

Vakuum-Isolations-Paneele (VIP)

Dr. Ulrich Meier*

Einleitung

„Natura abhorret vacuum - die Natur schreckt vor der Leere zurück“. In diesem Satz fasste Aristoteles seine Beobachtung zusammen, dass auf der Erdoberfläche kein absolut leerer Raum existiert. Eine eindrucksvolle Widerlegung dieser These gelang Otto von Guericke im 17. Jahrhundert, der mit Hilfe der von ihm erfundenen Kolbenpumpe dem Hohlraum zwischen zwei aneinander gelegten Hohlkugeln die eingeschlossene Luft entzog. Durch die gewaltigen Kräfte des umgebenden Luftdrucks wurden die Kugeln aneinander gepresst, und selbst zwei Gespanne Pferde konnten diese nicht auseinander ziehen (Bild 1).



Bild: www.magdeburg.info/24.de

Bild 1: Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln

Ein derart über Pumpen künstlich erzeugtes Vakuum im Zwischenraum eines doppelwandigen Glasgefäßes wird in der Thermoskanne nun schon seit über 100 Jahren zum Warm- oder Kalthalten von Suppen oder Getränken verwendet. Plattenförmige Vakuumdämmkörper - sogenannte Vakuum-Isolations-Paneele oder kurz VIPs - werden zurzeit hauptsächlich zur Dämmung von energieeffizienten Kühlgeräten eingesetzt. Vereinzelt fanden sie auch schon Anwendung im Hochbau. Im Folgenden werden Aufbau und Funktionsweise dieser VIPs erklärt und auf die Vor- und Nachteile eines Einsatzes im Hochbau eingegangen. Für eine ausführlichere Darstellung wird exemplarisch auf die Referenzen [1-3] verwiesen.

Funktionsweise, Aufbau und Herstellung

Die Funktionsweise einer Thermoskanne beruht darauf, dass im Vakuum keinerlei Wärmeleitung stattfindet; der Wärmetransport von der warmen zur kalten Seite ist nur über Strahlung möglich. Um auch diesen Strahlungs-Wär-

mestrom zu minimieren, sind die Innenseiten des Gefäßes normalerweise verspiegelt. Dieser Aufbau kann nun nicht ohne Weiteres auf plattenförmige Objekte übertragen werden, da diese im Gegensatz zu zylindrischen oder kugelförmigen Strukturen nicht lasttragend sind. Der umgebende Luftdruck, der einer Masse von ungefähr 10 Tonnen pro Quadratmeter entspricht, würde eine evakuierte, plattenförmige Struktur also kollabieren lassen. Dieser Effekt wird aber durch den Einsatz eines druckfesten Kernmaterials vermieden.

Wie in Bild 2 dargestellt, besteht ein VIP also im Wesentlichen aus einem offenporigen Kernmaterial, welches unter Vakuum in eine Hochbarrierefolie eingeschweißt wird. Üblicherweise wird hierzu zunächst das Kernmaterial in einen dreiseitig verschweißten Folienbeutel eingelegt und in einer Vakuumkammer über die offene Seite evakuiert. Um ein Austreten von Staub während der Evakuierung zu verhindern, ist das Kernmaterial normalerweise zusätzlich in ein Vlies eingehüllt. Nach Erreichen des Zielunterdrucks



Bild: ZAE Bayern

Bild 2: Aufbau VIP

wird die offene Seite in der Kammer verschweißt bevor diese wieder auf Normaldruck belüftet wird.

Im Gegensatz zur Thermoskanne findet beim VIP Wärmeleitung über das Festkörpergerüst des Stützkerns statt. Das Kernmaterial sollte daher eine möglichst niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweisen und idealer Weise auch den Wärmetransport durch Strahlung minimieren. Des Weiteren ist es beim Evakuieren technisch nicht möglich, ein perfektes Vakuum zu erzeugen, also sämtliche Luftmoleküle abzupumpen. Vielmehr wird ein gewisser Restgasdruck im Panel verbleiben, wodurch sich ein zusätzlicher Wärmetransport durch Leitung über das eingeschlossene Gas ergibt. Sobald der Restdruck einen gewissen Schwellenwert unterschreitet, ist der Anteil dieses Mechanismus

* Dr. Ulrich Meier, Technische Entwicklung, SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG

am Gesamtwärmetransport jedoch vernachlässigbar klein. Der Schwellendruck wird erreicht, wenn die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle größer als die Porengröße des Kernmaterials wird. In diesem Fall stoßen die Gasmoleküle nicht mehr untereinander, sondern nur noch elastisch gegen das Festkörpergerüst, wodurch kaum Wärme übertragen wird [4].

