

Dipl.-Ing. Elmar Boy

Kellerwände und Kellerböden wärmegeklämmt

Sonderdruck aus der Zeitschrift
„das bauzentrum“
Heft 1/2000

BASF

Bauen mit Kunststoffen und neuen Baustoffen

Offizielles Organ
Institut für das Bauen
mit Kunststoffen e.V.
Darmstadt

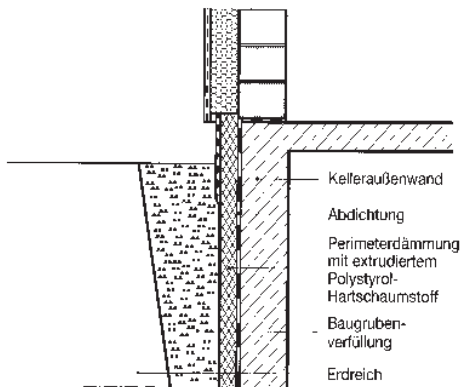


Bild 1:
Kellerwand mit außenliegender Wärmedämmschicht an das Erdreich grenzend (Perimeterdämmung vertikal).

1 Einleitung

Aus jedem beheizten Haus geht Wärme nicht nur durch Außenwände, Dach, Fenster und Türen verloren, sondern auch durch den Kellerboden und durch die Kellerwände. Deshalb ist es sinnvoll, ein Haus auch „unten herum“ zu dämmen. Besonders einfach kann dies beim Neubau auf der Außenseite der Kellerwände und unter dem Kellerboden durchgeführt werden. Aber auch für die nachträgliche Dämmung im Altbau gibt es bewährte Dämm-Lösungen. In den folgenden Ausführungen liegt der Schwerpunkt bei Dämm-Lösungen mit Polystyrol-Hartschaumstoffen.

2 Ausführungsarten des Wärmeschutzes im Kellerbereich

Es gibt verschiedene Ausführungsarten für Wärmedämm-Maßnahmen im Kellerbereich:

- die außenseitige Wärmedämmung von Kellerwänden,
- die außenseitige Wärmedämmung unter nichttragendem Kellerboden,
- die außenseitige Wärmedämmung unter lastabtragenden Bodenplatten,
- die innenseitige Wärmedämmung von Kellerwänden und Kellerböden,
- die Anordnung von Frostschürzen,
- der Frostschutz von Streifenfundamenten.

Bei der Dämmung von Kellerwänden und Kellerböden im Bereich von drückendem Wasser (zum Beispiel im Grundwasserbereich) sind besondere Ausführungsbestimmungen zu berücksichtigen.

Voraussetzung für die Verlegung von Dämmplatten im Kellerbereich ist, daß Kellerwände und Kellerböden aus massiven mineralischen

Baustoffen bestehen, die entweder mit einer Abdichtung versehen sind, oder aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) bestehen. Eine fachgerechte Ausführung der Gebäudeabdichtung wird selbstverständlich ebenfalls vorausgesetzt.

Je nach Feuchtebeanspruchung werden für Kellerabdichtungen nach DIN 18195 [1] verschiedene Lastfälle unterschieden:

- A Bodenfeuchtigkeit in stark wasserundurchlässigen Böden
- B Stau- und Sickerwasser in schwach wasserundurchlässigen Böden
- C Drückendes Wasser, in der Regel Grundwasser.

Bei der Planung ist zu berücksichtigen, daß bei Lastfall B (wenn Stau- und Sickerwasser in schwach wasserundurchlässigen Böden vorliegt) eine Dränanlage vorzusehen ist.

Bei Gebäudeflächen aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) muß keine zusätzliche Abdichtung aufgebracht werden.

2.1 Perimeterdämmung von Kellerwänden

Die außenseitige Wärmedämmung der im Erdkontakt stehenden Hausflächen wird als Perimeterdämmung bezeichnet. In Bild 1 ist die Anordnung der Perimeterdämmung an Kelleraußenwänden schematisch dargestellt. Die Wärmedämmschicht wird auf der Außenseite der Bauwerksabdichtung oder auf dem WU-Beton angeordnet. Die Dämmplatten werden sowohl auf der Kellerwand als auch unter dem Kellerboden dicht gestoßen im Verband verlegt. Zur Vermeidung von Wärmebrücken sind Platten mit Stufenfalz besonders geeignet. Die Perimeterdämmung hat einen wichtigen Nebeneffekt: Durch sie wird die Temperatur an der Innenseite der jeweiligen Kellerwände erhöht. An ungedämmten Kellerwänden stellen sich nämlich im Jahresverlauf je nach Wandbaustoff, Kellerwanddicke und äußeren Umgebungsbedingungen Temperaturen von 12 bis 16 °C ein. Das sind zwar ideale Temperaturen zur Lagerung von Wein, aber von Menschen werden sie als „ungemütlich“ empfunden.

Schlimmer ist jedoch, daß sich an kalten Kellerwänden Tauwasser niederschlagen kann - und das schon ab einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60%. Folge: Im Keller riecht es muffig. Die verständliche Reaktion darauf macht die Sache dann noch schlimmer: Im Hochsommer wird durchgehend gelüftet mit dem Erfolg, daß die besonders hohen absoluten Feuchtegehalte der Sommerluft die kalten Kellerwände noch stärker durchfeuchten. So entsteht im ungedämmten Keller leicht ein „ideales“ Klima für Schimmelbildung.

Die Perimeterdämmung hat außer der Funktion des Wärmeschutzes und der Raumklimaverbesserung noch den zusätzlichen Nutzen, daß sie die Abdichtung des Untergeschosses während der Bauphase und beim Verfüllen der Baugrube wirksam schützt.

2.1.1 Abdichtung des Gebäudes im Kellerbereich

Als Abdichtmaterialien für Kellerwände und Kellerböden können alle in DIN 18 195, Teil 2, [1] aufgeführten Stoffe verwendet werden. Außer-

dem werden in der Praxis auch folgende Abdichtmaterialien eingesetzt:

- kaltverarbeitbare, kunststoffmodifizierte Beschichtungsstoffe auf Basis von Bitumenemulsionen,
- zementgebundene starre oder flexible Dichtungsschlämmen und
- selbstklebende Dichtungsbahnen

Eine Verklebung der Dämmplatten durch Eindrücken in noch nicht getrocknete bituminöse Abdichtungen ist aus folgenden Gründen nicht erlaubt:

- Durch das Eindrücken der Dämmplatten können sich Teile der Abdichtung lösen. Die Dichtigkeit ist dann nicht mehr gewährleistet.
- Abdichtungsmittel auf Kaltbitumenbasis können Lösemittelanteile enthalten, die den Dämmstoff schädigen. Bei Kaltbitumenabdichtungen ist vor dem Anbringen der Dämmschicht eine Abluftszeit von einer Woche empfehlenswert.

