

Merkblatt für den Wärmeschutz erdberührter Bauteile



**Die Fachvereinigung
Polystyrol-Extruderschäumstoff**

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4	7.	Praktische Ausführung der Perimeterdämmung	20
2.	Anwendungsbereich des Merkblattes	4	7.1 Verlegen der Dämmplatten im Wand- bereich.....	20	
3.	Beanspruchungen der Perimeterdämmung	5	7.1.1 Plattenbefestigung.....	20	
3.1 Erddruck.....	5		7.1.2 Übergang Perimeterdämmung Sockeldämmung.....	22	
3.2 Verkehrslasten.....	6		7.1.3 Dränung.....	22	
3.3 Wasserbeanspruchung.....	6		7.1.4 Baugrubenverfüllung	24	
4.	Anforderungen an den Wärme- schutz erdberührter Bauteile	7	7.2 Verlegen der Dämmplatten im Bodenbereich	24	
4.1 Kennwerte für den Wärmeschutz	7		7.3 Verlegen im Bereich von drückendem Wasser	25	
4.1.1 Wärmeleitfähigkeit.....	7		7.4 Dämmung unter lastabtragenden Gründungsplatten	27	
4.1.2 Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	7		7.4.1 Allgemeines.....	27	
4.1.3 Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	8		7.4.2 Wärmedämmschüttung	30	
4.1.4 Wärmedurchlasswiderstand	8		7.5 Nachträgliche Wärmedämmung und Frostschutz	31	
4.1.5 Wärmeübergangswiderstand	8				
4.1.6 Wärmedurchgangskoeffizient.....	9		8.	Langzeitverhalten von Perimeterdämmstoffen.....	31
4.2 Baurechtliche Grundlagen des baulichen Wärmeschutzes	9		8.1 Langzeiterfahrung	31	
4.3 Mindestanforderungen nach DIN 4108	10		8.2 Wärmedämmwert	31	
4.4 Energiesparender Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung (EnEV)...	10		8.3 Druckfestigkeit	32	
4.5 Normative Regelungen	11		8.4 Wurzelfestigkeit.....	32	
5.	Anwendungsbezogene Mindest- anforderungen an die Ausführung..	12	8.5 Beständigkeit gegen Verrottung und Tierangriff.....	32	
5.2 Bauaufsichtliche Zulassungen	14		9.	Literaturhinweise	33
6.	Eigenschaften der Wärmedämm- stoffe für die Perimeterdämmung...	16	10.	Normen	35
6.1 Wärmedämmvermögen.....	16		11.	Bauaufsichtliche Zulassungen	37
6.2 Druckfestigkeit	16		12.	Merkblätter und Richtlinien	37
6.3 Langzeitdruckfestigkeit	16		13.	Herausgeber	37
6.4 Wasseraufnahme bei langfristigem Eintauchen.....	17				
6.5 Wasseraufnahme im Diffusions- versuch.....	17				
6.6 Verhalten bei Frost-Tau-Wechsel- beanspruchung	17				
6.7 Dämmstoffauswahl	18				
6.8 Produktkennzeichnung.....	19				
6.8.1 CE-Kennzeichnung	19				
6.8.2 Übereinstimmungsnachweis (Ü-Zeichen) ..	20				

1. Einleitung

Als Perimeterdämmung wird die Wärmedämmung von Bauteilen im Kontakt zum Erdreich bezeichnet. Bei dieser Anwendung ist der Wärmedämmstoff hoher Feuchte- und Druckbeanspruchung ausgesetzt. Außerdem muss er verrottungsfest sein. Den hohen Anforderungen der Anwendung in der Perimeterdämmung werden nur qualitativ hochwertige Dämmstoffe gerecht.

Häufig wird die bauliche Ausbildung von Außenwänden im Erdreich in Planung und Ausführung sehr nachlässig behandelt. Stellen sich später Feuchteschäden ein, weil die Abdichtung oder die Dränung nicht fachgerecht ausgeführt wurden, lassen sich solche Mängel nur unvollkommen oder nur mit großem Aufwand beheben.

Ähnlich ist es beim Wärmeschutz. Ist bei einem Neubau die wohnliche Nutzung von Räumen, deren Umfassungswände gegen Erdreich grenzen, von Anfang an schon vorgesehen, müssen diese Wände wärmeschutztechnisch bemessen werden. Vielfach werden solche Räume aber bewusst zunächst als Lager, Abstellraum, Weinkeller oder ähnlichem ausgewiesen und erst später in Büros, Spiel- oder Gästezimmer umgewandelt. Solche Nutzungen erfordern eine Beheizung und damit auch einen Wärmeschutznachweis.

Deshalb sollte für die Umfassungsbauteile gleich von vornherein ein sinnvoller Wärmeschutz vorgesehen werden. Für die bauphysikalisch optimale Außendämmung unzureichend gedämmter Kellerwände müsste sonst die äußere Wandfläche freigelegt werden, was einen großen Aufwand erfordert. Deshalb sollte man bei Neubauten nicht nur die Außenwände über Erdreich, sondern auch gegen Erdreich gleich beim Herstellen ausreichend dämmen.

In der derzeitigen Baupraxis wird besonders im erdberührten Bereich, meist aus Unkenntnis der Gesetzes- und Vorschriftenlage gegen geltende Ausführungsbestimmungen verstoßen. Nachfolgend ist deshalb der Stand der Normung und der bauaufsichtlichen Regelungen für die Ausführung von Perimeterdämmungen dargestellt und es werden Empfehlungen für die praktische Ausführung gegeben.

2. Anwendungsbereich des Merkblattes

Dieses Merkblatt gibt Hilfestellung für die Planung und Ausführung von Wärmedämmmaßnahmen im erdberührten Gebäudebereich. Die Perimeterdämmung kann dabei sowohl vertikal an Kellerwänden als auch horizontal bei Kellerböden, als auch unter lastabtragenden Gründungsplatten (siehe schematische Darstellung in Bild 1) eingebaut werden.

Grundlagen für dieses Merkblatt bilden die derzeitigen bauaufsichtlichen Regelungen, Produkt- und Anwendungsnormen und gesetzliche Verordnungen für den baulichen Wärmeschutz.

3. Beanspruchungen der Perimeterdämmung

Charakteristisch für die Perimeterdämmung ist, dass die Wärmedämmschicht auf der Außenseite des betreffenden Bauteils außerhalb der Bauwerksabdichtung angeordnet wird. Der Untergrund muss aus massiven mineralischen Baustoffen bestehen. Diese müssen entweder mit einer Abdichtung versehen sein oder aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) bestehen.

Ebenso wie bei der Auswahl und der Ausführung der Abdichtung des Gebäudes im erdberührten Bereich ist auch für die Auswahl des Dämmstoffes und für die Ausführung der Perimeterdämmung die Wasserbelastung und der anstehende Boden zu berücksichtigen.

Im Erdkontakt kann die Perimeterdämmung durch den Erddruck, durch Erdfeuchte, durch Sickerwasser und Stauwasser, aber auch durch drückendes Grundwasser, durch Diffusionsvorgänge und im erdoberflächennahen Bereich der Frosteindringtiefe durch Frost-Tau-Wechsel-Einwirkung sowie durch Verkehrslasten beansprucht werden.

3.1 Erddruck

Aus dem anstehenden verdichteten Erdreich wirkt auf die Perimeterdämmung der Erddruck dauerhaft ein. Je nach anstehendem Boden und Einbautiefe können auf diese Weise Dauerdruckbeanspruchungen entstehen, denen nicht jeder Dämmstoff gewachsen ist. Bei der Auswahl des in der Perimeterdämmung eingesetzten Dämmstoffes ist deshalb darauf zu achten, dass dieser für die Dauerdruckbeanspruchung ausreichende Festigkeitseigenschaften aufweist.

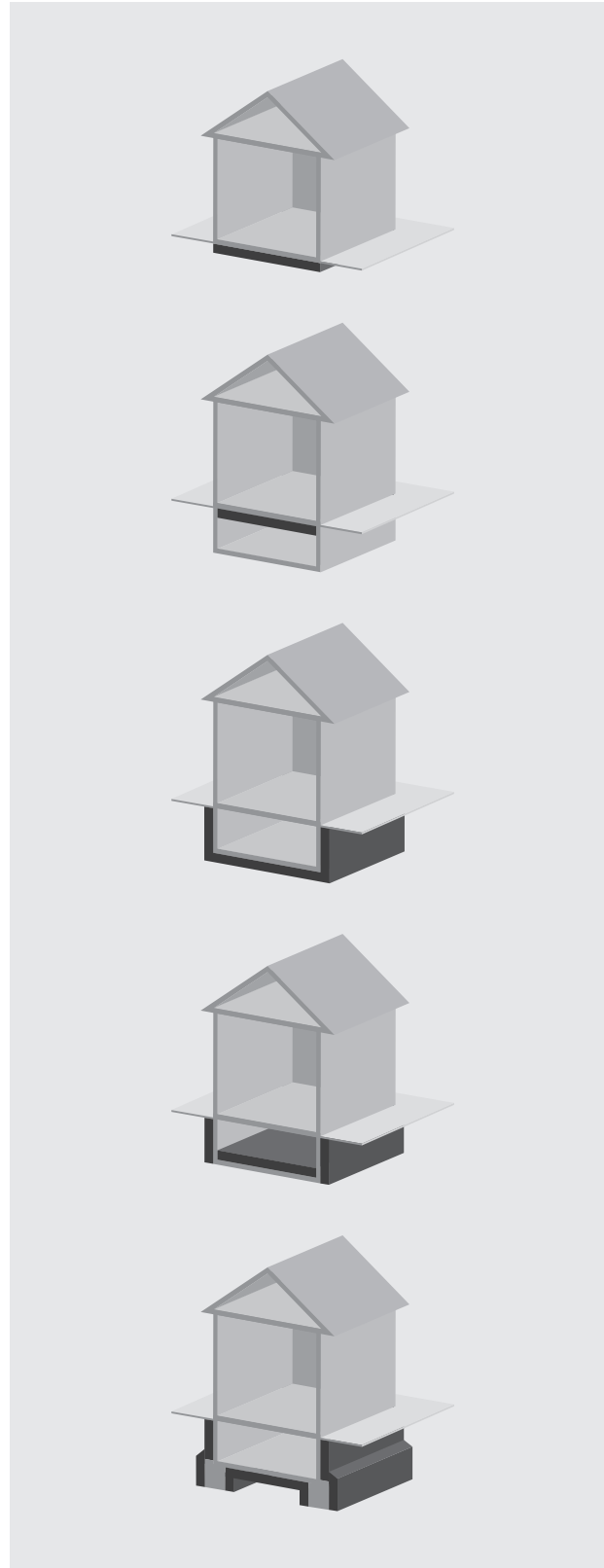


Bild 1: Schematische Darstellung verschiedener Wärmedämmungen von Bauteilen im Erdkontakt

Zur überschlägigen Abschätzung der dauerhaften Druckbeanspruchung von Wärmedämmstoffen im Erdkontakt nach DIN 1055 [1] sind in Tabelle 1 für verschiedene Bodenarten und Einbauhöhen Erd-druckwerte angegeben. Der ungünstigste Lastfall für den Dämmstoff ist der Erdruchdruck e_o (kN/m²) bei schluffigem Sand. Dieser wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$e_o = \gamma \cdot h \cdot (1 - \sin \varphi') \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Dabei bedeuten:

γ = Wichte [kN/m³] (schluffiger Sand = 20 kN/m³)

h = Einbauhöhe [m]

φ' = Scherparameter [°] (schluffiger Sand = 29°)

Für die in der Perimeterdämmung eingesetzten Wärmedämmstoffe muss das Verhalten bei dauerhafter Lasteinwirkung bekannt sein, um die Wärmedämmleistung dauerhaft sicherzustellen.

3.2 Verkehrslasten

Befinden sich in der Nähe der Kellerwand Zufahrten oder Straßen, werden dadurch Druckkräfte auf die Wandkonstruktion übertragen. Die verwendeten Wärmedämmstoffe zur Perimeterdämmung müssen diesen Beanspruchungen standhalten, oder es müssen Beschränkungen für den Abstand der Lasteinwirkung oder die Höhe der Last getroffen werden.

Befinden sich Parkflächen oder Zufahrtsrampen auf Hofkellerdecken, müssen für die Auswahl des Wärmedämmstoffes die Nutzlasten aus dem Fahrzeugverkehr und die Radlasten der für das Parken oder Befahren zugelassenen Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Anhaltswerte für den Erdruchdruck e_o für verschiedene Bodenarten in Abhängigkeit von der Einbautiefe

Einbautiefe unter Geländeniveau	Erdruchdruck e_o in kN/m ² oder kPa		
	Ton und Schluff	Sand, Kies-Sand	Kies, Geröll
3 m	39	36	23
6 m	75	69	44
9 m	112	102	66
12 m	148	135	87
15 m	184	168	108

3.3 Wasserbeanspruchung

Die Wasserbeanspruchung des Bauwerks und somit auch der Perimeterdämmung ist von einer Vielzahl verschiedener Faktoren abhängig. Ist der Boden ausreichend durchlässig, so dass das anfallende Wasser versickert und kein Stau beim Wasserabfluss entsteht, liegt der Fall Bodenfeuchte vor.

DIN 18195 [2] gibt für den Lastfall Bodenfeuchte als Grenzwert für stark durchlässige Böden einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k > 10^{-4}$ m/s an. Solche Durchlässigkeitsbeiwerte werden lediglich bei Kies-, Sand und Kiessandböden, die keine Feinsande und keine bindigen Bestandteile enthalten, erreicht.

Bei weniger durchlässigen Böden, das sind alle bindigen Böden aber auch Feinsande und Sandböden mit höherem Feinkornanteil, ist entweder eine Dränung nach DIN 4095 [3] anzuordnen oder mit aufstauendem Sickerwasser zu rechnen.

In dem mit lockerem und damit meist gut wasser-durchlässigem Material verfüllten Arbeitsraum der Baugrube vermag das anfallende Niederschlagswasser schneller abzusickern; es staut sich dann auf dem gewachsenen Boden der Baugrube und übt einen hydrostatischen Druck auf das Bauwerk und die Perimeterdämmung aus.

Vor allem in Hanglagen wird der Wasserzudrang zur Baugrube durch Stauwasser, Schichtwasser und auch Oberflächenwasser verstärkt (siehe Bild 2). Hier wird empfohlen, ohne genauere Untersuchung der Boden- und Wasserverhältnisse, stets mit aufstauendem Wasser zu rechnen.

Die stärkste Beanspruchung erfahren Bauwerk und Perimeterdämmung in Böden mit Grundwasser, das ständig oder im Jahresverlauf langandauernd einen von allen Seiten einwirkenden hydrostatischen Druck ausübt. Im Bereich von drückendem Wasser ist zusätzlich zum Erddruck der von der Eintauchtiefe abhängige hydrostatische Druck zu berücksichtigen:

$$e_h = \gamma_w \cdot h_w \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

mit:

$$\gamma_w = \text{Wichte des Wassers} = 10 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

$$h_w = \text{Höhe der Wassersäule [m]}$$

Außerdem erfährt die im Wasser liegende Dämmschicht eine Auftriebskraft:

$$F_A = \gamma_w \cdot V_w$$

Die der Wichte des Wassers γ_w , mal verdrängtes Wasservolumen V_w entspricht.

Die Auftriebssicherheit der Perimeterdämmung im Grundwasser ist nachzuweisen (siehe Kapitel 7.3).

