



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# VAKUUMDÄMMUNG IM BAUBEREICH

## DEKLARATION UND AUSLEGUNG

### Jahresbericht 2008

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	30.11.2008

### 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:

- Qualitätssicherung und 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 nach definierten Verfahren bestimmter und vom SIA anerkannter Bemessungswert bezüglich der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_D$  (Lambda declared), welcher im SIA-Merkblatt 2001 publiziert wird.

Der Wärmebrückenkatalog liegt bereits in der definitiven Fassung vor. Auch das Dokument, welches Deklaration und QS-Prozedere definiert, wurde von der Projektgruppe verabschiedet.

Zurzeit laufen die Labormessungen zur Bestimmung des Alterungsverhaltens der VIP (Produkte der Projektpartner). Diese sind die Basis für die Berechnung des  $\lambda_D$ -Wertes.

Die Feldmessungen zur statistisch gesicherten Bestimmung von möglichen Transport- und Handlingschäden (Innendruckanstieg in den Paneelen zwischen Produktion und Einbau) sind am Laufen.

Der Projektabschluss wird voraussichtlich Mitte 2009 sein.

## 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  $\lambda_D$ -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  $\lambda_D$ -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.  $\lambda_D$ -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

Für Vakuum-Isolationspaneelle (VIP) mit Pulverkern aus pyrogener Kieselsäure, die für Bauanwendungen hergestellt werden, gibt es noch keine Normierungsgrundlagen. Deshalb werden in diesem Teilprojekt verschiedene Qualitätsverfahren erarbeitet und auf aktuelle Produkte angewandt. Die Kommission SIA 279 (Wärmedämmstoffe) unterstützt die Entwicklung und Anwendung von Qualitätsmaßnahmen analog zu anderen Wärmedämmstoffgruppen.

Das Projekt wurde im Juli 2007 mit einer Sitzung aller Beteiligten gestartet. In verschiedenen Meetings mit der Projektgruppe, in welchen die wichtigsten VIP-Hersteller aus Deutschland und die schweizer Vertriebspartner vertreten sind, wurde ein Arbeitspapier entwickelt, welches nun in definitiver Fassung vorliegt (vgl. Anhang).

Im Laufe des Berichtsjahres konnten die Prozesse "Erstprüfung", "Nenn-/Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit", "Eigenüberwachung", "Fremdüberwachung" und "Deklaration" technischer Kennwerte von VIP definitiv bereinigt werden. Unbestritten war die Bestimmung von Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit aufgrund des messbaren Alterungsverhaltens (Zunahme des Innendrucks und des Feuchtegehalts) von VIP in unterschiedlichen Formaten unter anwendungsnahen mittleren Klimabedingungen während einer Dauer von 6 Monaten. Der Langzeitwert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  wird daraus für  $t = 25$  Jahre nach folgender Beziehung näherungsweise bestimmt:

$$\lambda_{90,90,t} = \lambda_{90,90,0} + \lambda_p \cdot p_a \cdot t + \lambda_{X_w} \cdot X_{w,eq} \left(1 - \exp(-t/\tau)\right)$$

Dazu werden folgende Größen durch Werksmessungen bzw. im Rahmen der Erstprüfung durch ein unabhängiges Prüflabor bestimmt:

$\lambda_{90,90,0}$	90-%-Fraktilwert der Werksstatistik (ungealtert), 90 % Vertrauensniveau, W/(m·K)
$\lambda_p$	Druckabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit, W/(m·K·mbar)
$p_a$	Druckanstiegsrate (formatabhängig), mbar/Jahr
$\lambda_{X_w}$	Feuchteabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit, W/(m·K·Masse-%)
$X_{w,eq}$	Ausgleichsfeuchtegehalt bei 23 °C, 50 % r.F., Masse-%
$X_{w,a}$	Feuchtegehaltszunahme (formatabhängig), Masse-%/Jahr
$\tau$	Zeitkonstante für den Feuchteausgleich ( $X_{w,eq} / X_{w,a}$ ), Jahre

Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit bestimmt sich schliesslich unter Berücksichtigung eines dickenabhängigen linearen Wärmebrückenzuschlags für den Randverbund:

$$\lambda_D = \lambda_{90,90,25a} + \Psi_d \cdot d \cdot P/A$$

mit  $\Psi_d$  linearer Wärmebrückenzuschlag, W/(·K)

$d$  VIP-Dicke, m

$P$  VIP-Umfang, m

$A$  VIP-Fläche, m<sup>2</sup>

Ein wesentlicher Diskussionspunkt waren die Anforderungen an die laufende Produktionskontrolle im Werk. Zwischen einer lückenlosen Endprüfung des Innendrucks und einer punktuellen (üblicherweise einmal täglichen) Messung wurde ein Mittelweg definiert: Abhängig von der Produktionsmenge sind 1 bis 10 Messungen des Innendrucks als Endkontrolle durchzuführen. Wird ein Innendruck über 5 mbar festgestellt, muss eine lückenlose Endkontrolle im Umfang von mindestens 70 VIP erfolgen. Falls dabei keine Innendruckwerte über 5 mbar auftreten, kann zur statistischen Endkontrolle zurückgekehrt werden.

Im Laufe des Berichtsjahres wurde bei den drei beteiligten VIP-Herstellern ein Werksbesuch durchgeführt. Dabei konnten der Produktionsprozess, die Produktionskontrolle und weitere Qualitätsmaßnahmen besichtigt und diskutiert werden. Ferner wurden VIP-Probekörper für die Erstprüfung durch die Empa entnommen und bezeichnet. Die Erstprüfung der Produkte ist zurzeit im Gang. Vorläufige Auswertungen zeigen Alterungseffekte im typischen Bereich mehrfach metallisierter Polymerlaminat-Hüllen (Fig. 1).

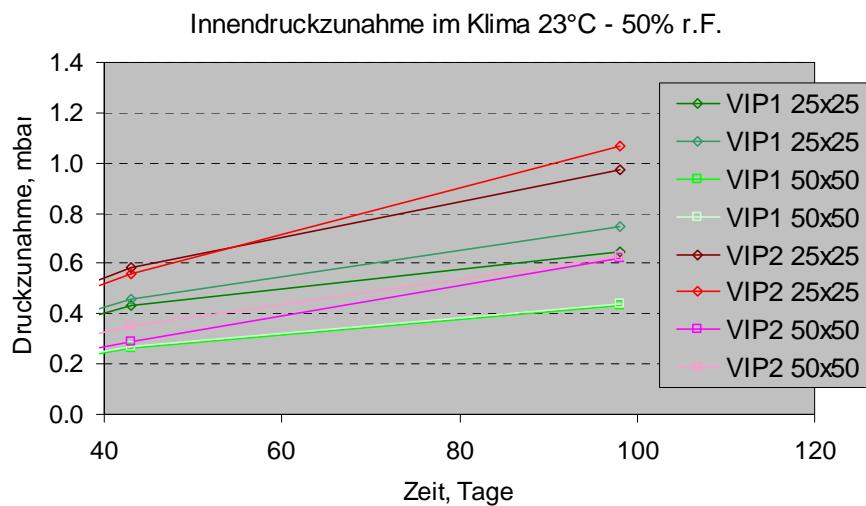


Fig. 1: Innendruckzunahme von 2 VIP-Produkten in den Formaten 25 x 25 und 50 x 50 cm<sup>2</sup>.

Im Jahr 2008 wurde in Deutschland die Güteschutzgemeinschaft VIP gegründet und bei RAL (Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.) angemeldet. Die im vorliegenden Projekt definierten Qualitätsprozesse wurden bei RAL zur Genehmigung als Güte- und Prüfbestimmungen für die Güteüberwachung von VIP eingereicht.