2.1.2 Verkleben der Dämmplatten

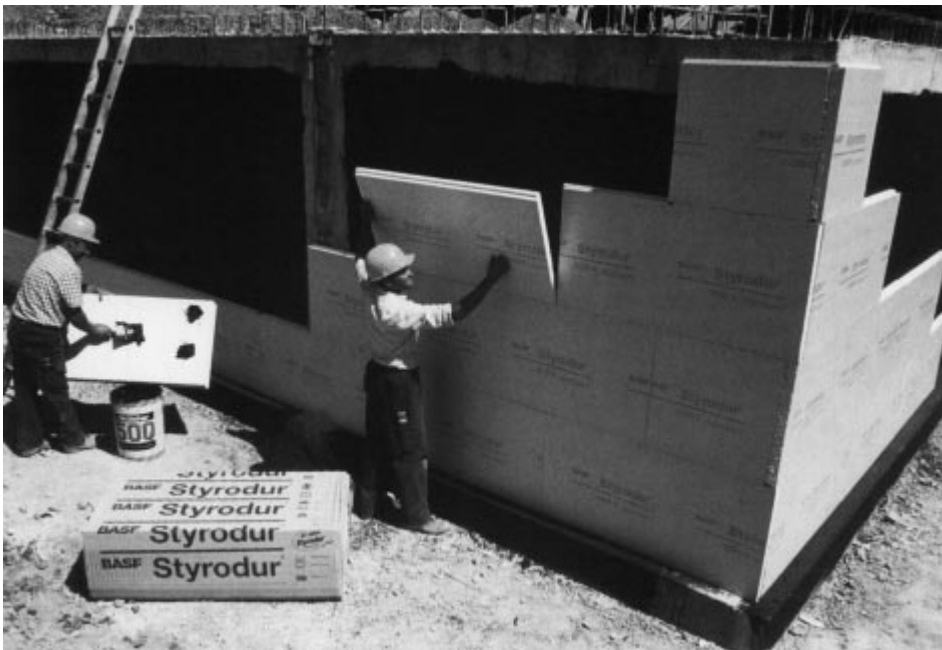
Bis zum Verfüllen der Baugrube müssen die Dämmplatten an der Kellerwand gegen Verschieben oder Verrutschen gesichert werden. Dies geschieht an Wänden durch eine „Montageverklebung“. Die Dämmplatten werden mit sechs Klebepunkten versehen und gegen die abgedichtete Wand geklebt (Bild 2). Diese Verklebung soll die Wärmedämmplatten bis zum Verfüllen der Baugrube in Position halten.

Die Auswahl des Klebers ist abhängig von der Art der Abdichtung. Bei Abdichtungen auf Bitumenbasis oder mit Bitumenbahnen eignen sich lösungsmittelfreie Zweikomponenten-Klebstoffe auf Bitumen-Zement-Basis oder lösemittelfreie Reaktionskleber. Bei WU-Beton sind Baukleber auf Dispersionsbasis zum Verkleben der Dämmplatten geeignet. Bei Abdichtungen mit Kunststoff-Dichtungsbahnen werden die Dämmplatten mit Reaktionsklebern auf Basis von Polyurethan, mit Kontaktklebern oder mit Klebebändern auf die Abdichtung geklebt.

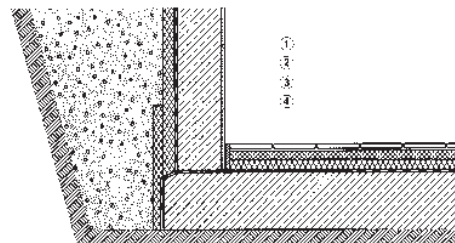
2.1.3 Dränung

Das Vorkommen von Wasser im Boden wird vom Durchlässigkeitsvermögen der jeweiligen Bodenart maßgeblich beeinflusst. Kies und Sand (nichtbindige Böden) sind gut wasserundurchlässig. Anfallendes Oberflächenwasser versickert rasch. Ton und Lehm (bindige Böden) lassen kaum Wasser durch.

Versickerndes Wasser wird an schlecht wasserundurchlässigen Bodenschichten (zum Beispiel Lehm) gebremst. Es fließt auf Lehmschichten zur Baugrubenverfüllung ab und sammelt sich auf der Baugrubensohle. Wenn es dort nicht abfließen kann, staut es sich auf und übt einen von der Stauhöhe abhängigen hydrostatischen Druck auf die Kellerwand aus. Das gestaute Wasser wird so zu Druckwasser, das bei fehlerhafter Abdichtung ins Haus gedrückt wird. Wasseranstau wird durch eine Dränung vermieden (DIN 4095 [2]). Die Dränung dient dabei nicht dem Schutz des Dämmstoffes, sondern dem Schutz des Gebäudes.

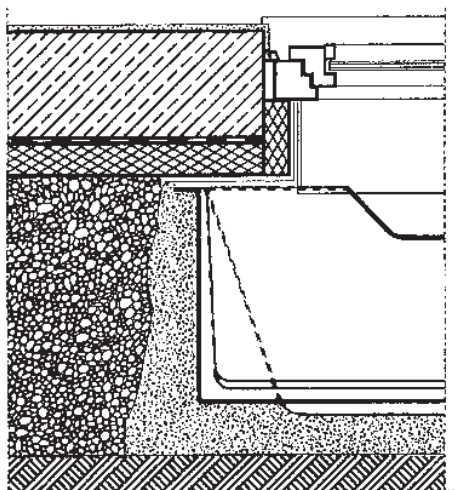


*Bild 2 (oben):
Verkleben von Perimeterdämm-Platten an einer Kellerwand.*

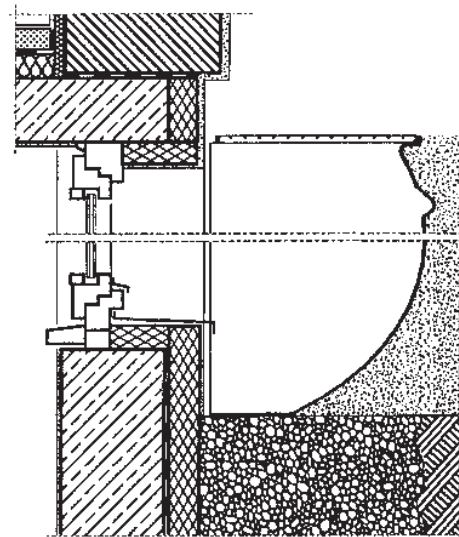


- ① Innenputz
- ② Stahlbetonwand
- ③ Abdichtung
- ④ Styrodur®

*Bild 3 (links):
Fußpunkt der Perimeterdämmung. Die erste Dämmplattenreihe wird auf das Streifenfundament aufgestellt.*



*Bild 4 (unten):
Wärmebrückenfreier Anschluß eines Kunststofflichtschachtes.*



2.1.4 Baugrubenverfüllung

Zum Verfüllen der Baugrube ist Verfüllboden (gleichmäßig gemischtkörniges Sand-Kiesgemisch) lagenweise einzubauen und so zu verdichten, daß die Wärmedämmung nicht beschädigt wird.

