



VAKUUMDÄMMUNG IM BAUBEREICH

DEKLARATION UND AUSLEGUNG

Jahresbericht 2007

Autor und Koautoren	Markus Erb, Hans Simmler
beauftragte Institution	Dr.Eicher+Pauli AG / EMPA Dübendorf
Adresse	Kasernenstrasse 21, 4410 Liestal Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
Telefon, E-mail, Internetadresse	061 927 42 63, markus.erb@eicher-pauli.ch , www.eicher-pauli.ch 044 823 40 09, hans.simmler@empa.ch , www.empa.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	152687
BFE-Projektleiter	Dr. Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	Juli 2007 - Februar 2009
Datum	18.12.2007

ZUSAMMENFASSUNG

Mit diesem Projekt wird der Einsatz von Vakuum-Paneelen (VIP) im Baubereich auf ein sichereres Fundament gestellt. Zusammen mit den Herstellern und deren Schweizer Vertriebspartnern werden dazu folgende Punkte bearbeitet:

- Deklarationsraster für VIP-Eigenschaften
- Messungen der VIP-Qualität zwischen Herstellung und Anwendung
- Wärmebrückenkatalog für VIP gedämmte Konstruktionen

Wichtiger Bestandteil der zu deklarierenden Werte ist ein offizieller SIA-Wert bezüglich der Wärmeleitfähigkeit λ_D (Lambda declared), welcher auf dem SIA-Merkblatt 2001 publiziert wird. Dazu ist die Erarbeitung einer für VIP adäquaten Methodik notwendig. Das Projekt wurde im Juli 2007 mit einer Sitzung aller Beteiligten gestartet. Primäres Ziel der ersten Phase ist die Definition des Prozesses für die Ermittlung des λ_D -Wertes sowie weiterer Parameter, die für Vakuum-Dämmungen deklariert werden sollen. In einer zweiten Sitzung wurde ein Arbeitspapier der EMPA bereinigt und liegt nun in einem zweiten Entwurf vor (vgl. Anhang).

Parallel zu den Aktivitäten bezüglich Produktedeklaration wurden die heute relevanten Konstruktionen bezüglich VIP-Anwendung definiert. Zurzeit werden mittels Wärmebrücken-Software deren lineare und punktuelle Zuschlagsfaktoren bestimmt und in einem VIP-Wärmebrückenkatalog dokumentiert.

Projektziele

Es werden die notwendigen Hilfsmittel zur Berechnung der U-Werte von VIP und VIP-gedämmten Systemen erarbeitet. Ein Kernelement für diese Berechnung ist die Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit von Vakuum-Paneelen. Wichtigstes Ziel ist deshalb die Erarbeitung einer pränormativen Methodik zur Bestimmung von λ_D -Werten (Lambda declared). Diese Werte werden im SIA-Merkblatt 2001 publiziert und gelten als verbindlich für die Berechnung von U-Werten (z.B. Wärmeschutznachweis SIA 308/1). Für je ein Produkt der drei beteiligten VIP-Hersteller (Porextherm, va-Q-tec, Vaku-Isotherm), resp. CH-Vertriebspartner (ZZWancor, Schneider Systemtechnik, Neofas) wird dann mittels der erarbeiteten Methodik der λ_D -Wert bestimmt. Weiter wird ein Wärmebrückenkatalog für VIP und VIP-basierte Konstruktionen erstellt, welches den Praktikern eine einfache Berechnung von Wärmebrückeneffekten erlaubt.

Neben den thermischen Eigenschaften von VIP ist auch die Masshaltigkeit der Paneele ein Thema. Ziel hier ist, dass am Ende des Projektes die Hersteller einen standardisiert erhobenen Wert deklarieren können. λ_D -Wert und Masshaltigkeit werden prominente Bestandteile des Deklarationsrasters für VIP sein.

