

DIN EN 17140



ICS 91.100.60

Entwurf

Einsprüche bis 2021-10-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 17140:2021-08

**Wärmedämmstoffe für Gebäude –
Werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP) –
Spezifikation;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17140:2021**

Thermal insulation products for buildings –
Factory-made vacuum insulation panels (VIP) –
Specification;
German and English version prEN 17140:2021

Produits isolants thermiques pour le bâtiment –
Panneaux Isolants sous Vide produits de façon industrielle (PIV) –
Spécification;
Version allemande et anglaise prEN 17140:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-08-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 128 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17140:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 88 „Wärmedämmstoffe und wärmedämmende Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Das zuständige deutsche/nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-56-65 AA „Vakuumisolationspaneele (VIP) (SpA zu CEN/TC 88/WG 11, ISO/TC 163/SC 3/WG 11)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 8990 siehe DIN EN ISO 8990

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 17140:2021-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Präzisierung des Anwendungsbereichs;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 8990, *Wärmeschutz — Bestimmung der Wärmedurchgangseigenschaften im stationären Zustand — Verfahren mit dem kalibrierten und dem geregelten Heizkasten*

<i>Titel de:</i>	Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP) — Spezifikation
<i>Titel en:</i>	Thermal insulation products for buildings — Factory-made vacuum insulation panels (VIP) — Specification
<i>Titel fr:</i>	Produits isolants thermiques pour le bâtiment — Panneaux Isolants sous Vide produits de façon industrielle (PIV) — Spécification

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen.....	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	10
4 Merkmale.....	14
4.1 Brandverhalten	14
4.1.1 Bestimmung.....	14
4.1.2 Angabe	14
4.2 Neigung zum kontinuierlichen Schwelen.....	14
4.2.1 Bestimmung.....	14
4.2.2 Bewertung und Angabe	14
4.3 Freisetzung von VOC	14
4.3.1 Bestimmung.....	14
4.3.2 Angabe	14
4.4 Druckfestigkeit.....	14
4.4.1 Bestimmung.....	14
4.4.2 Bewertung und Angabe	15
4.5 Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene.....	15
4.5.1 Bestimmung.....	15
4.5.2 Angabe	15
4.6 Wärmedurchlasswiderstand	15
4.6.1 Wärmedurchlasswiderstand des VIP.....	15
4.6.2 Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung	15
4.7 Aspekte der Dauerhaftigkeit.....	16
4.7.1 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte.....	16
4.7.2 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur.....	16
4.7.3 Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung.....	16
5 Bewertungsverfahren	16
5.1 Allgemeines.....	16
5.1.1 Probenahme	16
5.1.2 Konditionierung.....	17
5.2 Prüfverfahren.....	17
5.2.1 Brandverhalten	17
5.2.2 Neigung zum kontinuierlichen Schwelen.....	17
5.2.3 Freisetzung von VOC	18
5.2.4 Druckfestigkeit.....	18
5.2.5 Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene.....	18
5.2.6 Wärmedurchlasswiderstand	18
5.2.7 Aspekte der Dauerhaftigkeit.....	22
6 Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit — AVCP	22

6.1	Allgemeines	22
6.2	Bewertung der Leistung.....	23
6.2.1	Allgemeines	23
6.2.2	Prüfproben, Prüfung und Bewertungskriterien.....	23
6.3	Überprüfung der Leistungsbeständigkeit.....	24
6.3.1	Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)	24
6.3.2	Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle	26
6.3.3	Laufende Überwachung der werkseigenen Produktionskontrolle	26
Anhang A (normativ) Bestimmung der Angabewerte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit.....		
A.1	Allgemeines	27
A.2	Eingangsdaten	27
A.3	Angegebene Werte.....	27
A.3.1	Allgemeines	27
A.3.2	Fälle, in denen sowohl der Wärmedurchlasswiderstand als auch die Wärmeleitfähigkeit angegeben wird.....	27
A.3.3	Fälle, in denen nur der Wärmedurchlasswiderstand angegeben wird	28
Anhang B (normativ) Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)		
29		
Anhang C (normativ) Bestimmung der gealterten Werte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit einschließlich Randeffekt.....		
32		
C.1	Allgemeines	32
C.2	Zeitabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit.....	33
C.2.1	Anstieg der Wärmeleitfähigkeit durch die Permeation von Trockenluft.....	33
C.2.2	Anstieg der Wärmeleitfähigkeit durch die Permeation von Wasserdampf.....	33
C.2.3	Beschleunigte Alterung.....	35
C.3	Bestimmung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten von Vakuumisulationspaneelen	38
C.3.1	Allgemeines	38
C.3.2	Bestimmung mit Hilfe numerischer Simulationen	38
C.3.3	Bestimmung durch Messung.....	38
C.4	Bestimmung des Angabewerts der Wärmeleitfähigkeit von VIP unter Berücksichtigung von statistischen Verfahren, Alterung und Wärmebrückeneffekten.....	40
C.4.1	Allgemeines	40
C.4.2	Berechnung von $\lambda_{90/90}$, $R_{90/90}$, λ_D und den Werten für R_D	41
C.5	Produktgruppen.....	41
Anhang D (normativ) Messung von $p_{1/2}$ des Kernmaterials.....		
42		
D.1	Allgemeines	42
D.2	Verfahren mit einem luftdichten Anschluss.....	42
D.3	Verfahren bei Verwendung von VIP mit verschiedenen Innendrücken	43
Anhang E (normativ) Barriereeigenschaft der Hülle		
44		
E.1	Allgemeines	44
E.2	Beschleunigungsfaktoren.....	44
E.3	Verfahren für die Messung der Luftdurchlässigkeit einer Hülle.....	44
E.4	Verfahren für die Messung der Wasseraufnahme einer Hülle	45
Anhang F (normativ) Bestimmung der Nutzungsdauer des Trocknungsmittels.....		
46		
F.1	Allgemeines	46
F.2	Verfahren 1.....	46
F.3	Verfahren 2.....	46
F.3.1	Allgemeines	46
F.3.2	Schätzung der Wassermenge im VIP-Kernmaterial	46
F.3.3	Bestimmung der erforderlichen Trocknungsmittelmenge für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren	47
F.3.4	Bestimmung der Trocknungsmittelkapazität	47

Anhang G (normativ) Messung des Innendrucks.....	48
G.1 Umfang/Zweck der Prüfung.....	48
G.2 Allgemeines (Prinzip)	48
G.3 Prüfeinrichtung.....	49
G.4 Prüfkörper.....	49
G.5 Durchführung.....	49
G.5.1 Allgemeines.....	49
G.5.2 Prüfbedingung.....	49
G.5.3 Druckausgleichsverfahren (Abhebetechnik).....	49
G.5.4 Drucksensorverfahren	50
G.5.5 Verfahren für VIP mit Evakuierungsventil.....	51
G.5.6 Berechnung und Angabe der Ergebnisse.....	52
G.6 Prüfbericht.....	53
Anhang H (normativ) Einbau- und Befestigungsverfahren für Prüfungen des Brandverhaltens.....	54
H.1 Allgemeines.....	54
H.2 Anweisungen für Einbau und Befestigung der Prüfkörper.....	54
H.2.1 Allgemeines.....	54
H.2.2 Produkt- und Einbaukennwerte	54
H.2.3 Einbau und Befestigung.....	55
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Verordnung (EU) Nr. 305/2011.....	59
ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Merkmale.....	59
ZA.2 System der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP)	60
ZA.3 Zuordnung der Aufgaben zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP)	60
Literaturhinweise.....	64

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17140:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 88 „Wärmedämmstoffe und wärmedämmende Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 17140:2020 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien/-Verordnungen siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

Dieses Dokument legt werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP) fest. Im Baubereich werden diese Produkte für die Wärmedämmung von Gebäuden verwendet und in Bauteilen oder innerhalb von Systemen eingesetzt, die auf die Gebäudehülle aufgebracht werden. Deshalb sind die Produkte unter den endgültigen Anwendungsbedingungen nicht direkt ihrer Umgebung ausgesetzt, sondern immer mit zusätzlichen Schichten versehen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Merkmale für werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP) fest, die für die Wärmedämmung von Gebäuden (Dächer, Wände, Decken und Böden) verwendet werden.

Dieses Dokument gilt für werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP), unabhängig von der Art der Hülle (siehe 3.1.11), für welche die folgenden Kernmaterialien verwendet werden (siehe 3.1.10):

- organische Fasern;
- anorganische Fasern und Partikel (z. B. Glasfaser, Kieselsäure).

Dieses Dokument gilt für werksmäßig hergestellte Vakuumisulationspaneele (VIP) mit oder ohne Trocknungsmittel (siehe 3.1.12) und mit oder ohne Evakuierungsventil (3.1.14).

Die von diesem Dokument abgedeckten Produkte können in Dächern, Wänden, Decken und Böden verwendet werden.

Dieses Dokument legt Verfahren zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (AVCP) von Merkmalen von werksmäßig hergestellten Vakuumisulationspaneelen (VIP) fest.

Dieses Dokument gilt nicht für Produkte,

- die für die Wärmedämmung von Haustechnik und Betriebsanlagen vorgesehen sind;
- die für die Verwendung in Hoch- und Tiefbauten vorgesehen sind;
- die als Einfassung oder Fundament verwendet werden sollen;
- die für die Verwendung in Akustikanwendungen vorgesehen sind;
- die einen niedrigeren Wärmedurchlasswiderstand R_D als $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ aufweisen;
- die Getter (3.1.13) enthalten;
- die mit Schutzschichten (3.1.9) versehen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 822:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Länge und Breite*

EN 823:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Dicke*

EN 824:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Rechtwinkligkeit*

EN 825:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Ebenheit*

EN 826:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung*

EN 1602:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Rohdichte*

EN 1604:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen*

EN 1605:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung*

EN 1606:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung*

EN 1607:2013, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene*

EN 12664:2001, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät — Trockene und feuchte Produkte mit mittlerem und niedrigem Wärmedurchlasswiderstand*

EN 12667:2001, *Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät — Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand*

EN 13238:2010, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Konditionierungsverfahren und allgemeine Regeln für die Auswahl von Trägerplatten*

EN 13501-1:2018, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*

EN 13820:2003, *Wärmedämmstoffe für das Bauwesen — Bestimmung des Gehalts an organischen Bestandteilen*

EN 13823:2020, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen*

EN 16516:2017+A1:2020, *Bauprodukte: Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen — Bestimmung der Emissionen in die Innenraumluft*

EN 16733:2016, *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten — Bestimmung der Neigung eines Bauprodukts zum kontinuierlichen Schwelen*

EN ISO 1182:2020, *Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten — Nichtbrennbarkeitsprüfung (ISO 1182:2020)*

EN ISO 1716:2018, *Prüfungen zum Brandverhalten von Produkten — Bestimmung der Verbrennungswärme (des Brennerts) (ISO 1716:2018)*

EN ISO 10211:2017, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2017)*

EN ISO 10456:2007¹, *Baustoffe und Bauprodukte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:2007)*

EN ISO 11925-2:2020, *Prüfungen zum Brandverhalten — Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung — Teil 2: Einzelflammentest (ISO 11925-2:2020)*

ISO 16269-6:2014, *Statistical interpretation of data — Part 6: Determination of statistical tolerance intervals*

¹ Wie durch EN ISO 10456:2007/AC:2009 geändert.

