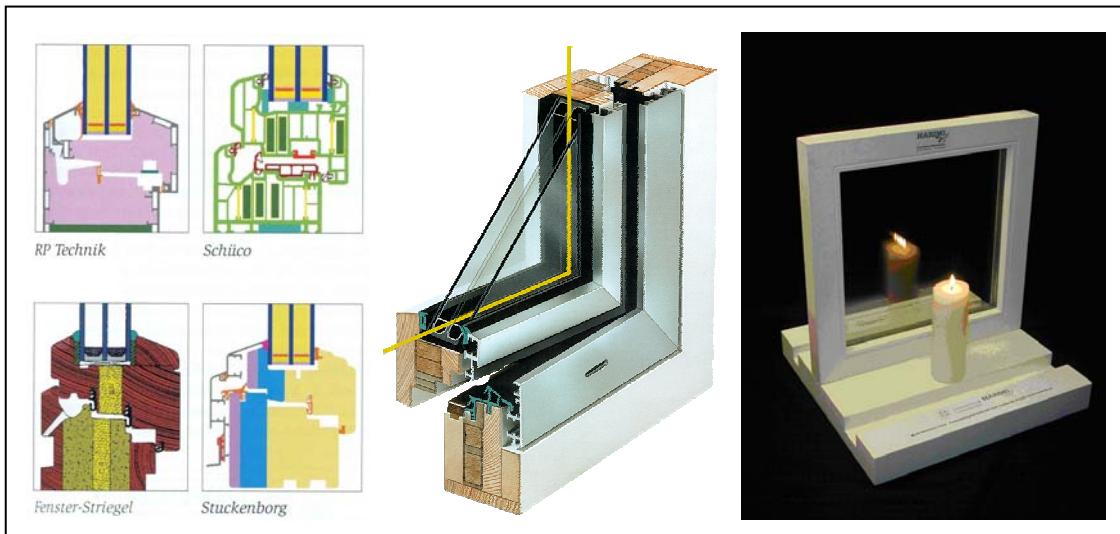


Abb. 7: Mehrfolienverbund-Verglasung (Häring AG) und Fensterrahmenkonstruktionen mit U-Werten unter  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (Passivhausinstitut Darmstadt)

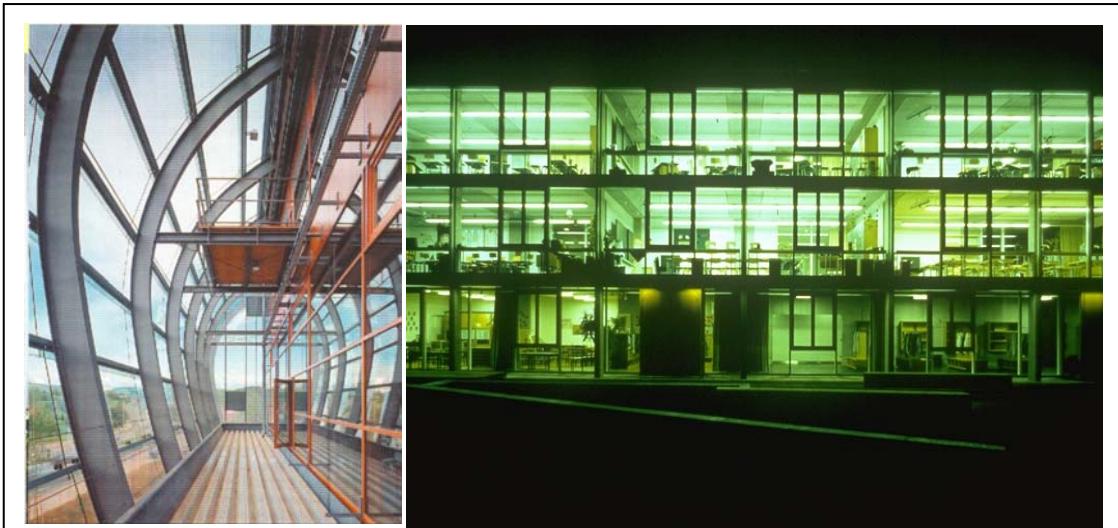


Abb. 8: Vollverglaste Fassaden vor Pufferzonen und direkt vor Wohn- und Arbeitsräumen (links: Krystaltech Reutlingen, Wulf & Ass.; rechts: Bearth und Deplazes, Chur, Häring AG)