Bezüglich konventioneller Dämmstoffe unterscheidet sich die Situation bei Vakuumdämmungen grundsätzlich nur im Punkt eines möglichen totalen Versagens (Verlust des Vakuums). Solche Ausfallraten wurden noch nie systematisch untersucht und die fehlende Information ist ein wichtiger Faktor für das teilweise fehlende Vertrauen in die Technologie. In diesem Projekt wird im Sinne einer Qualitätssicherung die Integrität von Vakuum-Paneelen zwischen Produktions- und Einsatzort untersucht. Dies wird mittels Feldmessungen des Paneelinnendruckes gemacht.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Deklaration

Das Projekt wurde im Juli 2007 mit einer Sitzung aller Beteiligten gestartet. Primäres Ziel der ersten Phase ist die Definition des Prozesses für die Ermittlung des λ_D -Wertes sowie weiterer Parameter, die für Vakuum-Dämmungen deklariert werden sollen. In einer zweiten Sitzung wurde ein Arbeitspapier der EMPA bereinigt und liegt nun in einem zweiten Entwurf vor (vgl. Anhang).

Auslegung

Die bezüglich Wärmebrückenzuschläge zu untersuchenden Konstruktionen wurden definiert und bereits weitgehend mittels Wärmebrückenprogramm (Trisco) berechnet. Untersucht werden folgende Situationen und Details:

- Plattenstoss zwischen VIPAussparungen / Durchdringungen der VIP-DämmebeneAussenwanddämmung mit VIP (verschieden Konstruktionen)Decke gegen unbeheizt
- Innendämmung (Altbau)
- Fensterrahmenverbreiterung
- Dachterrasse
- Stirndämmung
- Kühlraumboden

Für alle diese Situationen werden die Dämmstärke und Wärmeleitfähigkeit der Dämmung über den gesamten für die Praxis relevanten Bereich variiert.

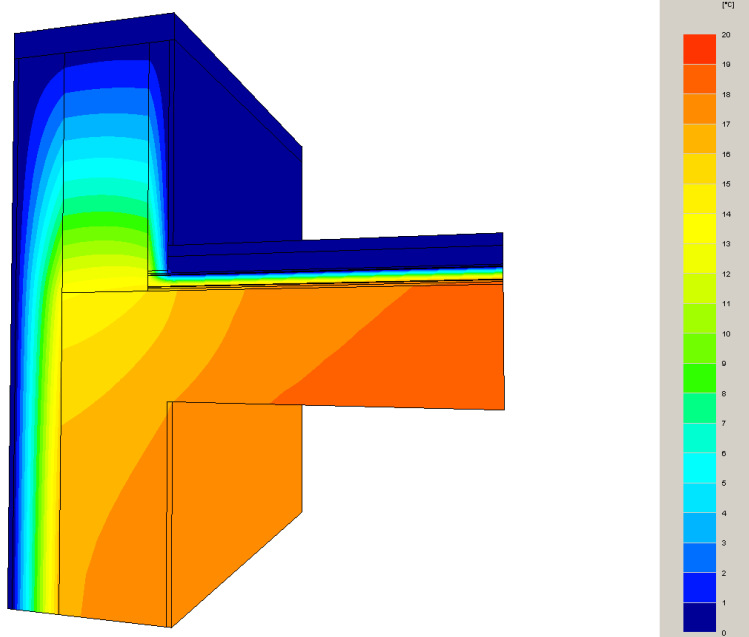
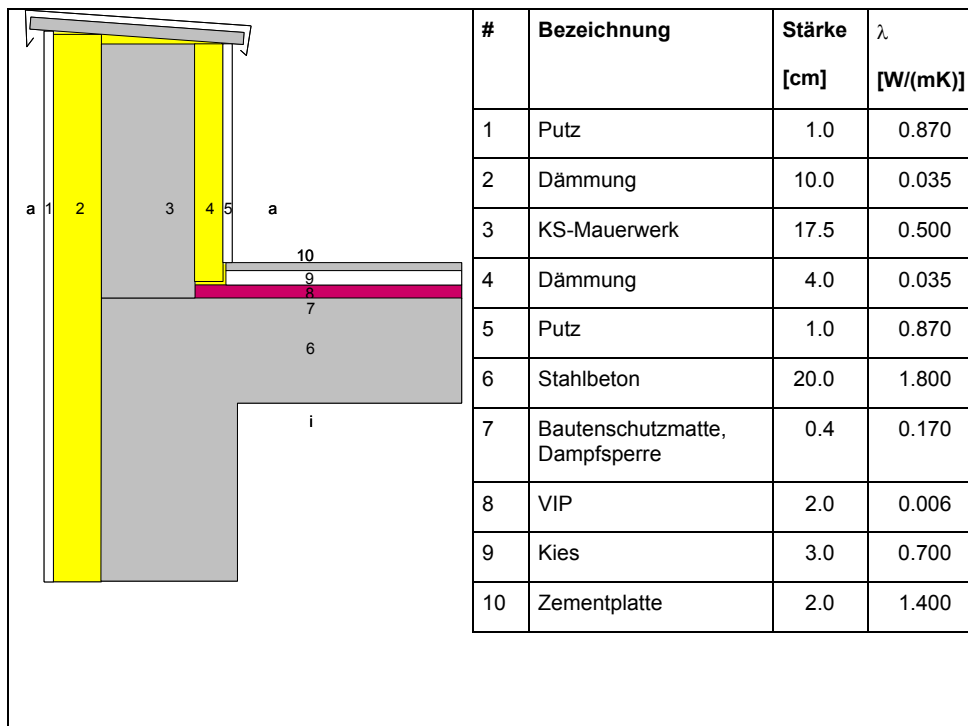