3 Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

Vakuumisolutionspaneel

VIP

Produkt zur Wärmedämmung, das aus einer abgedichteten Barrierehülle hergestellt ist, die aus einem offenporigen Kernmaterial besteht, und bei dem der Gasdruck innerhalb der abgedichteten Barrierehülle unter den atmosphärischen Luftdruck gesenkt wird

3.1.2

Mitte des Paneels

COP, en: centre of panel

Bereich des VIP, dessen thermische Leistung nicht vom Randeffect betroffen ist

3.1.3

Randeffect

Form der Wärmebrücke entlang des Randes, die aufgrund der im Vergleich zum Kern höheren Wärmeleitfähigkeit der äußeren Hülle sowohl durch den Werkstoff der Hülle selbst als auch durch die abgedichtete gefaltete Hülle verursacht wird

3.1.4

Innendruck

Gesamtgasdruck im VIP, in mbar

3.1.5

Druckausgleichsverfahren

Verfahren zur Prüfung des Innendrucks eines VIP mit Hilfe der Folien-Abhebetechnik in einer Vakuumkammer oder mit einer Saugglocke

Anmerkung 1 zum Begriff: In manchen Veröffentlichungen auch als Folien-Abhebetechnik bezeichnet.

3.1.6

Vakuumkammer

Gerät zur Beseitigung von Luft oder anderen Gasen aus einem Volumen um ein VIP, um den Innendruck des VIP durch das Druckausgleichsverfahren zu bestimmen

3.1.7

Saugglocke

Gerät zur Beseitigung von Luft oder anderen Gasen aus einem Volumen, das mit einem Teil eines VIP verbunden ist, um den Innendruck des VIP durch das Druckausgleichsverfahren zu bestimmen

3.1.8

Drucksensor

Gerät zur Messung des Innendrucks eines VIP

3.1.9

Schutzschicht

funktionaler Oberflächenwerkstoff, z. B. Papier, Glasfasergewebe oder Gummi, der nicht zusätzlich zum Wärmedurchlasswiderstand des Produkts als separate Wärmedämmschicht betrachtet wird und der die Handhabung des Produkts verbessern und es vor Beschädigung schützen soll

3.1.10

Kernmaterial

offenporiger Dämmstoff, der die Hauptkomponente in der VIP-Hülle darstellt

3.1.11

Hülle

luft- und wasserdichte Außenschicht des VIP, die das Vakuum im VIP aufrechterhält

3.1.12

Trocknungsmittel

Zusatzstoff, der sich vom Kernmaterial unterscheidet und der im abgedichteten Paneel Wasserdampf absorbieren oder adsorbieren soll

3.1.13

Getter

Zusatzstoff, der sich vom Kernmaterial unterscheidet und der im abgedichteten Paneel andere Gase als Wasserdampf absorbieren oder adsorbieren soll

3.1.14

Evakuierungsventil

Gerät zum Anschluss des VIP an eine Vakuumpumpe

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole, Einheiten und Abkürzungen.

A	Oberfläche des VIP	m^2
A_m	Messbereich des für die Messung verwendeten Plattengeräts (GHP, en: Guarded Hot Plate) oder Wärmestrommessplattengeräts (HFM, en: Heat-Flow Meter)	m^2
b_c	Kernbreite	m
b_w	Arbeitsbreite	m
$CS(Y)$	Druckspannung/Druckfestigkeit (Y = Quetschgrenze)	kPa
d	Dicke	m
d_{ambient}	Dicke des belüfteten VIP	m
d_N	Nenndicke des Produkts	m
f_{air}	Beschleunigungsfaktor der VIP-Hülle für trockene Luft	—
f_v	Beschleunigungsfaktor der VIP-Hülle für Wasserdampf	—

k	Faktor im Zusammenhang mit der verfügbaren Anzahl der Prüfergebnisse	—
l_c	Kernlänge	m
l_w	Arbeitslänge	m
l_ψ	Länge der Fugen im Messbereich	m
N	Anzahl der Prüfergebnisse	—
P_{air}	Luftdurchlässigkeit der VIP-Hülle	$m^3 \text{ Pa}/(m^2 \cdot s)$
P_v	Wasserdampfdurchlässigkeit der VIP-Hülle	$kg/(m^2 \cdot s)$
p_{air}	Luftdruck im VIP	Pa
p_{lim}	Höchstwert für den Innendruck, gemessen frühestens 24 h nach Herstellung	Pa
p_v	Wasserdampfdruck im VIP	Pa
p_0	anfänglicher Wert des Innendrucks	Pa
$p_{1/2}$	Innendruck des VIP, bei dem λ um die Hälfte der Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft ansteigt	Pa
$R_{COP,90/90aged}$	$R_{90/90}$ in der Mitte des Panels plus Alterung	$m^2 \cdot K/W$
R_D	angegebener Wärmedurchlasswiderstand einschließlich Alterung, Randeffect und Rundungsregeln	$m^2 \cdot K/W$
R_{mean}	mittlerer Wärmedurchlasswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_i	ein Prüfergebnis des Wärmedurchlasswiderstands	$m^2 \cdot K/W$
$R_{90/90}$	90-%-Quantil mit einem Vertrauensniveau von 90 % für den Wärmedurchlasswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
S	obere Fläche (Länge $\times$ Breite) des VIP	m^2
S_b	Abweichung von der Rechtwinkligkeit bei Breite oder Länge	mm/m
S_{max}	Abweichung von der Ebenheit	mm
S_N	Nennumfang des Produkts	m
s_R	Schätzwert der Standardabweichung des Wärmedurchlasswiderstands	$m^2 \cdot K/W$
s_λ	Schätzwert der Standardabweichung der Wärmeleitfähigkeit	$W/(m \cdot K)$

$s_{\lambda i}$	Schätzwert der Standardabweichung der anfänglichen Wärmeleitfähigkeit innerhalb von 90 Tagen nach der Herstellung	W/(m·K)
T	Temperatur	K
t	Zeit	s
t_{Des}	Nutzungsdauer des Trocknungsmittels	a
X	Wassergehalt im VIP	Massenanteil in %
$X'_{t,50/70}$	Veränderung des Wassergehalts mit der Zeit bei 50 °C und 70 % relativer Luftfeuchte	Massenanteil in %/s
X_{ct}	Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung	mm
X_t	Gesamtdickenverminderung	mm
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
$\lambda_{ambient}$	Wärmeleitfähigkeit eines belüfteten VIP in der Mitte des Paneels	W/(m·K)
λ_{COP}	Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Paneels	W/(m·K)
$\lambda_{COP,mean}(25 \text{ Jahre})$	Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Paneels über die ersten 25 Jahre des Gebrauchs	W/(m·K)
$\lambda_{COP,90/90,aged}$	$\lambda_{90/90}$ in der Mitte des Paneels plus Alterung	W/(m·K)
λ_D	angegebene Wärmeleitfähigkeit einschließlich Alterung, Randeffect und Rundungsregeln	W/(m·K)
$\lambda_{eq \text{ ja}}$	äquivalente Wärmeleitfähigkeit einschließlich Randeffecten für die spezifische Fugenanordnung	W/(m·K)
λ_{mean}	Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
λ_i	ein Prüfergebnis der Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
λ'_p	Veränderung der Wärmeleitfähigkeit bei Druckänderung	W/(m·K·Pa)
λ'_t	Veränderung der Wärmeleitfähigkeit mit der Zeit	W/(m·K·s)
λ'_x	Veränderung der Wärmeleitfähigkeit bei Feuchteaufnahme	W/(m·K)/Massenanteil in %
$\lambda_{90/90}$	90-%-Quantil mit einem Vertrauensniveau von 90 % für die Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
$\lambda'_{t, 23, 50}$	Veränderung der Wärmeleitfähigkeit mit der Zeit bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte	W/(m·K·a)
$\lambda'_{t, 50, 70}$	Veränderung der Wärmeleitfähigkeit mit der Zeit bei	W/(m·K·a)

50°C und 70 % relativer Luftfeuchte

$\lambda(t)$	zeitabhängiger Wert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
$\lambda(t)_{23,50}$	zeitabhängiger Wert der Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte	W/(m·K)
$\lambda^* (t = 0)$	interpolierter anfänglicher Wert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
σ_c	Druckspannung	kPa
σ_m	Druckfestigkeit	kPa
σ_{mt}	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	kPa
σ_{10}	Druckspannung bei einer Verformung von 10 %	kPa
Φ	relative Luftfeuchte im VIP	%
Φ'_x	Veränderung der relativen Luftfeuchte im VIP in Abhängigkeit vom Wassergehalt	(rel. Luftfeuchte in %)/ (Massenanteil in %)
ψ	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m·K)
ψ_m	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient für die Fugen im Messbereich	W/(m·K)

In diesem Dokument verwendete Abkürzungen:

VIP	vacuum insulation panel (Vakuumisolutionspaneel)
COP	center of panel (Mitte des Paneels)
AVCP	assessment and verification of constancy of performance (Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit, früher als Konformitätsbescheinigung bezeichnet)
DoP	declaration of performance (Leistungserklärung)
FPC	factory production control (werkseigene Produktionskontrolle, WPK)
STP	standard condition for temperature and pressure (Normbedingung für Temperatur und Druck)
RtF	reaction to fire (Brandverhalten)
ThIB	thermal insulation for buildings (Wärmedämmung für Gebäude)
VOC	volatile organic compounds (flüchtige organische Verbindungen)

4 Merkmale

4.1 Brandverhalten

4.1.1 Bestimmung

Die Einstufung des Brandverhaltens muss nach 5.2.1 erfolgen.

4.1.2 Angabe

Das Brandverhalten muss nach EN 13501-1:2018, Abschnitt 11, eingestuft und angegeben werden.

BEISPIEL Klasse E.

4.2 Neigung zum kontinuierlichen Schwelen

4.2.1 Bestimmung

Die Neigung des Kernmaterials zum kontinuierlichen Schwelen muss nach 5.2.2 bestimmt werden.

4.2.2 Bewertung und Angabe

Die Neigung zum kontinuierlichen Schwelen muss nach EN 16733:2016, Abschnitt 11, angegeben werden. Wurde die Prüfung nach EN 16733:2016, Abschnitt 11, bestanden, muss das Ergebnis wie folgt angegeben werden: „das Produkt zeigt keine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen“. Wurde die Prüfung nach EN 16733:2016, Abschnitt 11, nicht bestanden, muss das Ergebnis wie folgt angegeben werden: „das Produkt zeigt eine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen“. War die Bewertung nach EN 16733:2016, Abschnitt 11, nicht möglich, muss das Ergebnis wie folgt angegeben werden: „die Bewertung, ob eine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen vorliegt, ist nicht möglich“.

Wird ein Bezeichnungscode angegeben, müssen die folgenden Abkürzungen verwendet werden:

- das Produkt zeigt keine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen: *NoS*;
- das Produkt zeigt eine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen: *S*;
- die Bewertung, ob eine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen vorliegt, ist nicht möglich: *ANP*.