## Auslegung

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

- VIP-PlattenstossAussparungen / Durchdringungen der VIP-Dämmebene (Schraube, Regenfallrohr)AussenwanddämmungFenstersturz
- Decke gegen unbeheizt
- Dachterrasse
- Stirndämmung
- Kühlraumboden

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

### Beispiel Dachterrasse

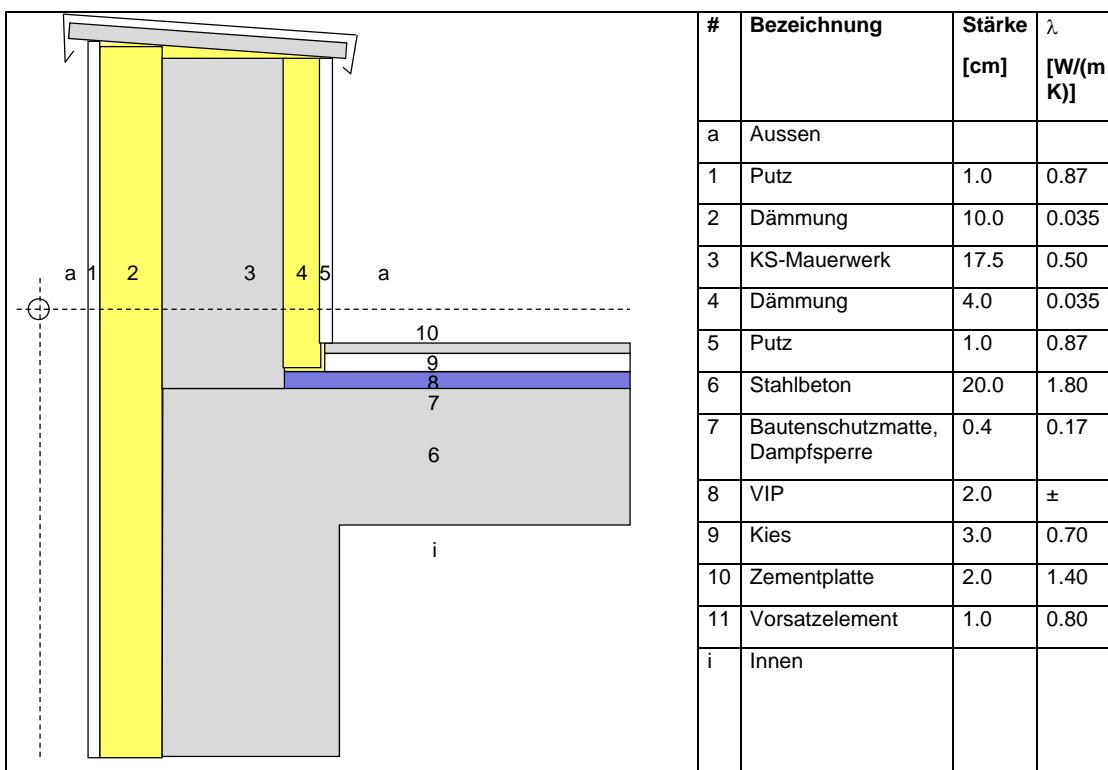
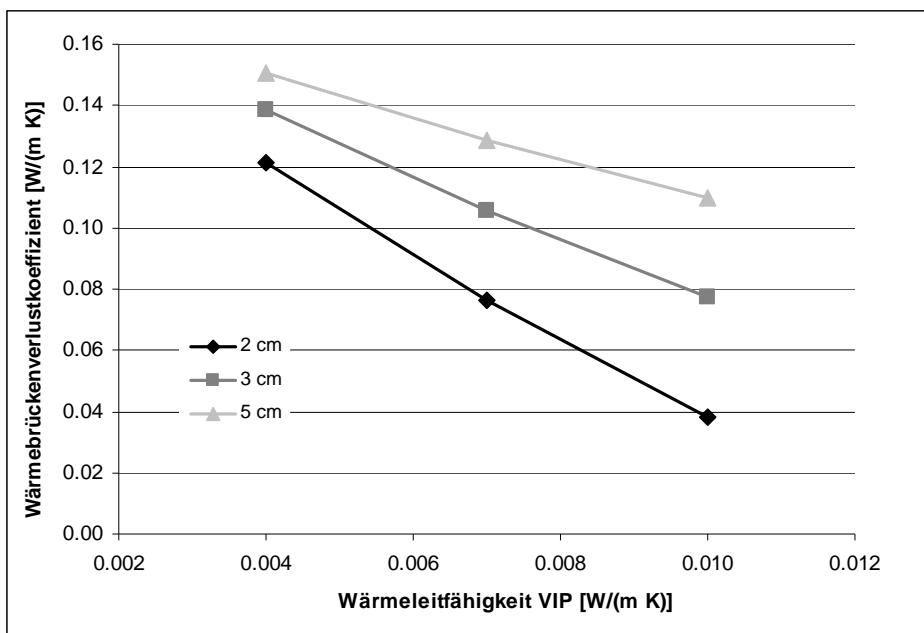


