

Neue Wärmeleitfähigkeitsstufen und Leistungsfähigkeit neuer Dämmstoffe

Herrn Dr. W. F. Cammerer zum 90. Geburtstag gewidmet

Seit der Einführung der europäischen Dämmstoffnormen, der deutschen Bemessungsnorm DIN V 4108-4 und der deutschen Anwendungsnorm DIN 4108-10 ist die Angabe der Wärmeleitfähigkeit in $1 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ -Stufen auch in Deutschland möglich. Das brachte eine Vielzahl von neuen Produkten im Bereich der Dämmstoffe hervor. Ausgelöst durch neue Energieeinspargesetze gibt es einen starken Trend zu niedrigeren Wärmeleitfähigkeitswerten und größeren Dämmschichtdicken. An einzelnen Beispielen aus dem Bereich der Dämmstoffe wird die Leistungsfähigkeit der neuen Produkte dargestellt und auf die voraussichtliche Entwicklung in den nächsten Jahren hingewiesen.

New thermal conductivity steps and performance of new thermal insulation products. *Since the introduction of the European standards for thermal insulation products, the German standard for design values DIN V 4108-4 and the German application standard DIN 4108-10 the statement of the thermal conductivity in $1 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ steps is possible. This created a lot of new products in the range of thermal insulation products. Due to new energy saving regulations a strong trend to lower thermal conductivity values and greater insulation thicknesses is observed. On the basis of individual examples the performance of the new products is described and the expected developments in the next years is indicated.*

1 Einführung

In den Jahren 2002 bis 2003 wurde in Deutschland mit einer 12-monatigen Koexistenzphase der erste Satz an europäischen Dämmstoffnormen bauaufsichtlich eingeführt. Nach einer längeren Anfangsphase, in der die bisherigen Anwendungstypen und Wärmeleitfähigkeitsstufen weitgehend unverändert beibehalten wurden, ist seit etwa 3 Jahren eine starke Zunahme der Produktvielfalt und eine größere Differenzierung der Wärmeleitfähigkeitsstufen mit einem Trend zu niedrigeren Wärmeleitfähigkeiten auf dem Markt zu beobachten.

Vor der Einführung der Europäischen Dämmstoffnormen war die Dämmstoffvielfalt deutlich geringer. Es gab für die Angabe der Wärmeleitfähigkeit den *Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit* nach DIN 18164, DIN 18165 usw. in den folgenden 5 mW-Stufen:

- 0,025 W/(m · K),
- 0,030 W/(m · K),
- 0,035 W/(m · K),
- 0,040 W/(m · K),
- 0,045 W/(m · K).

Tabelle 1. Anwendungstypen nach DIN 18164, DIN 18165 usw. vor dem Jahr 2003

Table 1. Application types according to German standards DIN 18164, DIN 18165, etc. before 2003

	Wärmedämmstoff
W	nicht druckbelastet
WD	druckbelastet
WS	stark druckbelastet
WV	für Fassadenanwendungen, z. B. Vorsatzschalung
T	für Trittschallanforderungen
WL	für das belüftete Dach
TK	mit Trittschallanforderungen unter Trockenstrichplatten

Für die Anwendung der Dämmstoffe gab es im Wesentlichen fünf *Anwendungstypen*. Grundsätzlich war der Anwendungstyp unabhängig von der Anwendung im Gebäude, Tabelle 1. Es kam nur darauf an, ob der Dämmstoff druckbelastet eingesetzt wurde oder der Feuchte ausgesetzt war. Aber schon 1987 wurden Untertypen wie WL und TK geschaffen.

2 Europäische Dämmstoffnormen

Mit der Schaffung des europäischen Binnenmarktes mussten zum Abbau von Handelshemmnissen einheitliche europäische Dämmstoffnormen geschaffen werden. Seit dem Ende der Koexistenzphase 2002 bis 2003 gilt in Deutschland und den meisten Ländern der Europäischen Union (EU) das erste Set von 10 europäischen Dämmstoffnormen [1]. Inzwischen wurde die EU um die neuen Beitrittsländer erweitert, sodass die Dämmstoffnormen in fast allen 27 Mitgliedsländern angewendet werden, Bild 1.

Im Jahr 2006 wurde ein zweites Set von Dämmstoffnormen für Schüttdämmstoffe, wie Perlite-, Vermiculite- und Blähtonddämmstoffe, sowie Stahlsandwichelemente geschaffen und bauaufsichtlich eingeführt. 2009 wurden die Normen für haus- und betriebstechnische Anlagen nach mehreren Änderungen mehrheitlich von den europäischen Normungsgremien angenommen und sollen demnächst bauaufsichtlich eingeführt werden.

Als nächster Schritt steht die Abstimmung über die an der Baustelle hergestellten Dämmstoffe, die „In situ-Dämmstoffe“ an.

Daneben wurden neben den nationalen deutschen Zulassungen die europäischen technischen Zulassungen

Tabelle 3. Bedeutung des EN-Schlüssels, Beispiel: EPS-Dämmstoffes
 Table 3. Explanation of the EN designation code, example: EPS product

Kürzel	Klassen	Englische Bezeichnung	Deutsche Bedeutung
T	1-2	Thickness Tolerance	Dickentoleranz
L	1-2	Length Tolerance	Längentoleranz
W	1-2	Width Tolerance	Breitentoleranz
S	1-2	Squareness Tolerance	Toleranz der Rechtwinkligkeit
P	1-4	Flatness Tolerance	Toleranz der Ebenheit
BS	50-750	Bending strength	Biegefestigkeit
CS(10)	30-500	Compressive strength/stress	Druckspannung
DS(N)	2-5	Dimensional stability	Dimensionsstabilität bei Normalklima
DLT(1)5	(1)-(3)	Deformation under load and temperature	Dickenänderung unter Last und Temperatur
TR	20-400	Tensile strength perpendicular to faces	Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene
WL(T)	1-5	Water absorption by total immersion	Wasseraufnahme durch Unterwasserlagerung
WD(V)	3-15	Water absorption by diffusion	Wasseraufnahme im Diffusionsversuch

fähigkeitsmessung, aber auch der Feuchteschwankungen im Dämmstoff, der Ausführungstoleranzen, wie Fugen, schiefe Kanten, Befestigungen usw. Die alten 5 mW/(m · K)-Stufen enthielten in den meisten Fällen deutlich mehr Sicherheit für diese Ausführungsunwägbarkeiten. Weiterhin werden die europäischen Wärmeleitfähigkeitsstufen als sogenannte *Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit* angegeben, die auf $\lambda_{90/90}$ -Werten basieren. Das heißt: 90 % der Messwerte müssen mit 90 %-iger Annahmewahrscheinlichkeit unter oder gleich dem Nennwert liegen. Auch das bedeutet eine große Änderung zum bisherigen deutschen System.

3.3 Bezugsfeuchte 23 °C/ 50 % relative Luftfeuchte

In Deutschland ist die Bezugsfeuchte 23 °C/ 80 % relative Luftfeuchte üblich (früher baupraktische Feuchte oder Ausgleichsfeuchte genannt). Europäisch hat man sich aber auf die Bezugsfeuchte 23 °C/ 50 % geeinigt. Bei nicht hygroskopischen Dämmstoffen wie Mineralwolle, EPS, PUR oder Schaumglas resultieren kaum Unterschiede. Aber bei hygroskopischen Dämmstoffen wie Kork, Holz- wolle-Dämmstoffen und Holzfaserplatten kann der Unterschied sehr deutlich sein.

3.4 Europäische Brandklassen

Um auch die Beschreibung des Brandverhaltens von Dämmstoffen und Baustoffen in Europa zu harmonisieren, mussten die verschiedenen in Europa existierenden Brandprüfungen und Klassifizierungssysteme in ein System zusammengeführt werden. Nach über 25 Jahren Normungsarbeit auf diesem Gebiet arbeitet man inzwischen mit den europäischen Prüfmethode und verwendet zum Teil das europäische Klassifizierungssystem. Es werden damit sozusagen Erfahrungen gesammelt. Die europäischen Dämmstoffnormen enthalten im Moment aber noch keine harmonisierten Abschnitte für das Brandverhalten.

In Deutschland sind die europäischen Brandklassen A1 und E umgesetzt, die den bisherigen deutschen Baustoffklassen nach DIN 4102 A1 und B2 entsprechen, Tabelle 4. Bei den europäischen Brandklassen A2 (nicht brennbar) und B bis D (schwerentflammbar) ist die Umsetzung schwieriger und deshalb wird in Deutschland

noch mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen gearbeitet.

4 Anwendung in Deutschland

Die Anwendung der Dämmstoffe und die Festlegung der Mindestanforderungen sind nationale Angelegenheit der einzelnen EU-Länder. Damit ein Dämmstoff in Deutschland angewendet werden darf, muss er geregelt sein, das heißt in den meisten Fällen – er unterliegt einer bauaufsichtlich eingeführten Norm, oder er braucht einen sog. Verwendbarkeitsnachweis. Ein solcher Verwendbarkeitsnachweis kann sein:

- eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ),
- ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP),
- eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE).

Die europäischen Dämmstoffnormen, die einen Dämmstoff nur in Stufen und Klassen beschreiben können, mussten noch unter Berücksichtigung des deutschen Anforderungsniveaus umgesetzt werden. Das deutsche Anforderungsniveau (oder auch das deutsche Sicherheitsniveau) hat sich über Jahrzehnte durch Bautraditionen, durch die klimatischen Verhältnisse, aber auch zur Vermeidung von Schadensfällen gebildet. Und dieses Anforderungsniveau sollte durch die europäischen Dämmstoffnormen nicht verwässert oder ausgehebelt werden.

Deshalb mussten aus den europäischen Klassen und Stufen die für Deutschland zutreffenden ausgewählt wer-

Tabelle 4. Europäische Brandklassen nach EN 13501 mit der deutschen Entsprechung
 Table 4. European fire classification according to EN 13501 and German equivalents

Europäische Brandklasse	Deutsche Bezeichnung
A1 A2	nicht brennbar
B C D	schwerentflammbar
E	normal entflammbar
F	keine Leistung festgestellt

Tabelle 5. Anwendungsgebiete für Mineralwolle nach DIN 4108-10 (gekürzt)
 Table 5. Application fields for mineral wool according to DIN 4108-10 (partly)

Anwendungsgebiet	Kurzzeichen	Beschreibung			
Dach, Decke	DAD	dk	keine Druckbelastbarkeit		
		dg	geringe Druckbelastbarkeit		
		dm	mittlere Druckbelastbarkeit		
	DAA	Außendämmung unter Abdichtungen	–		
	DZ	Zwischensparrendämmung	–		
	DI	Innendämmung unter Decken, Sparren	–		
	DEO	dg	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte unter Estrich ohne Schallschutzanforderungen	–	
				geringe Druckbelastbarkeit	
				mittlere Druckbelastbarkeit	
	DES	sh	Innendämmung der Decke oder Bodenplatte unter Estrich mit Schallschutzanforderungen	erhöhte Zusammendrückbarkeit	
				sm	mittlere Zusammendrückbarkeit
				sg	geringe Zusammendrückbarkeit
Wand	WAB	Außendämmung hinter Bekleidung	–		
	WAP	zg	Außendämmung der Wand unter Putz, z. B. Sockel, Wärmebrücken	–	
		zh		–	
	WZ	zweischalige Wände, Kerndämmung	–		
	WH	Holzrahmen oder Holztafelbauweise	–		
	WI	zk	Innendämmung der Wand	keine Anforderung	
		zg		geringe Zugfestigkeit	
		zh		hohe Zugfestigkeit	
	WTH	sh	Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen	erhöhte Zusammendrückbarkeit	
		sg		geringe Zusammendrückbarkeit	
WTR	Dämmung von Raumtrennwänden	–			

den und in der Anwendungsnorm festgeschrieben werden. Außerdem mussten die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit und die deutschen Brandklassen umgesetzt werden. In der Praxis geschieht das durch die in den folgenden Abschnitten 4.1 und 4.2 beschriebenen Normen.

4.1 DIN 4108 Teil 10 Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe

In dieser Norm [2] gibt es für die verschiedenen Anwendungen Kurzzeichen und für jeden der im 1. Set (2002 bis 2003) genormten Dämmstoffe eine Tabelle mit Mindestwerten, z. B. für die Druckfestigkeit. Für Anwender wird damit die Anzahl der Dämmstofftypen sehr viel überschaubarer und reduziert sich von über 65 Millionen theoretischen Möglichkeiten auf etwa 23 sinnvolle Eigenschaftskombinationen, allerdings noch in verschiedenen Wärmeleitfähigkeitsstufen und Brandklassen. Tabelle 5 zeigt dies beispielhaft für Mineralwolle.

4.2 DIN V 4108 Teil 4 Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte

Die europäischen Nennwerte der Wärmeleitfähigkeit wurden in DIN V 4108-4 [3] umgesetzt. Um den Unterschied

zwischen europäischem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit (auf $\lambda_{90/90}$ -Wert basierend) und dem deutschem Grenzwert λ_{grenz} Rechnung zu tragen, gibt es in DIN V 4108-4 zwei Kategorien:

Kategorie 1

λ_{D} -Wert + 20 % Sicherheitszuschlag für die statistische $\lambda_{90/90}$ -Unsicherheit.

Kategorie 2

λ_{grenz} + 5 % Sicherheitszuschlag mit technischer „Spezifikation“.

Die technische Spezifikation bedeutet zurzeit, dass der Dämmstoff in einer deutschen Zulassung Z-23.15-... nachgeregelt wird und einer jährlichen Fremdüberwachung durch eine unabhängige PÜZ-Stelle (Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, z. B. das FIW München) unterliegt. Im Rahmen der Fremdüberwachung wird durch folgende Instrumente ein höheres Sicherheitsniveau [4] erreicht:

- Unterstützung der Hersteller bei der Eingruppierung der Dämmstoffe,
- Vergleich der $\lambda_{90/90}$ -Statistik mit den Messwerten der Erstprüfung (ITT),

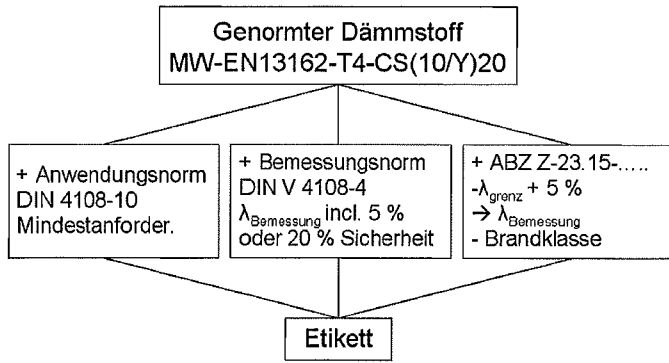


Bild 2. Anwendung eines Dämmstoffes in Deutschland, Beispiel: Mineralwolle-Dämmstoff für das Steildach
 Fig. 2. Application of a thermal insulation product in Germany, example: mineral wool for inclined roof

- Überprüfung der λ -Apparaturen der Hersteller durch Audits, Vergleichsproben usw.,
- unabhängige Prüfung von Dämmstoffproben aus dem Lager und in besonderen Fällen aus dem Markt.

Dieses Konzept wurde übrigens nicht nur bei dem 1. Set von 10 Dämmstoffnormen umgesetzt, sondern auch bei den inzwischen eingeführten oder zur Abstimmung stehenden weiteren Dämmstoffnormen und den europäischen technischen Zulassungen (ETA), Bild 2.

Das Etikett sieht bei einem Dämmstoff, der durch eine ETA, durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder durch eine Zustimmung im Einzelfall geregelt ist, sehr ähnlich aus. Das Etikett muss für den Anwender immer die Regelungsgrundlage (z. B. Norm), die Anwendung, den Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit und die Brandklasse enthalten. Daneben müssen natürlich die Nenndicke, die Anzahl von Platten und der Name des Herstellers oder Vertreibers enthalten sein.

Das deutsche System sieht auf den ersten Blick relativ kompliziert aus. Mit Hilfe der beiden Brückennormen

Steildachdämmplatte nach DIN EN 13162 aus Mineralwolle mit Unterdeckbahn beschichtet Inhalt: 10 Platten Nenndicke: 100 mm Abmessungen: 1000 mm x 500 mm	
	Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes: 2,90 m ² ·K $\lambda_D = 0,035 \text{ W/(m·K)}$ Brandklasse nach EN 13501: E DIN EN 13162 : T4-CS(10/Y)20
	Anwendungskurzzeichen DIN 4108-10: DAD Wärmeleitfähigkeit Bemessungswert: 0,035 W/(m·K) Brandverhalten DIN 4102-B2
Hersteller: Anyone	Werk: Anywhere

Bild 3. Dämmstoffetikett, Beispiel: Mineralwolle-Dämmstoff für Steildach
 Fig. 3. Label of a thermal insulation product, example: mineral wool for inclined roof

DIN 4108-10, DIN V 4108-4 und den deutschen Zulassungen konnte das europäische Normenwerk „relativ“ gut überschaubar umgesetzt werden und bietet dem Anwender und Verbraucher von Wärmedämmstoffen nach wie vor das alte deutsche Sicherheitsniveau mit einer unabhängigen Fremdüberwachung. Deshalb findet der Verbraucher auf nahezu allen Dämmstoffetiketten neben dem europäischen CE-Zeichen weiterhin das altbekannte deutsche Ü-Zeichen, Bild 3.

Diese Vielfalt an möglichen Produkttypen und die einfache Umsetzbarkeit – sowohl im Rahmen der europäischen Produktnorm als auch im Rahmen der deutschen Zulassung und Fremdüberwachung – haben eine Vielzahl von Spezialprodukten entstehen lassen.

Heute werden häufig keine Universalprodukte mehr angeboten, die sowohl im Fußboden, unter der Kellerdecke, wie auch in Flachdach oder der Kerndämmung angewendet werden können, sondern für diese vier Anwendungen werden vier Produkte mit eigenem Namen angeboten. Hinzu kamen neue Anwendungsgebiete, wie z. B. die Anwendung von Dämmstoffen unter der druckbelasteten Gründungsplatte, für die teilweise neue Dämmstoffprodukte entwickelt wurden.

Im folgenden Teil sollen einzelne Neuentwicklungen und deren Leistungsfähigkeit an Beispielen dargestellt werden.

5 Leistungsfähigkeit neuer Dämmstoffe

Neben den neuen Dämmstoff-Typen, die die EN-Normen ermöglichen, haben aber auch die neue EnEV [5], das größere Energieeinsparbewusstsein in der Bevölkerung, die Konjunkturprogramme und die KfW-Programme zu einer Nachfrage nach Dämmstoffen mit niedrigeren Wärmeleitfähigkeitswerten und größeren Dämmschichtdicken geführt. Begünstigt wurde diese Entwicklung auch durch die Einführung der 1 mW/(m·K)-Stufen in den europäischen Produktnormen und in DIN V 4108-4. In den Benelux-Staaten, aber auch im Vereinigten Königreich von Großbritannien (UK) ist ein regelrechtes „Milliwattrennen“ zu kleineren Wärmeleitfähigkeitsstufen entstanden, das auch auf Deutschland und den Rest Europas Auswirkungen haben wird. Im folgenden Teil werden echte Neuentwicklungen und deren Leistungsfähigkeit an einzelnen Beispielen dargestellt.

5.1 Mineralwolle

Beim Dämmstoff mit dem größten Marktanteil (ca. 55 bis 60 %) gab es in den letzten Jahren zwei bemerkenswerte Neuentwicklungen.

- Ein praktisch schmelzperlenfreier Fasertyp (bekannt unter dem Markennamen „Ultimate“) mit einem Schmelzpunkt über 1000 °C. Dieser Fasertyp wird bei Anwendungen eingesetzt, bei dem hohe Dämmwirkung bei gleichzeitig niedrigem Raumgewicht und gleichzeitig ein hohes Sicherheitsniveau in Richtung Brandschutz erreicht werden sollen, z. B. im Schiffsbau, aber auch im Wohnungsbau. Dieser Dämmstoff wird derzeit mit den Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeitsstufen WLS) 0,035 und 0,040 angeboten.

– Mineralwolle mit einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $0,032 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Seit Anfang 2009 sind Mineralwolltypen mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeitsstufe auf dem Markt, die besonders dort eingesetzt werden, wo dünnere Wanddicken und Aufbauhöhen gefordert sind.

Diese um etwa 10 % niedrigere Wärmeleitfähigkeitsstufe hat überall dort Vorteile, wo die Dämmdicke durch vorhandene Dachsparren oder Dachüberstände begrenzt ist. Aber auch unter ästhetischen Gesichtspunkten oder vor dem Hintergrund von begrenzten Grundstücksflächen bieten solche Dämmstoffe Vorteile. Solche Werte werden erreicht durch feinere Fasern, aber auch durch eine Ausnutzung des Rohdichteeffekts, Bild 4.

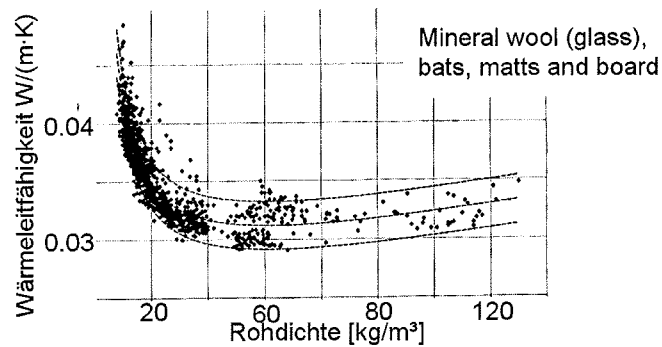


Bild 4. Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Rohdichte von Glaswolle-Dämmstoffen, aus [6]
 Fig. 4. Relation of the thermal conductivity versus density of glass wool insulation products, from [6]

5.2 PS mit Infrarot-aktiven Zusätzen

Seit etwa zehn Jahren sind Dämmstoffe aus expandiertem Polystyrol (EPS) mit Infrarot-aktiven (IR-aktiven) Zusätzen auf dem Markt. Diese Dämmstoffe enthalten „graue Farbpartikel“, die den Strahlungsaustausch zwischen den Zellwänden sehr deutlich verringern und damit die Wärmeübertragung durch Strahlung in den Schaumstoffzellen vermindern. Je nach Rohdichte ist damit eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit von ca. 2 bis $8 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$ möglich. Mit diesen sogenannten „grauen“ EPS-Dämmplatten lassen sich je nach Rohdichte Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit zwischen $0,031$ und $0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ erreichen, Bild 5.

Inzwischen sind EPS-Dämmstoffe mit gemischten weißen und grauen Schaumstoffzellen auf dem Markt, sogenannte „Dalmatinerplatten“. Bei diesen Platten lässt sich unter optimaler Ausnutzung der Rohdichteabhängigkeit für weißen und grauen Rohstoff die gewünschte Eigenschaft Wärmeleitfähigkeit oder Druckfestigkeit genau und kostengünstig einstellen. Die manchmal auf dem Markt verbreitete Ansicht, dass Dalmatinerplatten formstabiler wären und weniger Probleme mit Dimensionsänderung hätten, stimmt so nicht. Die Dimensionsstabilität hängt von sehr vielen Parametern ab, u. a. von der Ablagerungszeit nach der Produktion, der Rohdichte usw.

5.3 XPS-Dämmstoffe

Bei XPS-Dämmstoffen geht der Trend einerseits zu größeren Dämmschichtdicken durch werksmäßige Verklebung

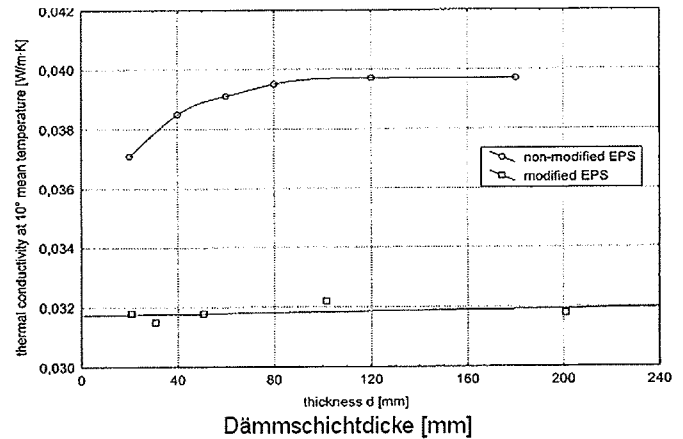


Bild 5. Auswirkung des IR-Absorbers auf die Wärmeleitfähigkeit von EPS mit einer Rohdichte von ca. $15 \text{ kg}/\text{m}^3$ (Messungen des FIW München)

Fig. 5. Thermal conductivity of EPS of a density approx. $15 \text{ kg}/\text{m}^3$ (measurement FIW Munich), with and without IR absorber

von mehreren Platten zu Dicken bis zu 300 mm und andererseits zu niedrigeren Wärmeleitfähigkeitsstufen bei kleineren Dicken.

Verklebte XPS-Platten

Manche Anwendungen, wie z. B. im Passivhausbau, oder manche Konstruktionsformen von Umkehrdächern in Deutschland, Österreich und der Schweiz, verlangen bei den heute üblichen Wärmeleitfähigkeitsstufen nach Dämmschichtdicken, die entweder nicht mehr herstellbar sind oder nicht mehr wirtschaftlich zu produzieren sind.

Einen Ausweg bilden zwei- oder dreilagig verklebte XPS-Platten, mit denen Dämmschichtdicken bis zu 300 mm erreicht werden können. Dazu wird die Schaumhaut an der zu verklebenden Seite abgeschliffen und die zu verklebenden Platten mit einem Kleber mit niedrigem Diffusionswiderstand verklebt. Bevor diese verklebten Platten für die Anwendungen Perimeterdämmung und Umkehrdach bauaufsichtlich zugelassen wurden, sind Wasserdampfdiffusionswiderstandsmessungen der einzelnen Schichten, Frost-Tauwechselversuche mit anschließenden Zugversuchen und Langzeitberechnungen mit dynamischen Rechenmodellen durchgeführt worden. Mittlerweile gibt es auch Praxisobjekte, die über einen Zeitraum von ca. fünf Jahren begleitet wurden. Alle diese Versuche zeigten bislang positive Ergebnisse, sodass von einer Einhaltung der zugesicherten Eigenschaften über lange Zeiträume ausgegangen werden kann.

Niedrige Wärmeleitfähigkeitsstufen

Der andere Weg, zu einem höheren Wärmedurchlasswiderstand zu kommen, ist die Wärmeleitfähigkeitsstufe zu verringern. Durch Optimierungen sind einzelne Hersteller mittlerweile in der Lage, die bisherigen XPS-Dämmstoffe in niedrigeren Wärmeleitfähigkeitsstufen anzubieten.

Unter den bisher üblichen Wärmeleitfähigkeitsstufen $0,035$ für die gängigen Dicken werden nur wenige Dicken angeboten: z. B. die Wärmeleitfähigkeitsstufe $0,032$ bis zur Nenndicke 30 mm und $0,034$ bis zur Nenndicke 50 mm. Das sind keine wesentlichen Änderungen zum bisherigen Eigenschaftsbild, aber auch hier ist die Entwicklung noch nicht abgeschlossen.

5.4 Polyurethan-Hartschaum (PUR)

Auch bei Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) geht der Trend zu einer Optimierung der Wärmeleitfähigkeitsstufen. Seit einiger Zeit werden PUR-Hartschaumdämmstoffe in Deutschland fast nur noch in den Wärmeleitfähigkeitsstufen gemäß Tabelle 6 angeboten.

Gelegentlich wird auf dem Markt die Diskussion geführt, ob Polyisocyanurat-Hartschaum (PIR) bessere Eigenschaften als Polyurethan-Hartschaum (PUR) habe. Beide Sorten gehören zur gleichen Familie und unterscheiden sich geringfügig in der chemischen Rezeptur. Beide Sorten sind aber in der gleichen Norm geregelt und erfüllen die gleichen Spezifikationen. Es bestehen also kein von außen erkennbarer Unterschied und keine Einschränkungen in der Anwendung.

Tabelle 6. Wärmeleitfähigkeitsstufen von PUR/PIR-Hartschaum

Table 6. Thermal conductivity steps of PUR/PIR rigid foam

Deckschicht, Dicke	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
gasdichtungsichte Deckschichten, alle Dicken	0,024 W/(m · K) 0,025 W/(m · K)
gasdiffusionsoffene Deckschichten	> 120 mm 0,028 W/(m · K) 0,026 W/(m · K) WDVS-Typ
gasdiffusionsoffene Deckschichten	80 bis 120 mm 0,028 W/(m · K) 0,027 W/(m · K) WDVS-Typ
gasdiffusionsoffene Deckschichten	< 80 mm 0,030 W/(m · K)

5.5 Phenolharz-Hartschaum (PF)

Dieser relativ spröde, rotbraune Schaumkunststoff mit gasdiffusionsoffenen Deckschichten erweckte im letzten Jahr relativ viel Aufsehen. Er wird je nach Dicke in den Wärmeleitfähigkeitsstufen gemäß Tabelle 7 angeboten.

Der Dämmstoff ist seit etwa 20 Jahren auf dem Markt. In größerem Umfang wird der Dämmstoff seit etwa 5 Jahren auf dem deutschen Markt angeboten und eingesetzt. Deshalb gibt es noch nicht sehr viele Praxisberichte von ausgeführten Dämmungen in der Anwendung. Die Hauptanwendungsgebiete sind:

- Fußbodendämmung,
- Flachdach,
- Kerndämmung,
- Wärmedämmverbundsysteme,
- Hohlklammern von Hohllochziegeln.

Tabelle 7. Wärmeleitfähigkeitsstufen von Phenolharz-Hartschaum

Table 7 Thermal conductivity steps of Phenolic (PF) rigid foam

Neendicke	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
20 bis 24 mm	0,025 W/(m · K)
25 bis 44 mm	0,024 W/(m · K)
45 bis 120 mm	0,022 W/(m · K)

Aus den durchgeführten Praxisuntersuchungen ist bekannt, dass der Dämmstoff seine deklarierten Eigenschaften behält, wenn er wie herkömmliche Dämmstoffe vor dem Einbau trocken gelagert, trocken eingebaut und mit den richtigen Befestigungsmitteln (Verklebung oder korrosionsfreie mechanische Befestigung) befestigt wird.

