

FENSTER MIT VAKUUMSPALT HÄLT KÄLTE FERN

Gute Wärmedämmung ist eine zentrale Voraussetzung für einen energieeffizienten Schweizer Gebäudepark. Wie eine gute Dämmung von Fenstern und Wänden erreicht werden kann, ist von Gebäude zu Gebäude verschieden. Bei historischen Bauten kann der Einbau von Vakuumgläsern in gut erhaltene Fensterrahmen eine bevorzugte Lösung sein. Ein BFE-Pilotprojekt mit Beteiligung mehrerer Gewerbebetriebe hat die Einsatzmöglichkeiten von Vakuumgläsern untersucht, aber auch vorgefertigte Wandelemente für Hochleistungsdämmstoffe entwickelt.

Bei Neubauten, aber auch bei Gebäudeerneuerungen, sind heute Fenster mit Dreifach-Isolierglas Stand der Technik. Sie halten die Kälte fast doppelt so gut von den Wohnräumen fern als die vormals eingebauten Zweifach-Fenster. Oder in Zahlen ausgedrückt: Heute gebräuchliche Fenster mit drei Glasscheiben haben – bezogen auf die Glasfläche – einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U) von 0.6 bis 0.5 W/m²K. Das bedeutet, dass auf einem Quadratmeter Fensterfläche pro Stunde rund 10 Wattstunden (oder 0.01 kWh) Wärme verloren gehen, wenn die Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen 20 Grad beträgt.

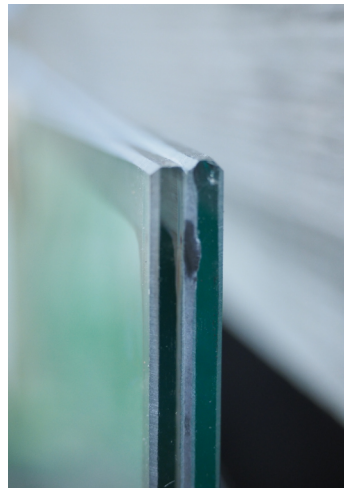


An einem denkmalgeschützten Haus in Basel wurde die energetische Sanierung der historischen Fenster evaluiert. Durch Einbau eines Vakuumisolierglases unter Erhalt der historischen Fensterrahmen kann die Wärmedämmung um einen Faktor 3 verbessert werden (Senkung des U-Werts von 4.9 auf 1.5). Foto: Martin Gruber

Scheiben mit Vakuumspalt

Dreifach-Isoliergläser bieten einen hohen Standard an Wärmedämmung. Allerdings brauchen die Gläser mit 40 bis 60 mm vergleichsweise viel Platz. Mit dieser Elementdicke passen sie in aller Regel nicht in den Rahmen eines historischen Fensters. Fenster mit drei Isoliergläsern sind auch schwer: Das beeinträchtigt ihre Bedienbarkeit, reduziert die Langlebigkeit der Beschläge und erschwert den Bau grosser Fensterflächen. Vakuumgläser, wie sie schon seit einigen Jahren auf dem Markt angeboten werden, könnten Abhilfe schaffen: Sie isolieren bisher etwa gleich gut wie Dreifach-Isoliergläser, sind aber deutlich weniger dick (im Bereich von 6 bis 12 mm) und leichter. Vakuumgläser bestehen aus zwei Glasscheiben, zwischen denen ein nur 0.2 mm breiter Zwischenraum ist. Dieser Spalt wird bei der Herstellung vakuumiert, was den Fenstern zu einer sehr guten Wärmeisolation verhilft. Silikontupfer dienen als Abstandshalter zwischen den beiden Scheiben.

