

Funktionale Aspekte von Lehmbaustoffen bei der Innendämmung

Einleitung

Innendämmungen aus oder mit Lehm stehen in dem Ruf, bauphysikalisch für die spezifischen Anforderungen sehr geeignet zu sein. Tatsächlich haben Lehmbaustoffe diesbezüglich bemerkenswerte Eigenschaften: Sie sorbieren Luftfeuchtigkeit, sind diffusionsoffen und kapillar leitfähig. Zusammen mit den moderaten thermischen Eigenschaften resultieren daraus fehlertolerante Systeme bezüglich Planung, Ausführung und Nutzung. Das besondere Erhärungsverhalten sorgt für sichere, aber reversible Verbindung mit den Bestandaußenwänden. Der Beitrag erläutert die Wirkungsmechanismen, stellt die wichtigsten drei Innendämmarten mit Lehmbaustoffen vor und schließt mit einem außergewöhnlichen Anwendungsbeispiel.

Dynamische Feuchtesorption

Wie bei allen porenhaltigen Baustoffen gibt es bei tongebundenen Baustoffen in Korrespondenz zur Umgebungsluftfeuchte Kondensationsvorgänge in der Porenstruktur. Diese reversible Einlagerung von Feuchte wird als Luftfeuchtesorption bezeichnet. Zusätzlich zu dem porenbedingten Sorptionsvermögen wirken die lokalen Ladungsdifferenzen an den inneren und äußeren Oberflächen der Tonminerale anziehend auf Wassermoleküle aus der Umgebung. Bei tongebundenen Baustoffen gibt es also einen zusätzlichen und mineralogisch begründeten Anteil an der Luftfeuchtesorption.

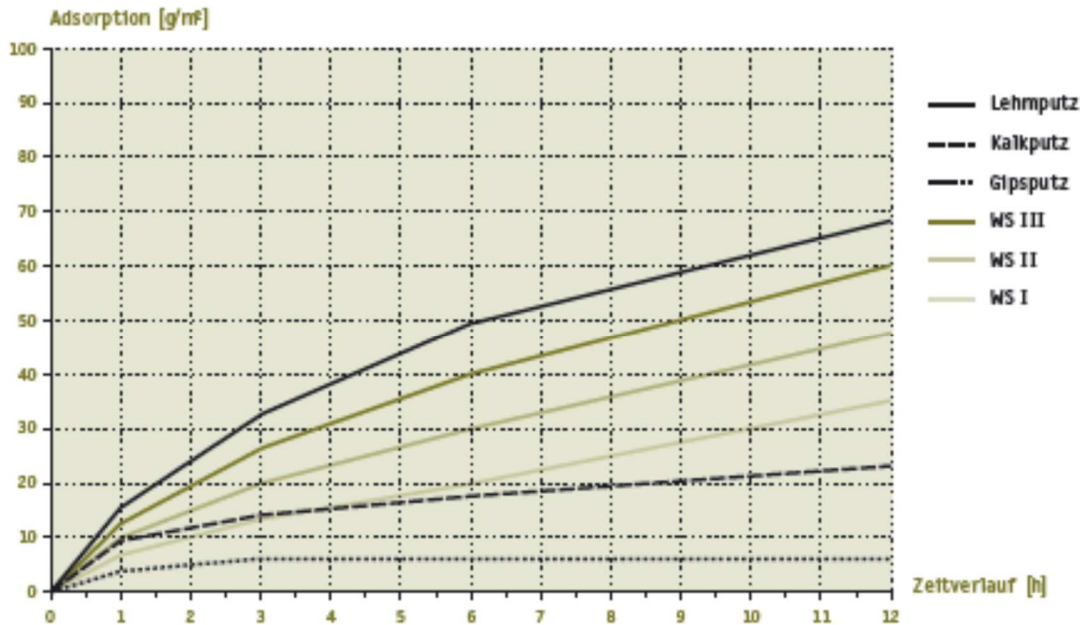
Die dynamische Feuchtesorption ist ein Maß zur Beschreibung der Wasserdampf-Aufnahmefähigkeit von Baustoffschichten unter Berücksichtigung des Zeitfaktors. Zur Beurteilung von Lehmputzen werden beispielsweise 1,5 cm dicke Prüfkörper im Ausgleichsfeuchte-Zustand (bei 50 % R. L.) einer relativen Luftfeuchte von 80 % ausgesetzt. In DIN 18945 und 18947 ist das genaue Prüfverfahren beschrieben.

