

Energieeffiziente Gebäudehüllen: Neue Materialien und Komponenten (vorgetragen von U. Heinemann)

Dr. Ulrich Heinemann, Dr. Helmut Weinläder, Dr. Hans-Peter Ebert

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., ZAE Bayern

Abstract

Energieeffizienzmaßnahmen speziell in Wohngebäuden setzen vor allem und zu aller erst an einer Reduzierung der Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle an. Neben dem verstärkten Einsatz konventioneller Dämmmaterialien können neue Materialien und Komponenten weitergehende Lösungen bieten, die insbesondere unter dem Gesichtspunkt des hierfür benötigten Raums effizienter sind, aber auch neue technische und gestalterische Möglichkeiten eröffnen.

Konventionelle Dämmstoffe.

Der aktuelle Dämmstoffmarkt im Bauwesen wird im Wesentlichen von zwei Produktgruppen dominiert: Mineraldämmstoffe (55%) und organische Schäume (41%); letztere untergliedert in EPS-Hartschaumdämmstoffe (30%), Polystyrol-Extruderdämmstoffe XPS (6%) und PUR-Hartschaumdämmstoffe (5%) (Stand 2005, Quelle: GDI). Andere Dämmstoffe wie Perlite, Schaumglas oder solche aus nachwachsenden Rohstoffen fallen mit insgesamt etwa 4% kaum ins Gewicht. Die Wärmeleitfähigkeit dieser konventionellen Dämmstoffe liegt typischer Weise im Bereich 0.035 bis 0.040 W/(m·K), bei PUR-Schäumen bei etwa 0.030 W/(m·K). Je kleiner dieser Wert ist, umso besser ist die Wärmedämmeigenschaft.

Wärmetransportmechanismen, Beiträge der einzelnen Mechanismen, Verbesserungs- und Optimierungsansätze.

Ganz allgemein ist Wärmetransport die Gesamtheit des durch einen Temperaturgradienten hervorgerufenen Energietransports. Er setzt sich prinzipiell zusammen aus Wärmetransport durch Konvektion, Wärmeleitung und Infrarotstrahlungstransport. Konvektion zu unterdrücken ist die primäre Aufgabe eines jeden Wärmedämmmaterials. Da ruhende Luft im Vergleich zu Festkörpern eine sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweist, sind Dämmstoffe im Allgemeinen hochporös. Je geringer die Dichte, umso weniger trägt Wärmeleitung über das Festkörpergerippe zum Gesamttransport bei. Da mit geringerer Dichte der Wärmetransport über Strahlung zunimmt, sind für eine Gesamtoptimierung der Verringerung des Materialeinsatzes Grenzen gesetzt. Bei den im Bauwesen eingesetzten konventionellen Dämmstoffen wird der Gesamtwärmetransport dementsprechend durch die Wärmeleitung des Gases in den Hohlräumen dominiert (Anteil größer als 60%). Verbesserungen der Dämmeigenschaften setzen insbesondere an einer Verringerung dieser Gaswärmeleitfähigkeit an. Die bessere Dämmeigenschaft von PUR-Schäumen ist so auf andere Gase in den geschlossenen Zellen zurückzuführen. Der für die Praxis anzusetzende Dämmwert berücksichtigt jedoch die durch den Austausch der Zellgase und der umgebenden Luft hervor gerufene Verschlechterung. Durch diffusionshindernde Deckschichten kann diese Degradation erheblich verringert werden. Verbesserungen bei den EPS-Schäumen setzen an dem Infrarotstrahlungstransport an. Aufgrund spezieller

Infrarot-Trübungsmittel konnte so die Dämmwirkung verbessert oder bei gleicher Wärmeleitfähigkeit der Materialeinsatz auf die Hälfte reduziert werden.

- **Nanostrukturierte Materialien.**

Bei Porengrößen unter ca. 1 μm wird der Wärmetransport der Gasmoleküle weniger durch die Anwesenheit anderer Gasmoleküle behindert, sondern in zunehmendem Maße je kleiner die Poren durch die Vielzahl von Zellwänden oder anderer Strukturelemente. Bei ausreichend niedriger Gesamtdichte eines Dämmmaterials lässt sich so der magische Schwellwert der Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft von 0.025 W/(m·K) unterschreiten. Die Wärmeleitfähigkeit von Pulverpresslingen aus pyrogener Kieselsäure oder aus in nass-chemischen Verfahren hergestellten Silikat-Aerogelen ist mit etwa 0.018 W/(m·K) nur **etwa halb so groß** wie die herkömmlicher, mit Luft gefüllter Dämmstoffe. Im Vergleich zu diesen SiO₂-basierten Materialien bieten auf Nanometerskala strukturierte organische Schäume weitere Verbesserungspotentiale.