Fig. 1: Beispiel Dachterrasse Schichtaufbau und Isothermenbild bei einer Wärmeleitfähigkeit des VIP von 0.007 W/(mK). Der resultierende Wärmebrückenzuschlag liegt hier bei 0.077 W/(mK).

Feldmessungen

Diese sind für 2008 geplant. Zurzeit bestehen noch Unsicherheiten, ob der berührungslos auslesbare RFID-Innendrucksensor (RFID: Radio Frequency Identification) für das Projekt zu einem tragbaren Preis bereitstehen wird. Sollte dem nicht so sein, wird mit dem bewährten va-Q-tec Messsystem gearbeitet. Dessen Nachteil ist, dass für die Messung das Paneel zugänglich sein muss, d.h. im eingebauten Zustand kann nicht mehr gemessen werden.

Nationale und Internationale Zusammenarbeit

Die Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit den Normengremien von SIA (279) und CEN/TC 88 und den involvierten Firmen (VIP-Hersteller, Schweizer Systemanbieter) durchgeführt. Im Rahmen der Arbeitsgruppe Vakuumdämmung des energie-clusters werden die Ergebnisse diskutiert.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Der Projektfortschritt entspricht der Planung. Die Zusammenarbeit mit den Industriepartnern ist konstruktiv. In den nächsten Wochen wird der EMPA-Vorschlag bezüglich der Bestimmung des λ_D -Wertes und der Produktdeklaration bereinigt. Voraussichtlich kann dann mit den Arbeiten zur Umsetzung dieses Papiers auf die Produkte der beteiligten Firmen im Frühjahr begonnen werden. Gleichzeitig starten dann auch die Feldmessungen.

Referenzen

- [1] IEA/ECBCS Annex 39 (2005): **VIP - Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications**, Subtask A report. Download: www.vip-bau.ch.
- [2] IEA/ECBCS Annex 39 (2005): **Vacuum Insulation in the Building Sector - Systems and Applications**, Subtask B report. Download: www.vip-bau.ch.
- [3] **SIA-Merkblatt 2001 Wärmedämmstoffe**. Deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit und weitere Angaben der Lieferanten und Hersteller.
- [4] Frank et al. (1998). **Bestimmung der wärmetechnischen Einflüsse von Wärmebrücken bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden**. Vertrieb: Schweizerische Zentralstelle für Fenster- und Fassadenbau (SZFF), Dietikon.
- [5] **Wärmebrückenkatalog**. Bundesamt für Energie BFE, 2002.