BEISPIEL *NoS*.

4.3 Freisetzung von VOC

4.3.1 Bestimmung

Die Freisetzung von VOC in die Innenraumluft muss nach 5.2.3 bestimmt werden.

4.3.2 Angabe

Die Freisetzung von VOC in die Innenraumluft muss in Form von Werten angegeben werden, die EN 16516:2017+A1:2020 entsprechen.

4.4 Druckfestigkeit

4.4.1 Bestimmung

Die Druckfestigkeit muss nach 5.2.4 bestimmt werden.

4.4.2 Bewertung und Angabe

Die Druckfestigkeit muss abhängig vom Ergebnis der Prüfung in 5.2.4 in Form eines Bezeichnungscode $CS(Y)i$ oder $CS(10)i$ angegeben werden. Das Prüfergebnis i muss in Stufen zu je 10 kPa abgerundet werden.

BEISPIEL 1 $CS(Y)120$.

BEISPIEL 2 $CS(10)120$.

4.5 Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene

4.5.1 Bestimmung

Die Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene σ_{mt} muss nach 5.2.5 bestimmt werden.

4.5.2 Angabe

Die Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene σ_{mt} muss als Bezeichnungscode TRi angegeben werden. Der Wert i der Zugfestigkeit muss in Stufen zu je 10 kPa abgerundet werden.

BEISPIEL $TR80$.

4.6 Wärmedurchlasswiderstand

4.6.1 Wärmedurchlasswiderstand des VIP

4.6.1.1 Bestimmung

Der Wärmedurchlasswiderstand muss nach 5.2.6.1 bestimmt werden.

4.6.1.2 Angabe

Der Wert des Wärmedurchlasswiderstands muss auf die nächsten $0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ abgerundet und in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ angegeben werden. Er muss zusammen mit der Wärmeleitfähigkeit angegeben werden, deren Wert in Stufen zu je $0,0005 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ aufgerundet und in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ angegeben wird. Er muss zusammen mit dem Wert der Dicke in mm angegeben werden.

BEISPIEL $R_D = 4,60 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ($\lambda_D = 0,0065 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K}), d = 30 \text{ mm}$).

4.6.2 Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung

4.6.2.1 Bestimmung

Der Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung muss nach 5.2.6.2 bestimmt werden.

4.6.2.2 Angabe

Der Wert des Wärmedurchlasswiderstands eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung muss auf die nächsten $0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ abgerundet und in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ angegeben werden. Er muss zusammen mit dem Wert der Dicke in mm angegeben werden.

BEISPIEL $R_{\text{ambient, eff}} = 1,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ($d_{\text{ambient}} = 20 \text{ mm}$).

4.7 Aspekte der Dauerhaftigkeit

4.7.1 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte

4.7.1.1 Bestimmung

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Temperaturbedingungen oder festgelegten Bedingungen der Temperatur und der Luftfeuchte muss nach 5.2.7.1 bestimmt werden.

4.7.1.2 Angabe

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Temperaturbedingungen oder festgelegten Bedingungen der Temperatur und der Luftfeuchte muss wie folgt als Code angegeben werden: wenn die relativen Änderungen der Kernlänge und Kernbreite 1 % nicht überschreiten und die relative Verminderung der Dicke 3 % nicht übersteigt, muss der Code „DS“ lauten. Andernfalls muss der Code „NoDS“ lauten.

BEISPIEL DS.

4.7.2 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur

4.7.2.1 Bestimmung

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur muss nach 5.2.7.2 bestimmt werden.

4.7.2.2 Angabe

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur muss wie folgt als Code angegeben werden: wenn die relativen Änderungen der Dicke 3 % nicht überschreiten, muss der Code „DSC“ lauten. Andernfalls muss der Code „NoDSC“ lauten.

BEISPIEL DSC.

4.7.3 Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung

4.7.3.1 Bestimmung

Das Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung muss nach 5.2.7.3 bestimmt werden.

4.7.3.2 Angabe

Das Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung X_{ct} muss als Bezeichnungscode $CC(i_1/i_2/y)\sigma_c$ zusammen mit der Gesamtdickenverminderung X_t angegeben werden. Der Wert der Gesamtdickenverminderung i_1 und der Wert des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung i_2 nach y Jahren muss in Stufen zu je 0,1 mm und unter Angabe der Druckspannung σ_c angegeben werden.

BEISPIEL $CC(2,5/2/10)50$.

5 Bewertungsverfahren

5.1 Allgemeines

5.1.1 Probenahme

Anders als andere Dämmstoffe können VIP nicht auf die von den Prüfnormen verlangten Maße zugeschnitten werden. Sie müssen daher in den in Tabelle 1 angegebenen Maßen hergestellt werden.

5.1.2 Konditionierung

Die Konditionierung der Prüfkörper muss mindestens 24 h bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ erfolgen, sofern in der Prüfnorm nichts anderes festgelegt ist. Im Streitfall müssen die Prüfkörper vor der Prüfung mindestens 24 h bei $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5) \%$ gelagert werden.

Tabelle 1 — Merkmale und Prüfkörper

Abschnitt		Länge und Breite des Prüfkörpers
Nr.	Titel	
5.2.1	Brandverhalten	siehe Anhang H
5.2.2	Neigung zum kontinuierlichen Schwelen	800 × 300
5.2.3	Freisetzung von VOC	volle Größe
5.2.4	Druckfestigkeit	≥ 200
5.2.5	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	≥ 200
5.2.6	Wärmedurchlasswiderstand und Wärmeleitfähigkeit des VIP	≥ 300
5.2.6	Innendruck mindestens 24 h nach der Herstellung	≥ 300
5.2.6	Länge und Breite	volle Größe
5.2.6	Rechtwinkligkeit von Länge und Breite	volle Größe
5.2.6	Ebenheit	volle Größe
5.2.6	Dicke	volle Größe
5.2.7	Dimensionsstabilität unter festgelegten Temperaturbedingungen	≥ 200
5.2.7	Verformung unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur	≥ 200
5.2.7	Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung	≥ 200

5.2 Prüfverfahren

5.2.1 Brandverhalten

Die Einstufung des Brandverhaltens muss anhand der in EN 13501-1:2018, Abschnitt 8, für die angegebene Klasse genannten Prüfnormen erfolgen. Für spezifische Prüfungen muss das Einbau- und Befestigungsverfahren den Angaben in Anhang H entsprechen.

5.2.2 Neigung zum kontinuierlichen Schwelen

Die Neigung des VIP zum kontinuierlichen Schwelen muss am Kernmaterial geprüft werden. Das Material muss nach EN 16733:2016 geprüft werden. In den Prüfungen müssen die folgenden Bedingungen und Parameter berücksichtigt werden:

- organische Bestandteile (als Massenanteil in %), durch Prüfungen nach EN 13820:2003 zu bestimmen;
- absoluter Anteil von organischen Bestandteilen, in $[\text{kg}/\text{m}^3]$;
- Dichte nach EN 1602:2013;
- Dicke, durch die Prüfung nach EN 823:2013 zu bestimmen.

Die Prüfungen müssen ohne Berücksichtigung der endgültigen Anwendungsbedingungen durchgeführt werden. Wenn EN 16733:2016, 6.2.5, zutrifft, muss der ständige Kontakt zwischen den Stücken sichergestellt werden.

Die Ergebnisse von Prüfungen hinsichtlich aller zuvor genannten Parameter gelten auch für Produkte

- mit einem identischen oder niedrigeren Anteil an organischen Bestandteilen in [kg/m³], wenn der Wert der organischen Bestandteile in [%] gleich hoch oder niedriger als in der Prüfung ist;
- mit gleicher oder geringerer Dichte;
- mit geringerer Dicke und auch mit größerer Dicke, wenn 100 mm dicke Prüfkörper geprüft wurden;
- mit Hüllen;
- für beliebige Anwendungsbedingungen.

5.2.3 Freisetzung von VOC

Die Freisetzung von VOC in die Innenraumluft muss nach EN 16516:2017+A1:2020, 8.2, geprüft werden.

ANMERKUNG Eine Informationsdatenbank über europäische und nationale Bestimmungen zu gefährlichen Stoffen ist auf der Internetseite der Kommission EUROPA unter „Construction“ [in englischer Sprache] verfügbar, Zugang über <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cp-ds>.

5.2.4 Druckfestigkeit

Nach EN 826:2013 muss entweder die Druckspannung bei 10 % oder die Druckfestigkeit bestimmt werden.

Um Nähte, Laschen und unebene Oberflächen der VIP auszugleichen und die Vergleichbarkeit verschiedener in Verkehr gebrachter Produkte zu verbessern, muss eine Gipsbeschichtung verwendet werden, um die Kopplung der Prüfkörper an die Prüfmaschine zu verbessern – z. B. ähnlich wie bei Schaumglas in EN 826:2013, A.3.2.6, jedoch unter Verwendung von Gips anstelle von Bitumen.

5.2.5 Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene

Die Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene σ_{mt} muss nach EN 1607:2013 bestimmt werden.

5.2.6 Wärmedurchlasswiderstand

5.2.6.1 Wärmedurchlasswiderstand des VIP

5.2.6.1.1 Allgemeines

Für die Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstands werden die folgenden Merkmale benötigt:

- Wärmeleitfähigkeit (5.2.6.1.2);
- Dicke (5.2.6.1.3);
- Länge, Breite, Rechtwinkligkeit und Ebenheit (5.2.6.1.4).

5.2.6.1.2 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit muss auf Messungen beruhen, die in der Mitte des Paneels nach EN 12667:2001 durchgeführt werden.

Die Messung muss direkt am VIP durchgeführt werden bzw. bei unebenen Oberflächen muss das VIP für die Messung zwischen zwei biegsamen Platten nach EN 12664:2001, 6.3.2.2, positioniert werden, um Luftspalten zu vermeiden.

Die Wärmeleitfähigkeit von VIP, einschließlich der Alterung, muss nach Anhang A bestimmt werden und muss Alterungs- und Wärmebrückeneffekte nach Anhang C berücksichtigen; sie muss wie folgt bestimmt werden:

- Die Referenz-Mitteltemperatur für die Wärmeleitfähigkeit muss 10 °C betragen.
- Die Messwerte sind auf zwei wertanzeigende Ziffern anzugeben.
- $\lambda_{90/90}$ ergibt sich aus der Prüfung der Wärmeleitfähigkeit in der Mitte der Paneele kurz nach der Herstellung. Der Wert muss mindestens 90 % der Produktion repräsentieren und wird mit einem Vertrauensniveau von 90 % nach EN ISO 10456:2007¹ bestimmt.
- Der statistische Wert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{90/90}$ muss auf die nächsten 0,000 1 W/(m·K) aufgerundet werden.
- Die Wärmeleitfähigkeit λ_D muss aus $\lambda_{90/90}$ abgeleitet werden, indem Alterungs- und Randeffekte nach Anhang C hinzugefügt werden.
- Die Wärmeleitfähigkeit λ_D wird einschließlich Alterungs- und Randeffekten nach Anhang C ermittelt und muss in Stufen zu je 0,000 5 W/(m·K) aufgerundet werden.
- Für VIP mit bzw. ohne Trocknungsmittel werden unterschiedliche Verfahren angewendet, um die Alterung einzuschließen. Beide Verfahren sind in Anhang C beschrieben.