Dort werden drei Wasserdampfadsorptionsklassen definiert. Die Werte unten geben, wie allgemein üblich, die Massezunahme in g/pro m² nach 12 Stunden an. Lehmputzmörtel, die einen geringen Anteil an sorptionsfähigen Dreischichttonmineralen haben oder insgesamt sehr mager sind, weisen mit ca. 30 g/m² die Feuchtesorption von reinen Kalkmörteln auf. Im Mittel liegt die Feuchtesorptionsfähigkeit zwischen 50 und 70 g/m². Putzmörtel oder andere Baustoffe aus

Lehm sind somit außergewöhnlich stark sorptionsfähige Baustoffe. Vergütete Gipsputze weisen Werte zwischen 6 und 10 g/m² auf. Lehmsteine mit hohem Anteil an Dreischichttonmineralen sorbieren bis 130 g/m². Beton hat eine Sorptionsfähigkeit von ca. 30 g/m².

Grafik 1:

Mindestwerte der Wasserdampfsorptionsklassen WS I bis III und typische Sorptionskurven von Lehm-, Kalk- und Gipsputz



Wasserdampfdiffusionswiderstand

DIN 4108 gibt für Lehmbaustoffe pauschal das Wertepaar 5/10 an. 2009 ergaben Reihenuntersuchungen nach DIN EN ISO 12572 an 11 verschiedenen repräsentativen Lehmputzen an der *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung* (BAM) bei der *Nassmessung* Werte zwischen 8 und 12 (Mittelwert 10) und bei der *Trockenmessung* Werte zwischen 12 und 20 (Mittelwert 17). Die Werte dieser Lehmputze liegen mit im Mittel 10/17 offensichtlich etwas höher als die der allgemeinen DIN-Angabe. Insgesamt gilt aber, dass Lehmbaustoffe sehr diffusionsoffen sind. Zum Vergleich: Die Werte 5/10 werden in der DIN auch für Mauerwerk aus Porenbetonsteinen und Hochlochziegel angegeben. Für hartgebrannte Voll- und Hochlochklinker werden 50/100 angenommen, für Beton abhängig von der Rohdichte 60/100 - 80/130. Bei Folien liegen die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen zwischen 1000 und 50000.

Kapillare Leitfähigkeit

Die Wasseraufnahmekoeffizienten werden bei Lehmbaustoffen mit minimal 1,2 kg/m²h^{0,5}, im mittleren Bereich mit 6,0 - 13,4 kg/m²h^{0,5} angegeben. Lehmbaustoffe haben damit eine sehr hohe kapillare Leitfähigkeit. Bei Kalk- und Gipsmörtel ist die Wasseraufnahme 2,4 kg/m²h^{0,5}, bei Porenbeton 2 - 6 kg/m²h^{0,5}, bei KS-Steinen 3 - 8 kg/m²h^{0,5} und bei Vollziegel mit einer Rohdichte von 1800 kg/m³ 12 - 30 kg/m²h^{0,5}.

Wärmeleitfähigkeit

Die geringste erreichbare Wärmeleitfähigkeit von Leichtlehm liegt knapp oberhalb der Grenze von 0,1 W/mK, bis zu der Baustoffe als Dämmstoffe gelten. Üblich werden (von der Rohdichte abhängige) Tabellenwerte von 0,17 W/mK an aufwärts erreicht. Wiederum zum Vergleich: Dämmstoffe weisen in der Regel 0,03 – 0,06 W/mK auf, Holz 0,13 – 0,20 W/mK. Bis zur Rohdichte von 2000 kg/m³ erhöhen sich die Wärmeleitfähigkeitswerte der Lehmbaustoffe auf 1,1 W/mK, sie sind damit mit anderen Massivbaustoffen mit ähnlicher Rohdichte vergleichbar.