Nach DIN 18300 „Erdarbeiten“ [3], ist die Wahl des Auffüllmaterials der Baufirma überlassen. Es kann also auch mit Baugrubenaushub verfüllt werden. Dies schadet Polystyrolhartschaumdämmplatten wegen ihrer hohen Druckfestigkeit und ihrer zähelastischen Konsistenz nicht. Sprödharte Schaumglas-Platten müssen dagegen vor der Baugrubenverfüllung vor Beschädi-

gungen geschützt werden. Eine mindestens 2 mm dicke, vollflächige bituminöse Deckbeschichtung, zweilagig aufgebracht, bietet Schutz. Im frostgefährdeten Bereich muß diese Schutzschicht frostbeständig sein.

Wenn Verfüllgrund mit hohem Lehmanteil naß und in großen Mengen in die Baugrube eingebracht wird, besteht die Gefahr, daß er mit den Dämmplatten „verklebt“. In diesem Fall besteht das Risiko, daß die Haftkraft der Montageverklebung nicht ausreicht, um die Dämmplatten in Position zu halten. Es kann dann zu Plattenverschiebungen und damit zu Wärmebrückenwirkungen in der Dämmschicht kommen. Dies kann dadurch verhindert werden, daß die

Dämmplatten an der Kellerwandsohle auf das Streifenfundament oder auf die überstehende Bodenplatte aufgestellt werden (Bild 3).

Vorbeugend muß in der Ausschreibung die ordnungsgemäße Verfüllung beschrieben werden und der bauleitende Architekt oder Ingenieur muß auf eine entsprechende Ausführung achten. Dadurch ist auch sichergestellt, daß die Dämmplatten durch Setzungenvorgänge des Erdreichs nicht verschoben werden.

2.1.5 Anschlüsse/Abschlüsse

Auch im Bereich von Fenstern muß die Dämmung wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Deshalb werden auch Fensterstürze und Fensterlaibungen gedämmt. Lichtschächte werden so angebracht, daß die Perimeterdämmung nicht unterbrochen wird. Zum Beispiel kann der Lichtschacht vom Gebäude getrennt ausgeführt werden.

Eine einfache, wärmebrückenfreie Lösung wird durch die Verwendung von vorgefertigten Lichtschächten erreicht. Diese werden sowohl aus Beton als auch aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) angeboten. Die Perimeterdämmung kann wärmebrückenfrei bis in die Leibung des Kellerfensters verlegt werden. Der Lichtschacht wird mit 4 Schrauben in Dübeln in der Wand gegen die Dämmung geschraubt (Bild 4).

Auch Kelleraußentritten und Kellerabgänge müssen gedämmt werden. Bei der Kelleraußentreppe ist es sinnvoll, diese vom Gebäude zu trennen und den Zwischenraum zu dämmen. Auch der Kellerabgangsbereich kann auf diese Weise gedämmt werden.

2.1.6 Übergang Perimeterdämmung-Sockel

Um im Sockelbereich konstruktionsbedingte Wärmebrücken zu vermeiden, muß die Wärmedämmung aus dem Perimeterbereich bis zum aufgehenden wärmedämmenden Mauerwerk oder zum außenliegenden Wärmedämm-Verbindungssystem hochgezogen werden. Da die übliche Dämmplattenverklebung im Perimeterbereich nur eine Montageverklebung ist, müssen die Dämmplatten im Sockelbereich zusätzlich verdübelt werden (Bild 5). Falls Dämmplatten mit glatter Schäumhaut eingesetzt wurden, müssen die Platten vor dem Verputzen mechanisch aufgeraut werden.

Werden XPS-Dämmplatten mit thermisch geprägter Oberfläche verwendet, wie zum Beispiel „Styrodur 2800 CS“ können diese im Sockelbereich mit Baukleber verklebt werden. Hierzu werden die Dämmplatten am Rand vollflächig und in der Mitte mit 6 bis 8 Klebepunkten versehen. Nach dem Verputzen der Dämmplatten im Sockelbereich ist darauf zu achten, daß der Putz vor anstehender Nässe geschützt ist. Er darf keine Berührung mit dem angrenzenden Erdreich haben. Erforderlichenfalls sind Schutzmaßnahmen (z.B. Bitumenanstrich, Dränplatten, Noppenfolie) vorzusehen.

2.2 Perimeterdämmung unter nichttragenden Kellerböden

Die Gefahr der Tauwasserbildung besteht auch am ungedämmten Kellerboden, wengleich durch die tiefere Lage und die Erwärmung des

Erdreichs durch das beheizte Haus das Risiko im Vergleich zu den Kellerwänden geringer ist. Um die in der Regel sowieso geringere Raumhöhe des Kellergeschosses durch eine Innendämmung nicht noch weiter zu reduzieren, kann im Neubau unterhalb der Bodenkonstruktion, direkt auf dem Erdplanum verlegt, eine außen-seitige Wärmedämmung vorgesehen werden. In Bild 6 ist die Anordnung der Dämmschicht unter dem nichttragenden Kellerboden schematisch dargestellt.

2.3 Perimeterdämmung unter tragenden Bodenplatten

Auch die Verwendung von XPS-Platten unter tragenden Bodenplatten ist Stand der Technik. Zur Zeit ist die bauaufsichtliche Zulassung hierfür in Bearbeitung.

Der Untergrund, auf den die Dämmplatten aufgelegt werden, muß für die entsprechende Nutzung ausreichend tragfähig und eben sein. Dies wird durch eine Sauberkeitsschicht erreicht, die aus Kiessand oder Magerbeton bestehen kann. Eine gute Verdichtung ist erforderlich. Die Belastbarkeit des Baugrundes ist in DIN 1054 [4] festgelegt.

Auf die Sauberkeitsschicht werden die XPS-Platten mit Stufenfalz in der vorgesehenen Dicke, dicht gestoßen und mit versetzten Fugen verlegt (Bild 7). Durch die hohe Druckfestigkeit und das zäh-elastische Verhalten der XPS-Platten kann es beim Verlegen der Armierungseisen und den nachfolgenden Betonierungsarbeiten nicht zu Schädigungen der Dämmung kommen. Dies gilt sowohl für gewachsenen als auch für geschütteten Boden. Auch bei Fels muß die Auflagefläche für die Dämmplatten so beschaffen sein, daß sie eben aufliegen. Hierzu ist ein Ausgleich aus Beton einzuplanen (Bild 8). Die Bettungsschicht aus Beton muß eben abgezogen sein. Bettungsschichten aus Kies sind hierfür nicht üblich.