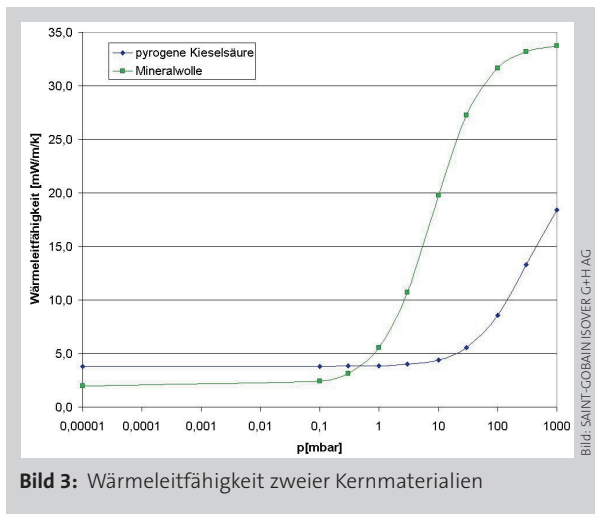


Bild 3: Wärmeleitfähigkeit zweier Kernmaterialien

Zur besseren Veranschaulichung dieses Sachverhalts ist in Bild 3 die Wärmeleitfähigkeit zweier Kernmaterialien bei 10°C Mitteltemperatur gegen den Restgasdruck aufgetragen. Die blaue Kurve stellt dabei den Verlauf für ein Kernmaterial aus pyrogener Kieselsäure dar, welches eine sehr feine Porenstruktur aufweist.

Die Porengröße des in der grünen Kurve dargestellten Mineralwollekerns liegt hingegen im Mikrometer-Bereich. Für einen Restgasdruck unterhalb von 0,1 % des Atmosphärendrucks (~ 0,1 mbar) haben beide Materialien eine sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit. Aufgrund des hohen Wärmewiderstands der Faser-Faser-Kontakte liegt der Wert für den Mineralwollekern mit ungefähr 2 mW/(m K) dabei noch unter den ungefähr 4 mW/(m K) der Kieselsäure. Typische Werte für konventionelle Dämmstoffe liegen mit 30 - 40 mW/(m K) deutlich höher.

Beide Kurven weisen einen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit mit zunehmendem Innendruck auf. Während jedoch beim Mineralwollekern eine sehr steile Zunahme bereits für Drücke größer 1 mbar zu beobachten ist, steigt die Wärmeleitfähigkeit der Kieselsäure erst oberhalb von 10 mbar langsam an. Dieses unterschiedliche Verhalten ist mit dem oben beschriebenen Effekt in Verbindung der feineren Porenstruktur der Kieselsäure zu erklären. Selbst bei Normaldruck (1000 mbar) ist die Gasleitung in der Kieselsäure noch nicht vollständig ausgeprägt, so dass sie mit 20 mW/(m K) eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit als ruhende Luft (~ 25 mW/(m K)) aufweist.

Die Aufgabe der Hüllfolie ist es, das Vakuum über den benötigten Anwendungszeitraum aufrecht zu erhalten. Durch die Partialdruckdifferenz zwischen dem Innenraum

des Panels und seiner Umgebung kommt es zu Diffusionsströmen von Luft und Wasserdampf in das Panel. Dies führt mit der Zeit zu einem Anstieg des Innendrucks, der wiederum wie oben beschrieben zu einem Anstieg der Wärmeleitfähigkeit des VIPs führt. Um die gute Dämmleistung über einen langen Zeitraum garantieren zu können, müssen also sowohl die Folie an sich als auch die Siegelnähte des Folienbeutels besonders gasdicht sein.