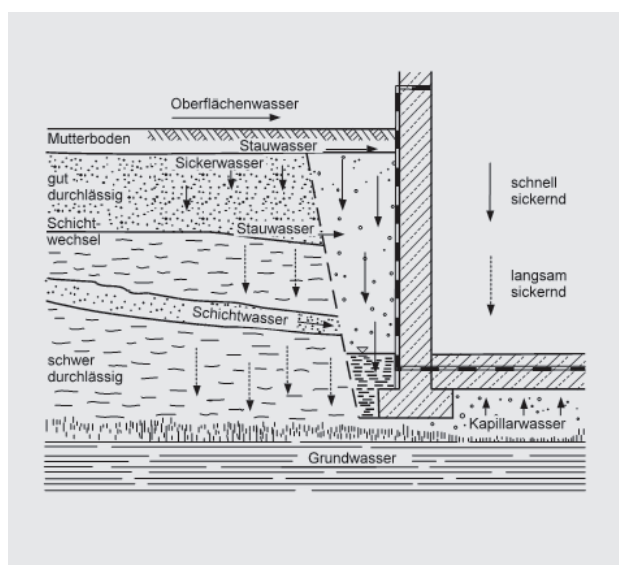


Bild 2: Wasserarten an der Bauwerkswand [46]

4. Anforderungen an den Wärmeschutz erdbe-rührter Bauteile

Der Wärmeschutz von Bauteilen im Erdkontakt richtet sich nach der Nutzungsart der Kellerräume. Nach den Landesbauordnungen sind Aufenthaltsräume in Kellergeschossen zulässig, wenn der Feuchtigkeitsschutz und der Wärmeschutz gesichert ist. Bei beheizten Räumen muss die Energieeinsparverordnung EnEV [4] berücksichtigt werden. Für unbeheizte Kellerräume oder bei niedrigen Innentemperaturen muss durch Einhaltung des Mindestwärmeschutzes verhindert werden, dass sich an kalten Kellerwänden Tauwasser bildet. Diese Gefahr besteht besonders in den feucht-warmen Sommermonaten. Mit der Tauwasserbildung besteht das Risiko der Schimmelpilzbildung und der Entstehung modrigen Kellergeruches.

4.1 Kennwerte für den Wärmeschutz

4.1.1 Wärmeleitfähigkeit

Kennzeichnend für die Dämmfähigkeit eines Materials ist seine Wärmeleitfähigkeit λ in $W/(m \cdot K)$, als Maß, wie viel Wärme ein Stoff zu leiten imstande ist. Je kleiner die Wärmeleitfähigkeit, desto besser sein Dämmvermögen. Für Anwendungen in der Perimeterdämmung müssen die in bauaufsichtlichen Zulassungen oder baurechtlichen Regelungen definierten Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit verwendet werden, die mit Sicherheitszuschlägen behaftet sein können.

4.1.2 Nennwert der Wärmeleitfähigkeit

Mit der Einführung der harmonisierten europäischen Produktnormen:

- DIN EN 13162 für Mineralwolle-Dämmstoffe (MW)
- DIN EN 13163 für expandierten Polystyrol-Hartschaumstoff (EPS)
- DIN EN 13164 für extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoff (XPS)
- DIN EN 13165 für Polyurethan-Hartschaumstoff (PUR)
- DIN EN 13167 für Schaumglas-Dämmstoffe (CG)
- etc.

wurde auch DIN EN ISO 10456, Baustoffe und Bauprodukte: Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte [5] bindend. Mit einem statistischen Verfahren wird aus den bei der laufenden Herstellung der Dämmstoffe gemessenen Werten ein statistisches Toleranzintervall (Vertrauensfraktile) berechnet und im Falle der Wärmeleitfähigkeiten ein „Nennwert der Wärmeleitfähigkeit“ λ_D sowie ein Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes R_D eines Dämmstoffes einer definierten Plattendicke ermittelt.

Aus einer Mindestanzahl einzelner Messwerte (≥ 10) der Wärmeleitfähigkeit wird der Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt. Aus diesen Werten wird ein statistisches Toleranzintervall als „Vertrauenswert“ $\lambda_{90/90}$ berechnet, der einen 90 %-Anteil mit 90 % Vertrauensbereich charakterisiert:

$$\lambda_{90/90} = \lambda_{\text{Mittel}} + k \cdot s_{\lambda}$$

wobei „k“ ein statistischer Faktor für ein einseitiges 90 %-Toleranzintervall mit 90 % Vertrauensbereich ist. „k“ ist umso kleiner, je mehr Messwerte zur Verfügung stehen. Aus $\lambda_{90/90}$ wird der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit so festgelegt (deklariert), dass

$$\lambda_D \geq \lambda_{90/90} \text{ ist.}$$

Der 90 %-Anteil mit 90 % Vertrauensbereich für den Wärmedurchlasswiderstand ist:

$$R_{90/90} = d_N / \lambda_{90/90}$$

wobei d_N die Nenndicke des Dämmstoffes ist. Der Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes entsteht durch Abrundung des Wertes $R_{90/90}$ auf 0,05 (m²·K)/W-Stufen.

Auf den Etiketten der Produkte oder auf den Produkten selbst sind die Nennwerte des Wärmedurchlasswiderstandes und gegebenenfalls auch der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit ausgewiesen. Für die wärmeschutztechnische Dimensionierung und den Wärmeschutznachweis darf in Deutschland der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D jedoch nicht herangezogen werden. Der Wärmeschutznachweis für den Mindestwärmeschutz oder gemäß EnEV muss mit dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit geführt werden.

4.1.3 Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit

Die Festlegung der Bemessungswerte für den wärmeschutztechnischen Nachweis erfolgt mit den nach DIN EN ISO 10456 ermittelten Werten nach DIN V 4108-4 [6].

Für Wärmedämmstoffe nach harmonisierten europäischen Normen sind dort zwei Kategorien für Wärmeleitfähigkeitsbemessungswerte festgelegt. In Kategorie I wird ausgehend vom Nennwert der Wärmeleitfähigkeit λ_D der Bemessungswert λ durch 20 % Zuschlag auf λ_D ermittelt. Wärmedämmstoffe mit einem Nennwert λ_D von beispielsweise 0,030 W/(m·K) haben danach einen Bemessungswert von $\lambda = 0,036$ W/(m·K).

Im Rahmen einer technischen Spezifikation, zum Beispiel einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des DIBt, kann für den jeweiligen Dämmstoff ein Grenzwert festgelegt werden, der bei der Herstellung nicht überschritten werden darf. In diesem Fall kann der Bemessungswert λ aus dem festgelegten Grenzwert λ_{grenz} mit einem Zuschlagsfaktor 1,05 berechnet werden:

$$\lambda = 1,05 \cdot \lambda_{\text{grenz}} \quad \text{in W/(m·K)}$$

Der Nachweis der Grenzwerte erfolgt durch ein Übereinstimmungszertifikat einer notifizierten Prüfstelle.

4.1.4 Wärmedurchlasswiderstand

Der Widerstand, den eine Bauteilschicht der Dicke d mit der Wärmeleitfähigkeit λ dem Wärmedurchfluss entgegenstellt, wird als Wärmedurchlasswiderstand R in (m²·K)/W bezeichnet.

$$R = d / \lambda \quad \text{Dicke / Wärmeleitfähigkeit in (m}^2\text{·K)/W}$$

4.1.5 Wärmeübergangswiderstand

Bei der Wärmeübertragung wird dem Grenzbereich zwischen Bauteil und angrenzender Luft ein auf Erfahrung basierender charakteristischer Übergangswiderstand zugeordnet. Er beträgt nach DIN 4108-4 innen beispielsweise $R_i = 0,13$ (m²·K)/W und außen $R_a = 0,04$ (m²·K)/W. In den Bereichen, in denen an der Außenseite keine Luft angrenzt, sondern direkt das Erdreich, ist der Übergangswiderstand $R_a = 0$ (m²·K)/W.

4.1.6 Wärmedurchgangskoeffizient

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) eines Bauteils setzt sich aus dem Kehrwert der Wärmeübergangswiderstände innen und außen und dem Wärmedurchlasswiderstand der gesamten Wandkonstruktion zusammen.

$$U = 1 / (R_i + R_a + R_{ges}) \quad \text{in } W/(K \cdot m^2)$$

Weist die Kellerwand eine Perimeterdämmung, eine Abdichtung und einen Innenputz auf, so ist R_{ges} die Summe der einzelnen Wärmedurchgangswiderstände. Diese werden aus der jeweiligen Schichtdicke, dividiert durch die jeweilige Wärmeleitfähigkeit, berechnet:

$$R_{ges} = d_D / \lambda_D + d_A / \lambda_A + d_W / \lambda_W + d_P / \lambda_P$$

in $(m^2 \cdot K) / W$

D = Dämmung A = Abdichtung
 W = Wand P = Putz

Sind Mindestwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten U_{min} einzuhalten, so kann dies durch die Wahl der Schichtdicke der Dämmschicht der Perimeterdämmung dimensioniert werden:

$$d_{D,min} = \lambda_D (1/U_{min} - R_i - R_a - d_A / \lambda_A - d_W / \lambda_W - d_P / \lambda_P)$$

D = Dämmung A = Abdichtung
 W = Wand P = Putz

4.2 Baurechtliche Grundlagen des baulichen Wärmeschutzes

Beim Wärmeschutz sind 2 Bereiche zu unterscheiden: Zum einen muss der in den Landesbauordnungen (LBO) verlangte „Mindest-Wärmeschutz“ in jedem Fall erbracht werden. Dessen Anforderungswerte sind der Technischen Baubestimmung (TBB) DIN 4108-2 [7] zu entnehmen. Zum anderen muss der „energiesparende Wärmeschutz“ nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) [4] eingehalten werden, deren Umsetzung nach dem Energieeinspargesetz (EnEG) [8] §5 dem Wirtschaftlichkeitsgebot unterliegt. Außerdem muss der Tauwasserschutz gemäß DIN 4108-3 [9] sichergestellt sein.

Eine weitere Bedeutung erhält der Wärmeschutz von Gebäuden als ein effektiver Beitrag zum Klimaschutz und zur Daseinsvorsorge. Die derzeit bekannten Erdölvorräte reichen beim derzeitigen Verbrauch nur noch für ca. 40 bis 60 Jahre aus. Alleine in Deutschland werden über 35 % des Erdölkonsums zur Gebäudebeheizung verbraucht [10]. Mittlerweile ist kaum noch umstritten, dass sich Kohlendioxid aus der Verbrennung fossiler Energieträger in der Erdatmosphäre anreichert und damit zum globalen Treibhauseffekt führt. In keinem anderen Verbraucherbereich kann mit so einfachen und effektiven Maßnahmen der Energieverbrauch reduziert werden und damit zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung beigetragen werden, wie beim Energieverbrauch von Gebäuden.

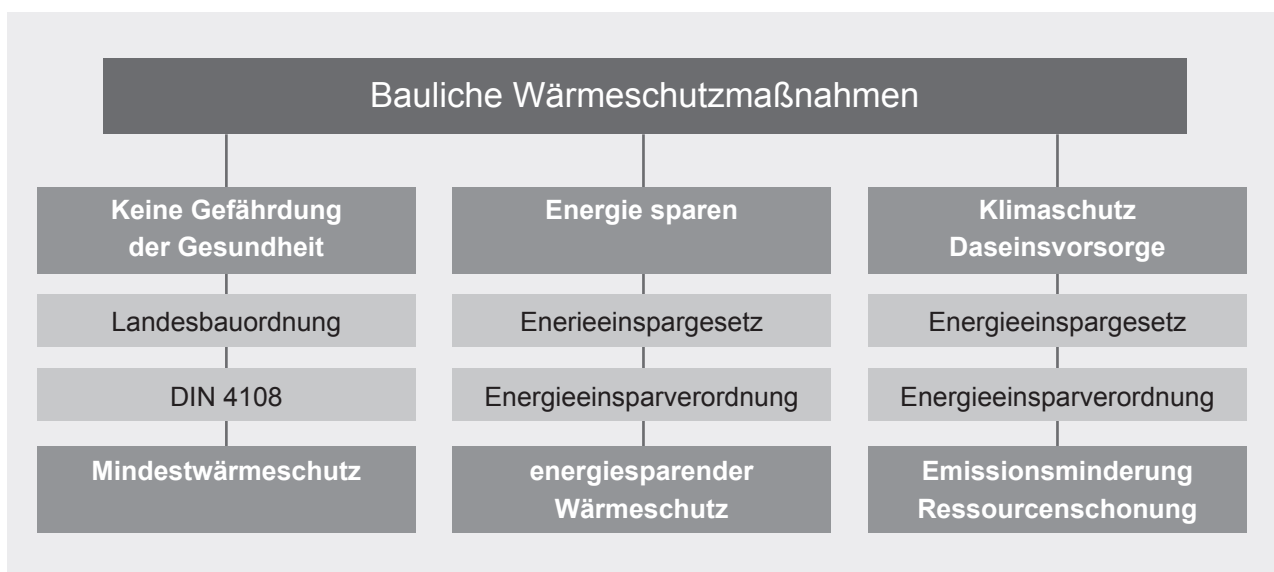


Bild 3: Entwicklung und Strukturierung des baulichen Wärmeschutzes und bauordnungsrechtlicher Grundlagen

4.3 Mindestanforderungen nach DIN 4108

Die Mindestanforderung an den Wärmeschutz wärmeübertragender Bauteile beträgt nach DIN 4108-2, [7] für Außenwände gegen Erdreich: $R = 1,2 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ (Mindestwärmehdchlasswiderstand), wenn die Kellerräume auf Innentemperaturen $> 19 \text{ °C}$ beheizt werden. Bei niedrigen Innentemperaturen zwischen $12 \text{ und } 19 \text{ °C}$, ist der Mindestwärmehdchlasswiderstand auf $0,55 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ festgelegt.

Für den unteren Gebäudeabschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume, unmittelbar an das Erdreich grenzend, bis zu einer Raumtiefe von 5 m ist ein Mindestwärmehdchlasswiderstand von $0,9 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ vorgeschrieben. Diese Werte müssen an jeder Stelle, auch im Bereich von Wärmebrücken, vorhanden sein. In Tabelle 2 sind die Werte aufgelistet.

In Tabelle 3 sind Beispiele dafür angegeben, welche Dämmschichtdicken notwendig sind, um je nach Wandkonstruktion und Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes an Kellerwänden den Mindestwärmeschutz zu erfüllen.

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz selbst bei einer 300 mm dicken Porenbetonwand nicht mehr ohne zusätzliche Dämmung erreicht werden.

4.4 Energiesparender Wärmeschutz nach der Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) legt die baurechtlichen Anforderungen an das energiesparende Bauen fest. Die Anforderungen betreffen sowohl Neubauten, als auch Umbaumaßnahmen beheizter Gebäude. In die energetische Bilanzierung des Gebäudes wird bei der EnEV nun auch die Anlagentechnik mit einbezogen.