5.2.6.1.3 Dicke

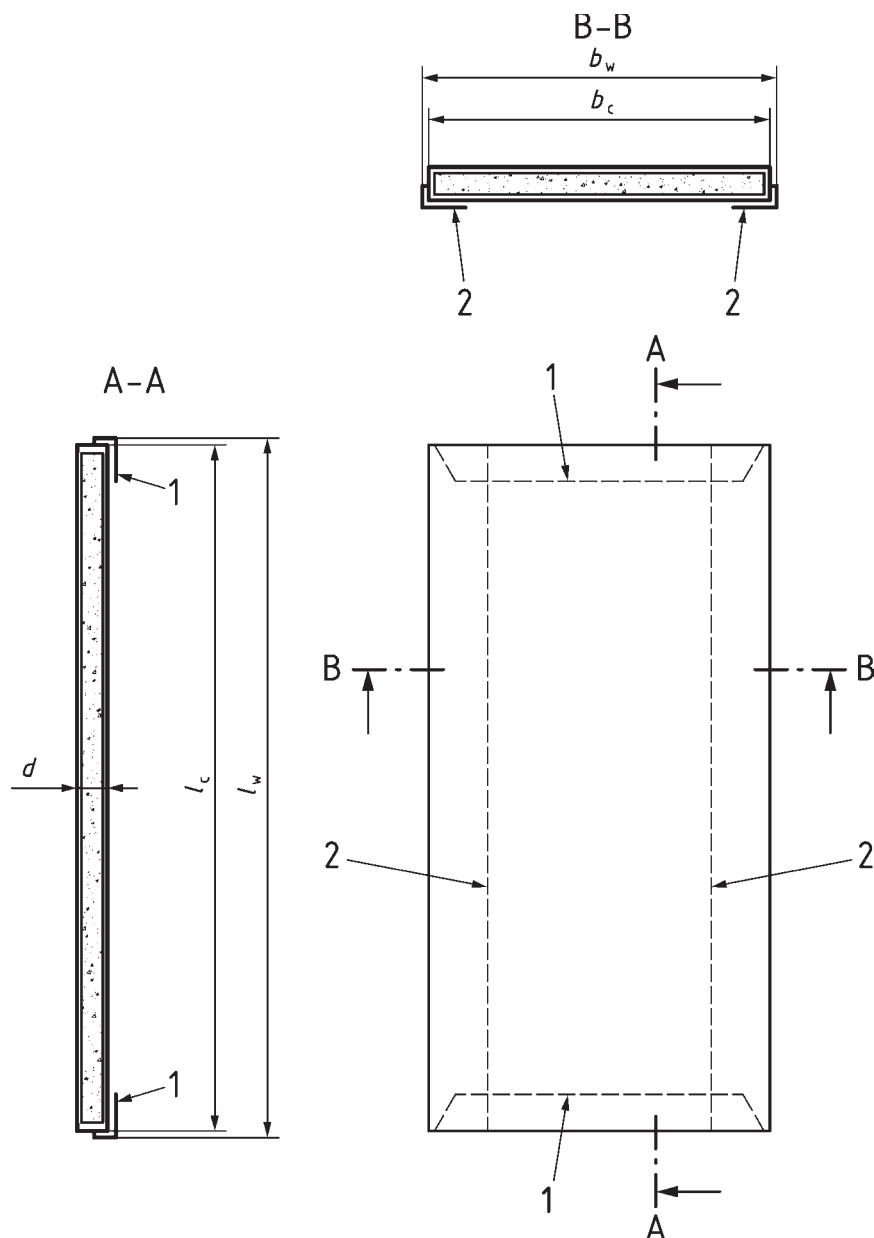
Die Dicke des VIP d muss nach EN 823:2013 bestimmt werden. Nähte und Falzkanten oder Enden dürfen in der Messung nicht berücksichtigt werden (siehe Bild 1).

Das VIP sollte bereits vor der Messung eben auf dem Messtisch platziert werden.

Kein Prüfergebnis darf um mehr als die in Tabelle 2 angegebene Toleranz von der Nenndicke d_N abweichen.

Tabelle 2 — Toleranzen für die Dicke

Dicke mm	Toleranz Mm
< 15	+2/–0
$15 \leq d < 40$	+2/–1
$40 \leq d < 50$	±2
≥ 50	+3/–2



Legende

- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1 Falzkanten auf der kurzen Seite | l_w Arbeitslänge |
| 2 Falzkanten auf der langen Seite | b_c Kernbreite |
| d Dicke | b_w Arbeitsbreite |
| l_c Kernlänge | |

Bild 1 — Maße eines Vakuumisulationspaneels

5.2.6.1.4 Länge, Breite, Rechtwinkligkeit und Ebenheit

Die Arbeitslänge l_w und die Arbeitsbreite b_w (siehe Bild 1) müssen auf ähnliche Weise wie in EN 822:2013 beschrieben bestimmt werden, wobei die Messung am höchsten Punkt der Falzkante vorgenommen wird.

Die Kernlänge l_c und die Kernbreite b_c (siehe Bild 1) müssen nach EN 822:2013 bestimmt werden.

Die Abweichung von der Rechtwinkligkeit der Länge und Breite, S_b , muss auf ähnliche Weise wie in EN 824:2013 beschrieben bestimmt werden, wobei beide Seiten des Panels gemessen werden müssen und der höhere Wert angegeben werden muss.

Die Abweichung von der Ebenheit $S_{\max}$ muss auf ähnliche Weise wie in EN 825:2013 beschrieben gemessen werden, wobei die Messpunkte die Schweiß- oder Faltbereiche der Hüllen der Produkte möglichst ausschließen sollen.

Kein Prüfergebnis darf um mehr als die in Tabelle 3 angegebene Toleranz vom Nennwert abweichen.

Tabelle 3 — Toleranzen für Länge, Breite, Rechtwinkligkeit und Ebenheit

Toleranzen				
Länge oder Breite			Rechtwinkligkeit von Länge und Breite	Ebenheit
< 500 mm	$500 \leq (l, b) \leq 1\,000$	> 1 000	S_b	$S_{\max}$
mm			mm/m	mm
8 (z. B. +2/−6) oder (z. B. +0/−8)	10 (z. B. ±5) oder (z. B. +4/−6)	12 (z. B. +4/−8) oder (z. B. +10/−2)	5	6

5.2.6.1.5 Innendruck

Der Innendruck des Paneels muss mindestens 24 h nach der Herstellung nach Anhang G gemessen werden und muss kleiner als der Grenzwert $p_{\lim}$ sein. Für VIP mit bzw. ohne Evakuierungsventil werden unterschiedliche Verfahren angewendet. Beide Verfahren sind in Anhang G beschrieben.

5.2.6.1.6 Dokumentation des Wärmedurchlasswiderstands

Der Wärmedurchlasswiderstand R_D wird von der Wärmeleitfähigkeit λ_D und der Nenndicke d_N durch die Gleichung $R_D = d_N/\lambda_D$ abgeleitet. Zusätzlich zum Wärmedurchlasswiderstand muss der Prüfbericht Werte für die Wärmeleitfähigkeit, die Nenndicke, die Länge, die Breite, die Rechtwinkligkeit, die Ebenheit und den Innendruck enthalten.

5.2.6.2 Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung

Der Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP muss durch Messungen nach EN 12667:2001 aufgezeichnet werden. Bei der Messung sollte der Wert des Umgebungsdrucks aufgezeichnet werden. Die Hülle des VIP ist hierfür am Rand zu öffnen. Die Länge oder der Durchmesser der Öffnung muss zwischen 10 mm und 20 mm liegen. Bei VIP mit Evakuierungsventil kann das Ventil so weit geöffnet werden, bis Umgebungsdruck erreicht ist.

Die Dicke des belüfteten VIP könnte von der Dicke des evakuierten VIP abweichen. Daher sollte die Dicke des belüfteten VIP d_{ambient} nach EN 823:2013 gemessen werden.

Der mit einem nicht belüfteten VIP nach C.5 gemessene oder modellierte Randeffect sollte verwendet werden, um die Wärmeleitfähigkeit und den Wärmedurchlasswiderstand des belüfteten VIP nach Gleichung (1) und Gleichung (2) zu berechnen.

$$\lambda_{\text{ambient, eff}} = \lambda_{\text{ambient}} + \psi \cdot d_{\text{ambient}} \cdot (p/S) \quad (1)$$

$$R_{\text{ambient, eff}} = d_{\text{ambient}} / \lambda_{\text{ambient, eff}} \quad (2)$$

5.2.7 Aspekte der Dauerhaftigkeit

5.2.7.1 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Temperaturbedingungen oder festgelegten Bedingungen der Temperatur und der Luftfeuchte muss nach EN 1604:2013 bestimmt werden. Die Prüfung muss bei 70 °C und einer relativen Luftfeuchte von 90 % durchgeführt werden.

Die in EN 1604:2013 angegebenen Messpunkte müssen die Schweiß- oder Faltbereiche der Hüllen der Produkte ausschließen.

Die Prüfkörper müssen quadratische Prismen mit einer Seitenlänge von (200, 250 oder 300 ± 1) mm sein, abhängig von den machbaren Produktionen.

5.2.7.2 Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur

Die Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur muss nach EN 1605:2013 bestimmt werden. Die Konditionierung muss bei 40 kPa und 70 °C erfolgen.

5.2.7.3 Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung

Das Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung X_{ct} muss nach EN 1606:2013 nach mindestens 122 Tagen der Prüfung (siehe Tabelle 4) bei einer Druckspannung σ_c , angegeben in Stufen von mindestens 1 kPa, bestimmt werden. Die Ergebnisse müssen 30 Mal extrapoliert werden, was 10 Jahren entspricht.

Prüfzeiten: Nach EN 1606:2013 erfordert das Verfahren jeweils bei 10, 25 und 50 Jahren die folgenden Prüfzeiten:

Tabelle 4 — Extrapolation und Mindestprüfzeit

Extrapolationszeit Jahre	Mindestprüfzeit Tage
10	122
25	304
50	608

6 Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit — AVCP

6.1 Allgemeines

Die technischen Einzelheiten, die für die Umsetzung des Systems der Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit erforderlich sind, umfassen Festlegungen in Bezug auf:

- die Bewertung der Leistung des Bauprodukts, die auf der Grundlage einer Prüfung (einschließlich Probenahme) und einer Berechnung durchgeführt werden kann, und
- die anzuwendende werkseigene Produktionskontrolle.

6.2 Bewertung der Leistung

6.2.1 Allgemeines

Soll die Leistung für in Anhang ZA dieses Dokuments enthaltene Merkmale erklärt werden, muss dies auf der Grundlage einer Prüfung (einschließlich Probenahme) und einer Berechnung in Übereinstimmung mit dem Abschnitt „Merkmale“ erfolgen.

Bewertungen, die bereits früher in Übereinstimmung mit den Festlegungen dieses Dokuments durchgeführt wurden, dürfen berücksichtigt werden, vorausgesetzt, dass sie unter Anwendung des gleichen Prüfverfahrens oder eines strengeren Prüfverfahrens sowie unter dem gleichen AVCP-System am gleichen Produkt bzw. an Produkten ähnlicher Konstruktion, Bauweise und Funktionalität erfolgten, sodass die Ergebnisse für das betreffende Produkt gültig sind.

Zum Zwecke der Bewertung dürfen die Produkte in Familien zusammengefasst werden, wenn die Ergebnisse für ein oder mehrere Merkmal(e) eines beliebigen Produkts innerhalb einer Familie als repräsentativ für das gleiche Merkmal bzw. die gleichen Merkmale aller Produkte innerhalb der betreffenden Familie angesehen werden.

ANMERKUNG 1 Produkte können für unterschiedliche Merkmale unterschiedlichen Familien zugeordnet werden.

Zusätzlich muss eine Bestimmung der Produktleistung

- für alle in der Norm behandelten Merkmale durchgeführt werden, deren Leistung erklärt werden soll:
 - bei der ersten Anwendung dieses Dokuments,
 - zu Beginn der Produktion eines neuen oder modifizierten werksmäßig hergestellten Vakuumisulationspaneels (VIP), es sei denn, das Produkt gehört zur selben Familie, oder
 - bei Einführung eines neuen oder modifizierten Herstellungsverfahrens, sofern die Modifizierung einen Einfluss auf die angegebenen Merkmale haben kann;
- für das/die betreffende(n) Merkmal(e) wiederholt werden, wenn sich Änderungen bei der Konstruktion der werksmäßig hergestellten Vakuumisulationspaneel (VIP), bei den Ausgangsstoffen, beim Zulieferer der Bauteile und/oder im Herstellungsverfahren (abhängig von der Definition einer Familie) ergeben, die sich wesentlich auf die Leistung eines Merkmals oder mehrerer Merkmale auswirken können.

Bei Verwendung von Bauteilen für Bausätze, deren Leistungen bezogen auf deren Merkmale bereits auf der Grundlage von in anderen harmonisierten technischen Spezifikationen angegebenen Bewertungsverfahren bestimmt wurden, und wenn an diesen Bauteilen CE-Kennzeichnungen entsprechend dieser harmonisierten technischen Spezifikationen angebracht wurden, brauchen diese Leistungen nicht erneut bewertet zu werden, sofern der Verwendungszweck und die Bewertungsverfahren dieses Dokuments dem bzw. den zuvor verwendeten entsprechen. Die Spezifikationen der betreffenden Komponenten müssen dokumentiert werden.

6.2.2 Prüfproben, Prüfung und Bewertungskriterien

Die zu prüfenden/zu bewertenden Proben von werksmäßig hergestellten Vakuumisulationspaneelen (VIP) müssen Tabelle 5 entsprechen.

Tabelle 5 — Anzahl der zu prüfenden Proben und Bewertungskriterien

Merkmal	Abschnitt	Bewertungs- verfahren	Anzahl der Proben	Bewertungs- kriterien
Brandverhalten	4.1	5.2.1	1	4.1
Neigung zum kontinuierlichen Schwelen	4.2	5.2.2	1	4.2
Freisetzung von VOC	4.3	5.2.3	1	4.3
Druckfestigkeit	4.4	5.2.4	4	4.4
Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	4.5	5.2.5	4	4.5
Wärmedurchlasswiderstand des VIP	4.6.1	5.2.6.1	4	4.6.1
Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung	4.6.2	5.2.6.2	4	4.6.2
Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte	4.7.1	5.2.7.1	4	4.7.1
Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur	4.7.2	5.2.7.2	4	4.7.2
Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung	4.7.3	5.2.7.3	4	4.7.3

6.3 Überprüfung der Leistungsbeständigkeit

6.3.1 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

6.3.1.1 Allgemeines

Es muss ein System der werkseigenen Produktionskontrolle eingerichtet, dokumentiert, betrieben und aufrechterhalten werden, um sicherzustellen, dass die in Verkehr gebrachten Produkte die in Bezug auf die Wesentlichen Merkmale erklärten Leistungen einhalten.

Das System der werkseigenen Produktionskontrolle muss Verfahren, regelmäßige Inspektionen und Prüfungen und/oder Bewertungen sowie die Anwendung der Ergebnisse umfassen, um die Ausgangsstoffe und andere zugelieferte Materialien oder Bauteile, die Ausrüstung, das Herstellungsverfahren und das Produkt zu kontrollieren.

Alle Elemente und Festlegungen müssen systematisch in Form von schriftlichen Grundsätzen und Verfahrensanweisungen dokumentiert werden.

Es müssen die Verantwortung, Befugnisse und Beziehungen zwischen den Personen, welche die Leistungsbeständigkeit der Produkte betreffende Arbeiten lenken, ausführen oder überprüfen, festgelegt werden.

Die Qualifikation und Fähigkeiten (auf Grund von Ausbildung, Schulungen, Fachkenntnissen oder Erfahrung) der Personen, welche Aufgaben wahrnehmen, die die Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit des Produkts beeinflussen, müssen dokumentiert werden.

Es müssen Dokumente, in denen das System der werkseigenen Produktionskontrolle festgelegt wird, erstellt und auf dem neuesten Stand gehalten werden. Sowohl die Dokumentation als auch die Verfahren sollten dem Produkt und dem Herstellungsprozess angemessen sein. Das System der werkseigenen Produktionskontrolle sollte zu einem angemessenen Vertrauensniveau hinsichtlich der Leistungsbeständigkeit des Produkts führen. Dies beinhaltet:

- a) die Erarbeitung von dokumentierten Verfahren und Anweisungen für die Vorgänge der werkseigenen Produktionskontrolle in Übereinstimmung mit der technischen Spezifikation, auf die Bezug genommen wird;
- b) die effektive Umsetzung dieser Verfahren und Anweisungen;
- c) die Aufzeichnung dieser Verfahren und deren Ergebnisse;
- d) die Anwendung dieser Ergebnisse, um etwaige Abweichungen zu korrigieren, die Folgen solcher Abweichungen zu beheben, alle sich daraus ergebenden Fälle der nicht gegebenen Leistungsbeständigkeit zu behandeln und, sofern erforderlich, das System der werkseigenen Produktionskontrolle zu überarbeiten, um die Ursache der nicht gegebenen Leistungsbeständigkeit zu beseitigen.

6.3.1.2 Ausrüstung

6.3.1.2.1 Prüfung

Sämtliche Wäge-, Mess- und Prüfausrüstungen müssen überprüft, kalibriert und entsprechend den dokumentierten Verfahren, Häufigkeiten und Kriterien regelmäßig kontrolliert werden.

6.3.1.2.2 Herstellung

Sämtliche im Herstellungsprozess benutzten Ausrüstungen müssen regelmäßig überprüft und gewartet werden, um sicherzustellen, dass durch ihre Verwendung, Abnutzung oder ihr Versagen keine Unregelmäßigkeiten im Herstellungsprozess verursacht werden. Überprüfungen und Instandhaltung müssen entsprechend den schriftlich niedergelegten Verfahren durchgeführt und dokumentiert werden, und die Aufzeichnungen müssen für die in den Verfahren der werkseigenen Produktionskontrolle angegebene Dauer aufbewahrt werden.

6.3.1.3 Ausgangsstoffe und Bauteile

Die Spezifikationen aller angelieferten Ausgangsstoffe und Bauteile sowie das Überwachungsprogramm zur Sicherstellung deren Konformität müssen dokumentiert werden.

6.3.1.4 Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung

Einzelne Produkte, Produktchargen oder Produkteinheiten müssen in Bezug auf ihren Herstellungsort identifizierbar und rückverfolgbar sein.

Es müssen schriftliche Verfahren zur Verfügung gestellt werden, mit denen sichergestellt wird, dass die Einhaltung der Abläufe in Verbindung mit dem Anbringen von Rückverfolgbarkeits-Codes und/oder -Kennzeichnungen regelmäßig überprüft wird.

6.3.1.5 Produktprüfung und -bewertung

Es müssen Verfahren festgelegt werden, mit denen sichergestellt wird, dass die Leistung in Bezug auf die erklärten Merkmale aufrechterhalten wird. Die Merkmale und die Art der Kontrolle sind in Anhang B angegeben.

6.3.2 Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle

Die Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle muss nach der endgültigen Festlegung und Einführung des Herstellungsverfahrens durchgeführt werden. Das Werk und die Dokumentation der werkseigenen Produktionskontrolle müssen bewertet werden, um zu bestätigen, dass die Festlegungen in 6.3.1.2 bis 6.3.1.5 erfüllt wurden.

Während der Inspektion muss nachgewiesen werden,

- a) dass alle Ressourcen, die für die Bewertung der Leistung in Bezug auf die vom Hersteller zu erklärenden Produktmerkmale erforderlich sind, verfügbar sind und ordnungsgemäß eingesetzt werden,

und

- b) dass die Verfahren der werkseigenen Produktionskontrolle, die in der Dokumentation der werkseigenen Produktionskontrolle festgelegt sind, in der Praxis angewendet werden.

Alle Standorte, an denen das Produkt fertiggestellt wird oder zumindest abschließend geprüft wird, müssen bewertet werden, um zu bestätigen, dass die vorstehend erwähnten Bedingungen a) und b) gegeben sind und erfüllt werden. Sofern das System der werkseigenen Produktionskontrolle für mehr als ein Produkt, eine Fertigungslinie oder einen Produktionsprozess gilt und die Erfüllung der allgemeinen Festlegungen bei der Bewertung eines Produkts, einer Fertigungslinie oder eines Produktionsprozesses nachgewiesen wird, ist eine erneute Bewertung der allgemeinen Festlegungen bei der Bewertung der werkseigenen Produktionskontrolle für weitere Produkte, Fertigungslinien oder Produktionsprozesse nicht erforderlich.

Alle Bewertungen und ihre Ergebnisse müssen im Bericht über die Erstinspektion dokumentiert werden.

6.3.3 Laufende Überwachung der werkseigenen Produktionskontrolle

Die Überwachung der werkseigenen Produktionskontrolle muss mindestens zweimal jährlich durchgeführt werden. Sie muss für jedes Produkt eine Überprüfung des Prüfplans bzw. der Prüfpläne für die werkseigene Produktionskontrolle und des Herstellungsverfahrens bzw. der Herstellungsverfahren einschließen, um festzustellen, ob seit der vorherigen Bewertung oder Überwachung Änderungen vorgenommen wurden. Die Bedeutung etwaiger Änderungen muss beurteilt werden.

Es müssen Überprüfungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Prüfpläne weiterhin korrekt umgesetzt werden und dass die Produktionseinrichtungen weiterhin in geeigneten zeitlichen Abständen ordnungsgemäß gewartet, kontrolliert und, sofern erforderlich, kalibriert werden.

Sofern relevant, müssen die Aufzeichnungen von Prüfungen und Messungen, die während des Produktionsprozesses und an den Endprodukten durchgeführt werden, überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Prüf- bzw. Messergebnisse weiterhin den Ergebnissen für die Proben entsprechen, die der Bestimmung des Produkttyps unterzogen wurden, und dass die vorgesehenen Maßnahmen zur Beseitigung der Nichtkonformität ergriffen wurden.