2.3.1 Trennfolien

Zwischen den XPS-Platten und der Betonplatte ist eine PE-Folie als Trennlage und Geruchssperre gegen Humus-Stoffe anzuordnen. Bei erhöhter Feuchtebeanspruchung ist zusätzlich eine Feuchtigkeitsabdichtung erforderlich. Diese kann unter oder über der Betonbodenplatte angeordnet werden.

2.3.2 Abdichtung unter der Betonplatte

Beim Einbau von Feuchteabdichtungen ist zu berücksichtigen, daß Bitumenbahnen, deren Stöße mit Heißbitumen verklebt werden müssen, nicht direkt auf XPS-Dämmschichten verwendet werden können. Das XPS würde vom Heißbitumen angeschmolzen. Eine Verklebung mit Kaltbitumen ist nicht empfehlenswert, da das Lösemittel XPS auflöst.

Als Abdichtmaterial kommen Dichtungsbahnen in Frage, die entweder quellverschweißt oder wärmegeschweißt werden können. Bei Verwendung von PVC-Abdichtungsbahnen muß zwischen XPS und PVC ein Trennvlies (zum Beispiel ein Geotextil) verlegt werden, um eine Weichmacherwanderung in den Polystyrol-Hartschaum zu verhindern.

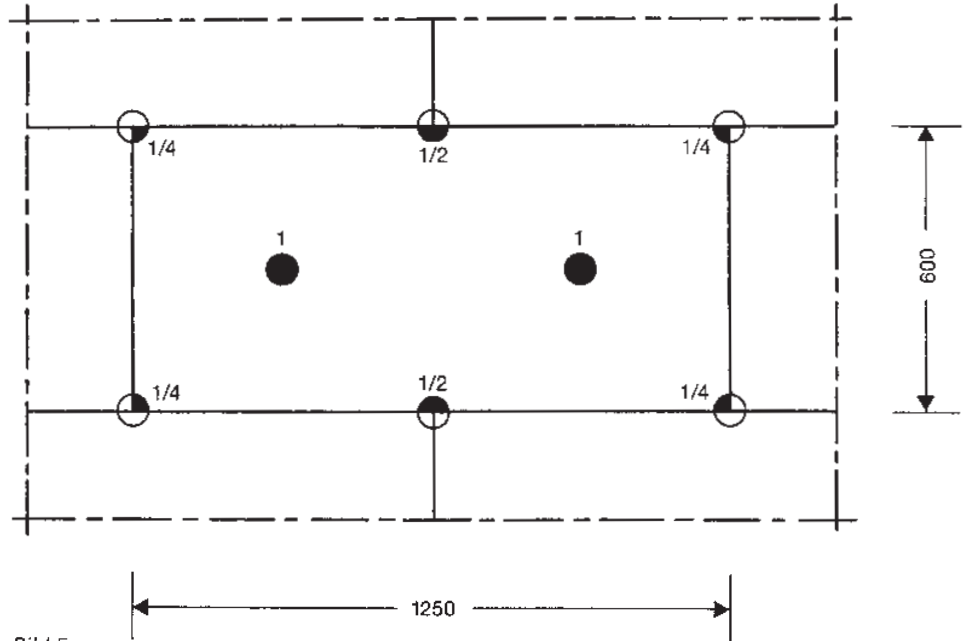


Bild 5: Dübelanzahl (4 Dübel pro Platte) und Dübelanordnung bei nachträglicher Verdübelung von XPS-Platten.

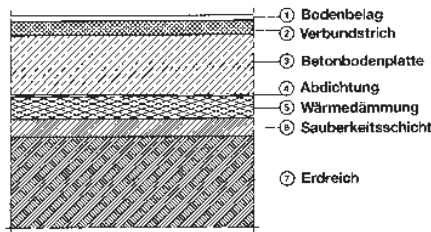


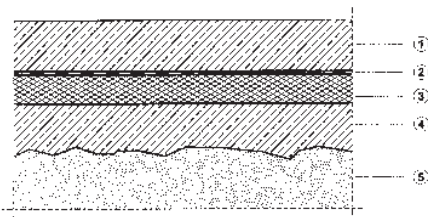
Bild 6 (links): Nichttragender unterer Raumabschluß mit untenliegender Wärmedämmschicht an das Erdreich grenzend.

Bild 7 (unten): Verlegung der XPS-Perimeterdämmplatten mit versetzten Fugen.



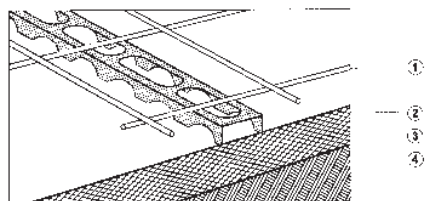
2.3.3 Abstandhalter für die Betonbewehrung

Zur Abstützung der getrennt eingebauten unten- und oberliegenden Baustahlbewehrung müssen Abstandhalter verwendet werden. Diese sind entsprechend geformte Baustahlge- webe, Betonfertigteile oder Kunststoffteile. Die Bewehrung wird auf die Abstandhalter aufge- legt (Bilder 9 und 10).



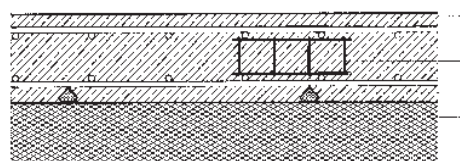
- ① Betonbodenplatte
- ② Abdichtung
- ③ Styrodur[®]
- ④ Magerbeton
- ⑤ Fels

Bild 8:
Ausgleichsschicht aus Magerbeton bei Bau- grund Fels.



- ① Bewehrung
- ② Abstandhalter
- ③ Styrodur[®]
- ④ Erde

Bild 9:
Begehbare Abstandhalter für die waagrechte Bewehrung aus Kunststoff. Durch die Profilhöhe ist die Betonüberdeckungshöhe vorgegeben.



- ① Beton
- ② Baustahl
- ③ U-Korb
- ④ Flächenabstandhalter
- ⑤ Styrodur[®]

Bild 10:
Begehbarer Flächenabstandhalter aus Faserbe- ton für die untere Bewehrung und Baustahlge- webeunterstützungskorb für die obere Bewehrung der Bodenplatte.

2.4 Innendämmung im Kellerbereich

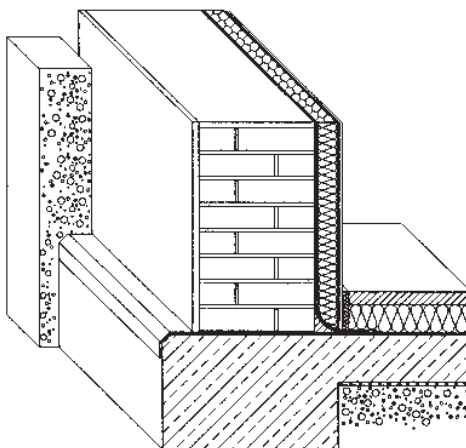
Es ist ratsam, auch bei nicht beheizten Unterge- schossen eine Perimeterdämmung auszu- führen. Bei einer späteren Nutzungsänderung des Kellers ist eine Außendämmung nur mit ei- nem außerordentlich großen Aufwand nach- träglich möglich.