Bei hohen Verglasungsanteilen an der Fassade wird die sommerliche Sonneneinstrahlung zum doppelten Problem: Einerseits wird es schwierig einen guten thermischen Komfort sicherzustellen und andererseits droht der Energieverbrauch für die Kühlung masslos anzusteigen. Im Bereich Sonnenschutz für vollverglaste Fassaden wird deshalb intensiv geforscht und entwickelt. Ein Beispiel dafür sind die schaltbaren und adaptiven Verglasungen, welche es erlauben, die Strahlungsdurchlässigkeit der Verglasung selbst zu verändern und den jeweiligen Bedürfnissen anzupassen.

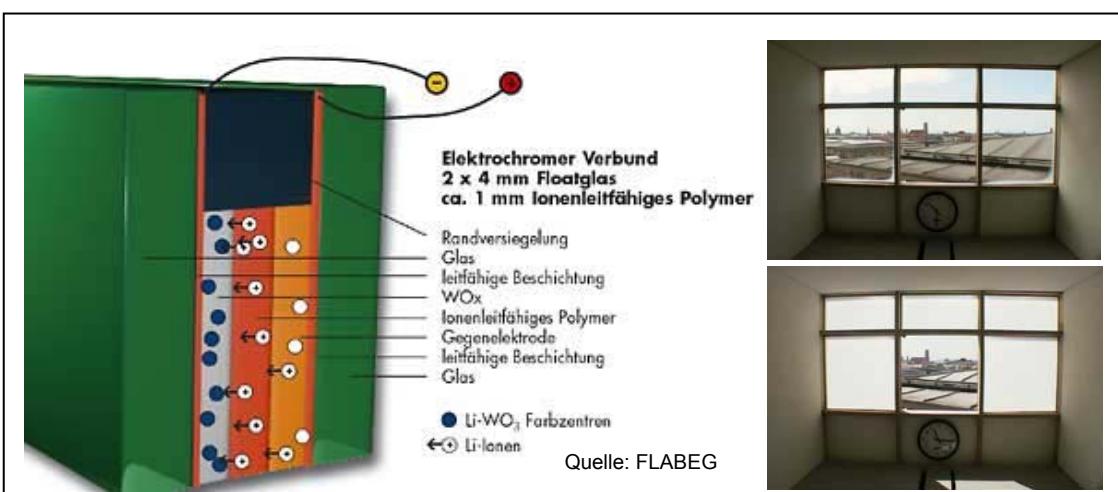


Abb. 9: Elektrochrome Gläser: Strahlungsdurchlässigkeit mittels Anlegen einer elektrischen Spannung regulierbar (Quellen: FLABEG, Hartwig, TU München)

Doppelfassaden bieten interessante Möglichkeiten, optimale (auch dauerhafte, weil vor der Witterung geschützte) Sonnenschutzeinrichtungen einzubauen, evtl. mit Tagelslicht-Elementen zu kombinieren und evtl. besonders energieeffiziente Lüftungssysteme damit zu verbinden.



Abb. 10: Beispiel einer Doppelfassade (Verwaltungsgebäude Deutscher Ring, Hamburg; Quelle: Blumenberg, Spinnler, TU München).