Fig. 2: Untersuchtes Detail mit Schichtstärken ( $\pm$  = varierter Parameter)



**Fig. 3:** Linienförmige Wärmebrückerverlustkoeffizienten für die Dämmung der Dachterrasse (y-Achse) in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit (x-Achse) und der Dicke des VIP

### Feldmessungen

Die Messungen sollen statistisch gesicherte Aussagen über den Einfluss von Transport und Handling auf die Integrität von VIP (Innendruck) bringen.

Für die Durchführung der Messungen wären berührungslos auslesbare RFID-Sensoren (Radio Frequency Identification) die eleganteste Lösung. Solche wurden in einem deutschen Forschungsprojekt des Fraunhofer Instituts für mikroelektronische Schaltungen und Systeme (IMS) in Kooperation mit dem VIP-Hersteller Porextherm entwickelt. Leider konnte das Projektziel wegen den absehbar zu hohen Sensorkosten nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Die RFID-Sensoren stehen deshalb nicht zur Verfügung. Dieser Fall wurde aber bei der Projektdefinition bedacht. Als Alternativverfahren wurde das Messsystem der Firma va-Q-tec vorgesehen. Dieses bedingt das Aufsetzen eines Messkopfes auf die Paneeloberfläche, d.h. nach Einbau des Paneeels kann nicht mehr gemessen werden. Der Innendruck wird bei diesem System indirekt über die Wärmeleitfähigkeit eines Glasfaservlieses, welches in das Paneel eingebaut wird, bestimmt. Das Vlies ist auf einer Metallscheibe aufgebracht, welche als Wärmesenke dient.

Zurzeit werden von den drei beteiligten Firmengruppen je ca. 130 Sensorscheiben in Paneele eingebaut, welche in typischen Anwendungen zum Einsatz kommen werden. Messungen werden dann beim Hersteller, nach Ankunft beim schweizer Systemanbieter und auf der Baustelle durchgeführt. Wo möglich werden auf der Baustelle Messungen vor und nach dem Einbau (vor dem Abdecken) gemacht.

### 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 Hochleistungswärmedämmung des energie-clusters werden die Ergebnisse diskutiert.

## Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die Zusammenarbeit mit den Industriepartnern war weitgehend konstruktiv. Meinungsunterschiede traten bei der Definition der QS-Prozedere - insbesondere bei der Frage der Eigenüberwachung der Hersteller - auf. Die Differenzen konnten aber erfolgreich gelöst werden und das allseits akzeptierte QS-Papier konnte verabschiedet werden (vgl. Anhang).

Die Bereinigung der Differenzen hat aber Zeit in Anspruch genommen, wodurch das Projekt leicht in Verzug geriet.

Zurzeit laufen die Laboruntersuchungen der EMPA bezüglich VIP-Alterung (Innendruckanstieg), welche bis Mai 2009 beendet sein sollten. Mit einem Projektabschluss kann bis Mitte 2009 gerechnet werden.

## 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](http://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](http://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 Vakuumisolationspaneelen (VIP) für Bauanwendungen

Projekt VIP-Deklaration/Auslegung

Version November 2008

Grundlagen Schlussentwurf Mai 2008, Meeting Okt. 2008

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 Massstoleranzen 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 Wärmefestbelastung 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, halbjährliche Fremdüberwachung im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung vorgeschrieben. Ohne Zulassung werden die EN-Nennwerte allgemein mit 20 % beaufschlagt.