Anhang

Qualitätssicherung und Deklaration von VIP

Diskussionspapier Projekt VIP-Deklaration/Auslegung

Stand Dezember 2007

Dr. H. Simmler

Empa Bautechnologien

Hintergrund

Im Rahmen der Europäischen Normen EN 13162 bis 13171 *Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmässig hergestellte Produkte* werden eine Erstprüfung (Wärmeleitfähigkeit, Druckfestigkeit, Brandeigenschaften durch eine unabhängige Prüfstelle) sowie eine fortlaufende Produktionskontrolle (Eigenüberwachung) durch den Hersteller gefordert. Die Normen enthalten die Messverfahren, Messhäufigkeiten und weitere Einzelheiten zu den technischen Produkteigenschaften, welche durch den Hersteller deklariert und überwacht werden müssen. Quantitative Anforderungen gibt es im Wesentlichen nur für Masstoleranzen und Dimensionsstabilität. Teilweise sind weitere Mindestwerte vorgegeben (z.B. für die Druckfestigkeit). Die deklarierte Wärmeleitfähigkeit (d.h. der Nennwert) soll allgemein über einen Zeitraum von 25 Jahren bei Raumklimabedingungen von 90 % der Produktion nicht überschritten werden. Für alterungsbehaftete Materialien sind Alterungsmethoden und/oder Zuschläge festgelegt, nach denen solche Alterungseffekte zu berücksichtigen sind. Ein gutes Beispiel ist EN 13165 für PU-Schaumkunststoffe (Schnellalterung durch 25 Wochen Wärmebelastung bei 70°C oder fixe Zuschläge in Abhängigkeit der Materialstärke).

Ausser für die Brandeigenschaften wird in den EN für Wärmedämmstoffe keine fortlaufende Fremdüberwachung der Produkte durch ein unabhängiges Prüflabor vorgesehen. Dies wird in den meisten mitteleuropäischen Ländern kritisiert, da nach der Erstprüfung die Produktqualität nicht mehr ausreichend gesichert sei.

In der Schweiz wird dies für die Wärmeleitfähigkeit durch die Vornorm SIA 279 „korrigiert“, indem der Nennwert nur dann als Bemessungswert in Energienachweisen (SIA 380/1) verwendet werden kann, wenn eine jährliche Fremdüberwachung (Stichprobenmessung) erfolgt. Ein Ausschuss der Kommission 279 kontrolliert und bestätigt die Normkonformität und die fortlaufende Überwachung der entsprechenden Produkte durch ein individuelles Nachweisblatt und die Publikation der kontrollierten Produkte im Merkblatt SIA 2001 sowie im Internet. In Deutschland wird eine umfangreichere und halbjährliche Fremdüberwachung im Rahmen einer allgemeinen, bauaufsichtlichen Zulassung vorgeschrieben. Ohne diese Zulassung werden die EN-Nennwerte mit 20 % beaufschlagt.

Für Vakuumisulationspaneele (VIP) gibt es noch keine Normierungsgrundlagen. In der Schweiz ist für die Kommission SIA 279 klar, dass das Vorgehen bei VIP – soweit anwendbar – möglichst analog zu anderen Wärmedämmstoff-Gruppen sein soll. Im Rahmen des BFE-unterstützten Projekts „VIP Deklaration und Auslegung“ werden die entsprechenden Elemente mit Herstellern und weiteren Beteiligten diskutiert und auf andere Aktivitäten wie z.B. in Deutschland abgestimmt.

Diese Elemente dienen als Grundlage für die Deklaration von produkt- und anwendungsgerechten Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit und weiterer Eigenschaften sowie zur Festlegung der Anforderungen für die SIA-Bestätigung, die bisher provisorisch nach noch nicht im Detail festgelegten Bedingungen erfolgten. Die folgenden Abschnitte enthalten stichwortartig den aktuellen Stand der Verfahren für die Elemente *Erstprüfung*, *Nennwert/Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit*, *Eigenüberwachung*, *Fremdüberwachung* und *Deklaration*.

1 Erstprüfung

Begriff: Die Erstprüfung ist eine einmalige, umfassende Qualitätsprüfung zur Festlegung der wesentlichen Eigenschaften (technische Spezifikation, Gesundheitsrisiken, Umweltgefährdung, Sicherheit etc.) eines Serienprodukts. Änderungen im Produktionsprozess erfordern eine erneute, allenfalls vereinfachte Erstprüfung.