Auswirkungen der hygrothermischen Eigenschaften

Lehmbaustoffe können große Mengen Wasser in ihre Poren- und Mineralstruktur einlagern und zwischenspeichern. Dieses Wasser liegt nicht in flüssiger Form vor, es ist im Baustoff gebunden und bildet für Mikroorganismen wie Schimmelpilze oder Bakterien keine oder eine nur sehr eingeschränkte Existenzgrundlage. Bevor bei einem Kondensat-Ereignis Tauwasser ausfällt, wird eine große Wassermenge in Form von Wasserdampf aufgenommen, um bei trockenen Umgebungsbedingungen wieder abgegeben werden zu können. Somit entschärfen Lehmbaustoffe die Tauwasserproblematik wesentlich.

Die Diffusionsoffenheit der Lehmbaustoffe führt zu einer nur denkbar geringen Trocknungshemmung durch Lehmbauteile. Die Begünstigung schneller Austrocknung ist nicht nur für den Fall von Kondensatbildung im Bauteil wichtig. Hierbei geht es oft um nur geringe Mengen, deren potentiell schädigende Wirkung vielfach überschätzt wird. Andere Feuchtigkeitsquellen wie die Bewitterung sind bezüglich Menge und Auswirkung meist viel wichtiger. Außenwände insbesondere aus historischen und/oder natürlichen Baustoffen können Feuchtebelastungen in bestimmtem Umfang widerstehen, sofern sie immer wieder schnell austrocknen können.

Die hohe kapillare Leitfähigkeit von Lehmbaustoffen sorgt im Fall von Wasserangriff oder -bildung für weiträumige Verteilung innerhalb des Gefüges und zur Ableitung zu den Oberflächen. Beides begünstigt die Verdunstung. Die kapillaren Transportmechanismen sind sehr starke Faktoren für den Feuchteschutz von Bauteilen.

Die Wärmeleitung von Lehmbaustoffen ist je nach Rohdichte zwar unterschiedlich, liegt aber allgemein und im Vergleich zu anderen Baustoffen im mittleren Bereich, sie ist weder sehr hoch noch sehr niedrig. Somit werden einerseits keine Wärmebrücken begünstigt, andererseits ist die Neigung zur Tauwasserbildung gering. Weiterhin bleiben Temperaturdifferenzen zu den Oberflächen und an Kontaktflächen anderer Bauteile moderat.

Aus alledem ergibt sich, dass die in der Zusammensetzung die oft schlichten historischen oder neuen Lehmgemische hygrothermisch gesehen von sehr robuster Qualität sind. Das gilt zum einen für Bestandsbauteile wie Massivaußenwände oder Fachwerkausfachung aus Lehm. Sie können auch bei Bewitterung Jahrhunderte alt werden und sogar zum Schutz anderer Bauteile beispielsweise aus Holz beitragen. Zum anderen macht es sie für Innendämmkonstruktionen geeignet, weil sie aufgrund ihrer hygrothermischen Eigenschaften und Reserven bemerkenswert fehlertolerant sind. Diese Qualität ist hoch zu schätzen: Der Planung stehen oft zwangsläufig nur ungenaue Parameter für den Bestand zur Verfügung, die Ausführung verläuft gerade im Altbau oft keineswegs mustergültig wie gezeichnet und ausgeschrieben, auch die Nutzerverhalten können stark variieren.

Innendämmungen auf Bestandsputzen aus Lehm

Innengedämmte Bauteile bedürfen eines Feuchteschutznachweises. Die „Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.“ (WTA) hat dazu eine anerkannte Richtlinie herausgebracht, das Merkblatt 6-4 (2009) „Innendämmung nach WTA: Planungsleitfaden“.