- **Vakuumisolationspaneele (VIP).**

Vakuumisolationspaneele sind Dämmelemente, welche prinzipiell aus einer Vakuumschicht und einem Füllmaterial bestehen. Während bei den bekannten Vakuum-basierten hocheffizienten Wärmedämmungen wie Thermoskannen zylindrische Gehäuse in der Lage sind, den äußeren atmosphärischen Belastungsdruck von 1 bar zu tragen – dieser entspricht einer Gewichtslast von 10 t/m² –, müssen bei flachen Vakuumisolationspaneelen druckstabile Füllmaterialien oder Strukturen die entsprechenden Druckkräfte aufnehmen. Besonders in der Kombination von nanostrukturierten Füllmaterialien auf der Basis von pyrogener Kieselsäure (SiO₂) mit den geringsten Anforderungen an die Qualität des Vakuums und den dichtesten heute verfügbaren Kunststoffhochbarrierelaminaten ergeben sich VIP-Produkte mit Funktionsdauern von mehreren Jahrzehnten, wie sie im Bauwesen gefordert sind. Gegenüber nicht-evakuierten Dämmungen bieten diese bei gleicher Dämmstärke eine um einen **Faktor 5 bis 10** bessere Dämmwirkung. Somit werden schlanke, raumsparende und hocheffiziente Dämmbauten für unterschiedliche Einsatzbereiche im Neubau, insbesondere aber auch für Maßnahmen im Bestand möglich.

- **Vakuumisolierglas (VIG).**

Die thermischen Schwachstellen auch bei gut wärmegeämmten Gebäuden liegen im Bereich der Fenster. Der Wärmedurchgang selbst von exzellenten Fenstern mit einem U_w-Wert von 0.8 W/(m²K) ist um einen Faktor 5 schlechter als der von den angrenzenden gut gedämmten Wänden mit einem U-Wert von z.B. 0.15 W/(m²K). Ähnlich wie bei den opaken Dämmelementen VIP bietet auch hier die Evakuierung (des Scheibenzwischenraums) ein enormes Verbesserungspotential bzgl. der Dämmwirkung (**Faktor 2**). Die technischen Herausforderungen bestanden in der Entwicklung von Stützen, die in der Lage sind, die externe Last aufzunehmen, sowie in einem ausreichend dichten und doch thermisch stabilen Randverbund. Beide sollten nicht nennenswert zum Gesamtwärmetransport beitragen. Bei einer Gesamtstärke von nur 9 mm, einem Gewicht entsprechend dem der Zweifachverglasung werden Dämmwerte erreicht, die besser sind als die einer Dreifachverglasung.

- **Transparente Wärmedämmung (TWD).**

Transparente Wärmedämmungen zeichnen sich unter den Dämmmaterialien und Dämmsystemen durch eine hohe Lichtdurchlässigkeit (Transluzenz) aus. Je nach Anwendung steht der Gewinn blendfreien Lichtes oder die thermische Nutzung solarer Einstrahlung im Vordergrund. Die Wärmeleitfähigkeit von TWDs in der Form von Kapillarplatten mit einer Vielzahl senkrecht zur Oberfläche orientierter dünnwandiger Röhren oder in Form von hintereinander liegenden Dreifachstegplatten ist im Vergleich zu konventionellen, nicht transparenten Dämmmaterialien mit einem Faktor 2 bis 2.5 größer. Durch den Einsatz nanostrukturierter Silikat-Aerogele in granularer Form lässt sich die Wärmeleitfähigkeit auf etwa 0.025 W/(m·K) deutlich reduzieren. In der praktischen Anwendung von TWDs ist jedoch der sommerliche Überhitzungsschutz zu beachten.

- **Schaltbare Wärmedämmung (SWD).**

Einen Ansatz für solch einen Überhitzungsschutz bietet die Schaltbare Wärmedämmung. Sie basiert auf einem Vakuumisulationspaneel in der Ausführungsform mit Edelstahlhülle und relativ grobem Füllmaterial (Glasfasern). Zusätzlich ist in das VIP eine beheizbare Kapsel mit einem mit Wasserstoff beladenen Metallhydridgetter integriert. Durch Aufheizen des Getters wird eine geringe Menge des gut wärmeleitenden Wasserstoffgases freigesetzt und damit die Wärmeleitfähigkeit des Elementes um einen Faktor 100 erhöht. Aus einem hochwärmedämmenden wird ein gut wärmeleitendes Element. Der Prozess ist reversibel; lässt man die Getterkapsel abkühlen, so wird der Wasserstoff wieder vom Getter aufgenommen. Bei fehlender solarer Einstrahlung oder bei unerwünschtem Wärmeeintrag im Sommer bleibt das Paneel passiv und im hoch wärmedämmenden Zustand. Lediglich in der Heizperiode bei gleichzeitigem Wärmebedarf und solarem Angebot wird das Paneel wärmeleitend geschaltet und die Wärme in das Gebäude hereingelassen. Die hierfür benötigte elektrische Leistung beträgt lediglich 5 W/m².

Weitere Informationen zum Thema erhalten Sie bei:

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., ZAE Bayern
Am Hubland
97074 Würzburg
Telefon: 0931 / 70564-0
E-Mail: ulrich.heinemann@zae.uni-wuerzburg.de
Internet: www.zae-bayern.de, www.vip-bau.de