

ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen



NATURBAUSTOFFE

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Text

Bernhard Kolb (Blok Verlag München)
Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei dem Autor.

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),
Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: Thomas Otto/Fotolia.com, Thorsten Burkard/Fotolia.com, FNR/E.Klopp, NeptuTherm®/Prof. Meier
Sofern nicht an Bild oder Zeichnung vermerkt: B. Kolb

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.mkl-druck.de, Ostbevern

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 662
5., aktualisierte Auflage
FNR 2020

VORWORT

Die überwiegende Zahl aller Baumaßnahmen betrifft das Bauen im Bestand. Neben der Bauwerkserhaltung sind Nutzungsänderungen und die energetische Modernisierung die Hauptgründe für oft hohe Investitionen, die Bauherren für ihre Immobilien tätigen müssen. Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind dabei in hohem Maße geeignet, zu einer nachhaltigen Wertsteigerung beizutragen: Leichte und flexible Holzkonstruktionen schaffen Raum, Naturdämmstoffe schützen vor Kälte und Hitze und im Ausbau erhöhen Naturmaterialien den Wohnwert und Komfort.

Das alles erfordert eine sorgfältige Planung und Bauausführung, die der Vielfalt an historischen Baukonstruktionen gerecht werden muss. Gerade erfahrene Planer und Bauherren schätzen Naturbaustoffe wegen ihrer bauphysikalischen Verträglichkeit mit historischen Baustoffen, ihrer technische Eignung und der vielfältigen gestalterischen Optionen von Naturmaterialien. Quasi nebenbei tragen sie erheblich zur Energie- und Ressourceneffizienz im Bauwesen bei, indem Abriss und Neubau verhindert, der Energieverbrauch durch Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen erheblich gesenkt und Heizsysteme auf der Basis von Bioenergie auf erneuerbare Energien umgestellt werden. Auch die Herstellung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen ist im hohen Maße energieeffizient und klimaschonend, da in der Regel nur sehr wenig Energie zur Herstellung benötigt wird und diese an den Produktionsstandorten oft ebenfalls erneuerbar durch bioenergetische Nutzung von Reststoffen gewonnen wird.

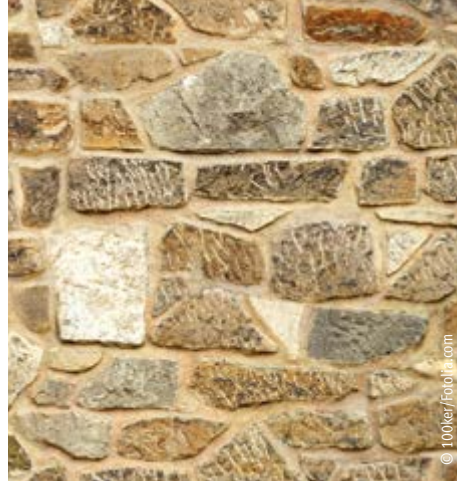
Die vorliegende Broschüre soll Bauherren, Planern und Bauausführenden einen Überblick über Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen in der Altbausanierung geben, um damit zukünftige Bauvorhaben zum gewünschten Erfolg zu führen. Ergänzt wird sie durch das individuelle Beratungsangebot der FNR zum Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen.

Ich hoffe, dass Ihnen die Broschüre viel Wissenswertes vermittelt, und wünsche allen Lesern eine anregende Lektüre.



Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer Fachagentur
Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)





INHALT

TEIL 1: VORBEREITUNG

1	Einführung	8
	Werterhaltung bei alten Häusern Wirtschaftliche Überlegungen Typische Schäden an Bauteilen Gesundheitscheck Nachhaltigkeit Eigenleistung am Bau Auswahl und Einkauf von Baustoffen Auswahlkriterien Geprüfte Baustoffe	
2	Wärmedämmstoffe	16
	Flachs Hanf Kork Holzfaserdämmplatten Schafwolle Schilfrohrdämmplatten Strohballen Zellulose Perlite Schaumglas	
3	Wärmeschutz und Heizwärmebedarf	30
	Transmissionswärmeverluste Lüftungswärmeverluste Verbesserung des Wärmeschutzes GEG Energieeinsparverordnung (EnEV) Energieausweis Energieberater Förderprogramme	
4	Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle	34
	Außendämmung Innendämmung Kellerdämmung Dämmung der obersten Geschosdecke Dachdämmung	
5	Gebäudetypologie	45



© Goethezimme GmbH/H. Appleby



© Alexander Brylev/Fotolia.com



© WEM Wandheizung

TEIL 2: AUSFÜHRUNG

6	Erdberührte Bauteile Trockenes Haus Erdberührte Böden	62
7	Außenwand und Fassade Außendämmung mit WDVS Außendämmung mit Vorhangfassade verputzt Außendämmung mit Vorhangfassade holzverschalt	76
8	Außenwand mit Innendämmung Innovative Innendämmsysteme Installationen	89
9	Bauen mit Lehm und Kalk Lehm – ein wiedererdeckter Baustoff Lehmputze Lehm-Wandflächenheizung Baukalkprodukte Wandanstrich mit Sumpfkalk	106
10	Bauen mit Holz Materialvielfalt Holzbeschaffenheit Holzschäden Holzschutzmaßnahmen Holzeinschlag Holzsortierung	114
11	Holzfassaden Unterschiedliche Formen Resistenzklassen Konstruktionsdetails für Holzfassaden Oberflächenbehandlung	122
12	Holzfenster Fenstersysteme Fensterkonstruktion Holzfenster aufarbeiten	127
13	Holzböden Holzauswahl Verlegearten Holzböden in alten Häusern Wärmeschutz, Schallschutz, Feuchteschutz Holzböden renovieren Oberflächenbeschichtung	133
14	Dach und Dachausbau Dachklima Dachausbau Dacheindeckung	142
15	Wissenswertes	156
16	Anhang Literatur- und Quellenverzeichnis Adressen Danksagung	168