Wärmeleitfähigkeit

- Durchführung: Akkreditierte Prüfstelle mit entsprechender Kompetenz
- Probenahme im Werk
 - 3 Stück Standardformat z.B. 500 x 600 mm² (max. 600 x 600 mm²) und 3 Stück 250 x 250 mm², unterer Dickenbereich
 - Je 2 Stück Standardformat z.B. 500 x 600 mm² (max. 600 x 600 mm²), mittlerer und oberer Dickenbereich
 - Bereitgestellte Menge der Probekörper: mindestens von 3 verschiedenen Produktionstagen sowie dreifache Anzahl der obigen Stückzahlen
 - Evtl. Proben für Messung Ψ -Randverbund (vgl. Abschnitt „Nennwert / Bemessungswert“)
- Einsichtnahme Werkstatistik / Eigenüberwachung
- Messungen Wärmeleitfähigkeit:
 - Messungen Anfangswerte: 3 Dicken
 - Charakterisierung Kerneigenschaften:
 - Messung bei erhöhtem Innendruck (50 - 100 mbar), Bestimmung $\lambda_p = \Delta\lambda/\Delta p$
 - Messung bei Normaldruck (ca. 1'000 mbar)
 - Messung bei erhöhtem Feuchtegehalt X_w (Masse-%), Bestimmung $\lambda_{Xw} = \Delta\lambda/\Delta X_w$
- Messung der Feuchteaufnahme, Sorptionsisotherme $X_w(\varphi)$
 - Trocknung 105°C, Ausgleichsfeuchten bei ca. 30 % r.F. und ca. 60 % r.F.
- Messung Innendruck
 - An 2 Formaten unterer Dickenbereich, je 3 Probekörper
- Alterung im Klima 23°C, 50 % r.F. (6 Monate)
 - Jährliche Zunahme von Innendruck p_a , Feuchtegehalt X_{wa}
 - Bestimmen der Formatabhängigkeit
- Bestimmung / Prüfung des Nennwerts der Wärmeleitfähigkeit (vgl. *Nennwert*)

Weitere Eigenschaften (vgl. Deklaration):

Erstprüfung durch den Hersteller bzw. durch eine entsprechende Prüfstelle (Brandeigenschaften, Druckfestigkeit).

2 Nennwert / Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

Vorgehen

- Bestimmung des Langzeitwerts: $\lambda(t) \cong \lambda_0 + \lambda_p \cdot p_a \cdot t + \lambda_{XW} \cdot X_{W,eq} (1 - \exp(-t/\tau))$
 - λ_0 = 90-%-Fraktilwert Werksstatistik (nicht gealtert), min. 10 Messwerte
 - $X_{W,eq}$ = Ausgleichsfeuchtegehalt 23°C, 50 % r.F.
 - $\tau = X_{W,eq} / X_{Wa}$, Zeitkonstanter Feuchteausgleich
 - $\lambda(t)$ für $t = 25$ Jahre, formatabhängig
- Messung/Berechnung Ψ -Randverbund
 - Messung: an 4 Probekörpern ca. 250 x 500 x 20 mm³
- Standardwert für Kunststofflamine mit $\Sigma d_{Alu} < 0.3 \mu\text{m}$: $\Psi_{Rand} = 0.01 \text{ W/(m K)}$
- Nennwert $\lambda_D = \lambda(25 \text{ a}) + \Psi(d) \cdot d \cdot U/A$, Aufrundung in 0.001 W/(m K)

Bemerkung

Für satt gestossene, grossflächige Dämmungen mit vernachlässigbaren Randeffekten und Wärmebrücken gilt (nach Prüfung/Bestätigung durch SIA): VIP-Nennwert = Bemessungswert für Energienachweise SIA 380/1.