Tabelle 2: Mindestwärmehdchlasswiderstand $[(\text{m}^2\cdot\text{K)/W}]$ von Bauteilen im Erdkontakt nach DIN 4108-2

Bauteil	Mindestwärmehdchlasswiderstand in $(\text{m}^2\cdot\text{K)/W}$	
	Innenraumtemperatur $\geq 19 \text{ °C}$	Innenraumtemperatur zwischen $12 \text{ und } 19 \text{ °C}$
Wände von Aufenthaltsräumen gegen Erdreich	1,20	0,55
Unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume	0,90	0,90

Tabelle 3: Erforderliche Dämmschichtdicken für verschiedene Kellerwandbaustoffe zur Erfüllung der Mindestwärmeschutzanforderungen $[R \geq 1,2 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}]$ beheizter Kellerräume nach DIN 4108-2 (ohne Berücksichtigung von Putz- und Abdichtungsschichten)

Baustoff der tragenden Kellerwand	Dicke der tragenden Kellerwand	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Wandbaustoffs λ	R-Wert der tragenden Kellerwand	erforderliche Dämmschichtdicke [mm] für Mindestwärmeschutz bei dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes in $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$		
				0,030	0,035	0,040
	[mm]	$[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	$[(\text{m}^2\cdot\text{K)/W}]$			
Stahlbeton	250	2,1	0,119	40	40	50
Kalksandstein	300	0,99	0,303	30	40	40
Hohlblock	300	0,92	0,326	30	40	40
Porenbeton	300	0,29	1,034	10	10	10

Mit der EnEV wird für das Gebäude der Endenergiebedarf inklusive Anlagentechnik für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (Jahres-Primär-energiebedarf) ausgewiesen.

Anforderungen der Energieeinsparverordnung (Referenzgebäude)

Neubau		Wohn- und Nichtwohngebäude Referenz U-Wert in W/(m ² ·K)	
Bauteil	EnEV	Innentemperatur T _i ≥ 19 °C	Innentemperatur 12 °C ≤ T _i < 19 °C
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte	2009	0,35	0,35
	2014	0,25 - 0,30*	0,30*
	2016	0,20 - 0,25*	0,25*
	2020	0,15*	

* Voraussichtliches Anforderungsniveau bzw. Empfehlung für zukünftiges Bauen

Dagegen werden bei Arbeiten an Bauteilen bestehender Gebäude konkrete Anforderungen an den U-Wert gestellt.

Neubau		Wohn- und Nichtwohngebäude Referenz U-Wert in W/(m ² ·K)	
Bauteil	EnEV	Innentemperatur T _i ≥ 19 °C	Innentemperatur 12 °C ≤ T _i < 19 °C
Außenwand gegen Erdreich	2009 / 2014 / 2016	0,30	Keine Anforderung
	2020	0,25*	

4.5 Normative Regelungen

Aus bauphysikalischen Gründen wird im erdberührten Bereich die Perimeterdämmung außerhalb der Abdichtung angeordnet. Zur Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes für den Wärmeschutznachweis, dürfen nach DIN 4108-2 [7] normalerweise nur die Schichten angerechnet werden, die raumseitig der Abdichtung liegen. Ausgenommen davon sind Wärmedämmschichten aus extrudiertem Polystyrol-Hartschaumstoff (XPS) und Schaumglas (SG).

Nach DIN 4108-2 sind die Platten aus Schaumglas miteinander vollfugig und an den Bauteilflächen großflächig mit einem Bitumenkleber zu verkleben. Die Oberfläche der verlegten, unbeschichteten Schaumglasplatten ist vollflächig mit einer bituminösen, frostbeständigen Deckbeschichtung zu versehen.

Für diese Dämmstoffe darf die Dämmschicht beim Wärmeschutznachweis nach DIN 4108-2 ausdrücklich eingerechnet werden. Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) für die Anwendung als Perimeterdämmung im Bereich von Bodenfeuchte ist für XPS und Schaumglas daher nicht erforderlich. Für andere Wärmedämmstoffe, wie zum Beispiel EPS- oder PUR-Hartschaumstoffe muss im bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren der Verwendbarkeitsnachweis durch eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) erbracht werden.

Tabelle 5: Empfehlungen für Dämmschichtdicken zur Perimeterdämmung bei verschiedenen Kellerwandbaustoffen – Die Dimensionierung erfolgt mit einem U-Wert von 0,3 W/(m²·K) (ohne Berücksichtigung von Putz- und Abdichtungsschichten).

Baustoff der tragenden Kellerwand	Dicke der tragenden Kellerwand	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Wandbaustoffs λ	Wärmedurchlasswiderstand der tragenden Wand R	erforderliche Dämmschichtdicke [mm] für zukunftsweisenden Wärmeschutz bei dem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes in W/(m·K)	
	[mm]			[W/(m·K)]	0,035
Stahlbeton	250	2,1	0,119	120	140
Kalksandstein	300	0,99	0,303	100	120
Hohlblock	300	0,92	0,326	100	120
Porenbeton	300	0,29	1,034	80	100

Zudem wurde in der aktuellen DIN 4108-3 die außenseitige Perimeterdämmung mit XPS als Regelkonstruktion aufgenommen, für die ein feuchtetechnischer Nachweis nicht mehr erbracht werden muss. Aufgrund der relativ neuen Sachlage ist es empfehlenswert, wenn Planer, Bauleiter und Ausführende ihren Besteller bzw. Auftraggeber (AG) auf diese Sachlage hinweisen. Die Perimeterdämmung mit XPS hat sich seit etwa 30 Jahren uneingeschränkt bewährt, so dass sie die Merkmale als allgemein anerkannte Regel der Technik (AaRdT) erfüllt.

DIN EN ISO 6946 [14] legt ein Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauwerksteilen fest, die sich in Kontakt mit der Außenluft befinden. DIN EN ISO 13 370 [15] beschreibt die Berechnung für Bauteile, die sich in wärmetechnischem Kontakt mit dem Erdreich befinden. Die Schnittstelle dieser beiden Normen liegt bei Bodenplatten auf Erdreich, aufgeständerten Bodenplatten sowie unbeheizten Kellergeschossen.

Bei erdberührten Bodenplatten und Kellerwänden führt die große Wärmespeicherfähigkeit des Erdreichs zu periodischen Wärmeströmen, die mit dem Jahrgang der Innen- und Außentemperaturen zusammenhängen. Der stationäre Wärmestrom stellt oftmals eine gute Näherung für den mittleren Wärmestrom über die Dauer der Heizperiode dar. Im Berechnungsverfahren nach diesen Normen ist der Wärmedurchgangskoeffizient für stationäre Zustände definiert. Er bezieht sich auf den mittleren Wärmestrom und die mittlere Temperaturdifferenz.

5. Anwendungsbezogene Mindestanforderungen an die Ausführung

5.1 Normative Anforderungen

In DIN 4108-10 [16] sind anwendungsbezogene Anforderungen an werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe für die verschiedenen Anwendungsgebiete angegeben.

Für den Anwendungsbereich Perimeterdämmung sind mit dem Anwendungskurzzeichen PW die außenliegende Wärmedämmung von Wänden gegen Erdreich außerhalb der Abdichtung und mit PB die außenliegende Wärmedämmung unter der Bodenplatte gegen Erdreich, außerhalb der Abdichtung bezeichnet.

Bestimmte Produkteigenschaften, wie zum Beispiel die Druckbelastbarkeit und die Wasseraufnahme, die für Anwendungen in der Perimeterdämmung relevant sind, werden in Tabelle 2 von DIN 4108-10 weiter differenziert. In Tabelle 6 ist nachfolgend ein Auszug daraus angegeben.

Tabelle 6: Differenzierung von bestimmten Produkteigenschaften der Wärmedämmstoffe (Auszug aus DIN 4108-10, Tabelle 2 [16])

Produkt-eigenschaft	Kurzzeichen	Beschreibung	Beispiele
Druckbelastbarkeit	dk	keine Druckbelastbarkeit	Zwischensparrendämmung
	dg	geringe Druckbelastbarkeit	Wohnbereich unter Estrich
	dm	mittlere Druckbelastbarkeit	nicht genutztes Dach
	dh	hohe Druckbelastbarkeit	genutzte Dachflächen
	ds	sehr hohe Druckbelastbarkeit	Industrieböden
	dx	extrem hohe Druckbelastbarkeit	Parkdeck
Wasseraufnahme	wk	keine Anforderung	Innendämmung Wohnbereich
	wf	Wasseraufnahme durch flüssiges Wasser	Außendämmung von Außenwänden
	wd	Wasseraufnahme durch flüssiges Wasser und/oder Diffusion	Perimeterdämmung

Für die nach DIN 4108-2 genormte Anwendung von XPS und Schaumglas in der Perimeterdämmung sind in DIN 4108-10 [16] in Tabelle 5 für XPS und in Tabelle 8 der DIN 4108-10 für Schaumglas-Dämmstoffe Mindestanforderungen für verschiedene Anwendungsgebiete festgelegt. Die Mindestanforderungen die an XPS für die Perimeterdämmung (PW) im Wandbereich und im Bodenbereich (PB) gestellt werden, sind nachfolgend in Tabelle 7 als Auszug von Tabelle 5 der DIN 4108-10, angegeben.

Die Mindestanforderungen die an Schaumglas-Dämmstoffe für die Perimeterdämmung (PW) im Wandbereich und im Bodenbereich (PB) festgelegt sind, werden nachfolgend in Tabelle 8 als Auszug aus DIN 4108-10 Tabelle 8 angegeben.

Aufgrund der Sprödigkeit und der Punktlastempfindlichkeit der Schaumglas-Dämmstoffe werden in DIN 4108-10 auch an diese Eigenschaften für die Anwendung in der Perimeterdämmung Mindestanforderungen gestellt.

Für EPS- und PUR-Hartschaumstoffe sind in DIN 4108-10 keine Anforderungen gelistet, weil diese Dämmstoffe für die Anwendung in der Perimeterdämmung keine genormten Konstruktionen sind. Ihre Anwendung ist in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt.

Tabelle 7: Mindestanforderungen gemäß DIN 4108-10 [16] an XPS nach DIN EN 13164 im Anwendungsbereich Perimeterdämmung – Auszug aus Tabelle 5 von DIN 4108-10

Kurzzeichen	Dickentoleranz	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Kriechverhalten	Wasseraufnahme durch Diffusion	Frost-Tau-Wechselbeanspruchung
PW, dh	T1	CS(10\Y)300	-	WD(V)5	FTCD2
PW, ds	T1	CS(10\Y)500	CC(2/1,5/50)150	WD(V)5	FTCD2
PW, dx	T1	CS(10\Y)700	CC(2/1,5/50)200	WD(V)5	FTCD2
PB, dh	T1	CS(10\Y)300	-	WD(V)5	FTCD2
PB, ds	T1	CS(10\Y)500	CC(2/1,5/50)150	WD(V)5	FTCD2
PB, dx	T1	CS(10\Y)700	CC(2/1,5/50)200	WD(V)5	FTCD2

Tabelle 8: Mindestanforderungen gemäß DIN 4108-10 [16] an Schaumglas nach DIN EN 13167 im Anwendungsbereich Perimeterdämmung – Auszug aus Tabelle 8 von DIN 4108-10

Kurzzeichen	Punktlast	Dimensionsstabilität	Dimensionsstabilität	Druckspannung oder Druckfestigkeit	Biegefestigkeit	Zugfestigkeit	Kriechverhalten	kurzzeitige Wasseraufnahme	Langzeitige Wasseraufnahme
PW, dh	PL(P) 2	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)400	BS 200	TR 150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)
PW, ds	PL(P) 1	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)900	BS 450	TR 150	CC(2/1,5/50)270	WS	WL(P)
PW, dx	PL(P) 1	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)1200	BS 500	TR 150	CC(2/1,5/50)480	WS	WL(P)
PB, dh	PL(P) 2	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)400	BS 200	TR 150	CC(2/1,5/50)150	WS	WL(P)
PB, ds	PL(P) 1	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)900	BS 450	TR 150	CC(2/1,5/50)270	WS	WL(P)
PB, dx	PL(P) 1	DS(70,-)	DS(70,90)	CS(10\Y)1200	BS 500	TR 150	CC(2/1,5/50)480	WS	WL(P)

5.2 Bauaufsichtliche Zulassungen

Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (AbZ) wird immer produktbezogen vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt. Sie gilt nur für das darin beschriebene Bauprodukt.

Nach DIN 4108 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 2 [7], dürfen extrudierte Polystyrol-Hartschaumstoffe und Schaumglas bei der Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes auch bei Anordnung außerhalb der Bauwerksabdichtung als genormte Konstruktionen für den Wärmeschutz angerechnet werden. Für alle anderen Wärmedämmstoffe, wie EPS, PUR, Mineralwolle etc. ist eine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich, um sie bei der Berechnung des Wärmeschutznachweises bei Anordnung außerhalb der Bauwerksabdichtung berücksichtigen zu dürfen.

Die Perimeterdämmung im Bereich von drückendem Wasser und unter lastabtragenden Gründungsplatten bedarf jedoch grundsätzlich für alle Dämmstoffe der bauaufsichtlichen Zulassung.

Für Anwendungen im Bereich von drückendem Wasser liegen derzeit nur für einige XPS-Marken und für Schaumglas bauaufsichtliche Zulassungen vor. Als lastabtragende Wärmedämmung sind Schaumglasprodukte, einige XPS-Marken und spezielles EPS bauaufsichtlich zugelassen.

Die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Wärmedämmstoffe als Perimeterdämmung beschreiben jeweils den Anwendungsbereich. Darüber hinaus enthalten sie jeweils in Abschnitt 2. Bestimmungen für das Bauprodukt, in Abschnitt 3. Bestimmungen für Entwurf und Bemessung sowie in Abschnitt 4. Bestimmungen für die Ausführung.

Für den Bauausführenden ist es keinesfalls ausreichend, bei der Dämmstoffauswahl zu wissen, dass für ein bestimmtes Produkt eine bauaufsichtliche Zulassung vorliegt. Die genaue Kenntnis der Bestimmungen in der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung und deren Abgleich mit den konkreten Anforderungen beim jeweiligen Bauvorhaben sind zwingend.

Zur Verdeutlichung der verschiedenen Anforderungen der bauaufsichtlichen Zulassungen geben die Tabellen 9 bis 12 einen Überblick.

Da eine bauaufsichtliche Zulassung immer produktbezogen erteilt wird, ergeben sich im Vergleich verschiedener Zulassungen naturgemäß Unterschiede im Anwendungsbereich und bei den Bestimmungen für das Bauprodukt.

Tabelle 9: Unterschiede in den „Anwendungsbereichen“ verschiedener bauaufsichtlicher Zulassungen als Perimeterdämmung

Produkt	Zulässige Einbautiefe	Anforderung an den anstehenden Boden	Abstand von Verkehrslasten > 5 kN/m ²	Einbau im Kapillarsaum des Grundwassers	Eintauchtiefe ins drückende Wasser
EPS	3 bis 6 m	gut wasserdurchlässig	3 m	nicht zugelassen	nicht zugelassen
PUR	3 m	gut wasserdurchlässig	3 m	nicht zugelassen	nicht zugelassen
XPS	keine Beschränkung	keine Anforderung	keine Anforderung	zugelassen	bis 3,5 m
Schaumglas-schotter	keine Beschränkung	gut wasserdurchlässig	keine Anforderung	nicht zugelassen	nicht zugelassen
Schaumglas	keine Beschränkung	keine Anforderung	keine Anforderung	zugelassen	bis 12 m

Bei XPS und bei Schaumglas gibt es keine Einbautiefenbeschränkung. Außerdem dürfen nur XPS und Schaumglas im Kapillarsaum des Grundwassers oder im Bereich von drückendem Wasser eingebaut werden. Falls Stau- oder Schichtenwasser auftreten kann, ist bei Verwendung von EPS- und PUR-Hartschaum eine Dränung nach DIN 4095 [3] vorzusehen.

Die in verschiedenen bauaufsichtlichen Zulassungen für verschiedene Dämmstoffgruppen ersichtlichen Unterschiede in den „Bestimmungen für Entwurf und Bemessung“ sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Unterschiede in den „Bestimmungen für Entwurf und Bemessung“ verschiedener bauaufsichtlicher Zulassungen als Perimeterdämmung

Produkt	Zuschlag zum Wärmedurchgangskoeffizienten ΔU in $W/(m^2 \cdot K)$	Auftriebssicherung im Grundwasser
EPS, PUR	0,04	Anwendung ist <u>nicht</u> zugelassen
XPS	kein Zuschlag	ist nachzuweisen
Schaumglas-schotter	kein Zuschlag	Anwendung ist <u>nicht</u> zugelassen
Schaumglas	kein Zuschlag	ist nachzuweisen

Auch bei den „Bestimmungen für die Ausführung“ gibt es bei den verschiedenen bauaufsichtlichen Zulassungen für verschiedene Dämmstoffgruppen Unterschiede. In Tabelle 11 ist dazu eine Übersicht angegeben. Je nach Dämmstoffwahl ist zum Beispiel zu beachten, ob die Dämmplatten zusätzlich vor mechanischer Beschädigung und vor Frosteinwirkung geschützt werden müssen.

Tabelle 12: Unterschiede in den „Bestimmungen für die Ausführung“ verschiedener bauaufsichtlicher Zulassungen als Perimeterdämmung

Produkt	Verfüllen	Anschlüsse
EPS, PUR, XPS	Sand-Kies-Gemisch, lagenweise verdichten	<ul style="list-style-type: none"> · UV-Schutz im Sockelbereich, · Schutz vor mechanischer Beschädigung, · hinterlaufen durch Oberflächenwasser ausschließen, · Wärmebrücken vermeiden
Schaumglas	Sand-Kies-Gemisch, lagenweise verdichten	<ul style="list-style-type: none"> · Schutz vor mechanischer Beschädigung · hinterlaufen durch Oberflächenwasser ausschließen · Wärmebrücken vermeiden · Frostschutz im Sockelbereich

Tabelle 11: Unterschiede in den „Bestimmungen für die Ausführung“ verschiedener bauaufsichtlicher Zulassungen als Perimeterdämmung

Produkt	Verlegung	Befestigung	Schutz der Dämmplatten	Anwendung bei drückendem Wasser
EPS, PUR	einlagig im Verband	verkleben	nur erforderlich falls Dämmplatten sonst beschädigt werden	· nicht zugelassen
XPS	einlagig oder mehrlagig im Verband	verkleben	nur erforderlich falls Dämmplatten sonst beschädigt werden	<ul style="list-style-type: none"> · Kantenprofilierung, · vollflächig verkleben, · Fugen vollflächig verschlossen, · Auftriebssicherung
Schaumglas	einlagig im Verband	verkleben	Frostschutz, mindestens 2 mm frostbeständige Bitumenspachtelmasse	<ul style="list-style-type: none"> · vollflächig verkleben, · Fugen vollflächig verschlossen · Auftriebssicherung

6. Eigenschaften der Wärmedämmstoffe für die Perimeterdämmung

6.1 Wärmedämmvermögen

Charakteristische Kenngrößen zur Beschreibung des Wärmedämmvermögens sind die produktspezifische Wärmeleitfähigkeit oder der jeweils plattendickenbezogene Wärmedurchlasswiderstand. Diese Kennwerte sind produkt- und herstellerabhängig.

Für die Anwendung in der Perimeterdämmung nach DIN 4108 Teil 2 (Perimeterdämmung ohne lang anhaltendes Stauwasser und ohne Grundwasser) gilt der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108 Teil 10. Dieser wird durch das Übereinstimmungszertifikat bestätigt. Für die Anwendung als Perimeterdämmung im Bereich von Grundwasser oder lange anhaltendes Stauwasser wird der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit in der allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) definiert. Durch die unterschiedlichen Regelungen, gibt es für eine Dämmstoffplatte unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten, die bei den verschiedenen Anwendungsfällen berücksichtigt werden müssen.

Die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit erfolgt nach DIN 4108 oder DIN EN 13164 zusammen mit DIN EN 12667 oder DIN EN 12939.

6.2 Druckfestigkeit

Die für einen Dämmstoff ausgewiesene Druckfestigkeit ist das Verhältnis von kurzzeitig einwirkender Kraft zur Krafteinwirkungsfläche auf dem Dämmstoff. Dies ist die Grenzspannung unterhalb der die Materialzerstörung des Dämmstoffes vermieden wird. Bei elastischen Dämmstoffen kommt es zu keiner Materialzerstörung. Diese Stoffe werden bei Krafteinwirkung einfach zusammengedrückt. Als Grenzwert für die höchstzulässige Zusammendrückung sind 10 % Dickenverringerung definiert, so dass bei diesen Stoffen als „Druckfestigkeitswert“ die Druckspannung bei 10 % Stauchung gilt. Die Ermittlung dieser Kennwerte erfolgt nach DIN EN 826 [17].

6.3 Langzeitdruckfestigkeit

Wirken auf einen Stoff dauerhaft konstante oder wechselnde Kräfte ein, so ist außer der spontanen Verformung bei der Krafteinwirkung ein gewisses „Alterungsverhalten“, bei Schaumkunststoffen als „Kriechen“ und bei sprödharten Stoffen als „Materialermüdung“ bezeichnet, zu beobachten.

Um in einer Anwendung, bei der auf die Konstruktion dauerhafte Lasten einwirken, wie in der Perimeterdämmung beispielsweise der Erddruck, die gewünschte Funktionsweise der Konstruktion für die erwartete Lebensdauer sicherzustellen, muss die Leistungsfähigkeit des eingesetzten Materials den erwarteten Beanspruchungen in der Anwendung angepasst werden. Dies geschieht in der Perimeterdämmung und unter lastabtragenden Gründungsplatten beispielsweise durch Dimensionierung der Langzeitdruckfestigkeit. Hierfür werden von den Materialherstellern Kennwerte angegeben, die nach DIN EN 1606 [18] in Kriechversuchen ermittelt werden.

Das Verformungsverhalten von polymeren Hartschaumstoffen ist abhängig vom zeitlichen Belastungsablauf und vom Belastungsniveau. Dies ist zum einen in der Zellstruktur und zum anderen im Aufbau der Polymermatrix aus einzelnen fadenförmigen Makromolekülen begründet.

Während bei Kurzzeitbelastungen mit stetig steigender Beanspruchung (z. B. Druckversuch nach DIN EN 826 [17]) der Zellaufbau und der Matrixwerkstoff, und hier im wesentlichen die chemischen Bindungen im Makromolekül das Verformungsverhalten charakterisieren, wird das Kriechen bei Langzeitbelastung durch die zwischen den verschlauften Makromolekülen vorliegenden physikalischen Bindungen (van der Waals'sche Bindung) geprägt.

Bei dauerhafter Lasteinwirkung weisen Polystyrol-Hartschaumstoffe ein nichtlinear-viskoelastisches Verhalten auf. Mit dem Aufbringen der Last stellt sich spontan, vergleichbar mit einer Feder, beim Aufbringen der Last, eine zur Last proportionale elastische Verformung ein. Sie bleibt über die gesamte Zeit konstant und stellt sich bei Entlastung spontan zurück. Bei dauerhafter Lasteinwirkung wird mit der Zeit dieser spontanen elastischen Verformung eine zunehmende viskoelastische Verformung überlagert, die als Kriechen bezeichnet wird.

Das Kriechverhalten von Polystyrol-Hartschaumstoffen wird mit dem Ansatz nach DIN EN 1606 (Findley-Verfahren) [18] beschrieben und in Zeitstandsdruckprüfungen ermittelt. Für die Beschreibung des Kriechverhaltens eines Produktes ist danach mindestens eine Prüfdauer von 90 Tagen (2160 h) zu Grunde zu legen. Allerdings richtet sich die erforderliche Prüfdauer nach der erlaubten Extrapolationszeit, d. h. sollen Aussagen zum Kriechverhalten bis zu 50 Jahren (438000 h) gemacht werden, dann ist eine Prüfdauer von ca. 2 Jahren (17520 h) erforderlich.

Da bei Polystyrol-Hartschaumstoffen kein Bruchversagen auftritt, sondern sich nur eine zeit- und belastungsabhängige Verformung einstellt, wird als Grenzzustand ein Verformungswert festgelegt. Dieser Verformungswert ist nicht gleichbedeutend mit einem Versagenswert, er ist lediglich als Grenzzustand definiert.

Basierend auf Langzeiterfahrungen wird als Grenzwert für Polystyrol-Hartschaum eine Verformung ϵ_{zul} von 2 % bis 5 % im Gebrauchszustand und bis 10 % im Grenzzustand festgelegt [19].

6.4 Wasseraufnahme bei langzeitigem Eintauchen

Baustoffe können im Kontakt mit Wasser Feuchtigkeit aufnehmen. Bei Wärmedämmstoffen wird dadurch deren Dämmvermögen beeinträchtigt. Besonders bei der Perimeterdämmung ist im Kontakt mit zeitweilig oder dauerhaft feuchter Erde, oder bei zeitweilig oder dauerhaft drückendem Wasser sicherzustellen, dass der Wärmedämmstoff dadurch nicht durchfeuchtet und sein Wärmedämmvermögen verringert wird.

Durch eine Laborprüfung nach DIN EN 12087 [20] wird das Verhalten bei langzeitigem Eintauchen in Wasser ermittelt. Für die Perimeterdämmung sind nur solche Dämmstoffe geeignet, die dabei nur sehr geringe Feuchtigkeitsmengen aufnehmen.

6.5 Wasseraufnahme im Diffusionsversuch

Unterschiedliche Wasserdampfpartialdrücke an Baukonstruktionen, zum Beispiel zwischen warmer Innenluft und der kalten Außenumgebungsluft, versuchen sich stets auszugleichen. Baukonstruktionen müssen daher immer so ausgeführt werden, dass durch die mit dem Partialdruckausgleich stattfindenden Wasserdampftransporte durch die Bauteile zu keiner unzulässig hohen Feuchtigkeitsanreicherung in Bauteilschichten und in der Konstruktion führen.

In der Baupraxis hat sich der Diffusionsversuch nach DIN EN 12088 [21] als geeignet erwiesen, das Verhalten eines Baustoffes im dauerhaften Praxis-einsatz zeitgerafft nachzustellen. Für die Perimeterdämmung sind nur solche Dämmstoffe zu empfehlen, die bei diesem Diffusionsversuch nach DIN EN 12088 nur eine geringe, baupraktisch nicht relevante Wassermenge aufnehmen.

6.6 Verhalten bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung

Im Jahresverlauf kann die Perimeterdämmung wechselndem Frost und Tauvorgängen ausgesetzt sein. Diese Beanspruchung kann im Labor ebenfalls zeitgerafft mit dem in DIN EN 12091 [22] festgelegten Frost-Tau-Wechselversuch nachgestellt werden. Für die Perimeterdämmung sind nur solche Dämmstoffe zu empfehlen, die bei diesem Versuch nach vorangegangenem Diffusionsversuch nach DIN EN 12088 nur eine sehr begrenzte zusätzliche Wassermenge aufnehmen und deren Druckfestigkeit durch diese Beanspruchung sich nicht wesentlich verringert.

6.8 Produktkennzeichnung

6.8.1 CE-Kennzeichnung

Nach der Bauproduktenverordnung müssen Wärmedämmstoffe für die es eine harmonisierte Europäische Norm (hEN) gibt mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sein.

Zusätzlich erstellt der Hersteller für diese Produkte eine Leistungserklärung. Durch das anbringen des CE-Zeichen bestätigt der Hersteller, dass dieses Produkt alle deklarierten Anforderungen erfüllt.

Ergänzend zum CE-Zeichen müssen durch einen Kennzeichnungsschlüssel Mindestanforderungen an physikalische Kennwerte des Produktes in Klassen oder Stufen ausgewiesen werden.

Mit dem CE-Zeichen müssen folgende Angaben gemacht werden:

- Angabe des Herstellers
- Das Jahr der ersten Anbringung des CE-Zeichens auf dem Produkt (z. B. 13)
- EN-Nummer der europäischen Produktnorm
- Produktidentität (Eindeutiger Bezeichnungsschlüssel)
- Referenznummer der Leistungserklärung (Declaration of Performance DoP)
- Brandverhalten
- Nennwert des Wärmedurchlasswiderstandes und des Nennwertes der Wärmeleitfähigkeit
- Dicke
- Bezeichnungsschlüssel für technische Eigenschaften
- Vorgesehener Verwendungszweck (z. B. ThIB = Thermal Insulation for Buildings)

Für extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoff (XPS) lautet der Bezeichnungsschlüssel nach DIN EN 13164 beispielsweise:

XPS – EN 13164 – T1 – CS(10\Y)500 – DLT(2)5 – CC(2/1,5/50)180 – WD(V)3 – FTCD1

Dieser Bezeichnungsschlüssel bedeutet:

T1	Grenzabmaße für die Dicke: – 2 mm und + 2 mm für Plattendicken kleiner 50 mm – 2 mm und + 3 mm für $50 \leq d_n \leq 120$ mm – 2 mm und + 6 mm für Plattendicken größer 120 mm
CS(10\Y)500	Druckfestigkeit oder Druckspannung bei 10 % Stauchung 500 kPa
DLT(2)5	Verformung bei Druck- (40kPa) und Temperaturbeanspruchung (70 °C) für 168 Stunden ist ≤ 5 %
CC(2/1,5/50)180	die gesamte Dickenverringering beträgt < 2 % und die Kriechverformung $< 1,5$ %, wenn der Dämmstoff für einen extrapolierten Zeitraum von 50 Jahren mit einer Dauerdruckspannung ≤ 180 kPa belastet wird
WD(V)3	die Wasseraufnahme im Diffusionsversuch nach DIN EN 12088 beträgt maximal 3 Vol.-%
FTCD1	nach Frost-Tau-Wechselbeanspruchung gemäß DIN EN 12091 ist die Wasseraufnahme nicht größer als 1 Vol.-% und die Verringerung der Druckfestigkeit oder der Druckspannung bei 10 % Stauchung nicht größer als 10 % des Ausgangswertes vor der Beanspruchung

6.8.2 Übereinstimmungsnachweis (Ü-Zeichen)

Für die Anwendung des Bauproduktes in den einzelnen EU-Ländern können diese nationale Anforderungen nach den in den Produktnormen festgelegten Eigenschaftsklassen oder Eigenschaftsstufen festlegen. Für Deutschland ist beispielsweise das Brandverhalten der Produkte durch Fremdüberwachung einer amtlich anerkannten Prüfstelle nachzuweisen. Werden Produkte über bauaufsichtliche Zulassungen für spezielle Anwendungen zugelassen, sind in den Zulassungen festgelegte Anforderungen durch Eigen- und Fremdüberwachung nachzuweisen. Für die Produkte wird die Übereinstimmung durch ein Überwachungszeichen (Ü-Zeichen) dokumentiert.

Die Perimeterdämmung erfüllt im baurechtlichen Sinne „wesentliche Anforderungen“ im Gebäude. Die in der jeweiligen Anwendung gestellten Anforderungen müssen daher durch Übereinstimmungsnachweise bestätigt werden. Die Übereinstimmung mit den zuvor erläuterten technischen Regeln (zum Beispiel den DIN-Normen und bauaufsichtlichen Zulassungen) werden durch das Ü-Zeichen (Übereinstimmungszeichen gemäß Bauregelliste A) und/oder durch das CE-Zeichen (gemäß Bauregelliste B) dokumentiert. Diese Zeichen werden auf dem Produkt selbst, auf einem an dem Produkt befestigten Etikett oder auf der Verpackung angebracht. Der Hersteller garantiert damit die Übereinstimmung mit den technischen Regeln.

Mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) müssen folgende Angaben ausgewiesen werden:

- Angabe des Herstellers (gegebenenfalls verschlüsselt)
- die Übereinstimmung mit den technischen Regeln (Norm oder Zulassung)
- der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit
- Zeichen der Zertifizierungsstelle für die Fremdüberwachung

Für Sonderanwendungen, wie zum Beispiel im Bereich von drückendem Wasser, muss außerdem der Verwendbarkeitsnachweis durch Angabe der Nummer der bauaufsichtlichen Zulassung geführt werden. Werden für den Wärmeschutznachweis Bemessungswerte nach DIN 4108-4 verwendet, kann der Bauherr oder der Bauausführende vom Hersteller des Bauproduktes ein Übereinstimmungszertifikat fordern, das die angegebenen Bemessungswerte oder die Definition von Grenzwerten durch eine notifizierte Prüfstelle bestätigt.

7. Praktische Ausführung der Perimeterdämmung

Voraussetzung für die Verlegung von Dämmplatten als Perimeterdämmung ist die fachgerechte Ausführung der Gebäudeabdichtung nach DIN 18195 [2]. Die erdberührten Bauteile können auch aus wasserundurchlässigem Beton nach DIN 1045 [23] bestehen. Eine Perimeterdämmung ersetzt jedoch nicht die Bauwerksabdichtung!

7.1 Verlegen der Dämmplatten im Wandbereich

7.1.1 Plattenbefestigung

Die Perimeterdämmplatten werden mit geeigneten Klebern an den Wandflächen dicht gestoßen, mit versetzten Fugen im Verband verlegt (vergleiche Bild 4). Kreuzstöße sind zu vermeiden. Die Auswahl des Klebers ist abhängig von der Art der Abdichtung und des Dämmstoffes. Bewährt haben sich geeignete bituminöse Kleber. Die Verklebung dient hauptsächlich als Montagehilfe, die die Platten bis zum Verfüllen des Arbeitsraumes gegen Verschieben und Verrutschen sichern soll. Zur Vermeidung von Wärmebrücken sind Platten mit Stufenfalz besonders geeignet. Die Dämmschicht sorgt für den Wärmeschutz der Konstruktion. Darüber hinaus schützt sie die Abdichtung vor mechanischen Einwirkungen. In DIN 18195 [2] werden Perimeterdämmstoffe als Schutzschichten empfohlen. Beim Verkleben ist darauf zu achten, dass die Dämmplatten nicht die Abdichtung beschädigen.

Bei Verwendung von Schaumglas werden im Standardfall großformatige so genannte Boards eingesetzt. Diese Wärmedämmplatten werden werksseitig aus mehreren kleinformatischen Schaumglasplatten zusammengeklebt und mit einer Bitumenkaschierung versehen. Solche werksseitig bereits kaschierten Boards benötigen keine zusätzliche Frostschutzbeschichtung. Unkaschierte Schaumglasdämmplatten müssen bis zur Frosttiefe mit einer frostbeständigen, mindestens 2 mm dicken Spachtelmasse gegen Frostschäden geschützt werden.

Es ist besonders darauf zu achten, dass die Perimeterdämmplatten im Fußpunkt (Hohlkehle) fest aufstehen. Dies verhindert ein Abgleiten der Platten während des Verfüllens der Baugrube und ein späteres Abrutschen durch Setzungenvorgänge. Dabei ist auch besonders auf den Schutz der Abdichtung im Bereich der Hohlkehle zu achten. Die Aufstandsfläche muss so ausgebildet sein, dass auch eine Beschädigung der Abdichtung in der Hohlkehle vermieden wird.

Für die Auswahl eines geeigneten Wärmedämmstoffes für die Perimeterdämmung ist die jeweilige Beanspruchung zu prüfen. Schaumglas und extrudierter Polystyrol-Hartschaumstoff dürfen bei allen anstehenden Bodenarten und Gebäudelagen eingebaut werden, auch bei drückendem Wasser, sofern eine bauaufsichtliche Zulassung für die eingesetzte Marke vorliegt.

Auch im Bereich von Fenstern muss die Dämmung wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Deshalb müssen auch Fensterstürze und Fensterlaibungen gedämmt werden. Lichtschächte müssen so angebracht werden, dass die Perimeterdämmung nicht unterbrochen wird und keine Wärmebrücken entstehen. In den Bildern 5 und 5a ist ein Ausführungsbeispiel angegeben.



Bild 4: Verlegung der Dämmplatten im Verband



Bild 5: Wärmebrückenfreie Installation der Lichtschächte

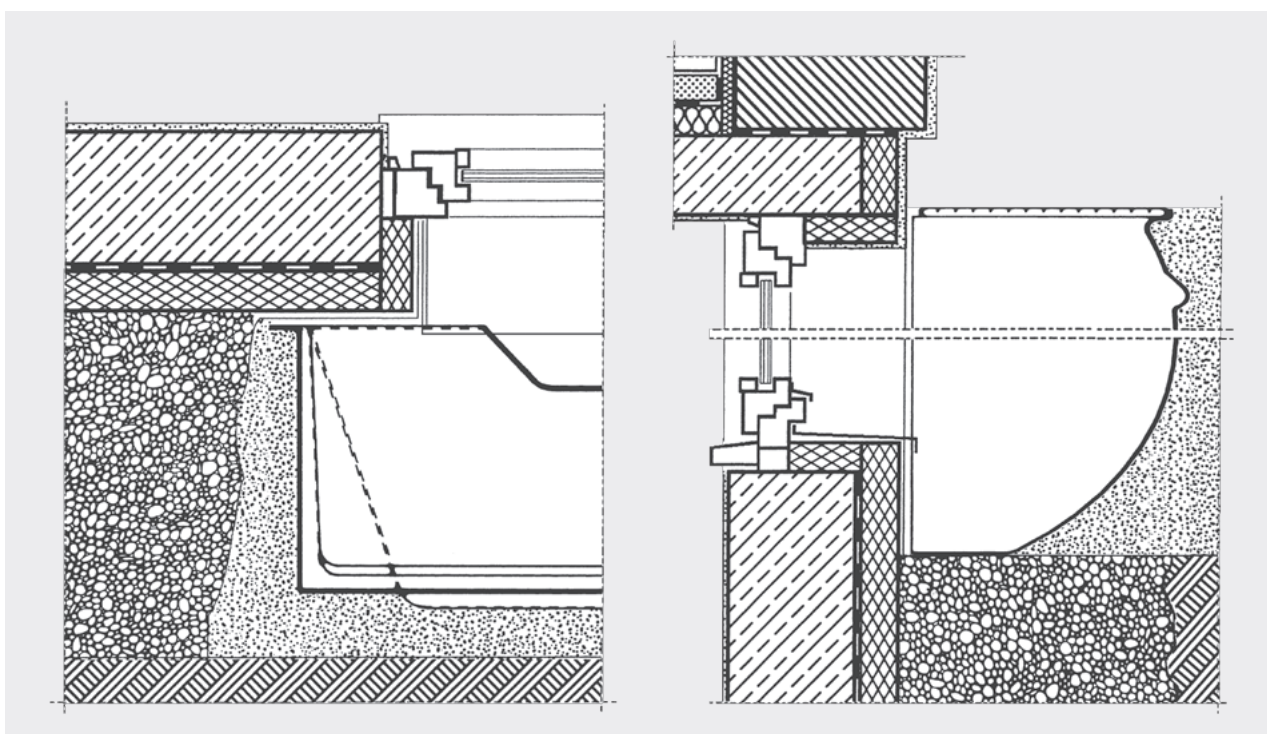


Bild 5a: Wärmebrückenfreie Installation der Lichtschächte

7.1.2 Übergang Perimeterdämmung Sockel-dämmung

Auch der Kellersockelbereich zwischen Oberkante Erdreich und aufgehendem, wärmedämmendem Mauerwerk (Bild 6) oder außenliegendem Wärmedämmverbundsystem muss gedämmt werden.

Im Übergangsbereich zwischen Perimeterdämmung und Sockel ist zu beachten, dass bei Wärmedämmverbundsystemen die Armierungsschicht und der Putz ca. 20 bis 30 cm unterhalb der Geländeoberkante enden soll [24]. Im erdberührten Bereich ist der Putz nach Durchtrocknung mit einem geeigneten Feuchteschutz, z. B. einem Bitumenanstrich, zu versehen. Dieser ist bis auf die ungeputzten Perimeterdämmplatten zu ziehen. Außenseitig ist dieser Feuchteschutz nochmals mit einer Schutzschicht, z. B. mit einer Noppenfolie, abzudecken.

Das Verputzen von EPS oder XPS Dämmplatten mit geprägter oder rauer Oberfläche erfolgt nach Merkblättern des Bundesverbandes der Deutschen Mörtelindustrie [25 und 26].

Für das Verputzen der Wärmedämmplatten eignen sich sowohl Kunstharzputze als auch mineralische Putze als Oberputz. Die Ausführung erfolgt in Anlehnung an DIN 18550 [27] in der Mörtelgruppe PII

(Mindestdruckfestigkeit 2,5 N/mm²). Eine erhöhte mechanische Beanspruchbarkeit des Sockels kann durch erhöht belastbare Wärmedämmplatten, z. B. XPS-Dämmplatten, eine zusätzliche Armierungsschicht oder die zusätzliche Einlage eines Rippenstreckmetalls erreicht werden.

Bei der Anwendung der Dämmstoffe im Übergangsbereich Sockel/Perimeterdämmung ist zu beachten, dass nicht alle für die Wärmedämmung der Außenwand geeigneten Dämmstoffe auch für die Perimeterdämmung zugelassen sind. Daher kann ein Wechsel des Produktes notwendig sein.

7.1.3 Dränung

Wegen einer besonderen Bodenbeschaffenheit (zum Beispiel wasserundurchlässiger Bodenhorizont) oder einer besonderen Lage des Bauteils (zum Beispiel am Hang) können zusätzlich zur Wärmedämmung Dränmaßnahmen zur Ableitung des Oberflächen- und Sickerwassers erforderlich werden. Ist eine Dränung erforderlich, so muss diese die Anforderungen der DIN 4095 [3] erfüllen. Eine Gesamtdränmaßnahme besteht aus Flächen-dränung der Wand, Dränrohren, einer Kiespackung, Filtervlies, Revisionsschächten und einem Anschluss an die Kanalisation oder den Vorfluter.

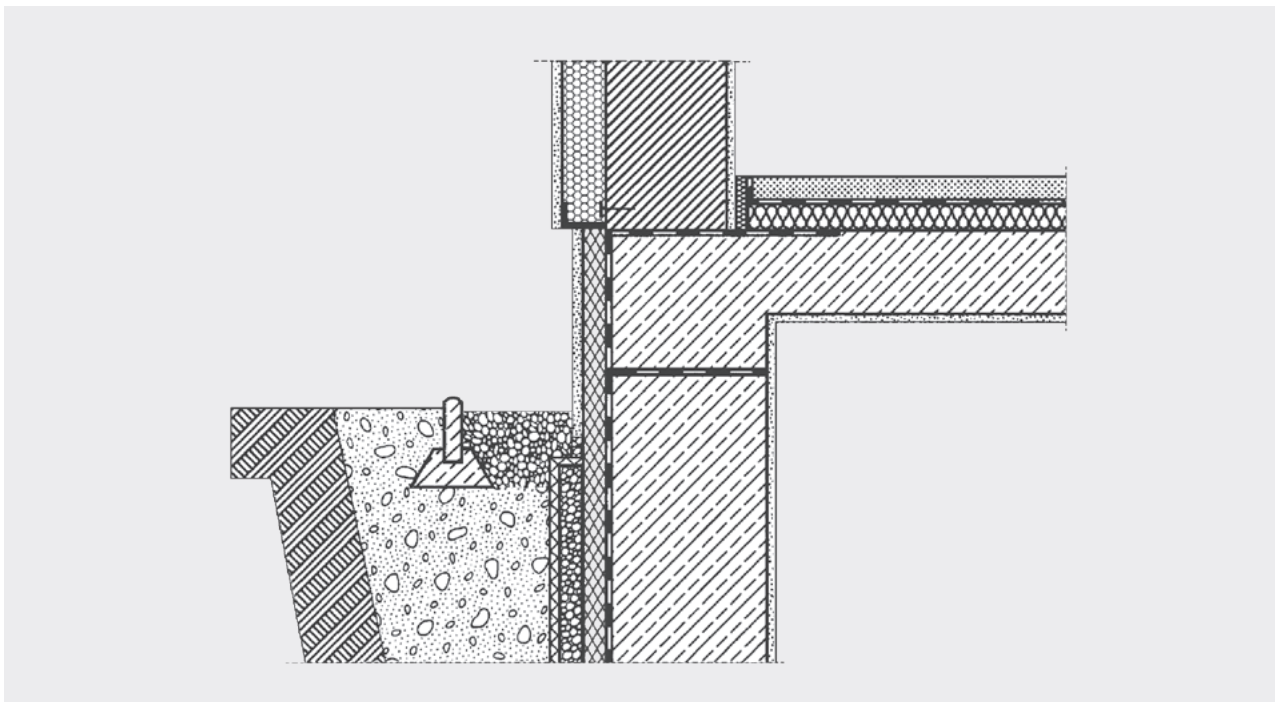


Bild 6: Sockelbereich, wärmebrückenfreier Anschluss der Perimeterdämmung an das wärmedämmende Mauerwerk oder an das außenliegende Wärmedämmverbundsystem

Die Flächendrainage an der Kelleraußenwand kann nach DIN 4095 auch aus Verbundelementen bestehen, bei denen Filterschicht und Sickerschicht kombiniert sind. Diese Dränplatten oder Dränmatten sind auf der dem Erdreich zugewandten Seite der Wärmedämmung anzuordnen.

Beim Einbau von Perimeterdämmplatten mit integrierten Dränrillen und aussenseitiger Abdeckung durch ein Geotextil kann auf diese zusätzlichen Dränschichten verzichtet werden (vergleiche Bild 7). Bei Verwendung von Wärmedämmplatten mit integrierten Dränrillen ist darauf zu achten, dass die oberseitigen Öffnungen der Dränrillen in geeigneter Weise, z. B. mit Kaltbitumenabstrich, verschlossen werden. Damit wird sichergestellt, dass die Dränrillen beim Verfüllen der Baugrube nicht verstopft werden können. Die Oberkante der Dämm- und Dränplatten muss unterhalb der Geländeoberkante liegen. Die Dämm- und Dränplatten müssen dicht gestoßen an die Wärmedämmplatten im Sockelbereich anschließen.

Voraussetzung für den Einbau ist der Nachweis der Dränfähigkeit auch unter höherer Druckbeanspruchung. Das bedeutet, dass sich die Schaumstoffstege zwischen den Dränrillen nicht zusammendrücken dürfen und somit den verfügbaren Dränquerschnitt reduzieren. Im Bild 8 ist die Abhängigkeit der Verformung der Dränrillen von der Druckbeanspruchung für XPS-Dämmplatten mit eingegrästen Dränrillen dargestellt.