Für Vakuumisolationspaneele (VIP) mit Pulverkern aus pyrogener Kieselsäure, die für Bauanwendungen hergestellt werden, gibt es noch keine Normierungsgrundlagen. Gemäss Kommission SIA 279 soll das Vorgehen bei VIP – soweit anwendbar – möglichst analog zu anderen Wärmedämmstoff-Gruppen sein. Im Rahmen des BFE-unterstützten Projekts „VIP Deklaration und Auslegung“ werden die entsprechenden Elemente mit Herstellern und weiteren Beteiligten diskutiert und mit anderen Aktivitäten 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 nicht im Detail festgelegten Bedingungen erfolgten. Die folgenden Abschnitte enthalten stichwortartig die Regelungen 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 mit Seitenlängen 400 bis 600 mm (rechteckig oder quadratisch), unterer Dickenbereich
  - 3 Stück mit Seitenlängen 200 bis 300 mm (rechteckig oder quadratisch), unterer Dickenbereich
  - Je 2 Stück mit Seitenlängen 400 bis 600 mm (rechteckig oder quadratisch), mittlerer und oberer Dickenbereich
  - Bereitgestellte Menge der Probekörper: von mindestens 3 verschiedenen Produktionsstagen, total dreifache Anzahl der obigen Stückzahlen
  - Ev. Proben für Messung  $\Psi$ -Randverbund (vgl. Abschnitt „Nennwert / Bernmessungswert“)
- 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. 1000 mbar)
    - Messung bei erhöhtem Feuchtegehalt  $X_w$  (Masse-%), Bestimmung  $\lambda_{X_w} = \Delta\lambda/\Delta X_w$
- Messung der Feuchteaufnahme, Sorptionsisotherme  $X_w (\phi)$ 
  - Trocknung 105 °C, Ausgleichsfeuchten bei ca. 30, 50 und 80 % r.F.
- Messung Innendruck an allen Probekörpern (vor Alterung)
- Alterung im Klima 23°C, 50 % r.F., 6 Monate
  - 2 x 3 Probekörper (unterer Dickenbereich, 2 Formate)
  - Bestimmen der jährlichen 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). Mindestanforderung gemäss VKF-Brandschutzrichtlinie "Verwendung brennbarer Baustoffe", bis 8 Geschosse: Brandkennziffer BKZ = 4.1, d.h. mittelbrennbar, starke Qualmbildung zulässig. Die BKZ ist für Hülle und Kernmaterial getrennt zu bestimmen. Die Brennbarkeitsklassen B oder höher nach EN 13501-1 sind (noch) nicht CH-anerkannt (Auskunft W. Berger, VKF).

## 2 Nennwert / Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

### Vorgehen

- Bestimmung des Langzeitwerts:  $\lambda(t) \approx \lambda_0 + \lambda_p \cdot p_a \cdot t + \lambda_{X_w} \cdot X_{w,eq} \left(1 - \exp(-t/\tau)\right)$ 
  - $\lambda_0 = 90\text{-}\%$ -Fraktilwert Werksstatistik (nicht gealtert), min. 10 Messwerte
  - $X_{w,eq}$  = Ausgleichsfeuchtegehalt 23 °C, 50 % r.F.
  - $\tau = X_{w,eq} / X_{Wa}$ , Zeitkonstante Feuchteausgleich
  - $\lambda(t)$  für  $t = 25$  Jahre, formatabhängig
- Messung/Berechnung  $\Psi$ -Randverbund
  - Messung: an 4 Probekörpern ca. 250 x 500 x 20 mm<sup>3</sup>
- Standardwert für Kunststofflaminate mit  $\sum d_{Alu} < 0.3 \mu m$ :  $\Psi_{Rand} = 0.01 \text{ W}/(\text{m K})$
- 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 VIP-Dämmungen gilt (nach Prüfung/Bestätigung durch Kommission SIA 279): Nennwert  $\lambda_D$  = Bemessungswert für Energienachweise SIA 380/1. Wärmebrücken müssen gesondert berücksichtigt werden.