3 Eigenüberwachung Hersteller

Zu überwachende Eigenschaften

- | | |
|---|--------------------|
| ▪ Ausgangsstoffe Barriere, Kernmaterial, evtl. weitere Eingangskontrolle (Einzelheiten werkspezifisch bzw. Regelung dt. Gütegemeinschaft) | |
| ▪ Länge, Breite | täglich |
| ▪ Dicke | täglich |
| ▪ Rohdichte (inkl. Barriere) | täglich |
| ▪ Wärmeleitfähigkeit (nach Herstellung) | täglich |
| ▪ Innendruck | täglich |
| ▪ Alterung: | |
| ○ Lagerung von Rückstellproben aus der Produktion bei Raumklimabedingungen, ca. 6 - 12 Monate | einmal monatlich |
| ○ Messung des Innendrucks vor/nach Lagerung | |
| ▪ Druckspannung bei 10 % Stauchung | einmal wöchentlich |

4 Fremdüberwachung

Durchführung: Akkreditierte Prüfstelle mit entsprechender Kompetenz

Häufigkeit: 1-mal jährlich

Probenahme: durch Dritte (Prüfstelle, Überwachungsstelle oder Beauftragten)

Kontrollen im Werk: Einsichtnahme Eigenüberwachung

Zu prüfende Eigenschaften:

- Länge, Breite
- Dicke
- Rohdichte (inkl. Barriere)
- Wärmeleitfähigkeit (nach Anlieferung, mit erhöhtem Innendruck)
- Innendruckzunahme: Messung an Rückstellproben des Herstellers

5 Deklaration

Auf Produkt oder Etikette oder Verpackungseinheit

- Produktname oder andere Identifizierung
- Name oder Warenzeichen und Adresse des Herstellers oder seines Bevollmächtigten
- Produktionsdatum und -ort oder nachvollziehbarer Schlüssel
- Klasse des Brandverhaltens
- Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes (inkl. Alterung, Randverlust)
- Nennwert der Wärmeleitfähigkeit (inkl. Alterung, Randverlust)
- Nenndicke Paneelmitte (inkl. Barriere), falls relevant: Zusätzlich Dicke am Rand
- Nennlänge und Nennbreite (inkl. Randbereich)
- Art etwaiger Deckschichten. Falls relevant: Deren Wärmeleitfähigkeit, Dicke

Technische Dokumentation (veröffentlicht oder auf Anfrage beim Hersteller):

- Wärmekapazität
- Temperatur-/Feuchteinsatzbereich
- Rohdichte (inkl. Barriere)
- Druckspannung bei 10 % Stauchung, zulässige Dauerlast (falls Einbau in Böden)
- Scherbelastung: Hinweis, dass bauteilspezifische Systemtests erforderlich
- Toleranzen Länge, Breite, Dicke, Rechtwinkligkeit
- Evtl. Beschichtung
- Kernmaterial: Hauptbestandteile (z.B. pyrogene Kieselsäure mit Trübungsmittel), Genauere Zusammensetzung bei Empa hinterlegt.
- Barriere: Kunststofflaminat oder Aluminiumfolie (dann: Aluminiumschichtdicke)
- Chemikalienbeständigkeit: z.B. pH-Bereich, Hinweis lösemittelfreie Kontaktstoffe

6 Prüfmethoden

Nr.	Eigenschaft	Norm	Abmessungen Probekörper	Anzahl Probekörper	Bemerkungen
1	Wärmedurchlasswiderstand und Wärmeleitfähigkeit	EN 12667	Geräteabhängig	1 bzw. 2	-
2	Länge und Breite	EN 822	Liefermasse	1	-
3	Dicke	EN 823	Liefermasse	1	Messdruck 250 Pa
4	Rechtwinkligkeit	EN 824	Liefermasse	1	-
5	Ebenheit	EN 825	Liefermasse	1	-
6	Rohdichte	EN 1602	Liefermasse	3	-
7	Verhalten bei Druckbeanspruchung (10 % Stauchung)	EN 826	100 x 100 x d	3	Masse in mm
8	Brandverhalten	EN 13501	vgl. Norm	vgl. Norm	-
9	Kriechverhalten unter Dauerlast	EN 1606	100 x 100 x d	3	Masse in mm
10	Verhalten bei Scherbeanspruchung	EN 12090	250 x 50 x d	3	Masse in mm
11	Innendruck	Abhebeverfahren IEA Annex 39 STA Report (2005) (Referenzmethode)	Liefermasse oder gemäss Gerätespezifikation	1	Alternativverfahren: o.k., sofern Korrelation mit Referenzmethode nachgewiesen