Bei Verarbeitung und Anwendung von Vakuumglas herrscht in der Schweiz bisher noch wenig Erfahrung. Ein vom Bundesamt für Energie unterstütztes Pilotprojekt hat nun zusätzliches Knowhow bereitgestellt. In einem Teilprojekt entwickelte die auf Fenster- und Fassadensysteme spezialisierte Gerber-Vogt AG (Allschwil) ein besonders schlankes Schiebefenster, das mit Vakuumgläsern bestückt werden kann. Die



Ein Vakuumglas besteht aus zwei Glasplatten mit einem schmalen Zwischenraum, in dem ein wärmeisolierendes Vakuum herrscht. Abstandhalter sorgen dafür, dass der Spalt während des Vakuumierens erhalten bleibt. Der Hersteller AGC bietet für seine Vakuumfenster eine Garantie von 15 Jahren. Foto: Martin Gruber

Schiebefenster einer ersten Vorserie wurden in einem Pilot-Einfamilienhaus in Meilen (ZH) getestet und danach weiter entwickelt. Daraus ging ein Schiebefenster hervor, dessen U-Wert – bezogen auf das gesamte Fenster einschliesslich Rahmen – 0.69 W/m²K beträgt. Damit isoliert das Fenster (leicht) besser als ein gleich grosses Fenster mit Dreifach-Verglasung (U-Wert: 0.76 W/m²K).

Bei einem zweiten Teilprojekt wurden Vakuumgläser in einem Basler Altbau in gut erhaltene Fensterrahmen eingesetzt. Auch hier konnte energetisch ein ansprechendes Ergebnis erzielt werden (U-Wert für das gesamte Fenster: 1.5 W/m²K).



Das im Pilotprojekt entwickelte Schiebefenster mit Vakuumglas enthält einen im Rahmen versenkten Motor, der das Fenster ferngesteuert öffnet und schliesst. Die Gläser wurden im Rahmen des Projekts von der Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau auf Stabilität geprüft. Foto: Martin Gruber



Das von der Gerber-Vogt AG neu entwickelte Schiebefenster («Skyline») wirkt wegen seiner bloss 60 mm breiten Mittelpartie filigraner als das konventionelle Fenster (links hinten). Foto: Gerber-Vogt AG

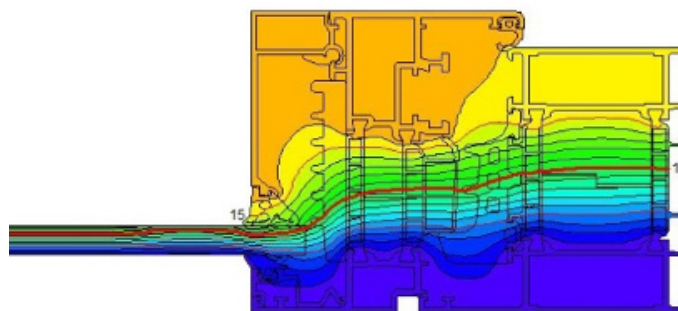
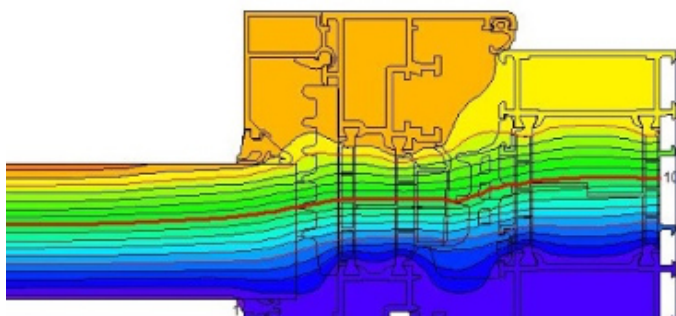
«Vakuumgläser empfehlen sich aktuell in erster Linie für die Sanierung historischer Fenster in denkmalgeschützten Gebäuden. Sie ermöglichen hier ein grosses, sofort realisierbares Energiesparpotenzial», sagt Martin Gruber, der das Projekt unter dem Dach des Gewerbeverbandes Basel-Stadt geleitet hat.