5.6 Vakuum Isolations Paneele (VIP)

Das Wirkungsprinzip der VIP ist bereits etwa 20 Jahre bekannt. Sie bestehen aus einem Kern, z. B. aus disperser Kieselsäure (einem sehr feinem Pulver mit einem IR-Trübungsmittel), das zuerst in eine luftdurchlässige Hülle gepackt wird. Anschließend wird das VIP mit einer nahezu gasundurchlässigen Folie umhüllt, durch eine Vakuumpumpe die Luft aus dem Kieselsäurekern bis auf einen Druck von < 1 mbar entfernt und das Paneel verschweißt, Bild 6.

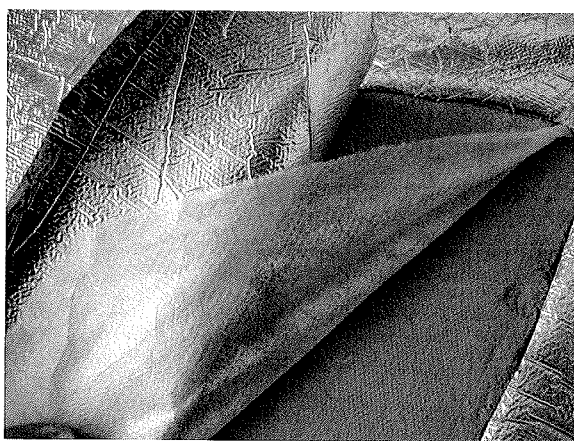


Bild 6. Aufbau eines Vakuum-Isolations-Paneels (VIP)

Fig. 6. Different layers of a Vacuum Insulation panel (VIP)

Das Problem bei diesen Dämmplatten ist, dass sowohl die Folienflächen wie auch die Schweißnähte über sehr lange Zeiträume absolut dicht bleiben müssen, da bereits ein kleiner Druckanstieg die gute Dämmwirkung weitgehend zunichte macht. Mittlerweile gibt es in Deutschland, aber auch in der Schweiz, beim Einsatz im Bauwesen Erfahrungen über 5 bis 10 Jahre. Musste man am Anfang noch mit einem Anteil an belüfteten VIP im einstelligen Prozentbereich über die ersten Jahre rechnen, so ist der Anteil an belüfteten VIP inzwischen in den Promillebereich gesunken. Dazu beigetragen hat, dass die meisten Hersteller mittlerweile eine Qualitätskontrolle an 100 % der hergestellten VIP in Form einer Innendruckmessung vor Verlassen des Werks durchführen.

In Deutschland sind heute Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von 0,007 bis 0,010 W/(m · K) in Zulassungen geregelt, bei Anfangswerten der Wärmeleitfähigkeit von 0,003 bis 0,005 W/(m · K), Bild 7.

VIP müssen so eingebaut werden, dass die Umhüllungsfolie beim Einbau (keinesfalls schneiden, bohren, nageln) und in der Nutzungsphase nicht beschädigt werden. Wird ein VIP während der Nutzungsphase doch belüftet, kann bei den VIP mit Kieselsäurekern ein maximaler Anstieg der Wärmeleitfähigkeit auf 18 bis 20 mW/(m · K) erfolgen. Deshalb muss die Konstruktion einer Dämmung so erfolgen, dass auch das Belüften von einzelnen VIPs die

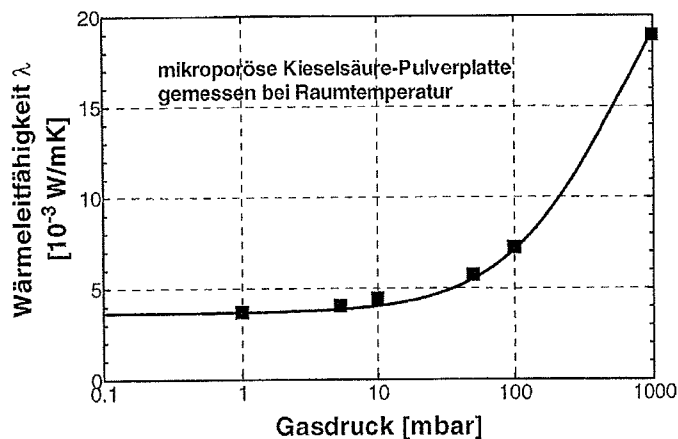


Bild 7. Wärmeleitfähigkeit einer mikroporösen Kieselsäure-Pulverplatte in Abhängigkeit vom Gasdruck (Messungen des ZAE Bayern, Würzburg)

Fig. 7. Thermal conductivity of a microporous silica powder board in relation to the gas pressure (measurements ZAE Bayern, Würzburg/ Germany)

technische Funktionsfähigkeit der Wärmedämmung nicht gefährdet und der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 noch gewährleistet ist (siehe allgemeine bauaufsichtliche Zulassung).