Anhang A (normativ)

Bestimmung der Angabewerte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit

A.1 Allgemeines

Die Angabewerte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit müssen bestimmt werden. Die Übereinstimmung des Produkts mit den entsprechenden angegebenen Werten muss nachgewiesen werden.

Die angegebenen Werte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit eines Produkts sind die zu erwartenden Werte dieser Eigenschaften während einer ökonomisch sinnvollen Nutzungsdauer unter üblichen Bedingungen, bestätigt durch gemessene Daten unter Referenzbedingungen.

A.2 Eingangsdaten

Um die Angabewerte nach Anhang C berechnen zu können, werden mindestens zehn Prüfergebnisse für den Wärmedurchlasswiderstand und die Wärmeleitfähigkeit eines VIP benötigt, das die interne Qualitätskontrolle bestanden hat. Die direkten Messungen von Wärmedurchlasswiderstand und Wärmeleitfähigkeit müssen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden, verteilt über einen Zeitraum der letzten zwölf Monate. Wenn weniger als zehn Prüfergebnisse verfügbar sind, so kann die Dauer verlängert werden, bis zehn Prüfergebnisse vorliegen, jedoch mit einer Höchstdauer von drei Jahren, in denen das Produkt und die Produktionsbedingungen nicht wesentlich verändert wurden.

Für neue Produkte müssen die zehn Prüfergebnisse für den Wärmedurchlasswiderstand oder die Wärmeleitfähigkeit über eine Dauer von mindestens zehn Tagen verteilt sein.

Die Angabewerte sind nach dem in A.3 angegebenen Verfahren zu berechnen und in Abständen von höchstens drei Produktionsmonaten zu überprüfen.

A.3 Angegebene Werte

A.3.1 Allgemeines

Die Ableitung der angegebenen Werte R_D und λ_D ist aus den berechneten Werten $R_{90/90}$ und $\lambda_{90/90}$ in Übereinstimmung mit den in 4.2.1 enthaltenen Festlegungen einschließlich der Rundungsregeln zu ermitteln.

A.3.2 Fälle, in denen sowohl der Wärmedurchlasswiderstand als auch die Wärmeleitfähigkeit angegeben wird

Die Angabewerte R_D und λ_D sind aus den nach den Gleichungen (A.1), (A.2) und (A.3) berechneten Werten $R_{90/90}$ und $\lambda_{90/90}$ abzuleiten.

$$\lambda_{90/90} = \lambda_{\text{mean}} + k \cdot s_{\lambda} \quad (\text{A.1})$$

$$s_{\lambda} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_{\text{mean}})^2}{n - 1}} \quad (\text{A.2})$$

$$R_{90/90} = d_N / \lambda_{90/90} \quad (\text{A.3})$$

Die Werte für k sind Tabelle A.1 zu entnehmen.

A.3.3 Fälle, in denen nur der Wärmedurchlasswiderstand angegeben wird

Der Angabewert ist aus den nach den Gleichungen (A.4) und (A.5) berechneten Werten abzuleiten.

$$R_{90/90} = R_{\text{mean}} - k \cdot s_R \quad (\text{A.4})$$

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{\text{mean}})^2}{n - 1}} \quad (\text{A.5})$$

Die Werte für k sind Tabelle A.1 zu entnehmen.

Tabelle A.1 — Werte für k für ein einseitiges 90-%-Toleranzintervall mit einem Vertrauensniveau von 90 %

Anzahl der Prüfergebnisse	k
10	2,07
11	2,01
12	1,97
13	1,93
14	1,90
15	1,87
16	1,84
17	1,82
18	1,80
19	1,78
20	1,77
22	1,74
24	1,71
25	1,70
30	1,66
35	1,62
40	1,60
45	1,58
50	1,56
100	1,47
300	1,39
500	1,36
2 000	1,32
Für weitere Anzahlen von Prüfergebnissen ist ISO 16269-6:2014, Tabelle D.31, oder die lineare Interpolation anzuwenden.	

Anhang B (normativ)

Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Tabelle B.1 — Mindesthäufigkeiten von Produktprüfungen

Abschnitt		WPK		
		Mindestprüfhäufigkeit		
Nr.	Titel	Direkte Prüfung	Indirekte Prüfung	
			Prüfverfahren	Häufigkeit
5.2.2	Neigung zum kontinuierlichen Schwelen	1 je 2 Jahre	—	—
5.2.3	Freisetzung von VOC	EN 16516:2017+A1:2020	Verfahren des Herstellers	1 je Tag
5.2.4	Druckfestigkeit	1 je Monat oder indirekte Prüfung	Verfahren des Herstellers	
5.2.5	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene	1 je 5 Jahre	—	—
5.2.6	Wärmedurchlasswiderstand des VIP	anfänglicher Wert 1 je Tag Wert einschließlich Alterung nach Anhang C 1 je 5 Jahre	—	—
5.2.6	Wärmedurchlasswiderstand eines belüfteten VIP unter Umgebungsdruck auf Grund von Beschädigung	1 je Jahr	—	—
5.2.6	Innendruck mindestens 24 h nach der Herstellung	1 je 24 h	Verfahren des Herstellers	1 je 24 h
5.2.6	Dicke	1 je 24 h	Verfahren des Herstellers	1 je 24 h
5.2.6	Arbeitslänge, Arbeitsbreite	1 je 24 h	—	—
5.2.6	Kernlänge, Kernbreite	1 je 24 h oder indirekte Prüfung	Verfahren des Herstellers	1 je 24 h
5.2.6	Rechtwinkligkeit	1 je 24 h	—	—
5.2.6	Ebenheit	1 je 24 h	—	—
5.2.7	Dimensionsstabilität unter festgelegten Bedingungen für Temperatur und Luftfeuchte	1 je 5 Jahre	—	—
5.2.7	Verformung unter festgelegten Bedingungen für Druckbelastung und Temperatur	1 je 5 Jahre	—	—
5.2.7	Langzeit-Kriechverhalten bei Druckbeanspruchung	1 je 10 Jahre	—	—

Tabelle B.2 — Mindesthäufigkeiten der Produktprüfung für die das Brandverhalten bestimmenden Merkmale

Abschnitt		WPK								
		Mindestprüfhäufigkeit								
		Direkte Prüfung			Indirekte Prüfung					
					Produkt		Komponenten			
		Substanziell		Nicht substanziell						
Nr.	Titel	Klasse	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit
5.2.1	Brand- verhalten	A1	EN ISO 1182:2020 und EN ISO 1716:2018 (und EN 13823:2020)	1 je 2 Jahre und indirekte Prüfung	—	—	Glühverlust	1 je 4 h	entweder Glühverlust oder Verlust des potenziellen Brennwerts	1 je 4 h
							Rohdichte	1 je 1 h	Flächengewicht	1 je 1 h
		A2	EN ISO 1182:2020 oder EN ISO 1716:2018 und EN 13823:2020	1 je 2 Jahre und indirekte Prüfung	—	—	Glühverlust	1 je 4 h	entweder Glühverlust oder Verlust des potenziellen Brennwerts	1 je 4 h
							Rohdichte	1 je 1 h	Flächengewicht	1 je 1 h
					Verfahren des Herstellers	1 je Monat	Glühverlust	1 je 4 h	entweder Glühverlust oder Verlust des potenziellen Brennwerts	1 je 4 h
							Rohdichte	1 je 1 h	Flächengewicht	1 je 1 h
		B C D	EN 13823:2020 und EN ISO 11925-2:2020	1 je Monat oder 1 je 2 Jahre und indirekte Prüfung	—	—	—	—	—	—
					Verfahren des Herstellers	1 je Monat	Glühverlust	1 je 4 h	entweder Glühverlust oder Verlust des potenziellen Brennwerts	1 je 4 h

Abschnitt		WPK									
		Mindestprüfhäufigkeit									
		Direkte Prüfung			Indirekte Prüfung						
					Produkt		Komponenten				
		Substanziell		Nicht substanziell							
Nr.	Titel	Klasse	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit	Prüfverfahren	Häufigkeit	
							Rohdichte	1 je 1 h	Flächengewicht	1 je 1 h	
				1 je Woche oder 1 je 2 Jahre und indirekte Prüfung	—	—	—	—	—	—	
				Verfahren des Herstellers	1 je Monat	—	—	—	—	—	
		E	EN ISO 11925-2:2020	1 je Woche oder 1 je 2 Jahre und indirekte Prüfung	—	—	—	—	—	—	—
				Verfahren des Herstellers	1 je Monat	—	—	—	—	—	—
		F	EN ISO 11925-2:2020	1 je 10 Jahre	—	—	—	—	—	—	—

Anhang C (normativ)

Bestimmung der gealterten Werte des Wärmedurchlasswiderstands und der Wärmeleitfähigkeit einschließlich Randeffekt

C.1 Allgemeines

Die Wärmeleitfähigkeit von VIP entwickelt sich im Laufe ihrer Anwendung und eine Evaluierung dieser Effekte ist erforderlich.

Die Änderung der thermischen Effizienz ist auf mehrere Faktoren zurückzuführen, die die Wärmeleitfähigkeit beeinflussen, wie der Anstieg des Gasinnendrucks, der Feuchtegehalt oder jede strukturelle Änderung des Kernmaterials oder der Hülle.

Es wird eine beschleunigte Alterung bei erhöhten Temperaturen und Luftfeuchtwerten (hier: 50 °C/70 % relative Luftfeuchte) durchgeführt. Während der beschleunigten Alterung wird der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit, des Gasdrucks und der Masse (Feuchtegehalt) gemessen. Der beschleunigte Anstieg der Wärmeleitfähigkeit wird dann auf Normalbedingungen (23 °C/50 % relative Luftfeuchte) umgerechnet. Für die Umrechnung auf Normalbedingungen müssen die Eigenschaften von Barrierefolien in Bezug auf Luftdurchlässigkeit und Wasserdampf in Abhängigkeit von der Temperatur bekannt sein (siehe Anhang E).

Bei Werkstoffen mit Kieselsäurekern ist der Einfluss von Feuchte dominant, während bei anderen Kernen, die ein Trocknungsmittel enthalten, die Änderung der Luftdurchlässigkeit den Anstieg der Wärmeleitfähigkeit dominiert. Es sind daher für diese beiden Fälle zwei verschiedene Gleichungen anwendbar. Die in C.2 beschriebenen Alterungsverfahren sind anzuwenden, um einen Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Panels über eine Dauer von 25 Jahren zu berechnen.