Schiebefenster für Vakuum- oder Isolierglas

Vakuumgläser werden von asiatischen Herstellern wie dem japanischen Glaskonzern AGC angeboten und neuerdings über die Tochterfirma Interpane auch in Europa produziert. Da die Gläser nicht ohne weiteres in bestehende Fensterrahmen eingesetzt werden können, müssen entsprechende Fenster neu entwickelt werden. Genau diese Möglichkeit bietet das Schiebefenster, das die Gerber-Vogt AG im Rahmen des BFE-Pilotprojekts gebaut hat: Das Fenster besteht aus einem Holz-Metall-Rahmen, wie er von vielen Architekten be-

vorzugt wird. «Wir wollten den Architekten ein Schiebefenster mit filigranem Rahmen bereitstellen, mit dem sie grossflächige Fensterbänder für Büro- und Wohngebäude, Schulen, Altersheime oder Spitäler realisieren können», sagt Michael Gerber, Geschäftsleiter der Gerber-Vogt AG. Schiebefenster haben gegenüber Fenstern mit Dreh-Kipp-Mechanismus den Vorzug, dass die Flügel nie in den Raum hineinstehen. Das macht grosse Fenster sicherer und leichter handhabbar.

Damit grosse Gläser in feinen Rahmen eingebaut werden konnten, wurden die Rahmen mit einem Kern aus Glasfaserkunststoff verstärkt. Mit einem im Rahmen verbauten Motor lassen sich die Schiebefenster automatisch öffnen und schliessen. Das erlaubt die Nachtauskühlung an heissen Sommertagen im Zuge eines automatischen Gebäudemanagements. Ein Augenmerk legten die Fensterbauer auf die Schnittstelle zwischen Glas und Rahmen. Um Wärmeverluste



Wärmebild eines Dreifach-Isolierglases (links) und eines Vakuumglases. Auf der linken Seite ist jeweils das Glas zu sehen, rechts der Rahmen. Illustration: Gerber-Vogt AG

WANDELEMENTE AUS HOCHISOLIERENDEN DÄMMSTOFFEN

Neben den mit Vakuumgläsern ausgerüsteten Fenstern wurden in einem weiteren Teilprojekt vorgefertigte Wandelemente mit hochdämmenden Aerogelmatten aus verschiedenen Materialien wie beispielsweise Kieselsäure (Siliciumdioxid) entwickelt. Diese Wandelemente sind nur halb so dick wie herkömmliche Fertigelemente in Ständerbauweise und mit Steinwolle als Dämmmaterial, verfügen aber über den gleich tiefen U-Wert ($0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$). Das Holzbauunternehmen Renggli AG (Sursee) hat die Wandelemente konzipiert und gebaut, die AGITEC AG (Dällikon/ZH) brachte ihr Knowhow zu Hochleistungs-dämmstoffen mit ein. Bei einem Einfamilienhaus in Meilen (ZH) kamen die Elemente zum Piloteinsatz: Obwohl die Wände sehr schlank sind (Isolation misst nur 10 cm), genügt das Gebäude dem hohen Minergie A-Standard.



Ein Wandelement mit Steinwollen-Dämmung (links) ist deutlich breiter als das Element mit Aerogel-Dämmung. Fotos: Martin Gruber

Eine Herausforderung des Projekts war die Suche nach geeigneten Techniken zur Verarbeitung der fragilen Dämmstoffe. Eine Lösung besteht darin, diese mittels Verklebung in einem Sandwichsystem zu befestigen und durch filigrane Stege zu versteifen (analog den Tragflächen eines Segelflugzeuges). Dieses Verfahren wurde erfolgreich mit Aerogelmatten umgesetzt, kann aber auch für andere hochisolierende Dämmstoffe wie Isopet oder Kautschuk-Aerogel angewandt werden.