Zentraler Bestandteil dieses Merkblatts ist ein vereinfachtes Nachweisverfahren, mit dem unter bestimmten Voraussetzungen auf einen exakten rechnerischen Nachweis verzichtet werden kann. Danach wird in einem zweigliedrigen Verfahren – getrennte Betrachtung des Schlagregeneintrages und des Tauwasserrisikos – in Abhängigkeit der thermischen Verbesserung und des Diffusionswiderstands des Innendämmsystems eine Vielzahl von Konstruktionen frei gegeben, ohne dass ein Einzelnachweis geführt werden muss. Als zentrale Kenngrößen werden betrachtet:

- Der mit der Innendämmung eingebrachte zusätzliche **Wärmedurchlasswiderstand ΔR_i**
- Der mit der Innendämmung (bis zur Tauebene) eingebrachte zusätzliche **Diffusionswiderstand s_{di}**

Vereinfacht gesagt gilt: Je mehr Dämmung (ΔR_i), desto diffusionsdichter müssen die neu eingebrachten Bauteilschichten (s_{di}) sein. Das Verfahren differenziert aber auch je nach hygrischer Eigenschaft des Untergrunds. Kann der Untergrund entstehendes Kondensat mit speichern und absorbieren, so genügt in aller Regel ein s_{di} -Wert von nur 1 m. (Nähere siehe „Praxishandbuch Innendämmung“ des „Fachverband Innendämmung e.V.“ (FVID), Köln 2016). Historische Lehmputze sind aufgrund ihrer oben beschriebenen Eigenschaften demnach generell gute, das heißt unproblematische Untergründe für die Innendämmung.

Mechanische Aspekte des Anschlusses

Wenn die Innenflächen der Bestandsaußenwände aus Massivlehm, Strohlehm oder Lehmputz bestehen kann empfohlen werden, für den weiteren Aufbau bei diesem Material zu bleiben. Die meist um ein Mehrfaches höhere Festigkeit anderer Materialien führt leicht zu Spannungen, aus denen Schäden resultieren können. Alternativ müssen die Lehmoberflächen mit Mitteln der Bauchemie verfestigt werden, mit nicht immer gutem Ergebnis. Das analoge Erhärtungsverhalten der Baustoffe des Bestandes und der Ergänzung ist eine ebenso einfache wie sichere Garantie für eine dauerhafte Verbindung.

Erhärtungsverhalten von Lehm in der Ansetz-Ebene, Reversibilität

Lehmstoffe sind wasserlöslich: Je mehr Wassermoleküle zwischen und in die Tonmineralstruktur eindringen, umso geringer wird die Festigkeit des Gefüges bis hin zur plastischen Formbarkeit. Entweicht das Wasser, verstärken sich die Bindungskräfte wieder. Die Dauer des Wasserentzugs ist für die Endfestigkeit des Baustoffes nur von untergeordneter Bedeutung. Anders als Gips, Kalk oder Zement muss Lehm kein Anmachwasser halten, um chemische Umwandlungsprozesse zu ermöglichen und dadurch fest zu werden. Eine Klebung aus Lehmmörtel wird auch bei sehr schnellem Wasserentzug beispielsweise durch stark saugende Bestandspitze verlässlich fest, auch langsamer Wasserentzug ist unproblematisch. Andere Materialien erreichen ein so sicheres Erhärtungsverhalten nur durch bauchemische Zusätze, oft mit Auswirkungen auf die Diffusionsoffenheit.

Zu bedenken ist, dass bei der wasserlöslichen Bindung sämtliches Anmachwasser aus dem Lehmgefüge entweichen muss, bei anderen Mörteln wird ein Großteil des Wassers chemisch umgewandelt. Darum dürfen nass eingebrachte Lehmschichten zwischen Bestandswand und Innendämmung nicht zu dick sein, die langwierige Trocknung könnte andernfalls zu Feuchteschäden führen.

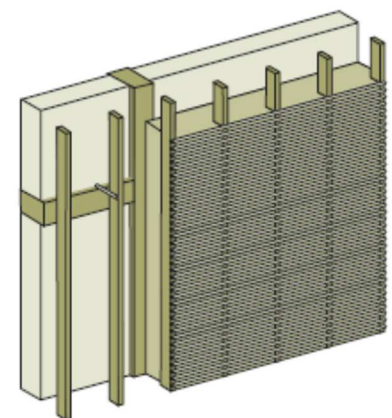
Als Vorteil gilt die Wasserlöslichkeit insbesondere in der Denkmalpflege wegen der Reversibilität. Lehmschichten können in späterer Zeit mit Wasser wieder gelöst und abgewaschen werden ohne dass der Bestand dadurch geschädigt würde.