Das Prinzip der angewandten Alterungsverfahren ist in Bild C.1 beschrieben:

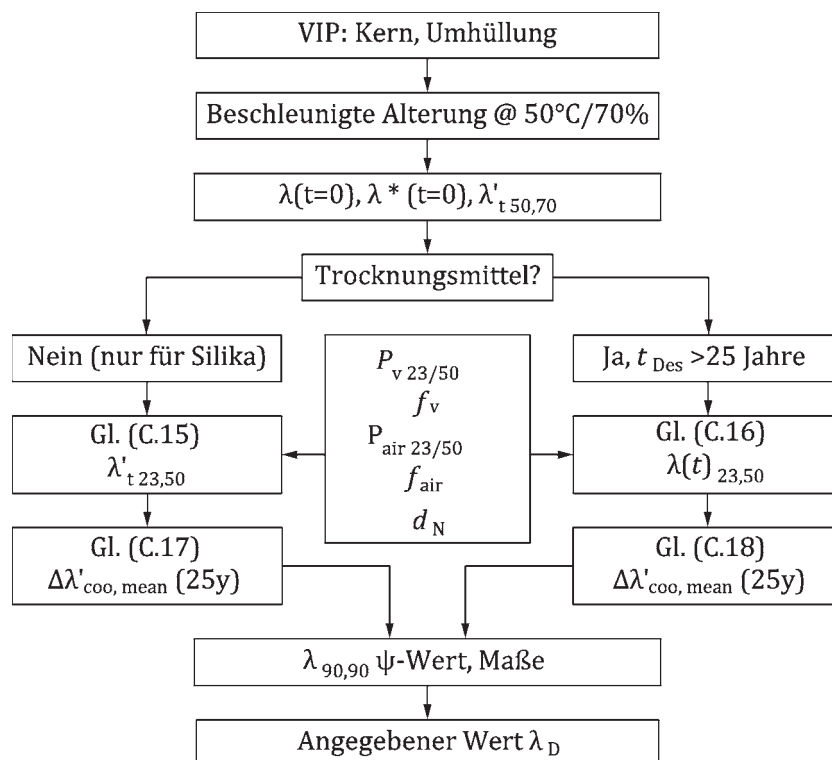


Bild C.1 — Flussdiagramm des Alterungsverfahrens

Durch die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten des evakuierten VIP-Kerns und des VIP-Hüllenmaterials wird eine Wärmebrücke gebildet. Der Einfluss dieses Randeffects ist nach C.3 zu berechnen.

Zum Erhalt des endgültigen Angabewerts λ_D werden die berechnete mittlere Veränderung der Wärmeleitfähigkeit unter Normbedingungen von 23 °C/50 % relativer Luftfeuchte während 25 Jahren Nutzungsdauer und die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit durch den Randeffect zum Ausgangswert für $\lambda_{90,90}$ nach C.4 addiert.

Auf Grund von Randeffect und Alterung ist der Angabewert der Wärmeleitfähigkeit von den Maßen des VIP abhängig.

C.2 Zeitabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit

C.2.1 Anstieg der Wärmeleitfähigkeit durch die Permeation von Trockenluft

Die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit vom Gasdruck lässt sich mit der folgenden Gleichung (C.1) beschreiben:

$$\lambda(p) = \lambda_o + \lambda_{\text{air}} / (1 + p_{1/2} / p) \quad (\text{C.1})$$

Für $P \ll p_{1/2}$ ist die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit bei einem Gasdruck λ'_p konstant:

$$\lambda'_p = \lambda_{\text{air}} / p_{1/2} \quad (\text{C.2})$$

Die Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft λ_{air} beträgt 0,026 W/(m·K) bei Raumtemperatur und die Verfahren zur Bestimmung von $p_{1/2}$ sind in Anhang D beschrieben.

C.2.2 Anstieg der Wärmeleitfähigkeit durch die Permeation von Wasserdampf

Die Beziehung zwischen Wassergehalt X und relativer Luftfeuchte ϕ und damit auch der Wasserdampfdruck p_v im VIP-Kern wird durch dessen Adsorptions-Isotherme beschrieben. Bei Werkstoffen mit Kieselsäurekern kann die Adsorptions-Isotherme bei geringer relativer Luftfeuchte ϕ durch eine lineare Relation angenähert werden:

$$\phi'_X = \frac{\Delta\phi}{\Delta X} = \text{const.} \quad (\text{C.3})$$

(z. B. für pyrogenes Kieselsäurepulver $\phi'_X \approx 14$ % relative Feuchte/Massenanteil in %)

Die Veränderung des Wassergehalts ΔX ist also ebenfalls verantwortlich für den Anstieg des Wasserdampfdrucks:

$$\Delta p_v = \phi_X \cdot \Delta X \cdot p_s(T) \quad (\text{C.4})$$

(z. B. $p_s(23 \text{ °C}) = 28 \text{ mbar}$)

Dabei ist $p_s(T)$ der gesättigte Dampfdruck bei Temperatur T .

Der Gesamtgasdruck p ist

$$p = p_v + p_{\text{air}} \quad (\text{C.5})$$

Für eine erste Näherung kann Gleichung (C.2) sowohl für Wasserdampf als auch für Luft verwendet werden.

Prüfungen mit Werkstoffen mit Kieselsäurekern haben gezeigt, dass ein Anstieg des Wassergehalts ΔX hier für einen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit ist verantwortlich:

$$\Delta\lambda = \lambda'_x \cdot \Delta X \quad (C.6)$$

(z. B. $\lambda'_x \approx 0,5 \text{ mW/mK/\%}$ bei Raumtemperatur für Werkstoffe mit pyrogenem Kieselsäurekern)

Der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit bei steigendem Gasdruck im VIP kann durch die Verwendung von Trocknungsmittel begrenzt werden. Die Nutzungsdauer t_{des} des Trocknungsmittels ist nach Anhang F zu bestimmen. Sie muss länger als 25 Jahre sein. Sonst wird die Menge des Trocknungsmittels im VIP als nicht ausreichend für den vorgesehenen Zweck angesehen und das Alterungsverfahren muss an Prüfkörpern durchgeführt werden, die keine Trocknungsmittel enthalten, wobei dafür das unten beschriebene Verfahren für VIP ohne Trocknungsmittel anzuwenden ist.

In linearer Näherung ergibt die gesamte Änderungsrate der Wärmeleitfähigkeit λ mit der Zeit t

$$\lambda'_t = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \lambda'_p \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t} + \lambda'_x \cdot \Delta X / \Delta t \quad (C.7)$$

Wird ein Trocknungsmittel mit einer längeren Nutzungsdauer als 25 Jahre verwendet, sind $\lambda'_x = 0$, $p_v = 0$ und $p = p_{\text{air}}$, da das gesamte eindringende Wasser vom Trocknungsmittel absorbiert wird.

Die Druckanstiegsraten für Luft und Wasserdampf $\Delta p / \Delta t$ sowie der Wassergehalt $\Delta X / \Delta t$ sind abhängig von der Temperatur T und der Dampfdruckdifferenz zwischen der Innen- und Außenseite des Paneels.

Mithilfe der Gleichungen (C.4) und (C.5) kann Gleichung (C.7) umgeschrieben werden zu:

$$\lambda'_t = \lambda'_p \cdot \Delta p_{\text{air}} / \Delta t + (\lambda'_x + \lambda'_p \cdot \phi_x \cdot p_s) \cdot \Delta X / \Delta t \quad (C.8)$$

Wird ein Trocknungsmittel mit einer längeren Nutzungsdauer als 25 Jahre verwendet, kann auch $\phi_x = 0$ angenommen werden. Die Wasserpermeation hat keinen Einfluss auf den Anstieg der Wärmeleitfähigkeit, solange das Trocknungsmittel nicht mit Wasser gesättigt ist.

Die Anstiegsrate des Luftdrucks Δp_{air} ist proportional zur Luftdurchlässigkeit P_{air} , die definiert ist als die Luftmenge in m^3 (Normbedingung für Temperatur und Druck [STP]), die die Hülle eines 1 m^2 großen Paneels in einem Jahr durchdringt. Δp_{air} ist auch umgekehrt proportional zur Dicke d des Paneels:

$$p'_t = \Delta p_{\text{air}} / \Delta t = P_{\text{air}} / d \quad (C.9)$$

Der Anstieg des Wassergehalts ΔX ist proportional zur Rate der Dampfpermeation P_v durch die Hülle und umgekehrt proportional zur flächenbezogenen Masse $\rho \cdot d$ des Vakuumpaneels:

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = P_v / (\rho \cdot d) \quad (C.10)$$

Es gibt grundsätzlich zwei Methoden zur Bestimmung des Anstiegs der Wärmeleitfähigkeit über eine Zeit t :

- Methode 1) Direkte Messung: durch Prüfung des Anstiegs der Wärmeleitfähigkeit von Proben, die unter festgelegten Klimabedingungen (Temperatur T und relative Luftfeuchte φ) gelagert wurden;
- Methode 2) Indirekte Messung: durch Messen des Anstiegs des Gasdrucks $p = p_v + p_{\text{air}}$ während der Lagerzeit und zusätzliche Messung des Anstiegs der Masse des Paneels, der der Menge des vom Kernmaterial oder vom Trocknungsmittel absorbierten Wassers entspricht.

Für die Berechnung von $\lambda_{\text{mean}, a(25a)}$ nach C.3 wird Methode 1 verwendet.

C.2.3 Beschleunigte Alterung

C.2.3.1 Allgemeines

Zur Bestimmung des Mittelwerts der Wärmeleitfähigkeit über die ersten 25 Jahre der Anwendung wird eine beschleunigte Alterung verwendet. Die zugrunde liegenden Prinzipien sind in C.2.3.2 beschrieben. Das Prüfverfahren für VIP ohne Trocknungsmittel ist in C.2.3.3 beschrieben. Wenn Trocknungsmittel in den VIP vorhanden sind, ist eine Modifikation nach der Beschreibung in C.2.3.4 erforderlich.

Unter Normbedingungen (23 °C, 50 % relative Luftfeuchte) steigt die Wärmeleitfähigkeit mit der Zeit eher langsam an. Es werden daher beschleunigte Alterungsbedingungen bei höheren Temperaturen und höherer Luftfeuchte (50 °C, 70 % relative Luftfeuchte) gewählt, unter denen die Permeation von Luft und Wasserdampf durch die Hülle deutlich erhöht wird. Nach Gleichung (C.7) beschleunigt sich auch der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit entsprechend.

Um die Wärmeleitfähigkeit anzugeben, müssen im Folgenden 2 VIP-Prüfkörper aus zwei verschiedenen Produktionseinheiten für die höchste und die niedrigste Dicke der Produktpalette verwendet werden.

Im Folgenden muss für jede Dicke der Mittelwert der Wärmeleitfähigkeit unter Verwendung der zwei Werte von zwei verschiedenen Produktionseinheiten gleicher Dicke berechnet werden.

Diese VIP-Prüfkörper werden bei 50 °C/70 % relativer Luftfeuchte über eine Dauer von 180 Tagen gelagert. Zu Beginn der Lagerung, nach 60 Tagen, nach 90 Tagen, nach 120 Tagen und am Ende der Lagerung nach 180 Tagen wird die Wärmeleitfähigkeit nach EN 12667:2001 gemessen und der Mittelwert der 2 Proben mit gleicher Dicke berechnet.