## 3 Eigenüberwachung Hersteller

### Zu überwachende Eigenschaften

- |  |                    |
|--|--------------------|
| ▪ Ausgangsstoffe Barriere, Kernmaterial, ev. weitere<br>(Einzelheiten werksspezifisch bzw. Regelung dt. Gütekennzeichnung)   | Eingangskontrolle  |
| ▪ Länge, Breite (ohne Umschlag)  | täglich            |
| ▪ Dicke (ohne Umschlag)  | täglich            |
| ▪ Ebenheit   | täglich            |
| ▪ Rohdichte (Stützkörper)  | täglich            |
| ▪ Wärmeleitfähigkeit (nach Herstellung)  | täglich            |
| ▪ Innendruck <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (1) Mindest-Kontrollfrequenz pro Tag:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 bei weniger als 10 Stück Tagesproduktion</li> <li>- jedes 10. Paneel bei 10-100 Stück Tagesproduktion</li> <li>- 10 bei mehr als 100 Stück Tagesproduktion</li> </ul> </li> <li>○ (2) Nach Auftreten eines Fehlers (Innendruck &gt; 5 mbar):               <p>Fortlaufende Einzelkontrolle bis 70 Stück. Tritt kein Fehler auf kann auf die Kontrollfrequenz (1) zurückgekehrt werden. Andernfalls müssen Ursachen genau geklärt und behoben werden. Dann erfolgt erneut die fortlaufende Einzelkontrolle bis 70 Stück. Ausgenommen sind offensichtlich beschädigte VIP.</p> </li> <li>○ (3) Die Jahresstatistik muss eine Fehlerhäufigkeit &lt; 1 % zeigen.</li> </ul> |                    |
| ▪ Alterung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lagerung von min. 1 Rückstellprobe aus der Produktion bei Raumklimabedingungen, Lagerung mindestens 12 Monate</li> <li>○ Messung des Innendrucks vor/nach Lagerung</li> </ul>  | monatlich          |
| ▪ 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 (je 1 Messergebnis):

- Länge, Breite (ohne Umschlag)
- Dicke (ohne Umschlag)
- Rohdichte
- Wärmeleitfähigkeit (nach Anlieferung und mit erhöhtem Innendruck von 50 – 100 mbar)
- Innendruckzunahme: Messung an einer Rückstellprobe des Herstellers, inkl. Angabe von Produktionsdatum und Innendruck-Anfangswert des Hersteller

Bei Abweichungen wird nach EN 13172 Anhang A vorgegangen. Bei Nichteinhaltung von deklarierten Eigenschaften erfolgt demnach eine Wiederholung der Fremdüberwachung innert 4 Wochen. Im Fall erneuter Nichteinhaltung wird die SIA-Bestätigung hinfällig. Vor einer erneuten Erstprüfung sind die Ursachen durch den Hersteller zu beheben bzw. die Deklaration anzupassen.

## 5 Deklaration

*Auf Produkt oder Etikette oder Verpackungseinheit*

- Produktnname oder andere Identifizierung
- Name oder Warenzeichen und Adresse des Herstellers oder seines Bevollmächtigten
- Produktionsdatum und -ort oder nachvollziehbarer Schlüssel
- Klasse des Brandverhaltens (BKZ, Hülle und Kernmaterial)
- 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 (z.B. aus Literaturdaten)
- Temperatur-/Feuchteeinsatzbereich
- Rohdichte
- Druckspannung bei 10 % Stauchung, zulässige Dauerlast (falls Einbau in Böden)
- Scherbelastung: Hinweis, dass bauteilspezifische Systemtests erforderlich sind
- Toleranzen Länge, Breite, Dicke, Rechtwinkligkeit
- Ev. Beschichtung
- Kernmaterial: Hauptbestandteile (z.B. pyrogene Kieselsäure mit Trübungsmittel), Genuaere Zusammensetzung bei Empa hinterlegt.
- Barriere: Kunststofflaminat oder Aluminiumfolie (dann: Aluminiumschichtdicke)
- Chemikalienbeständigkeit: z.B. pH-Bereich, Hinweis lösemittelfreie Kontaktstoffe

## Anhang: 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 (Referenzmethode)	Liefermasse	1	Messdruck 250 Pa  Alternativverfahren: Handmessschieber (Auflösung 0.1 mm)
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 VKF-Richtlinie (CH)	vgl. Norm	vgl. Norm	aktuell noch BKZ (CH) erforderlich
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