Techniken der Innendämmung aus und mit Lehm

Aus der Vielzahl der Möglichkeiten haben sich in den vergangenen Jahrzehnten drei Haupttechniken herausgebildet, die im Folgenden beschreiben werden. Gemeinsam ist ihnen, dass Hohlräume und Hinterlüftung vermieden werden. Alle Schichten sind auf ganzer Fläche kapillar kontaktschlüssig miteinander verbunden. Die Plastizität der Lehmstoffe und ihre einfache Handhabung erleichtern solche Konstruktionen ohne unangemessen großen handwerklichen Aufwand.

Schalen aus feucht eingebautem Leichtlehm

Leichtlehmschalen bestehen aus einem vertikalen Lattengerüst und einer Leichtlehmfüllung. Das Lattengerüst dient zur Montage einer Schalung. Der Hohlraum zwischen Verschalung und bestehender Außenwand wird mit einem erdfeuchten bis plastischen Gemisch aus Lehm und Leichtzuschlägen gefüllt.



Grafik 2: Wandaufbau Leichtlehmschale

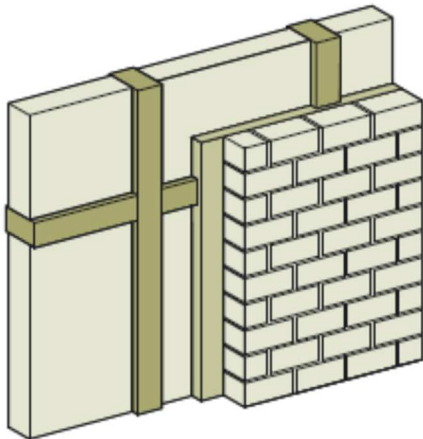
In der Regel werden Leichtlehmschalen nach der Austrocknung verputzt. Für die Schalung und als Putzträger sind Schilfrohmatten besonders gut geeignet. Sie erlauben die Qualitätskontrolle der Verfüllung, behindern die Trocknung kaum und bieten dem nachfolgenden Putz guten Halt. Leichtlehm kann nach der Trocknung auch mit Trockenbauplatten bekleidet werden.

Leichtlehm ist durch eine Rohdichte $\leq 1200 \text{ k/m}^3$ definiert. Nach der Art der Zuschläge wird zwischen organischen und mineralischen Leichtlehmen unterschieden. Üblich sind Holz-, Blähton- oder Blähglaslehtlehm. Die am Markt verfügbaren Sorten werden meist einbaufertig geliefert. Organische Leichtlehme haben eine begrenzte Haltbarkeit, ihr Einbau muss unverzüglich ohne längere Lagerzeiten erfolgen.

Ein Vorteil der Leichtlehmschalen ist die Anpassungsfähigkeit auch an große Ebenenversprünge der Bestandsflächen. Die in Schütttechnik eingebauten Schalen können an einer Stelle dick, an anderer Stelle dünn ausgeführt werden. Ferner ist ihre Anwendung aufgrund ihrer bauphysikalischen Eigenschaften auch in schwierigeren Fällen ausreichend sicher. Nachteile sind die hohe Feuchtigkeitsbelastung des Bestandes nach dem Einbau, die lange Trockenzeit und die ggf. beachtliche Schalendicke.