Eine hohe Gasdichtheit kann über durchgehende Metallschichten in der Folie erreicht werden. Allerdings sind Metalle bekanntermaßen sehr gute Wärmeleiter, so dass eine zu dicke Metallschicht eine sehr große Wärmebrücke darstellen würde. Abhängig von der Panelgröße würde der Großteil des Wärmestroms von der warmen zur kalten Seite des Panels dann nicht über das evakuierte Kernmaterial mit seinem hohen Wärmewiderstand stattfinden, sondern über den Metallanteil der Hüllfolie. Dieser muss also als Kompromiss zwischen erforderlicher Gasdichtheit und Verschlechterung der Dämmleistung durch die entstehende Wärmebrücke festgelegt werden. Derzeit sind im Wesentlichen zwei verschiedene Ausführungen von Hüllfolien erhältlich. Die eine Variante (Folientyp 1) mit größerer Gasdichtheit in Verbindung mit erhöhter Wärmebrückenproblematik besteht aus einer Aluminiumschicht der Dicke 6-12 Mikrometer und einer Siegelschicht aus Kunststoff. Die andere Variante (Folientyp 2) weist zwei bis drei dünn mit Aluminium bedampfte Kunststoffschichten auf, wodurch sich die Gesamtstärke des Metalls auf einige hundert Nanometer beschränkt. Einerseits ist damit die Gasdichtheit dieser Folie niedriger als bei Typ 1, andererseits ist aber auch die Wärmebrückenproblematik entsprechend entschärft.

Die Wahl einer geeigneten Hüllfolie hängt neben dem Einsatzzweck des VIPs auch vom verwendeten Kernmaterial ab. Wie oben beschrieben und aus Bild 3 ersichtlich erfolgt der charakteristische Druckanstieg bei Kieselsäure bei einem höheren Druck als bei mikroporösen Kernmaterialien. Entsprechend sind die Anforderungen an die Dichtheit der Folie bei einem Kern aus pyrogener Kieselsäure niedriger als etwa bei einem Mineralwollekern. Sollte der Innendruck im Panel mit der Zeit etwa auf 10 mbar angestiegen sein, würde ersterer immer noch eine Wärmeleitfähigkeit kleiner als 5 mW/(m K) aufweisen, während die des Mineralwollekerns im gleichen Zeitraum auf ungefähr 20 mW/(m K) angestiegen wäre.

Für den Einsatz in Kühlgeräten ist der Anwendungszeitraum durch die Lebensdauer eines solchen Geräts von ungefähr 10 - 15 Jahren beschränkt. Hierzu werden besonders in Japan Vakuum-Isolations-Paneele mit einem Kern aus Mineralwolle und einer Folie vom oben beschriebenen Typ 1 eingesetzt. Die relativ dicke Aluminiumschicht soll die sehr hohe Dämmwirkung des Mineralwollekerns über die Lebensdauer des Kühl- oder Gefrierschranks garantieren. Die zusätzlichen Wärmeverluste über die Wärmebrücke der Hüllfolie können durch Verwendung möglichst großformatiger Elemente minimiert werden. In Europa werden hingegen in der Regel Vakuum-Isolations-Paneele mit einem Kie-

selsäurekern und einer Folie vom oben beschriebenen Typ 2 verwendet. Damit ist die Wärmebrückenproblematik im Vergleich zu den eben beschriebenen VIPs weniger stark ausgeprägt, allerdings muss für diese Folien für gängige Paneelgrößen mit einem Anstieg des Innendrucks um circa 1 mbar pro Jahr gerechnet werden. Aufgrund des hohen Schwellendrucks der Kieselsäure ergibt sich daraus jedoch immer noch eine erwartete Lebensdauer von ungefähr 50 Jahren[1].

Somit sind mögliche Anwendungen nicht nur auf den Kühlgeräte-Sektor beschränkt, sondern es ist auch ein Einsatz im Hochbau denkbar und wurde bereits in einigen Objekten realisiert (siehe auch unter [5, 6]). Bevor nun im übernächsten Abschnitt auf die besonderen Randbedingungen bei der Verwendung von VIPs im Hochbau eingegangen werden soll, wird im nächsten Abschnitt erläutert, wie der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit für eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von VIPs ermittelt wird.

Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

Bei der üblichen Herstellung von VIPs in einer Vakuumkammer kann bei Kieselsäurekernen problemlos ein Ausgangsdruck unterhalb von 3 mbar erreicht werden. Wie aus Abb. 3 ersichtlich ist, erhält man damit einen sehr niedrigen Ausgangswert der Wärmeleitfähigkeit von ungefähr 4 mW/(m K). Dieser Wert darf allerdings nicht für wärmetechnische Berechnungen verwendet werden, sondern nur der in einer bauaufsichtlichen Zulassung angegebene Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit. Dieser berücksichtigt neben dem Ausgangszustand auch die im letzten Abschnitt erwähnten Effekte des mit der Zeit ansteigenden Innendrucks sowie der Wärmebrücke der Hüllfolie.