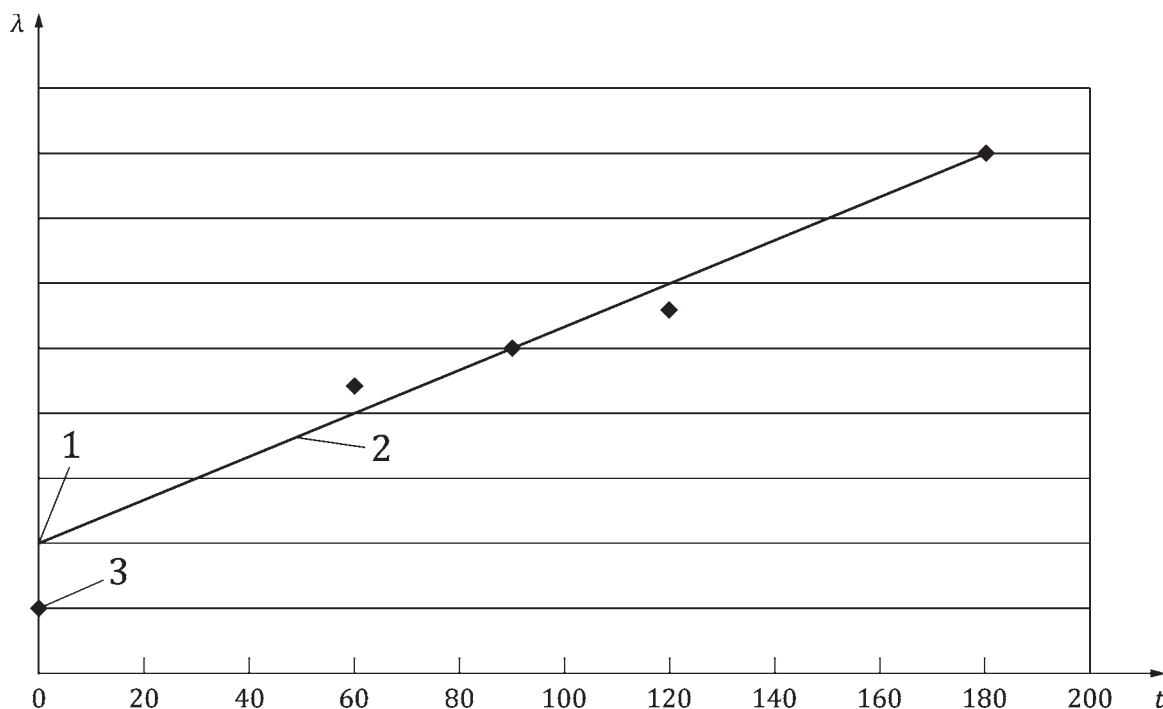
Nach der Konditionierung sind nach 5.2 auch der Innendruck p sowie die Masse m zu Kontrollzwecken und als Gegenprobe zu messen. Es ist eine Waage erforderlich, mit der die Masse des Prüfkörpers mit einer Grenzabweichung von 0,1 % bestimmt werden kann.

Aus den Mittelwerten der Wärmeleitfähigkeit zwischen 60 Tagen und 180 Tagen wird die Anstiegsrate von $\lambda'_{t, 50/70}$ im stabilen Zustand bei 50 °C, 70 % relativer Luftfeuchte berechnet.

ANMERKUNG Aus den ermittelten Werten für Innendruck und Masse zwischen 60 Tagen und 180 Tagen werden der jährliche Anstieg des Innendrucks der VIP p'_a und der jährliche Anstieg der relativen Masse (= relativer Anstieg der Luftfeuchte X'_j) berechnet und mit dem gemessenen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit $\lambda'_{t, 50/70}$ als Gegenprobe verglichen.

Der Grund für die Verwendung der Messergebnisse nach 60 Tagen und 180 Tagen zur Berechnung der Anstiegsrate der Wärmeleitfähigkeit liegt darin, dass die Wirkung kurzzeitiger Mechanismen wie etwa Ausgasung und Veränderungen der Festkörper-Leitfähigkeit, die nach 60 Tagen vernachlässigbar ist, außer Acht bleiben soll.

Bild C.2 zeigt ein typisches Beispiel von gemessenen Werten (Mittelwert aus 2 Messwerten von VIP der gleichen Dicke). Der Anstieg in den ersten 60 Tagen ist typischerweise höher als danach. Nach 60 Tagen ist der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit ungefähr proportional zur Zeit. Die Steigung dieser linearen Funktion $\Delta\lambda/\Delta t = \lambda'_{t, 50/70}$ muss mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate mit den Werten bestimmt werden, die nach 60, 90, 120 und 180 Tagen der beschleunigten Alterung gemessen wurden. Ebenso ist die korrigierte Wärmeleitfähigkeit $\lambda^*(t=0)$ als Interpolation dieser Methode zu $t=0$ zu bestimmen. Wenn unterschiedliche Werte für $\lambda'_{t, 50/70}$ vorliegen, muss das Ergebnis der beiden Werte linear interpoliert werden, um den Anstieg für die anderen Dicken zu erhalten.



Legende

- 1 $\lambda^*(t=0)$
- 2 $\lambda'_{t,50/70}$
- 3 $\lambda(t=0)$

Bild C.2 — Wärmeleitfähigkeit von VIP bei 50 °C/70 % relativer Luftfeuchte

Die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Zeit bei beschleunigten Bedingungen von 50 °C/70 % relativer Luftfeuchte kann näherungsweise mit der folgenden linearen Gleichung dargestellt werden:

$$\lambda(t)_{50/70} = \lambda^*(t=0) + \lambda'_{t,50/70} \cdot t \quad (\text{C.11})$$

Dabei kann die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Zeit bei 23 °C/50 % relativer Luftfeuchte näherungsweise mit der folgenden Gleichung dargestellt werden:

$$\lambda(t)_{23/50} = \lambda^*(t=0) + \lambda'_{t,23/50} \cdot t. \quad (\text{C.12})$$

C.2.3.2 Beschleunigte Alterung von VIP ohne Trocknungsmittel

Werden keine Trocknungsmittel verwendet, kann die Relation zwischen dem Anstieg der Wärmeleitfähigkeit bei 50 °C und 70 % relativer Luftfeuchte und dem Anstieg der Wärmeleitfähigkeit bei einem Standardklima von 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte mit den folgenden Gleichungen ermittelt werden, wobei die Beschleunigungsfaktoren f_{air} für die Permeation der Luft und f_v für die Permeation des Wasserdampfs durch die Hülle nach Anhang E angewendet werden:

$$\lambda'_{t,50/70} = (\lambda'_x + \lambda'_p \cdot \varphi'_x \cdot p_s) \cdot X'_{t,50/70} + \lambda'_p \cdot f_{\text{air}} \cdot p'_{t,\text{air},23/50} \quad (\text{C.13})$$

$$\lambda'_{t,23/50} = \lambda'_x + \lambda'_p \cdot \varphi'_x \cdot p_s / f_v \cdot X'_{t,50/70} + \lambda'_p \cdot p'_{t,\text{air},23/50} \quad (\text{C.14})$$

Durch die Kombination der Gleichungen (C.13) und (C.14) ergibt sich der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit bei Normbedingungen von 23 °C/50 % relativer Luftfeuchte:

$$\lambda'_{t,23/50} = 1/f_v \cdot \lambda'_{t,50/70} + \lambda'_p \cdot p'_{t,air,23/50} \cdot (1 - f_{air}/f_v) \quad (C.15)$$

oder mit Gleichung (C.9)

$$\lambda'_{t,23/50} = 1/f_v \cdot \lambda'_{t,50/70} + \lambda'_p \cdot P_{air,23/50}/d \cdot (1 - f_{air}/f_v) \quad (C.16)$$

mit λ'_p aus (C.2). Die Luftdurchlässigkeit der Hülle bei 23 °C/50 % relativer Luftfeuchte $P_{air,23/50}$ und die Beschleunigungsfaktoren für Luft und Wasserdampf der Hülle f_{air} und f_v müssen nach Anhang E bestimmt werden.

C.2.3.3 Beschleunigte Alterung von VIP mit Trocknungsmittel mit einer längeren Nutzungsdauer als 25 Jahre

Das Vorhandensein von Trocknungsmitteln beeinflusst die Alterung der VIP und erfordert eine Modifikation des in C.2.3.2 beschriebenen Verfahrens.

Für die Bestimmung von $\lambda^*(t=0)$, $\lambda(t=0)$ und $\lambda'_{t,50/70}$, also des Anstiegs der Wärmeleitfähigkeit bezogen auf eindringende Trockenluft, wird die in C.2.3.1 beschriebene Methode angewendet.

Mit diesen Werten ergibt sich die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Zeit unter Normbedingungen von 23 °C/50 % relativer Luftfeuchte aus der folgenden Gleichung:

$$\Delta\lambda(t)_{23/50} = \lambda^*(t=0) - \lambda(t=0) + \lambda_{air} / (1 + \lambda_{air} / \lambda'_{t,50/70} \cdot t / f_{air}) \quad (C.17)$$

C.2.3.4 Berechnung der mittleren Wärmeleitfähigkeit für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren

C.2.3.4.1 Allgemeines

Das Verfahren zur Bestimmung der mittleren Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Paneels über die ersten 25 Jahre des Gebrauchs von VIP ohne Trocknungsmittel ist in C.2.3.4.2 beschrieben, das entsprechende Verfahren für VIP mit Trocknungsmittel mit einer längeren Nutzungsdauer als 25 Jahre in C.2.3.4.3.

C.2.3.4.2 VIP ohne Trocknungsmittel

Für weitere Berechnungen nach C.4 ist der Mittelwert der alterungsbedingten Veränderung der Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Paneels über die ersten 25 Jahre des Gebrauchs $\Delta\lambda_{cop, mean}(25 \text{ Jahre})$ für jede Dicke des in Verkehr gebrachten VIP zu verwenden:

$$\Delta\lambda_{cop, mean}(25 \text{ Jahre}) = \lambda^*(t=0) - \lambda(t=0) + \lambda'_{t,23/50} \cdot 12,5 \text{ Jahre} \quad (C.18)$$

Dabei werden $\lambda^*(t=0)$ und $\lambda(t=0)$ nach C.2.3.1 und $\lambda'_{t,23/50}$ mit Gleichung (C.15) bestimmt.

C.2.3.4.3 VIP mit Trocknungsmittel mit einer längeren Nutzungsdauer als 25 Jahre

Für weitere Berechnungen nach C.4 ist der Mittelwert der alterungsbedingten Veränderung der Wärmeleitfähigkeit in der Mitte des Paneels über die ersten 25 Jahre des Gebrauchs $\Delta\lambda_{cop, mean}(25 \text{ Jahre})$ nach Gleichung (C.17) für jede Dicke des in Verkehr gebrachten VIP zu verwenden:

$$\Delta\lambda_{cop, mean}(25 \text{ Jahre}) = \lambda^*(t=0) - \lambda(t=0) + \lambda_{air} \cdot (1 - \ln(1+x)/x) \quad (C.19)$$

Dabei ist $x = (\lambda'_{t,50/70}/f_{air})/\lambda_{air} \cdot 25 \text{ Jahre}$.

$\lambda^*(t=0)$, $\lambda(t=0)$ und $\lambda_{t,50/70}$ werden nach C.2.3.1 bestimmt, f_{air} nach Anhang E und $\lambda_{air} = 0,026 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.