Schalen aus Leichtlehm-Mauerwerk

Grafik 3: Wandaufbau Mauerwerksschale



Die Mauerwerksschalen werden in üblicher Mauertechnik an der Innenseite der Außenwand als wärmedämmende Vorsatzschale ausgeführt. Besondere Bedeutung kommt der hohlraumfreien Verfüllung der Schalenfuge zwischen Innenschale und Bestandswand zu. Wichtig: Die nass verfüllte Schalenfuge darf aus Trocknungsgründen nicht zu dick sein, bei mehr als einem Zentimeter Abstand muss die Bestandswand zuvor beigeputzt werden, die entsprechende Lage muss vor der Ausführung des Mauerwerks austrocknen. Ein sicherer Lastabtrag der Innenschalen muss gewährleistet sein. Dies ist besonders bei mehrgeschossigen Bestandskonstruktionen zu beachten. Das Mauerwerk wird stets per Maueranker mit dem Bestand verbunden, auch damit es beim Verfüllen der Schalenfuge nicht ausweicht. Nach Trocknung werden die Wände wie andere Massivbaustoffuntergründe verputzt.

Leichtlehmsteine sind ab einer Rohdichte $\geq 700 \text{ k/m}^3$ verfügbar. Sie werden mit speziellen Leichtmauermörteln aus Lehm vermauert.

Der Vorteil des Leichtlehm-Mauerwerks ist die Ausführung in üblicher und verbreiteter Mauerwerkstechnik. Die bauphysikalischen Eigenschaften entsprechen weitgehend denen der oben beschriebenen Leichtlehmschalen. Nachteilig sind der Aufwand für das Erreichen der mechanischen Standsicherheit und der Raumverlust durch die auch an der schwächsten Stelle mindestens 12,5 cm dicken Wände.

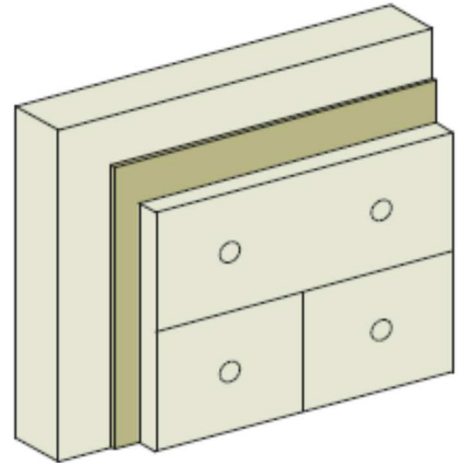
Angemörtelte Dämmplatten

Bei dieser Technik werden wärmedämmende und für den nachfolgenden Lehmverputz geeignete Dämmplatten in ein Klebe- oder Mörtelbett an der Innenseite der Außenwand angesetzt.

Die Dämmplatten selbst bestehen nicht aus Lehmbaustoffen, dennoch wird die Technik wegen des Ansetzens und des Verputzens mit Lehm hier beschrieben. Die zähplastischen Lehmmörtel sind sehr gut zum Ansetzen der Platten geeignet, die Dämmplatten sind sehr gute Putzträger für die nachfolgende Lehmbeschichtung.

Bei dieser Technik werden wärmedämmende und für den nachfolgenden Lehmverputz geeignete Dämmplatten in ein Klebe- oder Mörtelbett an der Innenseite der Außenwand angesetzt.

Die Dämmplatten selbst bestehen nicht aus Lehmbaumstoffen, dennoch wird die Technik wegen des Ansetzens und des Verputzens mit Lehm hier beschrieben. Die zäh-plastischen Lehmörtel sind sehr gut zum Ansetzen der Platten geeignet, die Dämmplatten sind sehr gute Putzträger für die nachfolgende Lehmbeschichtung.



Die weitgehend Fehlstellen-freie Ausführung der Mörtellage zwischen Dämmung und bestehender Außenwand ist für die schadensfreie Funktion besonders wichtig. Um Durchgängigkeit zu gewährleisten muss die Mörtellage ausreichend dick sein. Zur Vermeidung langer Durchfeuchtung der Außenwand und insbesondere auch von Dämmplatten aus pflanzlichem Material darf sie jedoch nicht zu dick ausgeführt werden. Empfohlen wird eine Maximaldicke von ca. 1 cm, unebene Flächen sind zunächst mit einer Ausgleichslage aus Lehmputzmörtel beizuputzen. Diese muss vor dem Aufbringen der Dämmung trocknen.