Bei einer Belastung mit 50 kN/m^2 , was je nach anstehendem Erdreich etwa einem Erddruck in 5 m bis 7 m Tiefe entspricht, werden die Stege um ca. 20 % gestaucht. Das bedeutet, dass die Tiefe der Rillen von 5 mm auf 4 mm reduziert wird. Die Dränkapazität wird somit nur in geringem Masse beeinflusst. DIN 4095 fordert für Dränelemente vor Wänden im Regelfall, also in 3 m Tiefe eine Abflussmenge von mindestens $0,30 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$. Die untersuchten Dränelemente weisen in 3 m Tiefe eine Abflussmenge von $1,35 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$ auf. Sogar in 8 m Tiefe ist die Abflussmenge noch größer als $1,0 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$.

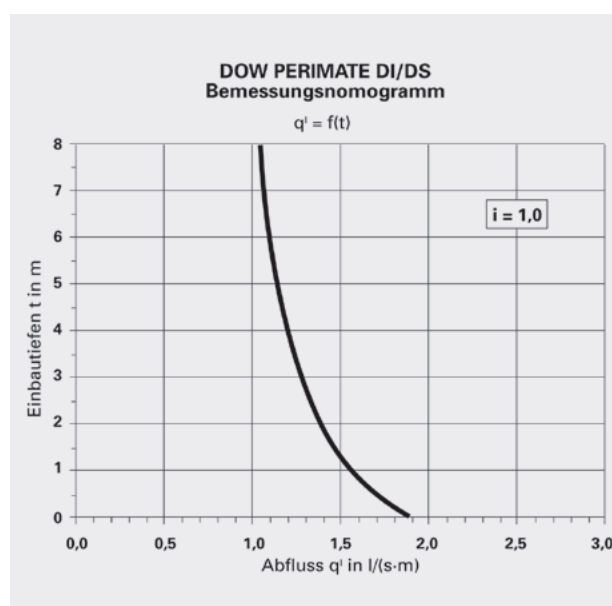


Bild 8: Bemessungsnomogramm nach [28] für Perimeterdämmplatten mit Dränrillen



Bild 7: Einbau von Perimeterdämmplatten aus XPS mit integrierten Dränrillen und außenseitigem Filtervlies

Die CE Kennzeichnung des Dränelementes wird nach den Erfordernissen der DIN EN 13252 vorge-nommen.

Zur Sicherstellung der Wirksamkeit der Flächen-dränung muss die Dränleitung in einem geeig-neten dränfähigen Material eingebettet und im Gefälle unterhalb der Oberfläche der Bodenplatte verlegt werden.

7.1.4 Baugrubenverfüllung

Nach der Verdingungsordnung für Bauleistungen, DIN 18300 [29], Erdarbeiten, ist die Wahl des Ma-terials zum Verfüllen der Baugrube dem Auftrag-nehmer überlassen. Weitgehend wird mit dem vor-handenen Erdaushub verfüllt. Hierfür sollten jedoch Fremdkörper, wie Baustellenabfall, große Steine etc. entfernt werden. Gemäß den bauaufsicht-lichen Zulassungen ist zum Verfüllen der Baugrube gleichmäßig gemischt körniges Sand-Kiesgemisch zu verwenden. Die Baugrube ist lagenweise zu ver-füllen und mechanisch zu verdichten (siehe Bild 9).

Bei fachgerechter Baugrubenverfüllung benötigen Hartschaumstoffe keine zusätzliche Schutzschicht. Besteht beim Verfüllen des Arbeitsraumes die Ge-fahr einer Beschädigung der Dämmschicht durch grobkörniges Material, ist gegebenenfalls ein Anfüll-schutz, einzubauen. Schaumglasplatten müssen vollflächig mit der werkseits oder bauseits aufge-brachten bituminösen Deckschicht versehen werden.



Bild 9: Lagenweise Verdichtung

7.2 Verlegen der Dämmplatten im Bodenbereich

Erhöhte Anforderungen an den baulichen Wärme-schutz müssen auch bei den an das Erdreich grenzenden Bauteilen im Bodenbereich eingehalten werden.

Bei der außenseitigen Wärmedämmung von Bodenplatten besteht eine weitgehende Analogie zwischen Hartschaumstoffen und Schaumglas in der Verfahrensweise ihrer Verlegung, wenn Schaum-glas-Boards eingesetzt werden. Unbeschichtete Schaumglasplatten können nicht im Trockenver-fahren verlegt werden. Sie müssen in Heißbitumen eingeschwemmt werden.

Die Verlegung der Wärmedämmplatten erfolgt lose, dicht gestoßen im Verband [30]. Die Auflagefläche für die Wärmedämmplatten muss ausreichend trag-fähig und eben sein. Die Ebenheit wird durch eine Sauberkeitsschicht erreicht. Diese kann beispie-lsweise aus verdichtetem Kies-Sand-Gemisch oder Magerbeton bestehen. Bei größeren Bauvorhaben sollte letzterem der Vorzug gegeben werden, da eine abgezogene Kiesschicht durch den Baustellenbe-trieb relativ leicht in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Zwischen den Dämmplatten und der Boden-platte ist eine PE-Folie als Trennlage anzuordnen. Die Bewehrung für die Betonbodenplatte wird, auf Abstandshaltern gelagert, oberhalb der Trennlage verlegt und anschließend die Bodenplatte betoniert.

Auch im Bodenbereich ist die Bauwerksabdichtung nach DIN 18195 [2] auszuführen. Die Wärmedäm-mung des Bodens kann auch an den Flanken von Streifenfundamenten hochgeführt werden. Das führt zu einer weiteren Reduzierung der Wärmebrücken-wirkung im Fundamentbereich. Dabei können die Dämmplatten als verlorene Schalung für die Funda-mente eingesetzt werden.

Perimeterdämmstoffe unterhalb von Bodenplatten werden durch das Eigengewicht der Betonplatte und die abzuleitenden Verkehrslasten beansprucht. In der Regel handelt es sich bei den Verkehrslasten um ruhende Lasten im Sinne der DIN 1055 [1].

Bei längerfristig nahezu konstant einwirkenden Verkehrslasten ist das Kriechverhalten des Dämmstoffes bei der Bemessung der Bodenplatte zu berücksichtigen. Für den Fall dynamischer Beanspruchungen, z. B. schwingende Maschinen, muss eine spezielle Bemessung der Konstruktion erfolgen. Entsprechende Materialkennwerte müssen durch die Dämmstoffhersteller nachgewiesen werden.

Das Verhalten von XPS unter dynamischer Beanspruchung wurde zum Beispiel in [31] beschrieben. Die Auswertung der Be- und Entlastungsversuche ergab, dass die zyklische Belastung gegenüber der konstanten Belastung die geringere Beanspruchung darstellt. Demnach kann die Dimensionierung von Wärmedämmschichten unter zyklischen Belastungen auf den Ergebnissen der Langzeitdruckfestigkeit abgestützt werden. Außerdem liegen für XPS jahrzehntelange Erfahrungen aus dem Verkehrsbau in Skandinavien vor [32].

Bild 10 zeigt das Beispiel einer wärmedämmten Bodenplatte.



Bild 10: Verlegung der Perimeterdämmung unter der Bodenplatte

7.3 Verlegen im Bereich von drückendem Wasser

XPS und Schaumglasplatten dürfen auch im Bereich von ständig oder langanhaltend drückendem Wasser (Grundwasser) angewendet werden, sofern hierfür bauaufsichtliche Zulassungen vorliegen. Die Bauwerksabdichtung darf durch die Wärmedämmschicht in ihrer Funktionsfähigkeit jedoch nicht beeinträchtigt werden. Die Dämmplatten müssen auf dem zu dämmenden Bauteil im Verband verlegt und vollflächig mit dem Untergrund verklebt werden, damit ein Hinterfließen des Dämmstoffes durch Wasser verhindert wird (siehe Bild 11). Der seitliche Plattenrand ist umlaufend durch Verspachteln mit einem Kleber oder geeigneten Dichtmassen vor dem Eindringen von Wasser zu schützen. Angeschnittene Dämmstoffplatten an Gebäudeecken sind abzuspachteln. Hierzu sind geeignete bituminöse Dämmstoffkleber anzuwenden.

Neben der Druckbeanspruchung durch das Erdreich und eventuell angrenzende Bauwerke tritt die Beanspruchung durch direkte Wassereinwirkung auf. Hierbei ist neben dem hydrostatischen Wasserdruck auch die Auftriebswirkung zu beachten. Die Auftriebssicherheit der Wärmedämmplatten ist nachzuweisen, gegebenenfalls müssen konstruktive Maßnahmen zur Auftriebssicherung vorgenommen werden.



Bild 11: Vollflächige Verklebung der Dämmplatten

Gemäß DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) [33] ergibt sich folgende Ungleichung zum Nachweis der Auftriebssicherheit (Grenzzustand UPL):

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb} + T_k \cdot \gamma_{G,stb} \quad (\text{Gl. 1})$$

mit:

$G_{dst,k}$	charakteristischer Wert ständiger destabilisierender vertikaler Einwirkungen
$\gamma_{G,dst}$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige destabilisierende vertikale Einwirkungen im Grenzzustand UPL (Tabelle 5)
$Q_{dst,rep}$	charakteristischer bzw. repräsentativer Wert veränderlicher destabilisierender vertikaler Einwirkungen (ist bei der gegenständlichen Betrachtung nicht vorhanden)
$\gamma_{Q,dst}$	Teilsicherheitsbeiwert für destabilisierende veränderliche Einwirkungen im Grenzzustand UPL
$G_{stb,k}$	unterer charakteristischer Wert stabilisierender ständiger, vertikaler Einwirkungen des Bauwerks
$\gamma_{G,stb}$	Teilsicherheitsbeiwert für stabilisierende ständige Einwirkungen im Grenzzustand UPL (Tabelle 5)
T_k	zusätzlich als stabilisierende Einwirkung angesetzte charakteristische Scherkraft

Nach Umformung der Gleichung und unter Berücksichtigung, dass $Q_{dst,rep} = 0$, ergibt sich folgende Ungleichung:

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} - G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb} \leq T_k \cdot \gamma_{G,stb}$$

Letztlich ist der Nachweis der Auftriebssicherheit so zu führen, dass die Bedingung nach DIN EN 1997-1 $E_{G,d} \leq R_d$ eingehalten wird.

Der Bemessungswert der Auftriebskraft ($E_{G,d}$) ergibt sich für unterschiedliche Eintauchtiefen und verschiedene Dicken der Dämmschicht aus Bild 12:

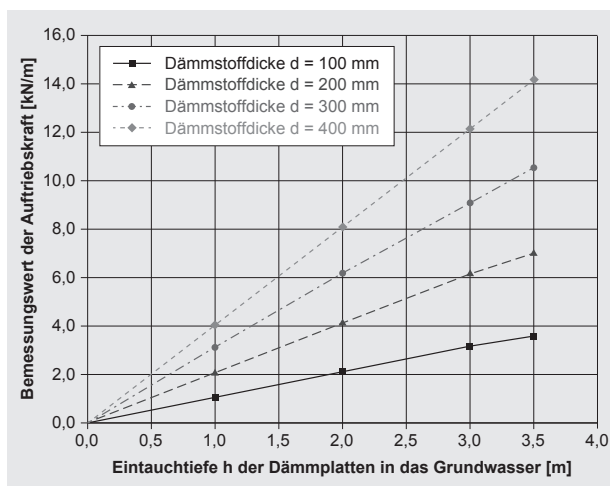


Bild 12: Bemessungswert der Auftriebskraft [kN/m]

Dieser Auftriebskraft sind die Widerstände (R_d) aus dem anstehenden Boden, der horizontalen Komponente des Wasserdrucks und die Klebekraft des Perimeterklebers gegenüberzustellen.

Der Nachweis der Auftriebssicherung gilt für XPS beispielsweise als erbracht, wenn:

- die Dämmplatten vollflächig mit dem Untergrund verklebt werden.
- bei einer maximalen Dicke der Dämmschicht von 400 mm der Wasserhöchststand höchstens bis 1 m unter Geländeoberkante reicht.
- bei einer maximalen Dicke der Dämmschicht von 200 mm der Grundwasserstand bis höchstens 0,5 m unter Geländeoberkante reicht
- konstruktive Vorkehrungen zur Auftriebssicherung getroffen werden. Dabei kann beispielsweise der unmittelbare Anschluss an ein Wärmedämmverbundsystem oder an einschaliges aufgehendes Mauerwerk als Auftriebssicherung bereits ausreichend sein.

Beim Nachweis der Auftriebssicherung ist darauf zu achten, dass keine schädlichen Scherspannungen in die bituminöse Abdichtung eingeleitet werden.

7.4 Dämmung unter lastabtragenden Gründungsplatten

7.4.1 Allgemeines

Plattengründungen werden aus Gründen der Energieeinsparung häufig unterseitig mit einer Wärmedämmung versehen (siehe Bild 14). Die dafür geeigneten Perimeterdämmstoffe wurden vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) allgemein bauaufsichtlich zugelassen. In den Zulassungen sind die zulässigen Bemessungswerte der Dauerdruckspannungen festgelegt. Die Festlegung dieser Werte basiert auf Sicherheitsannahmen, die dem spezifischen Materialverhalten des Dämmstoffes Rechnung tragen [19].

Zahlreiche Gebäude werden heute auf Platten Gründungen gebaut. Sie sind besonders dann von Vorteil, wenn die Untergeschosse im Grundwasser stehen („Weiße Wanne“). In der Praxis spricht man in diesem Zusammenhang von Flächengründungen, Fundamentplatten oder auch Gründungsplatten. Der Begriff „lastabtragende Gründungsplatte“ trifft dabei sowohl auf Bodenplatten zu, die direkt durch Bauwerkslasten beaufschlagt werden als auch auf Bodenplatten die biegesteif mit lastabtragenden Gründungskörpern (Einzel-, Steifenfundamente, Pfähle) verbunden sind.

Die Besonderheit für die Anwendung von Wärmedämmstoffen unter Gründungsplatten besteht darin, dass der Wärmedämmstoff nicht nur das Eigengewicht aus der Platte und die Verkehrslasten auf der Platte (nicht ständig einwirkende Lasten), wie bei

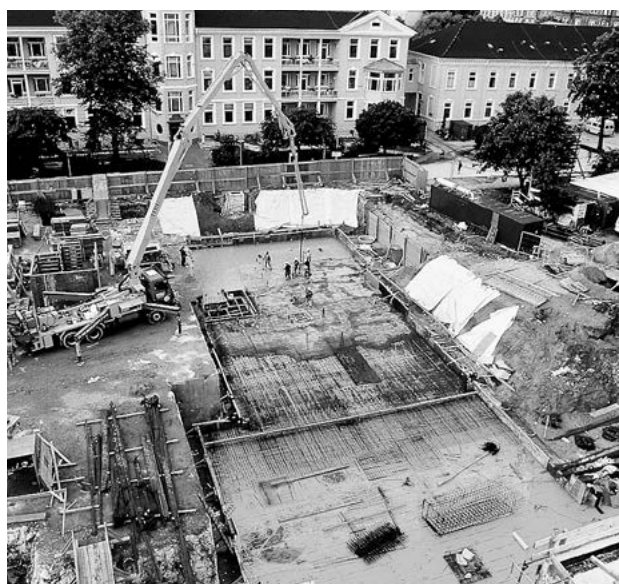


Bild 13: Perimeterdämmung unter Gründungsplatte mit XPS

Bodenplatten ohne Gründungsfunktion, sondern ständig einwirkende Lasten und Verkehrslasten der Gebäudekonstruktion abtragen muss.

Die beiden Lastarten werden in DIN 1055 [1] wie folgt definiert: Ständige Last ist die Summe der unveränderlichen Lasten, also das Gewicht der tragenden oder stützenden Bauteile und der unveränderlichen, von den tragenden Bauteilen dauernd aufzunehmenden Lasten. Verkehrslast ist die veränderliche oder bewegliche Belastung auf die tragenden Bauteile.

Die Belastungen aus dem Gebäude werden über die Gründungsplatte aus Stahlbeton und den darunter liegenden Wärmedämmstoff in das Erdreich übertragen. Die Größe der Belastungen (Pressungen) die auf den Dämmstoff wirken, hängt ab von:

- den Gebäudelasten
- der Gebäudekonstruktion
(z. B. Skelettbau, Bauwerk mit Querwänden)
- der Dimensionierung der Gründungsplatte
(z. B. Dicke, Plattenüberstand)
- der Festigkeit und Beschaffenheit des Baugrundes.

Die Bemessung der Gründungsplatte erfolgt nach der Theorie elastisch gebetteter Platten [34]. Die gebräuchlichsten Verfahren sind das Bettungsmodul- und das Steifemodulverfahren. Durch langjährige Untersuchungen an Polystyrol-Hartschaumstoffen konnten abgesicherte Langzeitkennwerte über das Kriechverhalten dieser Baustoffe gewonnen werden, die die Anwendung dieser Wärmedämmstoffe unter lastabtragenden Gründungsplatten ermöglicht. Beispielsweise werden für Wärmedämmstoffe aus XPS die in Tabelle 14 zusammengestellten Werte für die zulässigen Druckspannungen angegeben [35 und 36].

Tabelle 14: Zulässige Druckspannungen für XPS nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen [35 und 36]

Nennwert der Kurzzeitdruckfestigkeit in N/mm ²	Bemessungswert der Druckspannung f_{cd} * in N/mm ²
0,30	0,185
0,50	0,255
0,70	0,355

* Werte können je nach bauaufsichtlich zugelassenem Produkt variieren

Hierzu können zugehörige Bettungsmoduli für die Dämmschicht in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke angegeben werden (Tabelle 15). Für die Berechnung wurde die Näherungsformel für dünne Schichten verwendet:

$$k_D = E_D / d_D$$

$E_D = E_{50}$ E-Modul der gestauchten Extruderschaumplatte nach 50 Jahren

d_D = Dämmschichtdicke

Nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für XPS-Dämmstoffe gilt für Dämmstoffschichten, die kleiner 140 mm sind: „Bei Bauwerken, die auf Setzungen empfindlich reagieren, ist diese Verformung gegebenenfalls zu berücksichtigen“. Ein Vergleich der Bettungsmoduli für die XPS-Dämmschicht mit denen von Bodenarten zeigt, dass in vielen Fällen die Wärmedämmschicht steifer oder gleich steif ist wie der anstehende Boden. Der Anteil der Verformungen aus dem XPS-Dämmstoff ist wegen der im Verhältnis zur Dicke der Bodenschicht dünnen Dämmschicht ohne baupraktische Bedeutung.

Für Dämmstoffschichten größer 120 mm müssen zwei Extremfälle betrachtet werden:

- Setzungsberechnung für den Baugrund ohne Berücksichtigung der Dämmstoffschicht.
- Setzungsberechnung für den Baugrund und die Wärmedämmschicht unter Verwendung des Elastizitätsmoduls der gestauchten Dämmstoffschicht nach 50 Jahren. Diese Elastizitätsmoduli werden in den Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der Hersteller angegeben.

Die horizontale Perimeterdämmung kann auch im Bereich von Grundwasser oder lange anhaltendem Sickerwasser eingebaut werden. Bei der Eindringtiefe in das Wasser sind die Grenzwerte der Zulassung zu beachten. Im Bereich von drückendem Wasser muss die Außenkante der Dämmschicht mit einer geeigneten Bitumenmasse abgespachtelt werden.

Wird die Bodenplatte komplett gedämmt (man spricht dann von einem Bauteil mit erhöhtem Erdübergangswiderstand) verliert der Fundamenterder nach E DIN 18014 [37] seine Funktionsfähigkeit. Anstelle des Fundamenterders muss dann ein sogenannter Ringerder in der Erde verlegt werden.

Tabelle 15: Bettungsmoduli k_D bei Ausnutzung der zulässigen Druckspannung für XPS-Dämmstoffe mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung [35 und 36] in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke.

Dämmstoffdicke in mm	k_D in MN/m ³ $f_{cd} = 0,185 \text{ N/mm}^{2*}$	k_D in MN/m ³ $\sigma_{zul} = f_{cd} = 0,255 \text{ N/mm}^{2*}$	k_D in MN/m ³ $\sigma_{zul} = f_{cd} = 0,355 \text{ N/mm}^{2*}$
50	100,0	200,0	280,0
60	83,3	166,7	233,3
80	62,5	125,0	175,0
100	50,0	100,0	140,0
120	41,7	83,3	116,7
140	35,7	71,4	100,0
160	31,3	62,5	87,5
180	27,8	55,6	77,8
200	25,0	50,0	70,0
220	22,7	45,5	63,6
240	20,8	41,7	58,3
260	19,2	38,5	53,8
280	17,9	35,7	50,0
300	16,7	33,3	46,7

* Werte können je nach bauaufsichtlich zugelassenem Produkt variieren

Tabelle 16: Erfahrungswerte für Bettungsmoduli unterschiedlicher Bodenarten bei mittlerer Belastung [38].

Bodenart	Bettungsmodul k in MN/m ³
Bindige Böden weich	1-2
Bindige Böden steif und halbfest	2-5
Nichtbindige Böden locker gelagert	10-20
Nichtbindige Böden mitteldicht gelagert	20-30
Nichtbindige Böden dicht gelagert	30-50

Der Gesamtbettungsmodul k_m ergibt sich aus dem Bettungsmodul k_D der Dämmschicht und dem Bettungsmodul der Bodenschichten k_1, \dots, k_n zu

$$k_m = 1 / (1/k_D + 1/k_1 + \dots + 1/k_n).$$

Eine Berücksichtigung der Dämmstoffdicke bei der Ermittlung der Verformungen ist nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung bei Schaumglas aufgrund der größeren Steifigkeit im Verhältnis zum Baugrund nicht erforderlich.

Tabelle 17: Zulässige Druckspannungen für Schaumglas nach bauaufsichtlichen Zulassungen [39 und 40].

Nennwert der Kurzzeitdruckfestigkeit in N/mm ²	Bemessungswert der Druckspannung f_{cd}^* in N/mm ²
0,40	nicht zugelassen
0,60	0,27
0,90	0,35
1,60	0,53

Die Dämmplatten aus XPS können ein-, zwei- und dreilagig im Verband ohne Kreuzstöße verlegt werden. Es wird empfohlen, dass die Dämmplatten auf eine Sauberkeitsschicht (z. B. aus Magerbeton) oder auf eine eben abgezogene, stark verdichtete Kieseandschicht verlegt werden. Der Untergrund muss ausreichend eben sein, um ein vollflächiges Aufliegen der Dämmplatten zu gewährleisten.

Über der Dämmschicht ist eine Schutzschicht, beispielsweise eine PE-Folie zu verlegen. Sie verhindert das Eindringen der Zementmilch beim Betonieren der Gründungsplatte.

Ob eine dampfbremsende Schicht eingebaut werden muss, kann durch Berücksichtigung des Wasserdampfdiffusionsstroms in der Konstruktion entschieden werden.

Bei den neu erteilten Zulassungen (abZ) für XPS Dämmstoffe wurde nun auch der Abtrag von horizontalen Lasten über die Dämmschicht zugelassen. Damit können Lasten aus Erddruck, Windlasten und Erdbeben direkt über den Dämmstoff in den Untergrund abgeleitet werden.

Im Bild 13 ist der Schichtenaufbau für XPS angegeben.

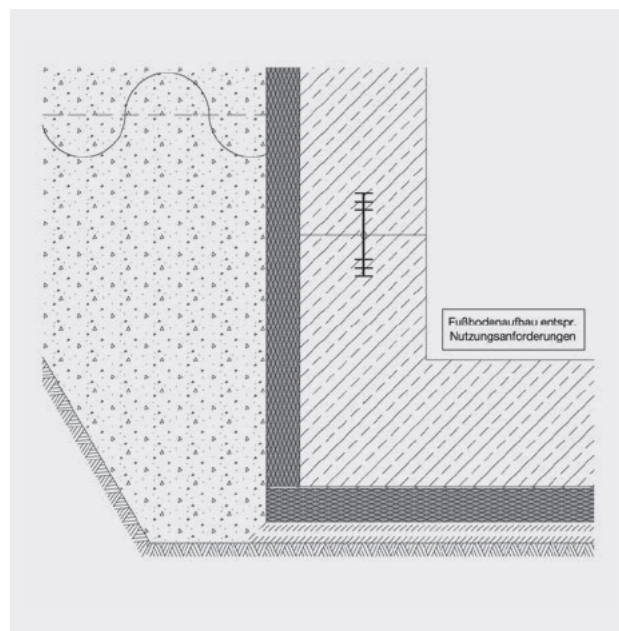


Bild 14: Schichtenaufbau für die Wärmedämmung unter Gründungsplatten mit XPS [30]

7.4.2 Wärmedämmschüttung

Als lose Wärmedämmschüttung unter Gründungsplatten kann Schaumglasschotter angewendet werden. Die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen regeln hierzu neben dem Anwendungsbereich und den Bestimmungen für Entwurf und Bemessung auch die Umweltverträglichkeit. Hierbei müssen hinsichtlich der Umweltverträglichkeit die Anforderungen der „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ erfüllt werden, insbesondere die Anforderungen des Anhangs I-D.1 dieser Grundsätze. Die relevanten Elemente für Glasschaumshotter sind in der Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 18: Anforderungen an den Wärmedämmstoff

Zeile	Element	Geringfügigkeitsschwelle [µg/l]
1	Arsen (As)	10
2	Blei (Pb)	7
3	Cadmium (Cd)	0,5
4	Chrom III (Cr)	7
5	Kupfer (Cu)	14
6	Nickel (Ni)	14
7	Quecksilber (Hg)	0,2
8	Zink (Zn)	58

Die Anwendung von Schaumglasschotter im Kapillarsaum des Grundwassers und im Bereich von drückendem Wasser ist nicht zulässig. Der anstehende Boden muss gut wasserdurchlässig sein. Bei Vorhandensein von bindigen oder geschichteten Böden, bei denen Stau- oder Schichtenwasser auftreten kann, ist eine Dränung nach DIN 4095 vorzusehen.

Wärmedämmschichten unter Gründungsplatten aus Schaumglasschotter können in Dicken von 120 mm bis 600 mm hergestellt werden. Der geschüttete Dämmstoff ist im Verhältnis 1,3:1 zu verdichten. Bei Planungsdichten größer 300 mm ist der Wärmedämmstoff in zwei Lagen zu schütten und jeweils zu verdichten.

Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit kann nur für die verdichtete Dicke der Schaumglasschottererschicht angenommen werden.

Bei Wärmedämmschüttungen aus Schaumglasschotter treten Verformungen durch Stauchung der Dämmschicht auf. Es darf angenommen werden, dass bei Einhaltung der Spannungen der Tabelle 19 eine Stauchung von 2 % nicht überschritten wird.

Tabelle 19: Zulässige Druckspannungen und Wärmeleitfähigkeiten für Schaumglasschotter nach bauaufsichtlichen Zulassungen

Kurzzeitdruckfestigkeit	Bemessungswert der Druckspannung f_{cd}	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit im Verdichtetem Zustand
610	275	0,110
380	170	0,120
630	280	0,110
560	270	0,140
250	115	0,140

7.5 Nachträgliche Wärmedämmung und Frostschutz

Die Praxis zeigt, dass eine zunehmende Zahl von nichtunterkellerten Gebäuden auf Plattenfundamenten an Stelle von Streifenfundamenten gegründet werden. Hierbei stellt sich die Frage nach dem Frostschutz der Gründungsplatte. Es besteht nämlich die Gefahr, dass sich in den Wintermonaten unter der Platte Frosttemperaturen einstellen, die zur Bildung von Eislinsen und damit in Abhängigkeit vom Boden zu Frosthebungen führen können.

Aus Nordamerika und Skandinavien ist der Einsatz von sogenannten „Frostschirmen“ aus XPS oder EPS hoher Rohdichte bekannt. Die „Schirme“ werden durch horizontal am Gebäuderand verlegte Wärmedämmplatten gebildet. Diese Maßnahme kann auch bei der nachträglichen Wärmedämmung angewendet werden, wenn an der Kellerwand keine Aufgrabung erfolgen soll.

Die Dimensionierung des Frostschirmes hängt neben der Außentemperatur und deren zeitlichem Verlauf, von der Wärmedämmung der Gründungsplatte und der Innentemperatur des Gebäudes ab. In [40] wurde gezeigt, dass besonders gut gedämmte Bodenplatten, z. B. von Passivhäusern, den ungünstigsten Fall darstellen, da hier das Gebäude den Untergrund nur noch gering aufheizt. Aus den rechnerischen Untersuchungen wird abgeleitet, dass ein Frostschirm von 1,25 m Breite und 8 cm Dicke in unseren Regionen die Unterfrierung der Bodenplatte sicher ausschließt.

Ähnliche Ergebnisse erbrachten auch theoretische Untersuchungen für Fertighäuser, bei denen die Wirkung waagerechter und senkrechter Frostschirme untersucht wurde [41].

Für eine Frostperiode mit $t_e = -10^\circ\text{C}$ konstant über einen Zeitraum von 100 Stunden und einer Dämmschichtbreite von 1250 mm wurde eine Temperatur unterhalb des Gebäuderandes (Gründungsplattenrand) von 1°C bis 3°C berechnet.

8. Langzeitverhalten von Perimeterdämmstoffen

8.1 Langzeiterfahrung

Wärmedämmstoffe aus Schaumglas und XPS haben sich als Perimeterdämmungen langfristig bewährt. Diese positiven praktischen Erfahrungen führten auch dazu, dass XPS- Wärmedämmstoffe und Schaumglas für die Anwendung als Perimeterdämmung in DIN 4108-2 [7] genormt wurden.

Die XPS-Perimeterdämmplatten sind seit 1980 bauaufsichtlich zugelassen. Über die Langzeitbewährung der XPS-Perimeterdämmplatten liegen eine Reihe von positiven Gutachten neutraler Bausachverständiger vor [42 bis 43], die die Langzeitbewährung bestätigen.

Spezielle EPS-Produkte, die durch oberflächige Hydrophobierung wasserabweisend eingestellt werden und dadurch ein geringeres Wasseraufnahmeverhalten aufweisen als herkömmliches EPS, sind seit einigen Jahren ebenfalls für Anwendungen in der Perimeterdämmung bauaufsichtlich zugelassen.

Für PUR-Dämmstoffe und Schaumglasschotter liegt die kürzeste baupraktische Erfahrung vor. Sie sind erst seit kurzem für Anwendungen in der Perimeterdämmung bauaufsichtlich zugelassen.

8.2 Wärmedämmwert

Zahlreiche praktische Untersuchungen haben gezeigt, dass Perimeterdämmplatten aus XPS auch langfristig die geplanten Wärmedämmwerte behalten. Bei fachgerechtem Einbau der Wärmedämmplatten ist die Feuchteaufnahme gering [43]. Aus Messergebnissen der Wärmeleitfähigkeit von XPS-Proben im Ausbauzustand ist bekannt (Tabelle 18), dass auch nach jahrzehntelanger Nutzung die vorhandene Wärmeleitfähigkeit deutlich geringer ist als der zum Zeitpunkt des Einbaus gültige Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit. Damit ist der Wärmedämmwert immer noch höher als geplant.

Tabelle 20: Typische Ergebnisse aus Probenahmen von Perimeterdämmstoffen nach Messungen des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e. V., FIW München

Alter in Jahren	gemessene Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{feucht, Messwert}}$ W/(m·K)	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ_R W/(m·K)	gemessene Druckfestigkeit N/mm ²
5	0,029	0,035	0,45
5	0,029	0,035	0,35
11	0,0328	0,035	0,35
11	0,0293	0,035	0,46
8	0,0345 ¹⁾	0,035	0,35

¹⁾ im Grundwasser

8.3 Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit ist ein wichtiges Kriterium für die Dauerhaftigkeit eines Perimeterdämmstoffes. Reduziert sich die Druckfestigkeit nach mehrjähriger Nutzung deutlich (> 10 %), ist das ein Hinweis auf negative Veränderungen in der Stoffstruktur.

Die Ergebnisse für XPS zeigen, dass die Dauerhaftigkeit dieses Dämmstofftyps in der Perimeteranwendung nicht beeinträchtigt wird. Die Druckfestigkeitswerte sind größer oder entsprechen den Mindestanforderungen der Zulassungen.

8.4 Wurzelfestigkeit

Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten wurden nach DIN 4038 „Vergussmassen für Abwasserkanäle und -Leitungen aus Steinzeug- und Betonmuffenrohren“ auf Wurzelfestigkeit geprüft. Testpflanzen waren Lupinen (*Lupinus Albus*). Die Versuche haben ergeben, daß die Lupinenwurzeln nicht in die Hartschaumplatten einwachsen. Durch die Stoßfugen mit Stufenfalz waren einzelne Pflanzenwurzeln hindurchgewachsen. Weitere Untersuchungen nach dem FLL-Verfahren (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.) [44] haben ergeben, daß auch Pflanzen mit aggressiverem Wurzelverhalten die Dämmplatten nicht schädigen.

8.5 Beständigkeit gegen Verrottung und Tierangriff

Extrudierte Polystyrol-Hartschaumplatten sind gegen Huminsäuren und andere aggressive Stoffe im Boden beständig.

Extrudierte Polystyrol-Hartschaumstoffe bilden keinen Nährboden für Mikroorganismen; sie verrotten nicht. Nagetieren oder anderem Ungeziefer können sie nicht als Nahrung dienen, diese können sich aber darin einnisten. Das Statens Vag-och Trafikinstitut, Linköping/Schweden, hat Extruderplatten untersucht, die 12,5 Jahre unter einer Straße und in deren Randbereich mit 40 cm Erdüberdeckung eingebaut waren. An den Platten konnten keine Schäden durch Nagetiere, Insekten oder Würmer festgestellt werden. Auch an den zur Erlangung der Zulassung entnommenen zahlreichen Perimeterplatten (maximal 15 Jahre alt), konnten keine Schädigungen durch Tiere festgestellt werden [45].

9. Literaturhinweise

[1]	DIN 1055-2, 2010-11 Einwirkungen auf Tragwerke. Beuth Verlag, Berlin 2010.
[2]	DIN 18 195, Teil 1 bis Teil 10: Bauwerksabdichtungen. Beuth Verlag Berlin 2009 bis 2011.
[3]	DIN 4095: Baugrund. Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Planung, Bemessung und Ausführung. Beuth Verlag Berlin 1990.
[4]	Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung, EnEV) vom 16. November 2001. Bundesgesetzblatt I, Seite 3085. Berlin 16. Nov. 2001.
[5]	DIN EN ISO 10456: Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Baustoffe. Beuth Verlag Berlin 2010.
[6]	DIN 4108-4: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte. Beuth Verlag Berlin, 2013.
[7]	DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth Verlag Berlin, 2013.
[8]	Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinspargesetz, EnEG) vom 22. Juli 1976, BGBl. I S. 1873, 1976, geändert durch das erste Änderungsgesetz vom 20. Juni 1980, BGBl. I S. 701, 1980.
[9]	E DIN 4108-3, 2001-07: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung. Beuth Verlag Berlin, 2012.
[10]	Info zur Jahresstatistik des Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2003.
[11]	Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung, WSV) vom 16. August 1994. Bundesgesetzblatt I, Seite 2121. Berlin 16. August 1994.
[12]	DIN EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs für Wohngebäude. Beuth Verlag Berlin, Juli 2001 (zurückgezogen).
[13]	DIN V 4108-6 2000-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Berechnung der Jahres-Heizwärme- und des Jahresenergiebedarfs. Beuth Verlag Berlin, Juni 2003.
[14]	DIN EN ISO 6946: Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren. Beuth Verlag Berlin, 2008
[15]	DIN EN ISO 13370: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren Beuth Verlag Berlin, 2008.
[16]	DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe. Beuth Verlag Berlin, 2008
[17]	DIN EN 826: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung, Beuth-Verlag, Berlin 1996.
[18]	DIN EN 1606: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung, Beuth Verlag Berlin, 2007.
[19]	Rackwitz, R.: Gutachterliche Stellungnahme zum Sicherheitskonzept für die Anwendung von Polystyrol-Extruderschäumstoff unter lastabtragenden Gründungsplatten. Technische Universität München. Institut für Tragwerksbau. 10.8.1998 und 1.2.1999.
[20]	E DIN EN 12087: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen. Bestimmung der Wasseraufnahme bei langfristigem Eintauchen. Beuth Verlag Berlin, 2012.
[21]	E DIN EN 12088: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen. Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion. Beuth Verlag Berlin, 2012.
[22]	E DIN EN 12091: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen. Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung. Beuth Verlag Berlin, 2012.
[23]	DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Beuth-Verlag Berlin, 2008.
[24]	Wärmedämmverbundsysteme im Sockel- und im erdberührten Bereich, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Mörtelindustrie e.V. et. al., Ausgabe Oktober 2000.
[25]	Merkblatt für das Verlegen und Verputzen von extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoffplatten mit rauher Oberfläche als Wärmebrückendämmung, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Mörtelindustrie e.V. et. al., Ausgabe April 2004.
[26]	Merkblatt für das Verlegen und Verputzen von Polystyrol-Hartschaumstoffplatten, Hrsg. Bundesverband der Deutschen Mörtelindustrie e.V. et. al., Ausgabe November 1993.
[27]	DIN 18550: Putz und Putzsysteme – Ausführung, Beuth Verlag Berlin, 2005

- | | |
|------|--|
| [28] | Muth, W. Prüfung von Dränplatten Perimate DI und DS aus XPS-Polystyrol, Bericht Nr. 9201-DOW, Versuchsanstalt für Wasserbau, Fachhochschule Karlsruhe, Karlsruhe 1992. |
| [29] | DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, Beuth Verlag Berlin, 2012 |
| [30] | Merkel, H.: Wärmeschutz erdberührter Bauteile (Perimeterdämmung) – Dämmstoffe, Beanspruchungen, Konstruktionen. Bauphysikkalender 2002. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2002. |
| [31] | Krollmann, N.: Langzeitverhalten von extrudiertem Polystyrol-Hartschaum bei konstanter und zyklisch wechselnder Druckbeanspruchung, Bauphysik 17(1995) 1. |
| [32] | Statens Provningsanstalt SP: Compressive Creep of Polystyrene Cellular Plastics, Report Göteborg 28.9.1989. |
| [33] | DIN EN 1997-1 (Eurocode 7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, Beuth Verlag Berlin, 2009 |
| [34] | Hrsg. U. Smolczyk : Grundbau Taschenbuch, Teil 2, Verlag Ernst & Sohn 1982 |
| [35] | Zulassungsbescheid Z-23.34-1325: Extrudergeschäumte Polystyrol-Hartschaumplatten Styrodur für die Anwendung als lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten. Deutsches Institut für Bautechnik Berlin, den 17. August 2010. |
| [36] | Zulassungsbescheid Z-23.34-1324: Extrudergeschäumte Polystyrol-Hartschaumplatten „Roofmate SL-A, Floormate 500-A, Floormate 700-A“ für die Anwendung als lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten. Deutsches Institut für Bautechnik Berlin, den 16. April 2012. |
| [37] | E DIN 18014: Fundamenterder - Allgemeine Planungsgrundlagen, Beuth Verlag Berlin, 2012 |
| [38] | Höß, R.: mündliche Mitteilung, Ingenieurgruppe Bauen, Mannheim 2001. |
| [39] | Zulassungsbescheid DIBt Z-23.34-1059: Lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten mit Schaumglasplatten Deutsches Institut für Bautechnik Berlin, den 1. Februar 2008 |
| [40] | Zulassungsbescheid DIBt Z-23.34-1311: Lastabtragende Wärmedämmung unter Gründungsplatten mit Schaumglasplatten Deutsches Institut für Bautechnik Berlin, den 29. Juni 2012. |
| [41] | Mrziglod-Hund, M.; Dahlem, K.-H.: Vermeiden der Unterfrierung einer elastischen Bodenplatte eines nicht unterkellerten Wohngebäudes durch Verlegen eines „Frostschirmes“ aus EPS oder XPS, wksb 46/2001 |
| [42] | Strangfeld, P.: Berechnung von Perimeterdämmungen, FH Lausitz 1998, unveröff. |
| [43] | Bunte, D.: Druckwasseraufnahme von Perimate-Hartschaum, Untersuchungsbericht 97/1, FHTW Berlin 1997 |
| [44] | Zimmermann, G.: Zum Langzeitverhalten von Perimeterdämmungen, DAB, Heft 6/1995 |
| [45] | ohne Verfasser: Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Wurzelschutzbahnen/Schichten bei Dachbegrünungen. FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn, 1984. |
| [46] | Roschild, E. , Oosterbaan, M.: Die Verwendung von extrudiertem Polystyrolschaum als Frostschutz im Straßenbau, Straßen- und Tiefbau, Heft 11/1968 |
| [46] | Muth, W.: Abdichtung und Dränung am Bau. Deutsche Bauzeitschrift (DBZ) 1971 Nr.1, S. 95-108 |

10. Normen

Harmonisierte Produktnormen für Wärmedämmstoffe

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN 13162	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation
DIN EN 13163	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrolschaum (EPS) - Spezifikation
DIN EN 13164	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) - Spezifikation
DIN EN 13165	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) - Spezifikation
DIN EN 13166	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharz-Hartschaum (Phenolic Foam - PF) - Spezifikation
DIN EN 13167	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (Cellular Glas – CG) - Spezifikation
DIN EN 13168	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude-Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (Wood Wool WW) - Spezifikation
DIN EN 13169	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlite (Expanded Perlite Board – EPB) – Spezifikation
DIN EN 13170	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (Insulation Cork Board - ICB) – Spezifikation
DIN EN 13171	2013	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Holzfaserdämmstoffe (Wood Fibre – WF) – Spezifikation

Harmonisierte Norm für die Konformitätsbewertung von Wärmedämmstoffen

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN 13172	2012	Wärmedämmstoffe - Konformitätsbewertung

Harmonisierte Prüfnormen für Wärmedämmstoffe für das Bauwesen

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN 822	2013	Bestimmung der Länge und Breite
DIN EN 823	2013	Bestimmung der Dicke
DIN EN 824	2013	Bestimmung der Rechtwinkligkeit
DIN EN 825	2013	Bestimmung der Ebenheit
DIN EN 826	2013	Bestimmung der Druckfestigkeit
DIN EN 1602	2013	Bestimmung der Rohdichte
DIN EN 1603	2013	Bestimmung der Dimensionsstabilität im Normklima
DIN EN 1604	2013	Bestimmung der Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen
DIN EN 1605	2013	Bestimmung der Verformung bei definierter Druck- und Temperaturbeanspruchung
DIN EN 1606	2013	Bestimmung des Langzeit-Kriechverhaltens bei Druckbeanspruchung
DIN EN 1607	2013	Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene
DIN EN 1608	2013	Bestimmung der Zugfestigkeit in Plattenebene
DIN EN 1609	2013	Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen
DIN EN 12085	2013	Bestimmung der linearen Maße von Probekörpern
DIN EN 12086	2013	Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
DIN EN 12087	2013	Bestimmung der Wasseraufnahme bei langfristigem Eintauchen
DIN EN 12088	2013	Bestimmung der Wasseraufnahme durch Diffusion
DIN EN 12089	2013	Bestimmung des Verhaltens bei Biegebeanspruchung
DIN EN 12090	2013	Bestimmung des Verhaltens bei Scherbeanspruchung
DIN EN 12091	2013	Bestimmung des Verhaltens bei Frost-Tau-Wechselbeanspruchung
DIN EN 12430	2013	Bestimmung des Verhaltens unter Punktlast
DIN EN ISO 4590	2003	Bestimmung des Volumenanteils offener und geschlossener Zellen in harten Schaumstoffen

Anwendungsbezogene nationale Anpassungsdokumente für Wärmedämmstoffe: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN 4108-2	2013	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
E DIN 4108-3	2012	Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung
DIN 4108-4	2013	Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN V 4108-6	2003	Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
DIN 4108-10	2008	Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe

11. Bauaufsichtliche Zulassungen

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin erteilt für die Anwendung Perimeterdämmung und die lastabtragende Dämmung unter Gründungsplatten Zulassungen. Ein aktuelles Verzeichnis der Zulassungen ist auf der Homepage des DIBt verfügbar.

12. Merkblätter und Richtlinien

Herausgeber	Produkt	Titel
DIBt	2000-11	Bewertung der Auswirkung von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser
Industrieverband Werk Mörtel e.V.	2004-04	Merkblatt für den Einbau und das Verputzen von extrudierten Polystyrol-Hartschaumstoffplatten mit rauer oder gewaffelter Oberfläche als Wärmebrückendämmung
Bundesverband der Deutschen Mörtel- industrie e.V.	1993	Merkblatt für das Verlegen und Verputzen von Polystyrol-Hartschaumstoffplatten
Deutscher Ausschuss für Stahl- beton (DAfStb)	2004	„WU-Richtlinie“, Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton
Deutscher Ausschuss für Stahl- beton (DAfStb)	1996	Wasserundurchlässigkeit und Selbstheilung von Trennrissen in Beton
Österreichischer Betonverein	2002	Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen
Deutscher Beton- und Bautechnik- Verein e.V.	2001	Fugenausbildung für ausgewählte Baukörper aus Beton
Deutsche Bauchemie e.V.	2001	Richtlinie für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtungen (KMB) – erdberührte Bauteile
WTA*	1998/2002	Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile

* WTA = Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege

13. Herausgeber

Dieses Merkblatt wird herausgegeben von:

Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff
(FPX),
Odenwaldring 68,
64380 Rossdorf bei Darmstadt
Tel. 06154/803985
Fax 06154/803961

E-Mail: info@fpx-daemmstoffe.de

Internet: www.fpx-daemmstoffe.de

Es basiert auf dem derzeitigen Kenntnisstand der
FPX-Mitgliedsfirmen.

Aktualisierte Auflage 2013