Falls aus irgendwelchen Gründen eine außen- seitige Dämmung nicht möglich ist oder nicht vorgesehen wurde, sollten Kellerwände und Kellerböden innenseitig gedämmt werden. Diese Lösung hat gegenüber der außenseitigen Dämmung einige Nachteile.

Bei Beachtung der Besonderheiten ist die In- nendämmung jedoch immer noch besser als keine Dämmung.

Die Innendämmung verringert natürlich den Wohnraum. Der Bereich, in dem die Kellerdecke auf der Kellerwand aufliegt (Deckenaufleger), stellt bei der Innendämmung der Außenwand praktisch eine Wärmebrücke dar [5].

Bei nichtfachgerechter Ausführung der Innen- dämmung besteht außerdem das Risiko, daß Wasserdampf aus der Raumluft an die durch die innenliegende Dämmschicht kalt gehaltene Kellerwand gelangt. In diesem Fall kann sich dort Tauwasser bilden, das die Wand und den Dämmstoff durchfeuchtet. Schimmelbildung oder Schädigung der Baustoffe und der Kon- struktion können die Folge sein.



Durch Anordnung einer Diffusionsbremse, zum Beispiel einer 0,2 mm dicken PE-Folie auf der warmen Seite der Dämmung kann dieses Risiko minimiert werden. Überlappungen der Folie sind dauerhaft zu verkleben. An den Rändern müssen die Wand- und Deckenanschlüsse durchströmungssicher ausgebildet werden. Da- nach erfolgt die Montage der Innenbekleidung zum Beispiel aus Gipskartonplatten oder Holz- bekleidungen.

Im Bodenbereich wird auf der Dämmlage eben- falls eine Trennlage aus PE-Folien aufgebracht und darauf der Mörtel- oder Trockenestrich ver- legt.

In Bild 11 sind Innendämmungen im Kellerbe- reich schematisch dargestellt.

2.5 Frostschürzen

Zur Frostschutzsicherung können Wärme- dämmschichten in horizontaler Anordnung um das Gebäude herum verlegt werden. Die Dämmlage sollte ca. 40 cm Überdeckung haben. In Bild 12 ist eine derartige Frostschürze sche- matisch dargestellt.

2.6 Fundamentdämmung

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann sowohl eine Sohlplattengründung als auch ein Strei- fenfundament verwendet werden. Die Grün- dungssohle muß frostsicher ausgeführt wer- den, mindestens aber 0,8 m unter Gelände- oberkante liegen.

2.7 XPS-Perimeterdämmung als verlorene Schalung

Streifenfundamente von nicht unterkellerten Gebäuden können auch in vorbereiteten Scha- lungselementen aus XPS-Dämmstoff betoniert

Bild 11 (links):
Innendämmung einer Kellerwand und eines Kellerbodens.

Bild 12 (unten):
Möglichkeiten der Fundamentdämmung eines nichtunterkellerten, beheizten Gebäudes gegen Unterfrieren.

werden. Bei bewehrten Fundamenten wird die notwendige Betonüberdeckung durch flächige Abstandhalter zwischen Dämmung und Bewehrung erreicht.

2.8 Perimeterdämmung im Bereich von drückendem Wasser

XPS-Perimeterdämmplatten können auch im Bereich von ständig oder lang-anhaltend drückendem Wasser (Grundwasser) angewendet werden. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Die Platten dürfen maximal 3,5 m in das Wasser eintauchen.
- Es dürfen nur Platten mit Kantenprofilierung (z.B. Stufenfalz) bis maximal 120 mm Dicke verwendet werden.
- Die Platten müssen dicht gestoßen im Verband verlegt werden.
- Im Bereich von ständig oder langanhaltend drückendem Wasser müssen die Platten vollflächig verklebt sein, um ein Hinterfließen mit Wasser zu verhindern.
- Geeignete Kleber sind heiß oder kalt zu verarbeitende bituminöse Klebemassen oder Zweikomponentenklebemassen, die für Polystyrol-Hartschaumstoff geeignet sind, z.B. Plastikol UDM 2 S, Nr. Sicher 500, Hydrolan DI 2 S, PCI-Pecimor 2 S.
- Die Platten sind dauerhaft gegen Auftrieb zu sichern.

Der Nachweis der Auftriebssicherung im Bereich von ständig oder langanhaltend drückendem Wasser gilt als erbracht, wenn:

- 1 Die XPS-Platten vollflächig mit dem Bauteil verklebt werden und
- 2a bei einer Dicke der Dämmstoffplatten von 120 mm der Grundwasserhöchststand bis 1 m unter Geländeoberkante reicht.
- 2b bei einer Dicke der Dämmstoffplatten von 80 mm der Grundwasserhöchststand bis 0,5 m unter Geländeoberkante reicht.
- 3 konstruktive Vorkehrungen zur Auftriebssicherung getroffen werden, z.B. mechanische Befestigung der obersten Plattenreihe, Haltwinkel etc.

Bei der Bauart „Weiße Wanne„ (wasserundurchlässiger Beton) ist keine zusätzliche Auftriebssicherung erforderlich und der Grundwasserstand darf bis zur Geländeoberkante ansteigen. In Bild 13 ist die Plattenverklebung für die Dämmung im Grundwasserbereich dargestellt.

2.9 Nachträgliche Perimeterdämmung bei Altbauten

Grundsätzlich ist es auch im Perimeterbereich möglich, nachträglich zu dämmen. Derartige Maßnahmen werden wegen des großen Aufwands (die Gebäudeaußenwände müssen freigelegt werden) in der Regel nur im Zuge von notwendigen Sanierungsarbeiten (z.B. wenn eine neue Abdichtung der Kelleraußenwand erforderlich ist) ausgeführt.

Mit geringem Aufwand ist dagegen eine an das Gebäude grenzende, umlaufende, horizontal verlegte XPS-Perimeterdämmung herzustellen (Frostschürze), wenn auch nicht mit dem gleichen Wirkungsgrad wie eine durchgehende vertikale Dämmung der Kellerwand. Eine solche Maßnahme bietet sich besonders an, wenn die Gebäudeaußenwände oberhalb des Terrains



Bild 13: Perimeterdämmung im Grundwasserbereich: Die Platten werden vollflächig verklebt.

mit einem Wärmedämmverbundsystem nachträglich gedämmt werden. Alternativ kommt im Altbau die zuvor beschriebene Innendämmung in Frage.

3 Baurechtliche Situation

Nach DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ wird für bewohnte Gebäude ein Mindestwärmeschutz vorgeschrieben. In der derzeit noch gültigen Ausgabe von DIN 4108 vom August 1981, [7] Teil 2, Abschnitt 5.2.4 „Berechnung des Wärmedurchlaßwiderstandes bei Bauteilen mit Abdichtung“ ist festgelegt, daß bei der Wärmeschutz-Berechnung nur die Schichten innerseits der Bauwerksabdichtung berücksichtigt werden dürfen.