Die Platten werden direkt in die max. 1 cm dicke plastische Mörtellage eingesetzt. Um guten Kontakt zu schaffen, kann dazu die frische Mörteloberfläche mit dem Zahnpachtel aufgekämmt werden. Werden die Platten auf zuvor ausgetrocknete Ausgleichsschichten oder andere planebene Flächen geklebt, so wird die Klebelage meist auf die Rückseiten der Platten aufgebracht. Eine noch bessere Kontaktsicherung wird durch die Kombination einer mit dem Zahnpachtel aufgezogenen Klebelage auf die Außenwandfläche und auf die Rückseiten der Platten erreicht. Das Anmörteln der Platten muss sorgfältig erfolgen!

Um einen flächigen Kontakt zwischen Platte und Klebelage zu gewährleisten werden die Platten der meisten Sorten unmittelbar nach dem Ansetzen mit langen Schrauben, Schlagdübeln oder WDVS-Befestigungsmitteln ins Mörtelbett gepresst. Als Faustregel gilt, dass mit mind. 5 Befestigungspunkten/m² gearbeitet werden soll. Die gut fixierten Platten können nach kurzer Antrockenzeit des Klebemörtels verputzt werden. In der Regel erfolgt dies nur dünnlagig.

Geeignet sind alle für den Verputz geeigneten Dämmplatten. Sie sollten sorptiv, diffusionsoffen und kapillar sein. Dazu gehören Kalziumsilikat- oder andere leichte Mineralschaumplatten. Besonders geeignet sind Holzfaserdämmplatten. Sie bestehen aus feinen Holzfasern, die mit Wasser teigig aufbereitet und durch Druck und Hitze zu Platten geformt werden. Holzfaserdämmplatten können sehr große Mengen an Luftfeuchtigkeit aufnehmen. Ihre mechanische Flexibilität trägt im Fall einer (begrenzten) Verformung der Bestandswände zur Minimierung des Risikos von Innenputzrissen bei. Für die kleinteiligen Flächen bei Sanierungen werden die Platten in besonders handlichen Formaten angeboten.

Die Vorteile der Arbeit mit Dämmplatten sind der minimale Raumverlust und die geringen Trocknungszeiten. Die Kosten sind wirtschaftlich bei zugleich beachtlicher Dämmwirkung. Zu bedenken ist, dass Innenschalen aus

Dämmplatten bauphysikalisch sensibler sind als die beiden anderen oben beschriebenen Lehmtechniken. Ein Feuchteschutznachweis ist in der Regel zu führen. Auch der Gefährdung durch Schlagregenbelastung, dem vielfach eigentlich limitierenden Faktor der Innendämmung, muss mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden als bei den beiden reinen Lehmtechniken.

Impressum

Herausgeber:



Fachverband Innendämmung e.V. (FVID)
Geschäftsstelle
Kettenhofweg 14-16
D-60325 Frankfurt am Main
Kontakt: +49 (0)69 / 97 12 13 13
post@fvid.de
www.fvid.de

Bearbeitung:

Ulrich Röhlen, Fa. Claytec, Viersen

Bildnachweis:

Grafik 1-4 Röhlen/Ziegert, Lehm- und Ziegelbau Praxis, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin · Wien · Zürich 2014

Stand:

Oktober 2018

Hinweise:

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung dem Erkenntnisstand in Wissenschaft und Praxis. Sie sind unverbindlich und begründen kein vertragliches Rechtsverhältnis und keine Nebenverpflichtungen. Sie entbinden den Nutzer nicht davon, Materialien sowie deren Planung und Anwendung auf die Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck selbst zu prüfen. Die allgemeinen Regeln der Bautechnik müssen eingehalten werden. Eine Haftung für den Inhalt dieser technischen Information kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden. Mit Erscheinen dieser technischen Information sind frühere Ausgaben ungültig.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben bei auch nur auszugsweiser Verwertung vorbehalten.

Aktuellste Informationen und weitere Veröffentlichungen des Fachverbands Innendämmung e.V. (FVID) können auf www.fvid.de bezogen werden.