In den Zulassungen ist ein gewisser Druckanstieg bis zu einer Lebensdauer von ca. 25 Jahren berücksichtigt. Auch der Ausfall von einzelnen, wenigen Paneelen ist berücksichtigt, wobei der maximale Wert der Wärmeleitfähigkeit, der im ungünstigsten Fall erreicht wird, bei 0,018 bis 0,020 W/(m·K) liegt, also immer noch einen sehr günstigen Dämmwert darstellt.

5.7 Innendämmung mit anorganischen Dämmstoffen

Seit einigen Jahren werden anorganische Dämmstoffe für die Innendämmung angeboten, die kapillarleitend sind. Diese Dämmstoffe sind speziell für die innenliegende Wärmedämmung von denkmalgeschützten Gebäuden oder Gebäuden, an denen keine Wärmedämmung an der Außenfassade angebracht werden kann, entwickelt worden. Diese kapillarleitenden Dämmstoffe können an der Grenzfläche zwischen Mauerwerk und Dämmstoff auftretendes Tauwasser, aber auch Feuchte aus dem Mauerwerk etwa durch Schlagregen, zur inneren Oberfläche des Raumes transportieren, wo es leicht verdunsten kann. Auf dem Markt sind einige Kalziumsilikatplatten mit einer Rohdichte von 115 bis 300 kg/m³ und einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von 0,045 bis 0,065 W/(m·K).

Bei dieser Art von Innendämmung handelt es sich immer um ein ganzes Dämmsystem, bei dem alle Komponenten wie Kleber, Tiefengrund, Dämmplatte und Innenputz aufeinander abgestimmt sein müssen, da sonst die Kapillarleitung oder Verdunstung nicht funktionieren können. Leider ist die Dicke und die Dämmwirkung bei den üblichen Platzverhältnissen und den relativ hohen Bemessungswerten der Wärmeleitfähigkeit stark begrenzt.

Abhilfe kann hier eine neuartige, 40 oder 80 mm dicke PUR-Hartschaumplatte schaffen, die in einem Rasterabstand von 4 × 4 cm² gelocht ist, der Lochdurchmesser beträgt 4 mm. Die Löcher sind mit einem mineralischen, kapillarleitenden Material gefüllt. Diese Dämm-

platte verbindet einen niedrigen Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit 0,033 W/(m·K) mit den kapillarleitenden Eigenschaften der mineralischen Füllung und könnte eine gute Alternative für die vielen denkmalgeschützten Gebäude mit erhaltenswerter Fassade in Deutschland, aber auch in Süd- oder Osteuropa, sein.

6 Ausblick

Die Entwicklung bei den Dämmstoffen ist noch längst nicht abgeschlossen. Neue Entwicklungen und Optimierungen führen zu einer Fülle von neuen Dämmstoffen und neuen Wärmeleitfähigkeitsstufen. Deshalb ist der Planer bei der Auswahl des richtigen Dämmstoffes für immer höhere Anforderungen an die Energieeffizienz der Gebäude, aber auch unter Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte, weiter gefragt. Um aus der Vielzahl von Dämmstoffen den passenden auszuwählen, gibt es mit den Anwendungskurzzeichen und den Bemessungswerten ein funktionsfähiges und transparentes System.

Der Planer muss bei allen Konstruktionen, aber vor allem bei hochdämmenden Konstruktionen, vermehrt auf Wärmebrücken durch Befestigungselemente, Fugen, Dimensionsänderungen achten, da die deutschen Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit heute wegen der 1 mW/(m·K)-Stufen deutlich geringere Sicherheitsbeiwerte enthalten, als früher bei den 5 mW/(m·K)-Stufen.

Die Dämmstoffhersteller und die Überwachungsgemeinschaften stehen aber auch in der Verantwortung, durch nachvollziehbare Qualitätskriterien und sinnvolle Abstufungen die Typenvielfalt in Grenzen zu halten.

Mit dem in Deutschland üblichen System der Fremdüberwachung durch unabhängige Prüfinstitute und Überwachungsgemeinschaften kann der Verbraucher und Anwender ein hohes Maß an Vertrauen in die auf dem Etikett zugesicherten Eigenschaften setzen.

Literatur

- [1] Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C, Ausgabe 2009/1. DIBt-Mitteilungen Sonderheft 38, Juni 2009. Berlin: Ernst & Sohn, 2009.
- [2] DIN 4108-10:2008-06 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe. Berlin: Beuth-Verlag, 2008.
- [3] DIN V 4108-4:2004-07 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchtetechnische Bemessungswerte. Berlin: Beuth-Verlag, 2004.
- [4] Albrecht, W.: Nenn- und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit: auf dem Weg zu einem europäischen λ-Niveau? Bauphysik 27 (2005) H. 5, S. 286–287.
- [5] EnEV: Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009, Bundesgesetzblatt, Jg. 2009 Teil I, Nr. 23.
- [6] Analysis, selection and statistical treatment of thermal properties of building materials for the preparation of harmonised design values. Directorate General DG XII of the European Commission SMT4-CT96-2050, March 1999.
- [7] Fricke, J., Beck, A., Binder, M.: Vakuum-Isolations-Paneele für Gebäude. ZAE Bayern, 2007.

Autor dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Albrecht, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (FIW München), Lochhamer Schlag 4, 82166 Gräfelfing