



Die Kunst des Isolierens

Neue Technologien wie Vakuumisulationspaneele, Vakuumverglasung oder Aerogele sind die Zukunft der Gebäudeisolierung. Die Empa erforscht und optimiert diese Möglichkeiten, um den Wärmeverlust eines Hauses zu minimieren.

TEXT: Peter Merz

1

Ein Gebäude wird zu einem Kunstwerk: Im Sommer 1995 hüllte das Künstlerpaar Christo und Jeanne-Claude das Reichstagsgebäude in Berlin vollständig in silberglänzendes, feuerfestes Gewebe. Auch das effiziente und elegante Isolieren von Gebäuden ist schon fast eine Kunst, die auf viel Wissen und Können beruht. (Foto: tmx2, Flickr)

2

Moderne Hochleistungsdämmsysteme wie Vakuumisulationspaneele bieten auch bei geringer Dicke eine hervorragende Isolierung. (Foto: Empa)

3

Aerogele bestehen zu über 90 Prozent aus Luft, die in Poren von Nanometergrösse eingeschlossen ist; deshalb isolieren die Materialien sehr gut. Zudem lassen sie Licht durch und ermöglichen so – zum Beispiel in einer Turnhalle – eine natürliche Beleuchtung. (Foto: Scobalit AG, Empa)

4

Vakuumverglasung ermöglicht eine sehr gute Wärmeisolierung. Die Herausforderung besteht darin, die Scheiben so gut abzudichten, dass das Vakuum im Innern über Jahrzehnte bestehen bleibt. Empa-Forschende haben eine Methode zum Patent angemeldet, bei der zwei Glasscheiben mit einer Zinnlegierung versiegelt werden. Das Ultraschallbild eines Laborversuchs (rechts) zeigt, dass die Verbindung mit dem Zinn rundherum ohne Unterbruch gelang. Die Dichtigkeit wurde in Leckmessungen bestätigt. (Foto: Empa)

In der Winterzeit entwickeln sich viele ungenügend isolierte Häuser zu wahren Energie- und damit Geldschleudern. Um Gebäude energetisch zu sanieren, gibt es verschiedene Ansätze. Im Interesse der Empa stehen Hochleistungsdämmsysteme, die bei geringer Dicke eine hohe Isolationsleistung erbringen. Die Abteilung «Bautechnologien» erforscht und verbessert verschiedene derartige Systeme, die teilweise noch in der Entwicklung stehen, teilweise bereits im Handel sind.

Das Nichts dämmt

So genannte Vakuumisulationspaneele, kurz VIP, werden bereits seit rund zehn Jahren im Schweizer Bauwesen eingesetzt. Dazu werden Kernmaterialien mit Poren im Submikrometerbereich in eine Schutzfolie gehüllt. Anschliessend wird die Hülle bei einem Druck von einem Millibar verschweisst. Da im Innern nur rund ein Tausendstel des Normaldrucks herrscht, isolieren VIP hervorragend; die gemessene Wärmeleitfähigkeit, der Lambda-Wert (λ), liegt für fabrikneue Paneele bei $4 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ und ist somit achtmal besser als bei üblichen Dämmstoffen. Eingesetzt werden VIP aufgrund ihres höheren Preises vor allem in Spezialanwendungen, zum Beispiel unter Terrassen. Würden diese mit herkömmlichen Dämmstoffen isoliert, läge der Terrassenboden höher als der Boden des angrenzenden Wohnraums.

Die Hauptfragestellung, die die Empa-Forschenden seit längerem bewegt, ist die Langlebigkeit: Halten die VIP die minimal erforderlichen 25 Jahre, um die Anforderungen für Schweizer Bauten zu erfüllen? «Die in der Schweiz erhältlichen Paneele weisen eine hohe Qualität auf und die Marktführer sind deshalb auch sehr daran interessiert, diese Standards zu halten. Dazu gehört die Langlebigkeit», sagt Empa-Forscher und VIP-Experte Samuel Brunner. Er und seine Kollegen haben Testmethoden entwickelt, um die Abnahme der Isolationsfähigkeit von VIP über die Jahre zu bestimmen. Dazu werden die Paneele für rund sechs Monate in Klimakammern gelagert, danach messen die Forschenden den Innendruckanstieg und weitere alterungsrelevante Parameter.