Dies bedeutet, daß bei außenseitiger Dämmung der Kellerwände (Perimeterdämmung) der Wärmedämmstoff einer bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin, bedarf, um beim Wärmeschutznachweis berücksichtigt werden zu können.

In der im Entwurf vorliegenden Überarbeitung dieser Norm vom Juni 1999 [8] wurde der Tatsache bereits Rechnung getragen, daß sich die Anordnung von extrudiertem Polystyrol-Hartschaumstoff und von Schaumglas außerhalb der Abdichtung bewährt hat. Für diese Dämmstoffe ist der Wärmeschutznachweis künftig in der Norm geregelt und bedarf damit künftig keiner gesonderten bauaufsichtlichen Zulassung mehr.

3.1 Wärmeschutznachweis

Für die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten (früher k-Wert, jetzt U-Wert), ist der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe (die Wärmeleitfähigkeitsgruppe des Dämmstoffes) zu verwenden.

Oftmals dient der Keller nicht nur als Abstell- oder Lagerraum, sondern auch als Sauna, Partykeller mit Hausbar, Bastel- oder Hauswerkraum. Manchmal ist sogar eine Wohnraumerweiterung geplant. Wird der Keller zeitweilig oder dauerhaft bewohnt, muß er auch beheizt werden. Für einen beheizten Keller sind Wärmeschutzmaßnahmen nach der Wärmeschutzverordnung vorgeschrieben.

Berechnungen zufolge spart jeder Quadratmeter Perimeterdämmung von bewohnten Kellerräumen je nach Dämmschichtdicke, Wandbaustoff, Innenlufttemperatur und Außenklima jährlich zwischen 100 und 300 Kilowattstunden Heizenergie. Bereits nach zwei bis fünf Jahren sind die Kosten für die Dämmung - einschließlich Material und Installation - durch den verminderten Heizenergieverbrauch ausgeglichen. Im Bereich von industriellen Gebäuden - zum Beispiel Böden von temperierten oder beheizten Lagerhallen, Kühlhallen oder Kühlräumen - lassen sich mitunter noch höhere Energieeinsparungen nachweisen.

3.1.1 Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung des Mindestwärmeschutzes und des Feuchteschutzes von Baukonstruktionen werden die Berechnungsverfahren aus DIN 4108, Teil 4 [9] herangezogen. Zur Dämmschichtdimensionierung dienen auch die Energiebilanzierungsverfahren der Wärmeschutzverordnung [10] und der künftigen Energieeinsparverordnung [11].

3.1.2 Mindestwärmeschutz

Die Mindestwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten sind auch für Kellerwände und Kellerböden in DIN 4108, Teil 2 [7] festgeschrieben. Sie betragen:

- für Außenwände, die an das Erdreich angrenzen: 1,39 W/(m²·K)
- für den unteren Gebäudeabschluß nicht unterkellert: 0,93 W/(m²·K)

Dies entspricht erforderlichen Dämmschichtdicken von 20 bis 40 mm.

3.1.3 Wirtschaftlicher Wärmeschutz

Ein wirtschaftlicher Wärmeschutz ist mit den derzeitigen Energiepreisen bei Dämmschichtdicken zwischen 40 bis 80 mm (im Mittel mit 60 mm) erreichbar. Die Wärmeschutzverordnung vom 22. Juli 1976 und die folgenden Wärmeschutzverordnungen orientierten sich an dem Ziel der Ressourcenschonung und waren damit auf einen wirtschaftlichen Wärmeschutz ausgelegt.

3.1.4 CO₂-Emissionsminderung

Die derzeit geltende Wärmeschutzverordnung [10] geht über den wirtschaftlichen Wärmeschutz hinaus. Angesichts einer drohenden weltweiten Klima-änderung durch die Treibhauswirkung der in der Atmosphäre angereicherten Spurengase, allen voran das aus der Verbrennung fossiler Energieträger stammende CO₂, hat die frühere Bundesregierung mit dem Beschluß vom 7. November 1990 eine 25%ige Reduktion der CO₂-Emissionen, bis zum Jahr 2005, bezogen auf das Jahr 1989, verordnet. Da sich in keinem Energieverbrauchsbereich so einfach und so wirksam Energieverbrauch reduzieren läßt wie im Gebäudebereich durch Wärmedämmung, wurden in der Wärmeschutzverordnung 1995 die Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäude verschärft.

Für kleine Gebäude mit bis zu zwei Wohngeschossen kann der Wärmeschutznachweis nach einem „vereinfachten Nachweisverfahren“ geführt werden. Für erdberührte Außenbauteile ist danach ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,5 W/(m²·K) gefordert. Dies bedeutet, daß bei Kellerwänden und Kellerböden 6 cm dicke Dämmschichten der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 0,035 W/(m·K) erforderlich werden. Beim Wärmeschutznachweis mit dem „Energiebilanzierungsverfahren“ sollten mindestens 8 cm Dämmschichtdicke vorgesehen werden. Unter Fußbodenheizungen muß der Wärmedurchgangskoeffizient 0,35 W/(m²·K) eingehalten werden und damit mindestens 10 cm Dämmschichtdicke der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 0,035 W/(m·K) vorgesehen werden.

3.1.5 Künftige Energieeinsparverordnung

In der derzeit als Referentenentwurf vorliegenden Energieeinsparverordnung [11], mit deren Einführung Mitte 2000 gerechnet wird, soll der Energieverbrauch zur Gebäudebeheizung weiter reduziert werden. Ziel der Verordnung ist, neben der weiteren CO₂-Emissionsreduktion (Klimaschutz), eine nachhaltige Verlängerung des Nutzungszeitraumes der fossilen Energievorräte der Erde zu erreichen (Daseinsvorsorge des Staates). Danach ist für Kellerwände und Kellerböden ein Wärmedurchgangskoeffizient von 0,4 W/(m²·K) einzuhalten. Dies wird mit Dämmschichtdicken von 8 bis 10 cm erreicht.

3.2 Bauaufsichtliche Zulassungen

Bauaufsichtliche Zulassungen liegen für die Anwendung in der Perimeterdämmung für folgende Dämmstoffe vor:

- Extrudierter Polystyrol-Hartschaumstoff (XPS) seit 1980
- Schaumglas seit 1981
- Expandierter Polystyrol-Hartschaumstoff (EPS) seit 1991
- Mineralwolle seit 1993.