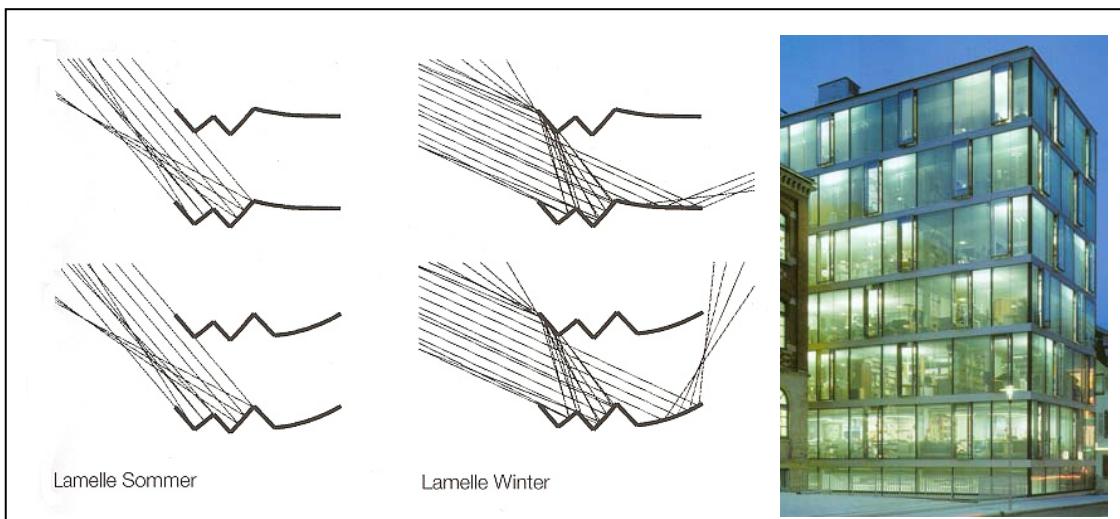


Abb. 11: Retroreflexionslamellen der Firma Köster AG, eingesetzt am Landesdenkmalamt Esslingen

Solarfassaden schliesslich sind ein weiterer Ansatz, optimalen Wärmeschutz mit schlanken Fassaden zu verbinden. Die vorgehängte Verglasung schafft gewissermassen ein Mittelmeerklima an der Fassadenaußenseite, so dass auch ein dünner, konventioneller Wärmeschutz genügt, um die Wärmeverluste vernachlässigbar klein werden zu lassen.



Abb. 12: Solarfassade vom Typ LUCIDO, eingesetzt an einem Mehrfamilienhaus in Wil SG.

Ein zusätzlicher Energiegewinn wird erreicht, wenn die eingestrahlte Sonnenenergie noch gespeichert werden kann, wie etwa bei der Latentspeicherfassade von D. Schwarz/INGLAS.

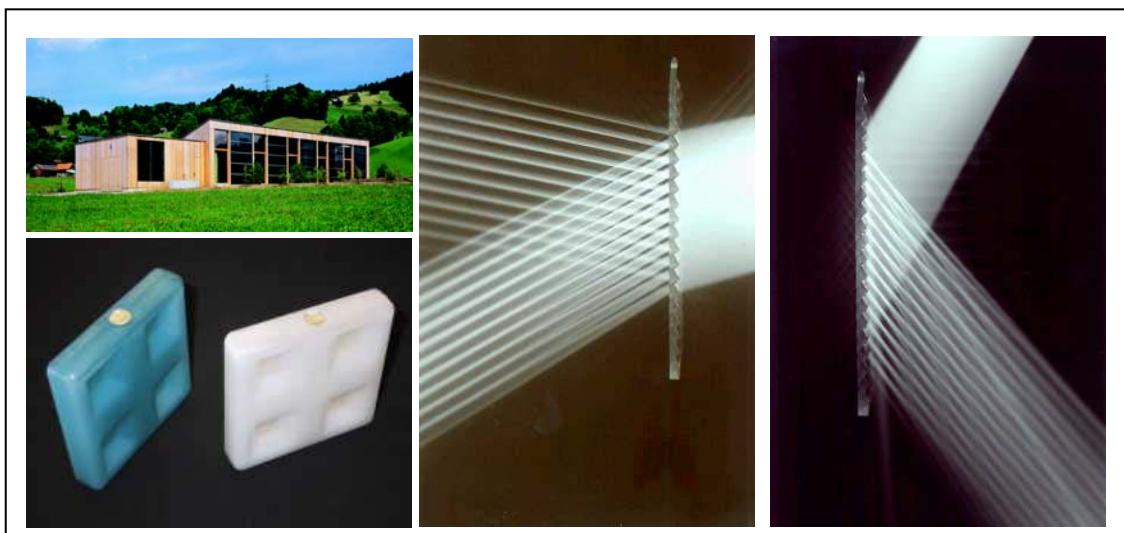


Abb. 13: Latentspeicher-Solarfassade des Architekten D. Schwarz und der Firma INGLAS. Ein Prismenglas in der Wärmeschutzverglasung leitet die Sommersonne nach aussen, die Wintersonne an die innere, transluzente Latentspeicherwand. Die Fassade ist eingebaut in einem Einfamilienhaus in Ebnat-Kappel. (Fotos: COMET, Inglas)