2



3



4

«VIP sind momentan das leistungsfähigste kommerziell erhältliche Dämmsystem und erlauben es, Gebäude schlank zu isolieren», sagt Brunner. «Unsere Messungen haben ergeben, dass die neuesten erhältlichen VIP nach 25 Jahren noch immer einen relativ tiefen λ -Wert von $6 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ haben werden. Gemäss den in der Dämmstoffindustrie üblichen Normansprüchen müssen nach 25 Jahren immer noch über 90 Prozent der Paneele den deklarierten Wert unterschreiten. Es gibt weit und breit kein anderes Dämmmaterial, das da mithalten kann und nach 25 Jahren noch einen so tiefen λ -Wert zeitigt.» So haben etwa Polyurethan-Dämmplatten λ -Werte zwischen 22 und $28 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$, je nachdem, ob sie noch mit einer Diffusionssperre, meist aus Aluminiumfolie, beschichtet sind.

Ein Feststoff aus über 90 Prozent Luft

Wird die Porengrösse weiter verkleinert, können Dämmstoffe hergestellt werden, die ohne Vakuum einen λ -Wert unterhalb von $15 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ erreichen. Solche Materialien, Aerogele genannt, weisen Poren in Nanometergrösse auf und bestehen zu 90 Prozent aus Luft. Die Abteilung «Bautechnologien» erforscht seit längerem sowohl Aerogelmaterialien als auch solche Systeme. So hat sie ausgehend von kommerziellen Aerogelgranulaten einen Dämmputz entwickelt, mit dem historische Bauten saniert werden können, ohne deren Erscheinungsbild zu verändern. Für 2011 sind erste Feldversuche geplant.

Matthias Koebel und sein Team entwickeln neuartige Aerogelmaterialien, die vor allem als Dämmstoffe eingesetzt werden sollen, aber auch als Lichtleiter. So wurden bereits Dächer wirkungsvoll mit Aerogelen isoliert, die gleichzeitig eine passive Beleuchtung der Innenräume durch Tageslicht erlauben. Auch für künstliche Beleuchtungen sind Aerogele interessant. Die Empa-Fachleute untersuchen dazu Anwendungsmöglichkeiten in der LED-Beleuchtungstechnik.

Verbesserungspotenzial bei Vakuumverglasung

Gut isolierte Dächer und Wände nützen allerdings wenig, wenn die Fenster die eigentliche Leckstelle sind. Vakuumverglasung ist ein weiteres Forschungsgebiet des Teams um Matthias Koebel. «Die heutigen Doppel- und Dreifachverglasungen verfügen zwar bereits über ziemlich gute Dämmwerte. Die Edelgase Krypton und Xenon, mit denen die Fenster gefüllt werden, stehen jedoch nur beschränkt zur Verfügung», sagt Koebel. «Die Alternative ist eine Vakuumverglasung, die ähnliche oder sogar noch bessere Dämmwerte erzielt als die konventionelle Dreifachverglasung.» Zudem werden die Fenster dünner, leichter und lassen mehr Licht durch.

Für heutige Vakuumverglasungen werden üblicherweise zwei Glasscheiben am Rand abgedichtet; anschliessend wird über einen Pumpstutzen die Luft aus dem Innern evakuiert. Knackpunkt dieses Verfahrens sind der Pumpstutzen, der nach dem Abpumpen separat versiegelt werden muss, sowie die hohen Temperaturen, die während der Herstellung nötig sind. Das heute vor allem in Asien gängige Produktionsverfahren erlaubt nur Fenster mit Vakuumverglasung, die eine ungenügende Dämmleistung aufweisen. Für den grossen Durchbruch, auch in der Schweiz, muss die Vakuumverglasung besser und langlebiger werden.

Koebel und seine Kollegen verfolgen einen neuartigen Ansatz, um die Scheiben zu versiegeln. Dafür untersuchten sie verschiedene Materialien für den Randverbund. Als erfolgreich erwies sich im Labor eine Methode, bei der die Scheiben im Vakuum, das heisst bei Drücken von 10^{-3} bis 10^{-4} Millibar, mit einer speziellen Zinnlegierung abgedichtet werden. Ein Pumpstutzen ist nicht mehr nötig, da die Versiegelung direkt im Vakuum geschieht und keine Luft aus dem Innern abgepumpt werden muss. Die Technik ist zum Patent angemeldet. Zudem haben die Empa-Fachleute auch Modelle entwickelt, um Alterungsprozesse der Vakuumverglasung zu verstehen und deren Grössenordnung bereits rein rechnerisch abschätzen zu können. //