Aerogel ist im Vergleich zu Konkurrenzprodukten trotz besseren Wärmedämmwerten bei vielen Anwendungen noch relativ teuer. Um die Nutzung des Dämmstoffs zu fördern, müsse die vorgängige Fertigung der Wandelemente weiter verbessert werden, betonen die Autoren der Pilotstudie. Wichtig sei eine präzise Ausführung sowohl des Gebäudekerns (Toleranz unter 2 cm) als auch der Wandelemente, die an diesen Gebäudekern angefügt werden. Unabdingbar sei eine enge Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren. BV



Produktion der vorgefertigten Wandelemente mit Aerogel-Dämmstoff (grau) im Renggli-Werk in Schötz (LU). Foto: Martin Gruber



Das Pilotheus in Meilen (ZH) hat gezeigt, dass eine ultraschlanke Gebäudehülle den Minergie-A Standard erfüllen kann: die Wände haben eine lediglich 10 cm starke Isolationsschicht aus Aerogel-Dämmstoff, und die Fenster verwenden 12 mm-Vakuumgläser. Das Haus wurde von der Dietrich Schwarz Architekten AG erbaut, die am BFE-Pilotprojekt mit beteiligt war. Foto: Martin Gruber

zu vermindern, müssen die Vakuumgläser tiefer in den Rahmen versenkt werden als bei Isoliergläsern üblich. Das liegt daran, dass die Vakuumgläser an ihrem Rand vergleichsweise schlecht isolieren. Trotz der erreichten Lösung sind hier Optimierungen wünschbar, um die Wärmedämmung bei Fenstern mit Vakuumgläsern weiter zu verbessern, wie der Schlussbericht des Projekts festhält: «Der Glas-Glas-Randverbund bleibt eine wärmetechnische Schwachstelle und muss künftig verbessert werden.». So könnte für Fenster mit Vakuumgläsern ein U-Wert für das gesamte Fenster von 0.4 W/m²K Realität werden.

Damit historische Fenster besser isolieren

Die Gerber-Vogt AG wird die neuen Schiebefenster im Jahr 2021 auf den Markt bringen. Ein Durchbruch für Vakuumgläser dürfte damit nicht automatisch einhergehen, denn die Fenster dürften vorwiegend mit Dreifach-Isolierglas bestückt werden, wie Michael Gerber erwartet, da dieses gleich gut isoliert, aber günstiger ist. Als Markt für Vakuumgläser sehen Experten denn weiterhin den Glasersatz bei historischen Gebäuden: Sind die Rahmen gut erhalten, können Einfachverglasungen durch Vakuumgläser ersetzt werden. Auch wenn der Randverbund hier wegen eines geringen Glaseinstands

mitunter nicht optimal ausgestaltet werden kann, lässt sich der U-Wert der Fenster um einen Faktor 3 verbessern, von 4.9 auf 1.5, wie das Pilotprojekt an Praxisbeispielen zeigen konnte. Eine zweite denkbare Anwendung für Vakuumgläser sind Gebäude aus den 1960er/1970er Jahren. Die Fensterahmen aus der Zeit sind für den Einbau von Dreifach-Isoliergläsern in der Regel ebenfalls zu schmal. Sie könnten aber mit einer Zweifach-Verglasung (1 x normal, 1 x Vakuum) versehen werden.

➤ Der **Schlussbericht** zum BFE-Pilotprojekt «Entwicklung hochisolierender Fenstersysteme mit Vakuumgläsern und ultraschlanker opaker Fassadenteile» ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=38688>

➤ **Auskünfte** zum Projekt erteilt Dr. Men Wirz, Leiter des Pilot- und Demonstrationsprogramms des Bundesamts für Energie ([men.wirz\[at\]bfe.admin.ch](mailto:men.wirz[at]bfe.admin.ch)).

➤ Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-gebaeude.

P+D-PROJEKTE DES BFE

Das Projekt rund um die Anwendung von stark wärmedämmenden Vakuumgläsern und Aerogel-Fertigwänden wurde vom Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamts für Energie (BFE) unterstützt. Damit fördert das BFE die Entwicklung und Erprobung von innovativen Technologien, Lösungen und Ansätzen, die einen wesentlichen Beitrag zur Energieeffizienz oder der Nutzung erneuerbarer Energien leisten. Gesuche um Finanzhilfe können jederzeit eingereicht werden.

➤ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration