

Chancen und Potenziale innovativer Wärmedämmung



ZAE Bayern
Dr. Hans-Peter Ebert
hans-peter.ebert@zae-bayern.de

Fraunhofer ISE
Tilman Kuhn
tilmann.kuhn@ise.fraunhofer.de

Dr. Christoph Maurer
christoph.maurer@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer IBP
Prof. Dr. Martin Krus
martin.krus@ibp.fraunhofer.de
Dr. Dietrich Schmidt
dietrich.schmidt@ibp.fraunhofer.de

Knapp 40% des Endenergiebedarfs in Deutschland entfallen auf den Gebäudebereich. Dieser Energieeinsatz ist mit einem Drittel aller anfallenden CO₂-Emissionen verbunden. Hier sind ausreichend wärmedämmte Hüllen eine Voraussetzung für die Realisierung von energieeffizienten Gebäuden.

In der Industrie spielen technische Wärmedämmungen eine herausragende Rolle, um industrielle Prozesse energie- und damit kosteneffizient zu gestalten. So zum Beispiel in der chemischen Industrie oder in der Metallproduktion und -verarbeitung.

Im Folgenden werden aus beiden Bereichen innovative Wärmedämmkonzepte vorgestellt und aktuelle Forschungs- und Entwicklungstrends beleuchtet.

Wärmedämmung für Gebäude

Ein wichtiger Ansatzpunkt für die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich ist die Optimierung der Wärmedämmung der Gebäudehülle. Diese bestimmt maßgeblich den Energiebedarf eines Gebäudes. Mit innovativen Materialansätzen werden immer effizientere Wärmedämmungen realisiert, um den verbleibenden Aufwand für Heizung und Kühlung von Gebäuden zu reduzieren.

Effizient sollen diese Systeme dabei in mehrfacher Hinsicht sein: Sie weisen eine herausragend niedrige Wärmeleitfähigkeit auf. Gleichzeitig werden weniger wertvolle Rohstoffe benötigt, um Dämmsysteme mit ausreichenden Dämmeigenschaften zu produzieren.

Vakuumisolationspaneele

Beispiele für hochentwickelten evakuierten Wärmedämmsysteme sind u. a. Vakuumisolationspaneele (VIP) mit Wärmeleitfähigkeiten um die 0,005 W/(mK) oder nanostrukturierte Materialien, wie z. B. Aerogele oder sogenannte Nanoschäume, welche Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von unter 0,02 W/(mK) aufweisen [1]. Zum Vergleich: die Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft beträgt 0,026 W/(mK) bei Raumtemperatur und Wärmeleitfähigkeitswerte von typischen Dämmstoffen bewegen sich im Bereich von 0,03 W/(mK) bis 0,04 W/(mK).

Bei VIPs wird ein poröses Kernmaterial soweit evakuiert und anschließend dauerhaft vakuumdicht verpackt, dass das verbleibende Restgas keinen Einfluss mehr auf die Wärmeleitfähigkeit hat.

Bei den nanostrukturierten Materialsystemen wird die Beweglichkeit der Gasmoleküle durch kleine Porenstrukturen verringert und damit der Wärmetransport über die Gasphase deutlich reduziert. Ein Vorteil dieser Hochleistungsdämmsysteme besteht darin, dass man mit sehr geringen Dämmstärken auskommt, um den erforderlichen Wärmeschutz zu realisieren. Damit sind diese Systeme immer dann besonders interessant, wenn Baugrund teuer ist, eigentlich kein Platz für eine nachträgliche Wärmedämmung vorhanden ist oder eine Architektur realisiert werden soll, die nicht durch dicke Wärmedämmschichten beeinträchtigt wird.

Abbildung 1 zeigt beispielsweise ein mit Vakuumisolationspaneelen energetisch saniertes Reihemittelhaus (Baujahr 1956). Der U-Wert der hier gezeigten Nordfassade konnte von ursprünglichen 1 W/(m²K) auf 0,15 W/(m²K) reduziert werden. Die entsprechende Thermografieaufnahme auf der rechten Bildhälfte zeigt deutlich die erniedrigten Außenwandtemperaturen (blaue Farben), die mit verminderten Wärmeverlusten einhergehen, gegenüber dem nicht sanierten linken Haus.

Schaltbare Wärmedämmung

Ein Forschungstrend ist im Bereich der adaptiven Gebäudekomponenten festzustellen, wie z. B. bei schaltbaren Wärmedämmungen (SWD). Eine am ZAE Bayern in Entwicklung befindliche schaltbare Wärmedämmung soll während Heizperioden auf die Wände fallende Solarstrahlung absorbieren und bei Bedarf in das Gebäudeinnere transportieren [2]. Das System besteht aus einem Dämmpaneel, dessen Wärmeleitfähigkeit elektrisch geschaltet werden kann: von hoch wärmeleitend bis hoch dämmend. Das Schalten der SWD beruht bisher auf dem Freisetzen einer geringen Menge an Wasserstoffgas durch Aufheizen eines Metallhydrids (MeH₂), das in das Dämmmaterial eingebracht ist. An das Metallhydrid lagert sich das Wasserstoffgas bei Abkühlung wieder reversibel an. Durch den freigesetzten Wasserstoff wird die Wärmeleitfähigkeit im Paneel bis um einen Faktor 50



Abbildung 1
Mit Vakuumisulationspaneelen energetisch saniertes Reihenmittelhaus

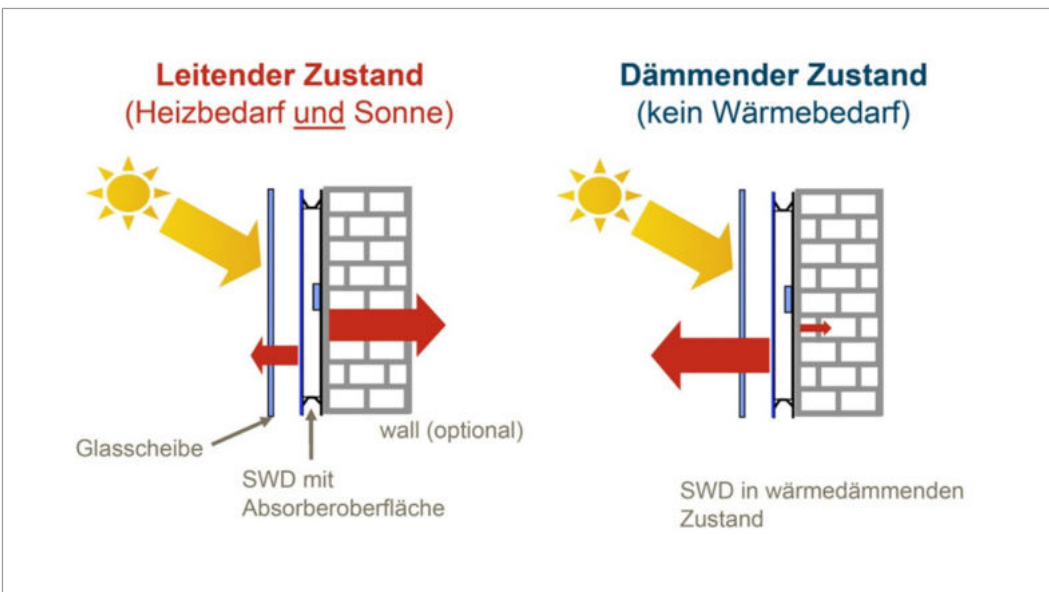


Abbildung 2
Funktionsprinzip der schaltbaren Wärmedämmung:
2a) wärmedämmend im Sommer, um Wärmeeinträge zu vermindern
2b) wärmeleitend im Winter, um zusätzliche Energieeinträge zu generieren

erhöht (Abbildung 2). Der Wärmedurchgangskoeffizient steigt dabei von z. B. rund $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im dämmenden Zustand auf einen Wert von beispielsweise $10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im nicht-dämmenden Zustand an und liegt dann in der gleichen Größenordnung wie der Wärmeübergangskoeffizient von der Wand in den Raum. Für den Transport der Sonnenenergie ins Gebäude stellt dies somit keine Begrenzung mehr dar. Die elektrische Schaltleistung liegt dabei im Bereich weniger Watt pro Quadratmeter schaltbarer Wärmedämmung. Das Panel wird als Solarabsorber an die Hauswand angebracht. So wird sich beispielsweise an einem sonnigen Wintertag die Vorderseite des Panels erwärmen. Das Panel wird dann auf hoch wärmeleitend geschaltet und die Wärme wird über das Panel und den dahinter liegenden Wandaufbau (z. B. Mauerwerk) in das Gebäudeinnere transportiert und damit das Gebäudeheizungssystem unterstützt. In der Nacht, bei Bewölkung

oder im Sommer bleibt das Panel passiv im hoch dämmenden Zustand und das Gebäude ist sehr gut wärmegeklämt.

Integriertes Wärmemanagement-Fassadenelement

Ein anderer Ansatz wurde im Verbundprojekt WaMaFat (Integriertes Wärmemanagement-Fassadenelement) unter Beteiligung des Fraunhofer ISE realisiert. Gut gedämmte Gebäude haben einen geringeren Heizbedarf, aber unter Umständen einen erhöhten Kühlbedarf, besonders bei hohen internen Lasten. Deshalb kann es im Sommer sinnvoll sein, die Dämmung durch eine Konvektionsschicht, in der die Wärme abgeführt wird, zu überbrücken, um das Gebäude in der Nacht passiv auszukühlen (siehe *Abbildung 3*).

Abbildung 3
Konvektionsschicht zur Wärmeabfuhr:
Je nach der Höhe des realisierten Volumenstroms zwischen Außenwärmedämmung und Mauerwerk verändert sich der U-Wert der Wand.

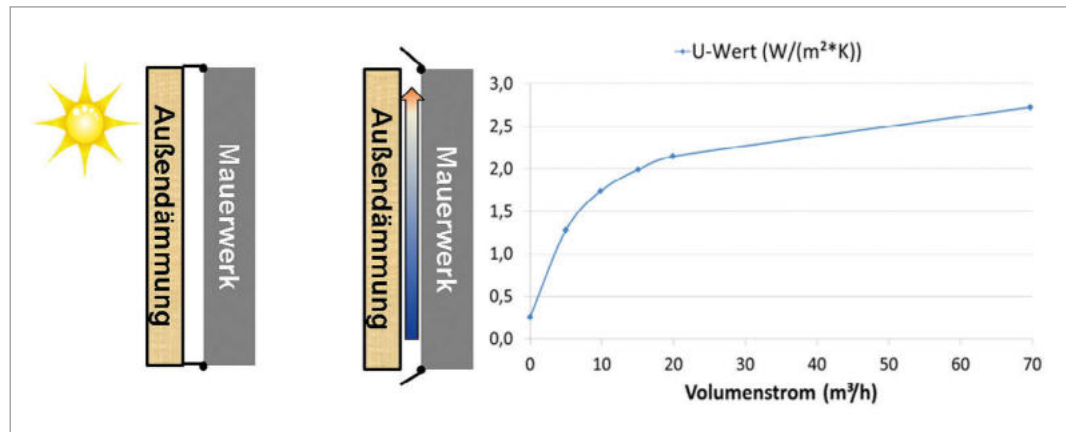
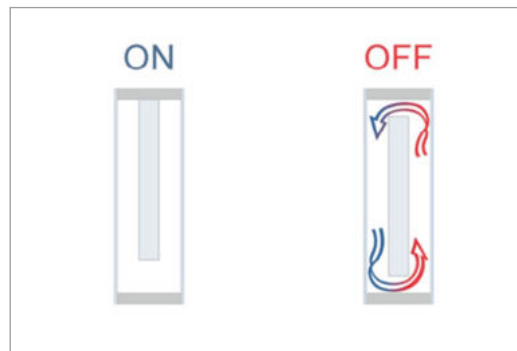


Abbildung 4
Element mit schaltbarem U-Wert:
Im ausgeschalteten Zustand ist die Wärmedämmung durch eine Konvektionsströmung stark reduziert.



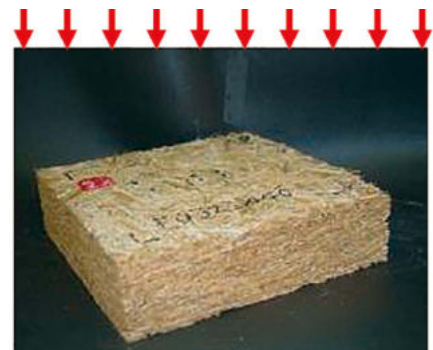
tion, aber ohne Ventilatorenergie, erreicht werden. Würde man die Konvektion im Spalt durch einen Ventilator erzwingen, könnte man sogar eine Kühllastreduktion um 30% erreichen.

Nachhaltige Dämmstoffe

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik hat in jüngster Zeit einen ökologisch nachhaltigen Dämmstoff auf der Basis von Rohrkolben (Typha) entwickelt (Abbildung 5). Durch die besonderen strukturellen Eigenschaften von Rohrkolben lassen sich Baustoffe erzeugen, die eine am Markt einmalige Kombination aus Tragwirkung und Dämmung bieten. Die besondere Eignung der Blattmasse von Typha für die Herstellung von innovativen Baustoffen ist bestimmt durch die Struktur der Pflanze [3]. Die Blätter sind durch die Kombination von zugfesten Längsfasern und elastischem Schwammgewebe auch in getrocknetem Zustand reiß- und bruchfest, flexibel und formstabil, was ihnen eine erstaunliche Statik und eine gute Dämmwirkung verleiht. Die entwickelte Wärmedämmplatte weist trotz relativ hoher Rohdichte von ca. 270 kg/m³ und einer hohen Festigkeit eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit von 0,055 W/mK auf, ist kapillaraktiv und zeigt eine mittlere Diffusionsoffen-

Im Projekt wurde dazu ein transluzentes Wandelement mit schaltbarem U-Wert entwickelt (siehe Abbildung 4). Dabei lässt sich ein transluzentes Dämmpaneel zwischen zwei Scheiben vertikal so bewegen, dass eine Konvektionswalze verhindert oder ausgebildet wird. Dieses Element kann im Brüstungsbereich eingesetzt werden und reduziert gleichzeitig den Kunstlichtbedarf. In den Prüfmustern ließ sich der U-Wert um einen Faktor 2 schalten, d. h., ohne Konvektion betrug der U-Wert 0,89 W/(m²K), mit Konvektion 1,71 W/(m²K). Damit einhergehend kann eine Kühllastreduktion um 10 % wie bei Nachtlüf-

Abbildung 5
Links: Rohrkolben (Typha)
Mitte: Anschnitt eines Blattes
Rechts: Magnesitgebundenes Typhaboard als Wärmedämmelement



heit, wodurch in vielen Anwendungsfällen auf den Einsatz einer Dampfbremse verzichtet werden kann. Dieser neue Baustoff bringt außerdem eine Reihe zusätzlicher positiver Eigenschaften mit:

- nachwachsender Baustoff
- hohe Schimmelpilzresistenz durch eigene Gerbstoffausrüstung
- guter Brand- und Schallschutz
- niedriger Energieaufwand bei der Produktion
- deutliche Umweltschutzevorteile beim Anbau
- Rückführbarkeit in den Stoffkreislauf

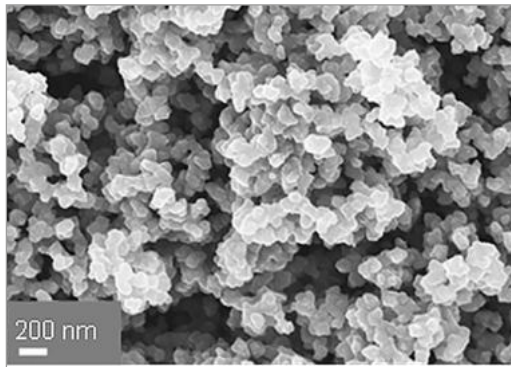


Abbildung 6
Kohlenstoff-Aerogele

Technische Wärmedämmungen

Knapp 80% der in Deutschland verwendeten Prozesswärme werden bei Temperaturen über 100°C benötigt, davon allein 70% über 250°C. Fast 40% des industriellen Energiebedarfs werden für den Betrieb von Industrieöfen benötigt. Diese müssen entsprechend effizient gedämmt werden.

Aerogele

Im Bereich der technischen Wärmedämmungen zielen aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am ZAE Bayern darauf ab, mit Hilfe von Nanomaterialien noch leistungsfähigere Dämmstoffe für unterschiedliche Anwendungsfelder zur Verfügung zu stellen. Besonders erfolgsversprechend sind hier die Kohlenstoff-Aerogele [4]. Diese Materialien bestehen

aus einem drei-dimensionalen Netzwerk von miteinander verketteten Kohlenstoffpartikeln (siehe *Abbildung 6*).

Die Porendimensionen, ebenso wie die Partikelgrößen, können maßgeschneidert in Größendimensionen von Nano- bis Mikrometer eingestellt werden. Dies geschieht durch die Wahl geeigneter Syntheseparameter bei der Herstellung dieser Materialien in einem nasschemischen Sol-Gel-Prozess. Hinsichtlich der Wärmedämmeigenschaften bei hohen Temperaturen sind Kohlenstoff-Aerogele unschlagbar. Gerade bei hohen Temperaturen zeigt das Kohlenstoff-Aerogel eine um den Faktor 4 bis 5 geringere Wärmeleitfähigkeit als derzeit eingesetzte Hochtemperatur-Wärmedämmstoffe (siehe *Abbildung 7*).

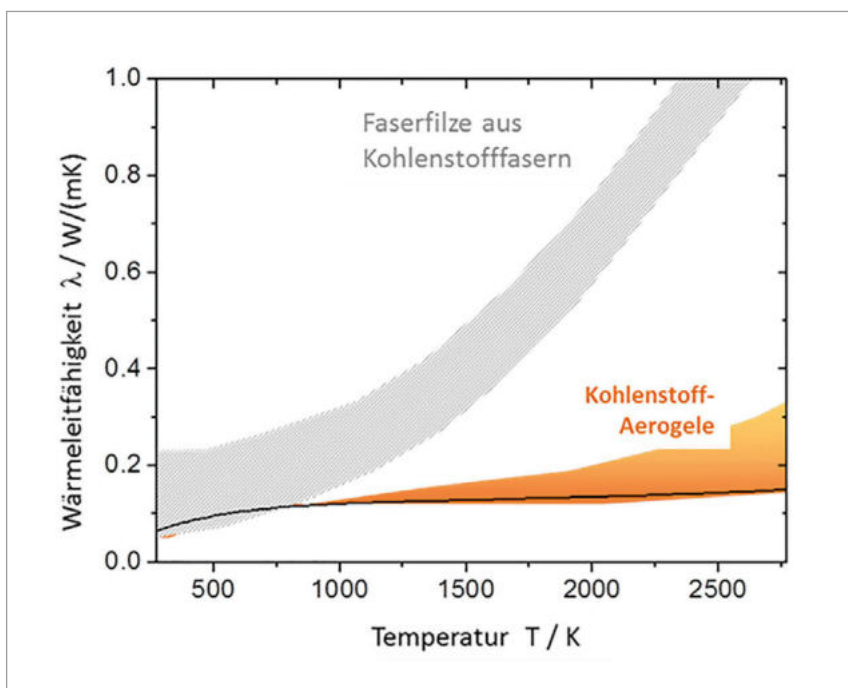


Abbildung 7
Wärmeleitfähigkeit von Kohlenstoff-Aerogel (schwarze Linie, der orange Bereich gibt die Unsicherheit der Werte an) im Vergleich zu Faserfilzen (grau schraffierter Bereich)

Fazit

Es existiert eine Vielzahl innovativer Lösungen für Wärmedämmungen mit herausragenden thermischen Eigenschaften. Neue Entwicklungen zielen darauf ab, multifunktionale Dämmsysteme zu realisieren, die z. B. schaltbar sind oder neben der reinen Wärmedämmfunktion noch zusätzliche gewünschte Materialeigenschaften besitzen. Noch sind wir leider nicht im Zeitalter angelangt, in dem wir Energie aus erneuerbaren Energiequellen im Überfluss zur Verfügung haben. Bis dahin können Wärmedämmungen Wärmeverluste reduzieren und den von unserer Gesellschaft benötigten Energiebedarf sowie den damit verbundenen CO₂-Ausstoß senken helfen.

Literatur

- [1] Ebert H.-P.: High Performance Insulation Materials in Springer Book Nearly Zero Energy Building Refurbishment, eds. Fernando Pacheco Torgal, Marina Mistretta, Arturas Kaklauskas, Claes G. Granqvist, Luisa F. Cabeza, Springer Series Advances in Sol-Gel Derived Materials and Technologies. 1st Edition., ISBN: 978-1-4471-5522-5 (2013)
- [2] Ebert H.-P., Stark C., Römer C., Wachtel J, Reim M., Vidi S., Scherdel C., Körner W., Weinläder H., Balzer C., Reichenauer G. und Manara J.: Materialien und Komponenten zur energetischen Optimierung von Feuchte, Licht und Wärme in Gebäuden, Tagungsband EnOB Symposium 2014 Energieinnovationen in Neubau und Sanierung, Hrsg. Projektträger Jülich, 2014
- [3] Krus M., Theuerkorn W., Großkinsky T., Georgiev G.: Neuer tragfähiger und dämmender Baustoff aus Rohrkolben, greenbuilding S. 44–47, 07-08, 2013
- [4] Reichenauer G., Ebert H.-P.: Sol-Gel Derived Porous Materials in NanoS, 01.08, 17-23, Wiley-VCH Verlag Weinheim, ISSN: 1614-7847 (2008)