3.3 Normen

Da sich extrudierter Polystyrol-Hartschaumstoff und Schaumglas in der Perimeterdämmung bewährt haben, wurde für diese Dämmstoffe die Anordnung der Dämmschicht außerhalb der Bauwerksabdichtung in DIN 4108, Teil 2 aufge-

nommen. Der überarbeitete Normentwurf liegt Fachkreisen seit Juni 1999 als Gelbdruck zur Stellungnahme bis 30. September 1999 vor [8]. Außer der Verankerung der Perimeterdämmung in DIN 4108-2 für die Wärmedämmstoffe XPS und für Schaumglas wird derzeit eine internationale Norm (ISO-Norm) erarbeitet, die den Wärmeschutz im Bereich des Erdkontaktes der Gebäude für alle in Frage kommenden Dämmmaterialien normativ regeln soll [12].

4 Geeignete Wärmedämmstoffe

Ein Dämmstoff, der an der Außenseite der Kellerwände oder gar unter einem Haus eingesetzt werden soll, wird über viele Jahre stark beansprucht:

- Infolge von Niederschlägen ist die Erde zeitweilig feucht
- der Dämmstoff ist dem Erddruck und Verkehrslasten ausgesetzt
- auf den Dämmstoff wirken dauerhaft das Gewicht des Hauses oder dasjenige einzelner Bauteile ein.

Für die Anwendung in der Perimeterdämmung muß ein Wärmedämmstoff außer dem Wärmedämmvermögen eine hohe Druckfestigkeit und ein möglichst geringes Wasseraufnahmevermögen aufweisen. Vorteilhaft ist außerdem, wenn er nicht spröde ist und wenn er auf der Baustelle leicht zugeschnitten und eingebaut werden kann. Von allen in Frage kommenden Dämmstoffen weisen Polystyrol-Hartschaumstoffe für die Perimeterdämmung die beste Eigenschaftenkombination auf. Bei hoher Druck- und Feuchtebeanspruchung ist XPS die bessere Lösung.

4.1 Anforderungen an Wärmedämmstoffe

Je nach Anforderungen aus den Bauwerkslasten, Einbautiefe, Verkehrslasten, Bodengegebenheiten und Wasserbeanspruchung werden an den Dämmstoff unterschiedliche Anforderungen gestellt, hinsichtlich Wärmedämmvermögen, Druckfestigkeit und Wasseraufnahme.

4.2 Wärmedämmvermögen verschiedener Dämmstoffe

Je nach Material, geforderter Druckfestigkeit und Dämmplattendicke werden Dämmstoffe in den Wärmeleitfähigkeitsgruppen 0,030 bis 0,055 W/(m·K) angeboten. In Tabelle 1 sind die für verschiedenen Wärmeleitfähigkeitsgruppen in verschiedenen Dämmschichtdicken an einer 20 cm dicken Betonwand erzielbaren U-Werte (früher k-Werte) angegeben.

Der von BASF für die Perimeterdämmung hergestellte XPS-Schaumstoff „Styrodur, C“ steht in der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 0,030 W/(m·K) nicht zur Verfügung, bietet im Vergleich zu alternativen XPS-Marken, die mit HFCKW hergestellt werden, jedoch zwei zusätzliche ökologische Vorteile:

- „Styrodur C“ hat kein Ozonabbaupotential
- „Styrodur C“ hat kein zusätzliches Treibhauspotential.

Zum Ausgleich für eventuell etwas höherer Feuchteaufnahme bei EPS-Dämmstoffen ist in den bauaufsichtlichen Zulassungen von PS 30 SE (EPS) ein Zuschlag von 0,04 W/(m²·K) zum

U-Wert festgelegt. Das bedeutet praktisch, daß eine höhere Dämmschichtdicke zur Kompensation der eventuellen Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit infolge Feuchteaufnahme vorzusehen ist (Tabelle 1).

4.3 Wasseraufnahme

Polystyrol-Hartschaumstoffplatten nehmen sowohl im direkten Kontakt zu Wasser als auch durch Wasserdampfdiffusion praktisch keine Feuchte auf. Durch die geringe Feuchteaufnahme wird das Wärmedämmvermögen der Platte praktisch nicht beeinträchtigt.

In Tabelle 2 wird die Wasseraufnahme von EPS und XPS gegenübergestellt.

U-Wert (k-Wert)	Erforderliche Dämmschichtdicke in mm auf 10 mm gerundet					
	Wärmeleitfähigkeitsgruppe in W/(m ² ·K)					
W/(m ² ·K)	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055
0,50	60	60	70	80	90	100
0,46*	60	70	80	90	10	110
0,40	70	80	90	110	120	130
0,36*	80	90	100	120	140	150
0,30	100	110	130	140	160	170
0,26*	120	130	150	170	190	210

* ΔU von 0,04 W/(m²·K) berücksichtigt

Tabelle 1:
Erforderliche Dämmschichtdicken zur Erzielung des geforderten U-Wertes

XPS - oder EPS-Typ	Wasseraufnahme durch Unterwasserlagerung bei Temperaturwechsel nach 28 Tagen in [%]
XPS: ohne Schäumhaut mit Schäumhaut	< 0,5 < 0,3
EPS: PS 30 SE	1,0 bis 3,0

Tabelle 2:
Wasseraufnahme von XPS und von EPS durch
Unterwasserlagerung bei Temperaturwechsel
(20 °C / 40 °C / 20 °C) nach 28 Tagen.

4.4 Druckfestigkeit

Die XPS-Perimeterdämmplatten werden für verschiedene Beanspruchungen in der Anwendung in verschiedenen Druckfestigkeitsnennwerten von 0,3 bis 0,7 N/mm² angeboten, EPS-Produkte für die Perimeterdämmung mit 0,15 bis 0,25 N/mm². Für XPS wird derzeit eine Mindestdruckspannung/Druckfestigkeit von 0,3 N/mm² gefordert. Bei geringeren Druckfestigkeiten von EPS ist bei dessen Anwendung in der Perimeterdämmung eine Verkehrslastbeschränkungen zu berücksichtigen.

4.4. Zulässige Druckspannungen

Die auf die Perimeterdämmung einwirkenden Lasten, ob ruhende oder Verkehrslasten, dürfen die nach DIN EN 1606 [13] ermittelten zulässigen

gen Dauerdruckspannungen nicht überschreiten. Tabelle 3 enthält eine Übersicht der zulässigen Dauerdruckspannungswerte.

Bei einer Dauerbelastung mit rund 25 Tonnen pro Quadratmeter vermindert sich das Volumen einer hochdruckfesten „Styrodur C“-Platte in einem Zeitraum von 20 Jahren beispielsweise um weniger als zwei Prozent.

4.4.2 Einbautiefen

An der Kellerwand erfolgt die größte Druckbeanspruchung des Dämmstoffes durch den Erddruck. Mit zunehmender Einbautiefe nimmt der Erddruck auf die Wärmedämmplatten zu. Für große Einbautiefen stehen die hochdruckfesten Materialtypen zur Verfügung.

In Tabelle 3 sind die für die unterschiedlichen Dämmstoffe und Platten-Typen zulässigen Einbautiefen angegeben. Sie beziehen sich auf den ungünstigsten Lastfall „Erdrückdruck bei schluffigem Sand“. In Abhängigkeit von der Wichte ρ und dem Scherwinkel φ' des Sandes ergibt sich von der Einbautiefe h abhängig folgender Erdrückdruck:

$$e_0 = \rho \times h \times (1 - \sin \varphi') \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Mit den Materialkennwerten für schluffigen Sand: $\rho = 20 \text{ kN/m}^3$, $\varphi' = 29^\circ$

wird $e_0 = 10,3 \times h \text{ [kN/m}^2\text{]} = 0,0103 \times h \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Für die verschiedenen XPS-Typen ergeben sich daraus zulässige Einbautiefen von 9 bis 24 m, für EPS-Produkte PS 30 SE maximal 3 m Einbautiefe und für ein spezielles EPS-Perimeterprodukt mit 35 kg/m^3 Rohdichte 6 m Einbautiefe.

4.4.3 Dynamische Beanspruchung

Sowohl bei horizontalem als auch bei vertikalem Einbau kann die XPS-Perimeterdämmung auch dynamischer Beanspruchung durch z.B. Verkehrslasten ausgesetzt sein. Für „Styrodur C“ wurde das Materialverhalten nach mehreren Millionen Lastwechseln zwischen einer oberen und unteren Belastung überprüft. Dabei zeigten sich keinerlei Materialermüdungserscheinungen.

4.4.4 Punktlasten

Bei der Horizontalanwendung können auf die XPS-Perimeterdämmplatten auch Punktlasten einwirken. XPS- und EPS-Dämmplatten werden bei Punktlasten nur lokal eingedrückt, ohne die Dämmplatte weiter zu beschädigen und ohne ihre Funktion als Dämmschicht zu beeinträchtigen.

4.5 Beständigkeit gegen Huminsäuren

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

4.6 Beständigkeit gegen Ungeziefer

Polystyrol-Hartschaumstoffe bilden keinen Nährboden für Mikroorganismen; sie verrotten nicht. Nagetieren oder anderem Ungeziefer können sie nicht als Nahrung dienen, diese könnten sich aber darin einnisten.

Dämmstoff	XPS	XPS	XPS	EPS	EPS	Schaumglas	Schaumglas
Rohdichte [kg/m ³]	30	35	45	30	35	125	165
Zulässige Dauerdruckspannung [N/mm ²]	0,10	0,18	0,25	0,09	0,12	0,20	0,48
Maximale Einbautiefe [m]	9	17	24	3 ^b	6	19	46

^b Lotrechte Verkehrslasten von mehr als 5 kN/m² auf dem angrenzenden Gelände müssen mindestens 3 m Abstand von der Wärmedämmung einhalten.

Tabelle 3:

Dauerdruckfestigkeiten und maximale Einbautiefen der verschiedenen Dämmstoffe.

5 Zusammenfassung

Die Wärmedämmung von Kellerwänden und Kellerböden sollte im Neubau in jedem Fall vorgesehen werden, auch wenn anfangs eine Beheizung und Bewohnung von Kellerräumen noch nicht vorgesehen ist. Die außenseitige Anordnung der Dämmschicht, die Perimeterdämmung, bietet im wesentlichen zwei Vorteile, nämlich zum einen eine Verringerung des Heizenergieverbrauchs und zum anderen eine Verbesserung des Klimas in den Kellerräumen.

Literatur

- [1] DIN 18195: Bauwerksabdichtungen. Ausgabe (08.83)
Teil 1: Allgemeines, Begriffe
Teil 2: Stoffe
Teil 3: Verarbeitung der Stoffe
Teil 4: Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit; Bemessung und Ausführung
Teil 5: Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser; Bemessung und Ausführung (02.84).
Teil 6: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser; Bemessung und Ausführung (08.83).
Teil 10: Schutzschichten und Schutzmaßnahmen (08.83). Beuth-Verlag GmbH, Berlin 1983 und 1984.
- [2] DIN 4095: Dränung zum Schutz baulicher Anlagen. Planung, Bemessung und Ausführung. Beuth-Verlag GmbH, Berlin, Ausgabe Juni 1990
- [3] DIN 18 300: Erdarbeiten. VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Beuth-Verlag GmbH, Berlin, Ausgabe Dezember 1992
- [4] DIN 1054: Baugrund. Zulässige Belastung des Baugrunds (11.1976)
- [5] Hauser, G.; Stiegel, M.: Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1990
- [6] DIBt Z-23.5-223
- [7] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. Teil 2: Wärmedämmung und Wärmespeicherung; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung. Ausgabe August 1981. Beuth-Verlag, Berlin (1981)
- [8] E-DIN 4108-2: 1999-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärme-

schutz. Entwurf Juni 1999. Vorgesehen als Ersatz für Ausgabe 1981-08. Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN, Berlin (1999)

- [9] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. Teil 4, Ausgabe August 1981. Beuth-Verlag, Berlin (1981)
- [10] Ohne Verfasser: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden. (Wärmeschutzverordnung - Wärmeschutz V) Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 55. Seiten 2121-2132, 16.08.1994
- [11] Ohne Verfasser: Referentenentwurf: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) Entwurf 1. April 1999.
- [12] prDIN EN ISO 13793: Wärmeschutz, Gebäudegründungen, Schutz gegen Frosthebungen (1999)
- [13] DIN EN 1606: Wärmedämmstoffe für das Bauwesen, Bestimmung des Langzeitkriechverhaltens bei Druckbeanspruchung. Beuth-Verlag, Berlin (1987)
- [14] DIN 18164: Schaumstoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen. Teil 1: Dämmstoffe für die Wärmedämmung (08.1992)
- [15] Ohne Verfasser: Bauregelliste A und Liste C - Ausgabe 96/1 - Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 27. (1996), Sonderheft 13, S. 1-77

Anmerkung der Redaktion:

Der vorstehende Beitrag ist die schriftliche Fassung eines Vortrags, des Dipl.-Ing. Elmar Boyr anlässlich der IBK-Bau-Fachtagung 246 in Darmstadt gehalten hat. Diese Tagung, die am 29. und 30. September 1999 stattgefunden hat, stand unter dem Thema „Gebäudehülle 2000 – hochleistungsfähig – nach neuen Anforderungen“. Die schriftlichen Fassungen der 20 bei dieser Tagung gehaltenen Vorträge mit den wichtigsten Tabellen und Grafiken hat das IBK in einem Tagungshandbuch zusammengefasst. Es hat einen Umfang von ca. 190 Seiten im Format DIN A4 und kann zum Preis von 110,- DM für Nichtmitglieder bzw. 70,- DM für IBK-Mitglieder zuzüglich Versandkosten und 7 % MwSt. beim IBK bestellt werden.

Schriftliche Bestellungen bitte an:
IBK, Osannstraße 37, 64285 Darmstadt,
Fax: 06151/421560,
E-Mail: ibk-darmstadt@t-online.de