Während letzterer Einfluss mit Finite-Elemente-Methoden (FEM) berechnet werden kann, versucht man sich dem Thema Druckanstieg im VIP über beschleunigte Alterungsverfahren zu nähern. Der im Prüfplan des Deutschen Instituts für Bautechnik vorgesehene Alterungstest, der den Druckanstieg eines VIPs über einen Anwendungszeitraum im Hochbau nachzustellen versucht, sieht die folgenden Einzelprüfungen vor:

- Prüfung der Wärmeleitfähigkeit im Ausgangszustand,
- Klimawechselprüfung (+80/-15) °C mit 8 Zyklen a 24 Stunden,
- 90 Tage Temperaturlagerung bei 80°C,
- Prüfung der Wärmeleitfähigkeit im gealterten Zustand,
- weitere 90 Tage Temperaturlagerung bei 80°C,
- Prüfung der Wärmeleitfähigkeit im gealterten Zustand.

Aus den erhaltenen Informationen wird der bauaufsichtliche Zulassungswert der Wärmeleitfähigkeit des geprüften VIPs folgendermaßen bestimmt: Zu dem Wärmeleitfähigkeitswert nach der letzten Alterung wird der mittels FEM berechnete Zuschlag für die Wärmebrücke der Hüllfolie addiert. Dieser ist abhängig von der Elementgröße, so dass in den Zulassungen normalerweise eine Mindestgröße für das VIP angegeben wird. Nur für VIPs, die größer als die-

ses Mindestformat sind, besitzt der Bemessungswert Gültigkeit. Darüber hinaus wird der so erhaltene Wert noch mit einem Sicherheitsfaktor von 25 % beaufschlagt.

Ein typisches Zahlen-Beispiel für ein VIP der Abmessungen 1000 mm * 600 mm * 20 mm mit Kieselsäurekern und Hüllfolie vom Typ 2 sieht folgendermaßen aus:

- Ausgangswert der Wärmeleitfähigkeit: 4 mW/(m K),
- Wert nach Alterung: 5 mW/(m K),
- Wert nach Alterung inklusive Wärmebrücke Hüllfolie: 5,6 mW/(m K),
- Wert mit 25 % Sicherheitszuschlag: 7 mW/(m K).

Außerdem wird noch gefordert, dass das VIP auch bei vollständigem Verlust des Vakuums - etwa durch Beschädigung der Folie oder über eine minderwertige Schweißnaht - immer noch den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 Tabelle 3 erfüllt.

Anwendungen im Hochbau

Seit dem 1. Oktober 2009 ist die neue Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) in Kraft. Ihr Ziel ist es, den Energiebedarf für das Heizen und die Warmwasserbereitung im Gebäudebereich um durchschnittlich 30 Prozent zu senken. Mit Erfüllung dieser Zielsetzung würde ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Neben entsprechenden Regelungen für Neubauten wird auch ein besonderes Augenmerk auf die Modernisierung von Altbauten gelegt.

Doch gerade im Bestandsbau sieht man sich oft dem Dilemma ausgesetzt, dass große Dämmdicken konstruktionsbedingt nicht möglich oder wünschenswert sind. Als Beispiele wären hier etwa denkmalgeschützte Objekte zu nennen, bei denen eine Außendämmung nicht in Frage kommt oder auch Gebäude in hochpreisigen Wohngebieten, bei denen mit großen Dämmstärken kostbarer Wohnraum verloren ginge. Will man auch in diesen Fällen nicht auf eine effiziente Dämmung verzichten, bietet sich die Verwendung von VIPs an, da mit diesen aufgrund ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit auch mit schlanken Konstruktionen eine hervorragende Dämmwirkung erzielt werden kann.

Beispiele für den erfolgreichen Einsatz von VIPs in verschiedenen Anwendungsgebieten (Fußboden, Terrasse, Wand, Pfosten-Riegel-Konstruktion, Fassade im Alt- und Neubau) finden sich in [5,6]. Allerdings sind Planer und Verarbeiter beim Umgang mit VIPs einigen Herausforderungen ausgesetzt, die ihnen bei konventionellen Dämmstoffen so nicht begegnen. Bevor nun im Einzelnen auf diese eingegangen wird, sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass für wärmetechnische Berechnungen nicht der oft angegebene Ausgangswert der Wärmeleitfähigkeit verwendet werden darf, sondern nur der in der bauaufsichtlichen Zulassung für das VIP in der geplanten Anwendung angegebene Bemessungswert.

