

## ■ Mollig warm

Um die Energiekosten zu senken, müssen Gebäude stark gedämmt werden.

Wo es auf jeden Zentimeter oder die Optik ankommt, bieten sich evakuierte Dämmstoffe an.

**D**ick einpacken – so lautet heutzutage die Devise beim Hausbau. Denn die Energieeinsparverordnung macht Bauherren strikte Vorgaben, wie stark sie dämmen müssen. 16 bis 20 Zentimeter dicke Fassadendämmungen sind üblich, bei Passivhäusern kann diese Verpackung sogar doppelt so dick sein. Schließlich geht über die Außenwände absolut gesehen am meisten Wärme verloren: Für 35 Prozent des gesamten Verlustes ist die Fassade verantwortlich, für 30 Prozent das Dach, für 25 Prozent die Fenster und für zehn Prozent der Boden.

Doch nicht überall lassen sich dicke Dämmplatten problemlos verwenden. Bei der Altbausanierung kommt es mitunter auf jeden Quadratmeter Wohnfläche an, eine dicke Innendämmung würde den Vermieter einiges an Mieteinnahmen kosten. Und wer ein einzelnes Reihenhaus nachträglich isolieren möchte, kann aus optischen Gründen oft nicht einfach dicke Platten auf die Außenfassade setzen.

Für solche Fälle bieten sich Vakuumisolationspaneele an, die bei gleicher Wirkung deutlich dünner als klassische Dämmstoffe ausfallen (Abb. 1): Die Wärmeleitfähigkeit eines zwei Zentimeter dünnen Paneels entspricht der einer achtmal dickeren Platte aus Polyurethan (PUR) oder einer zehnmals dickeren Platte aus Polystyrol (PS).

Dämmstoffe verringern den durch einen Temperaturunterschied hervorgerufenen Wärme-



Die Montessori-Schule in Pankow besitzt eine denkmalgeschützte Fassade und ist

daher innen mit Vakuumisolationspaneelen gedämmt.

transport, der prinzipiell durch Konvektion, Strahlung oder Wärmeleitung stattfinden kann. Die Konvektion setzt eine großräumige Bewegung eines Fluids voraus, um thermische Energie zu transportieren. Sie wird in allen Dämmstoffen auf dieselbe Weise unterbunden, auch in Vakuumpaneelen: Ist die Struktur des Materials kleinporig, kann sich keine Konvektion ausbilden. Daher hat ein herkömmlicher PUR-Schaum z. B. 100 bis 150 Mikrometer kleine Poren.

Die thermische Energie, die als Strahlung einen Dämmstoff durchdringen kann, lässt sich durch die Dichte des Materials beeinflussen: Je höher die Dichte, desto mehr Infrarotstrahlung absorbiert oder streut der Dämmstoff. Pulver aus geeigneten Oxiden oder Carbiden dienen als Infrarot-Trübungsmittel und verstärken die gewünschte Wirkung zusätzlich.

Bleibt als dritte Möglichkeit die Wärmeleitung. Sie stellt für Dämmstoffe das größte Problem dar. Bei der Wärmeleitung wird kinetische Energie zwischen benachbarten Teilchen ohne Materialtransport übertragen. Dämmstoffe bestehen aus Glasfasern, Mineralfasern oder Polymeren. Sie sind schlechte Wär-

meleiter, weil sie thermische Energie nur durch Gitterschwingungen transportieren, nicht wie Metalle auch durch Elektronen. Trotzdem sind Festkörper meist noch bessere Wärmeleiter als ruhende Gase. Dieses Wissen nutzt der Hersteller des Dämmstoffs aus, indem er das Material mit unzähligen Poren versieht. Der Beitrag des Festkörpers zur Wärmeleitung fällt dadurch letztlich sogar geringer aus als der Anteil des Gases in den Poren: In einem hochporösen Dämmstoff ist die Wärmeleitung des in den Poren eingeschlossenen Gases für mehr als 60 Prozent des gesamten Wärmetransports verantwortlich.

Solange die mittlere freie Weglänge der Teilchen klein im Vergleich zur charakteristischen Länge des zur Verfügung stehenden Volumens ist, hängt die Wärmeleitfähigkeit eines Gases primär von der Temperatur ab, nicht vom Druck. Ist die Größe der Poren jedoch vergleichbar mit der mittleren freien Weglänge der Gasmoleküle, ist die Wärmeleitfähigkeit direkt proportional zum Druck. Hier kommen die Vorteile der Vakuumisolationspaneele ins Spiel: Je geringer der Luftdruck in den Poren ist, desto niedriger fällt die Wärmeleitfähig-

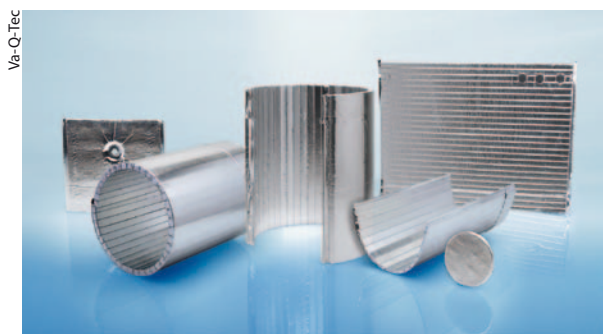


Abb. 1 Vakuumisolationspaneele haben eine etwa zehnmals niedrigere Wärmeleitfähigkeit als konventionelle Dämmungen gleicher Dicke.

keit des Paneels aus. Der Innen-  
druck in Vakuumisulationspaneelen  
liegt etwa zwischen 0,1 und  
1,5 Millibar, je nach Ausführung.

Vakuumisulationspaneele be-  
stehen aus einem Kern und einer  
Barrierefolie. Das Kernmaterial  
muss die mechanische Stabilität des  
Bauteils gewährleisten – schließ-  
lich lastet bei einem Luftdruck von  
einem Bar auf jedem Quadratmeter  
des Paneels ein Gewicht von rund  
zehn Tonnen! Für das Kernmaterial,  
das im Infraroten stark absorbieren  
sollte, hat sich im Baustoffbereich  
pyrogene Kieselsäure, also technisch  
hergestelltes Siliziumdioxid, als  
ideal erwiesen (Abb. 2). Das nano-  
strukturierte Pulver lässt sich gut  
zu Platten pressen, die Hohlräume  
in der Größenordnung von nur 200  
Nanometern aufweisen. Kieselsäure  
ist toxikologisch unbedenklich, gibt  
keine schädlichen Dämpfe ab, ist  
nicht brennbar und gut zu recyceln.  
Außerdem sorbiert sie Wasserdampf  
– weshalb das bekannte Silikagel ja  
auch gerne als Trocknungsmittel in  
Verpackungen beiliegt. Dringt eine  
überschaubare Menge Feuchtigkeit  
in ein Vakuumisulationspaneel  
ein, erhöht das also nicht gleich die  
Wärmeleitfähigkeit.

#### Dichte Hülle

Das Hüllmaterial eines Vakuum-  
isulationspaneels hat zwei Aufga-  
ben: Es darf möglichst keinen Gas-

und Wasserdampf durchlassen und  
sollte Wärme nur schlecht leiten.  
Am häufigsten nutzen die Herstel-  
ler dafür Kunststoffhochbarriere-  
lamine. Sie bestehen aus mehre-  
ren Polymerschichten, welche die  
Wärme schlecht leiten und mecha-  
nisch belastbar sind. Da allerdings  
ihre Barrierewirkung gegen Luft  
und vor allem gegen Wasserdampf  
für Vakuumisulationspaneele noch  
nicht ausreicht, sind zusätzliche  
dünne Schichten aus Aluminium,  
Aluminiumoxid oder Siliziumoxid  
erforderlich. Im gesamten Folien-  
aufbau erreicht z. B. das Alumi-  
nium nur eine Dicke von rund  
100 Nanometer.

Vakuumisulationspaneele ver-  
schiedener Hersteller sind inzwi-  
schen bauaufsichtlich zugelassen.  
In diesen allgemeinen Zulassungen  
ist auch festgeschrieben, dass nur  
besonders geschultes Personal die  
Paneele auf einer Baustelle trans-  
portieren und verarbeiten darf.  
Denn wird die Hülle durch unsach-  
gemäßen Umgang beschädigt, geht  
die hervorragende Dämmwirkung  
verloren. Angesichts dieser Anfor-  
derungen verwundert es nicht, dass  
mancher Architekt und Bauträger  
gegenüber der neuen Technik noch  
skeptisch ist. Sie erfordert auch  
planerisch eine andere Vorgehens-  
weise, da sich ein Paneel auf der  
Baustelle nicht mehr zuschneiden  
lässt. Ganz abgesehen davon, dass

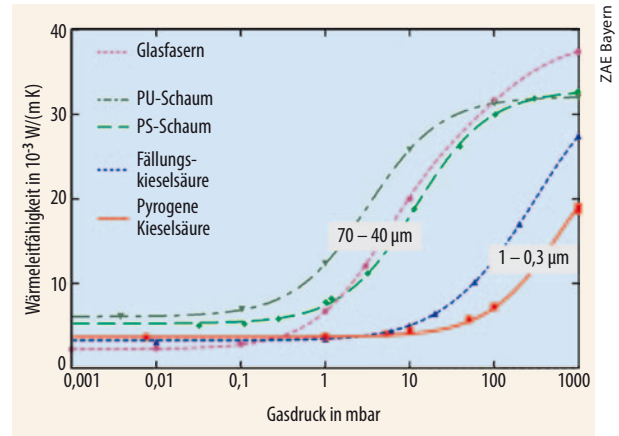


Abb. 2 Die Gesamtwärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes hängt stark vom Gasdruck ab – hier gezeigt für Stickstoff. Kieselsäuren schneiden dabei am besten ab: Ihre Wärmeleitfähigkeit steigt erst spürbar, wenn der Druck um einen Faktor hundert zulegt. Pyrogene Kieselsäure leitet wegen der kleineren Poren im gepressten Pulver Wärme nochmals etwas schlechter als Fällungskieselsäure.

der Preis der Paneele mit 50 bis  
100 Euro pro Quadratmeter um et-  
wa eine Größenordnung höher aus-  
fällt als der für klassische Dämm-  
materialien.

\*

Ich danke Ulrich Heinemann vom  
ZAE Bayern, Würzburg, und Klaus  
Noller vom Fraunhofer-Institut  
für Verfahrenstechnik und Ver-  
packung in Freising für nützliche  
Hinweise.

Michael Vogel

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de