Die herausragenden Dämmwerte eines VIPs beruhen wie oben erläutert wesentlich auf dem vorhandenen Vakuum im Innern des Panels. Im Umkehrschluss bedeutet

dies, dass ein Verlust des Vakuums mit einer deutlichen Verschlechterung der Dämmwirkung einher geht. In direkter Konsequenz darf die Hüllfolie also nicht beschädigt werden. Dementsprechend ist im Gegensatz zu konventionellen Dämmstoffen eine Formatanpassung eines VIPs durch Schneiden, Sägen usw. beim Einbau nicht möglich. Des Weiteren ist man auch bei der Wahl der Befestigungsmittel stark eingeschränkt, da natürlich ein Anbohren oder das Einschlagen eines Nagels ebenfalls vermieden werden muss. Um derartige Beschädigungen von VIPs zu vermeiden, wird in der bauaufsichtlichen Zulassung von VIPs in der Regel gefordert, dass der Einbau dieser hochempfindlichen Elemente nur von geschulten Verarbeitern vorgenommen werden darf.

Ein mehr oder weniger mutwilliges Zerstören seitens des Verlegers ist aber nicht die einzige Gefahr, die auf ein VIP lauert. Ein „nacktes“, d. h. unverkleidetes VIP ist bereits beim Transport zur Baustelle, bei der Lagerung an derselben und auch beim Einbau einem sehr großen Verletzungsrisiko ausgesetzt. Mitunter ist schon ein herumliegendes Steinchen oder eine Unebenheit an der zu dämmenden Fläche ausreichend, um die empfindliche Hüllfolie zu beschädigen.

Um dieses Problem zu umgehen, werden VIPs an Ober- und Unterseite oft mit einer schützenden Deckschicht versehen. Um hier den Vorteil einer sehr dünnen Dämmung nicht wieder vollständig zu verlieren, kommen hierbei dünne Deckschichten aus einem Schutzvlies, MDF, Sperrholz, Blech oder konventionellem Dämmstoff zum Einsatz. Zum Schutz der seitlichen Kanten wird das Format dieser Deckschichten meist etwas größer gewählt als das des VIPs. Darüber hinaus werden die Seiten auch oft mit einem schützenden Klebeband versehen. In einer anderen, oft angetroffenen Variante wird das VIP vollständig beispielsweise in EPS eingeschäumt.

Aufgrund des hohen Wärmewiderstandes der VIPs muss bei der Planung der Einfluss von entstehenden Wärmebrücken sorgfältig untersucht werden. So wurde in [6] eine Außenfassade mit großformatigen, vorgefertigten Dämmelementen auf VIP-Basis gedämmt. Um den sich ergebenden statischen Anforderungen gerecht zu werden, mussten Halteanker durch die Dämmebene geführt werden. Allein durch die konstruktive Wärmebrücke dieser Befestigungsmittel verschlechterte sich der U-Wert der Fassade um ein Drittel. Beispielhaft für eine auftretende stoffliche Wärmebrücke wäre eine Stoß-an-Stoß-Verlegung der bereits erwähnten vollständig in EPS eingeschäumten VIPs (siehe Bild 4). Hier besteht die Dämmebene aus alternierenden

Abschnitten. Der eine Abschnitt besteht aus einem Verbund EPS/VIP/EPS mit einem hohen Wärmewiderstand; der andere aus reinem EPS und weist entsprechend einen deutlich niedrigeren Wärmewiderstand auf. Eine detaillierte Analyse der entstehenden Wärmebrücken findet sich in [7]. Eine elegante Lösung dieses Problems stellt das in [8] beschriebene Wärmedämmverbundsystem mit einer zweilagigen Anordnung der VIPs dar, bei dem auch das Befestigungsproblem gelöst ist. Ähnlich ist die Situation für zwischen den Stößen der VIPs untereinander auftretende Luftspalte. Auch diese stellen Wärmebrücken dar und sollten daher weitestgehend minimiert werden. Dies ist besonders bei den oben erwähnten VIPs mit Deckschichten zu beachten, da hier durch die beschriebenen Überstände zwangsläufig Spalte zwischen Einzelementen entstehen. Angrenzende Bauteile wie einbindende Decken oder Wände sind ebenfalls Wärmebrücken und erfordern gegebenenfalls den Einsatz von Dämmkeilen oder ähnliche Maßnahmen [9].

Ein weiterer wichtiger Punkt, der in letzter Konsequenz ebenfalls mit der Wärmebrückenproblematik verbunden ist, ist das Thema Abmessungen von VIPs. Aus fertigungstechnischen und daher letztendlich auch preislichen Gründen ist die Verwendung von Standardformaten wünschenswert. Da die VIPs aber nicht zugeschnitten werden dürfen, stellt sich das Problem, dass die zu dämmende Fläche in der Regel nicht vollständig mit Elementen in diesen Standardgrößen überdeckt werden kann.

Eine Lösung wäre hier die Fertigung von wenigen VIPs in Sonderformaten. Aber hier treten gleich zwei Schwierigkeiten auf. Zum einen wird wie bereits erwähnt in den Zulassungen von VIPs ein Mindestformat gefordert. Dies stellt eine starke Einschränkung an die möglichen Sonderformate dar. Unter Umständen ist es dadurch wieder nicht möglich, die gesamte Fläche zu überdecken. Das andere Problem ist grundsätzlicher Natur: Aufgrund von Toleranzen in den VIP-Abmessungen, Ungenauigkeiten bei der Vermessung der zu dämmenden Fläche sowie Unebenheiten an den Rändern derselben, wird in der Praxis sehr oft die Situation eintreten, dass die Elemente nicht passgenau zur Fläche sind. Besonders negativ wäre der Fall, wenn der Verleger am Ende einer Reihe feststellen müsste, dass das vorgesehene letzte VIP zu groß ist und nicht in die verbleibende Lücke eingesetzt werden kann. Es würden also Verzögerungen in der Verlegung auftreten und ein entsprechend kleineres Element müsste aufwändig nachgefertigt werden.

Alternativ dazu bietet es sich an, die Fläche so weit wie möglich mit Standardformaten zu belegen und die verbleibenden Flächen konventionell zu dämmen. Doch auch bei diesem Vorgehen ist immer noch ein vergleichsweise großer Planungsaufwand nötig, um die benötigte Menge an Standard-VIPs zu ermitteln. Außerdem stellen die Flächen mit konventioneller Dämmung wieder stoffliche Wärmebrücken dar. Daher sollte man auf eine möglichst niedrige Wärmeleitfähigkeit des hierzu verwendeten Dämmstoffs achten. Darüber hinaus sollten diese Abschnitte an bauphysikalisch unbedenklichen Stellen in der Fläche angeordnet werden

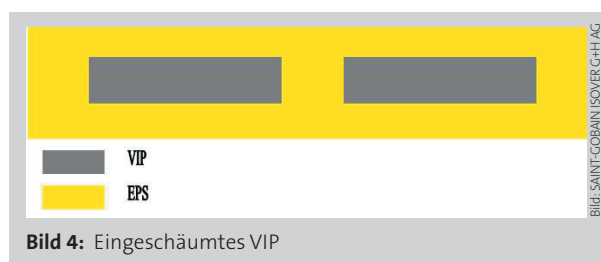


Bild 4: Eingeschäumtes VIP

und nicht an den Rändern oder neben Fenstern und anderen Durchdringungen.

Hat der sorgsame Verarbeiter nun alle Klippen sicher umschiff und das VIP intakt und wärmebrückenarm eingebaut und hat es auch alle nachgelagerten Arbeiten unbeschädigt überstanden, lauert mit dem Einzug des Bewohners gleich die nächste potenzielle Gefahrenquelle auf das Paneel. Denn ein eingeschlagener Nagel, um ein Bild aufzuhängen, oder eine Schraube zur Befestigung eines Regals können dem Vakuum schnell den Garaus machen. Daher muss auch der Bewohner (insbesondere bei Vermietung) sorgfältig über die Thematik VIP informiert werden.

CHECKLISTE FÜR DEN VIP-EINSATZ

- Das VIP muss für das geplante Einsatzgebiet zugelassen sein.
- Wärmetechnische Berechnungen sind nur mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit, nicht etwa mit dem Ausgangswert des VIPs oder des Kernmaterials alleine durchzuführen.
- Zur Ermittlung der benötigten Elemente sind ein genaues Aufmaß der zu dämmenden Fläche sowie ein Verlegeplan nötig.
- Die Hüllfolie darf beim Einbau nicht beschädigt werden:
 - Bevorzugt sind VIPs mit Deckflächen zu verwenden,
 - auch ein seitlicher Kantenschutz ist vorteilhaft,
 - ein Anpassen der Größe durch Schneiden, Sägen etc. ist nicht möglich,
 - die Befestigung darf nicht über Schrauben, Nägel usw. erfolgen.
- Eine sorgfältige Wärmebrückenanalyse ist erforderlich unter Berücksichtigung von:
 - Durchdringungen, Befestigungen,
 - dem eventuell vorhandenen seitlichen Kantenschutz der VIPs,
 - Luftspalten,
 - angrenzenden Bauteilen,
 - Flächen, die nicht mit VIP gedämmt werden (können). Diese sind an bauphysikalisch unkritischen Stellen anzubringen und sollten konventionell gedämmt werden. Auf eine möglichst niedrige Wärmeleitfähigkeit des konventionellen Dämmstoffs ist zu achten.
- Keine Beschädigung des VIPs im eingebauten Zustand:
 - Es ist sicherzustellen, dass das VIP nicht bei nachgelagerten Arbeiten beschädigt wird,
 - der Bewohner muss über die Problematik informiert sein,
 - Befestigung von Bildern usw. mit Schrauben oder Nägeln dürfen nur dort erfolgen, wo kein VIP verletzt werden kann.

Zusammenfassung

Vakuum-Isolations-Paneele weisen gegenüber konventioneller Dämmung den Vorteil einer höheren Dämmwirkung bei niedrigen Elementstärken auf. In diesem Artikel wurde die Funktionsweise dieser Paneele erläutert, auf die Details der Ermittlung des Bemessungswerts ihrer Wärmeleitfähigkeit eingegangen und auf die Besonderheiten bei einer Verwendung im Hochbau hingewiesen.

Zusammenfassend lässt sich dabei festhalten, dass es auch frei nach Aristoteles keinen Grund gibt, im Hochbau vor dem Vakuum-Isolations-Paneel zurückzuschrecken. Allerdings sind sowohl die Planung als auch der Einbau einer Vakuumdämmung mit einem erhöhten Aufwand im Vergleich zu konventioneller Dämmung verbunden. Ob die herausragenden Dämmeigenschaften der Paneele diesen Aufwand sowie deren derzeit relativ hohen Preis rechtfertigen, kann nicht pauschal beantwortet sondern muss für jedes Objekt einzeln geprüft werden.

Referenzen

- [1] Wang, X., Walliman, N., Ogden, R. and Kendrick, C. (2007). VIPs and their applications in buildings: a review. *Construction Materials*, vol.160, no.4, pp.145-153.
- [2] J. Fricke, U. Heinemann, H.P. Ebert, Vacuum Insulation Panels - from Research to Market, *Vacuum* 82 (2008) 680-690.
- [3] Baetens, R., Jelle, B., Thue, J., Tenpierik, M., Grynning, S., Uvsløkk, S., Gustavsen, A. (2010). Vacuum insulation panels for building applications: A review and beyond. *Energy and Buildings*, 42(2), 147-172.
- [4] G. Reichenauer, U. Heinemann, H.-P. Ebert. Relationship between pore size and the gas pressure dependence of the gaseous thermal conductivity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 300, Issues 1-2, 1 June 2007, Pages 204-210. Proceedings of the Fourth International TRI/Princeton Workshop "Characterization of Porous Materials: from Angstroms to Millimeters".
- [5] www.vip-bau.de
- [6] Diefenbach, N.; Großklos, M.: Modernisierung von Zweifamilienhäusern auf unterschiedliche energetische Standards unter Einsatz von Großelementen mit Vakuumdämmung, 10. Passivhaustagung in Hannover Mai 2006.
- [7] TENPIERIK, M.J. and CAUBERG, J.J.M. Analytical models for calculating thermal bridge effects caused by thin high barrier envelopes around vacuum insulation panels, *Journal of Building Physics* 30 (3), 2007, pp. 185-215.
- [8] WO2007097681A1
- [9] H.M Künzel - Energetische Altbausanierung durch Innendämmung. *WTA-Journal* 2 (2004), Heft 4, S. 361-374.