TEIL 1: VORBEREITUNG



1 EINFÜHRUNG

„Es war Liebe auf den ersten Blick.“ So oder ähnlich begründen Hauskäufer gern ihre Entscheidung für ihr Traumhaus, und das, obwohl das Gebäude möglicherweise schon stark in die Jahre gekommen ist. Ein Stück Kulturgeschichte eben, vom Leben gezeichnet, nicht vergleichbar mit den Neubauten von der Stange, wie sie allorts aus dem Boden schießen. Wobei nichts gegen den Neubau spricht. Man kann nach seinen eigenen Vorstellungen planen, und in den ersten Jahren lebt man dort in der Regel sorgenfrei, verschont von Modernisierungs- und Reparaturmaßnahmen.

Mit dem Erwerb eines alten Hauses verhält es sich dagegen wie beim Gebrauchtwagenkauf: Was Liebe auf den ersten Blick war, kann sich später als wahre Sparkasse entpuppen. Viel hängt davon ab, wie das Objekt in der Vergangenheit behandelt wurde. Wurde das Haus nur abgenutzt oder hat es über die Jahre kontinuierliche Fürsorge erfahren? Die Aufmerksamkeit, die einem Bauwerk gewidmet wurde, spiegelt sich immer in seinem Zustand wider.

Hat das Haus bereits stark in seiner Bausubstanz gelitten oder genügt es den Anforderungen an zeitgemäßes Wohnen nicht mehr, muss es entsprechend umgebaut oder erneuert werden. Je nach Brisanz und Umfang der vorliegenden Mängel kann eine Erneuerung von kleinen Reparaturarbeiten bis zum Totalumbau vom Keller bis zum Dach reichen. Sind dabei Baumängel oder auch Komfortmängel zu beseitigen, spricht man von einer Sanierung.

Sanieren heißt heilen. Will man die alte Bausubstanz nicht verfallen lassen, sondern erhalten, was erhaltenswert ist, muss mit Augenmaß saniert werden. Sofern die Bausubstanz im Kern intakt ist, genügen manchmal wenige Reparaturen oder kleine Umbauten, um vernachlässigte Räume oder Bauteile wieder nutzbar zu machen. Droht die Mängelliste umfangreicher zu werden, muss der Bausachverständige (Architekt) sich erst einmal einen Überblick über den Bauzustand verschaffen. Dann erst kann über das weitere Vorgehen entschieden werden.

Einfluss nehmen kann der Eigentümer, wo es um Ausrichtung der Bauweise, Einsatz der Gebäudetechnik und Auswahl der Baustoffe geht. Hier greifen die Profis gewohnheitsgemäß zu Standardlösungen. Das muss nicht immer der beste Weg sein. Nach unserer Auffassung passen z. B. zu einem alten Haus besser Baumaterialien, die nicht durch industrielle Prozesse bis zur Unkenntlichkeit verfälscht sind und nicht auch noch aus den entlegensten Teilen der Welt stammen. Heraus kommt sonst ein unpersönliches Bauwerk, das genauso gut in Island oder China stehen könnte, in einer historisch gewachsenen Baulandschaft aber wie ein Fremdkörper wirkt.



Nicht leicht unter ein Dach zu bringen: Zeitgemäßes Wohnen unter Wahrung der baugeschichtlichen Vorgaben mit Berücksichtigung von notwendigen Energiesparmaßnahmen

Viele Altbauten, insbesondere ländliche Bauten, dokumentieren heute noch, dass der Mensch einst viel stärker in der Natur verwurzelt war. So stand auch das Haus in engerem Bezug zu seinen Bewohnern und Erbauern, aber auch zur Umgebung. Die natürlichen Baumaterialien, die man aus der unmittelbaren Umgebung bezog, gaben dem jeweiligen Haustyp seinen unverwechselbaren Charakter. Natur und Architektur standen im Einklang miteinander.

Ein Haus, das sich über die Jahre in seiner Bauweise bewährt hat und in seiner Grundsubstanz noch gesund ist, sollte deshalb möglichst in seinem ursprünglichen und naturgemäßen Charakter erhalten bleiben. Für eine einfühlsame und werterhaltende Sanierung sind die sogenannten natürlichen Baustoffe eine gute Wahl. Damit werden jene Baustoffe bezeichnet, die aus der Natur stammen und keine aufwendigen Produktionsprozesse und Transportwege

erfordern. Naturgemäß liegen sie dem Menschen näher und tragen zur Erhaltung seiner Umwelt bei. Naturgemäßes Bauen und Gestalten beschränkt sich aber nicht auf die Auswahl der Baustoffe und Bauweisen, sondern bedeutet darüber hinaus auch:

- Rücksichtnahme auf die natürlichen Gegebenheiten der Landschaft, des Klimas und der Witterung,
- Vermeidung von Umweltbelastungen bei Rohbau- und Ausbaumaßnahmen, soweit technisch möglich,
- maßvolle Anwendung von Wärme-, Schall- und Feuchtigkeitsschutz,
- maßvolle Anwendung von Haushaltstechnologien,
- harmonische Raumgestaltung in Abstimmung von Licht, Farbe und Form,
- Vermeidung von Baustoffen und Bauweisen, die sich nachweislich schädlich auf die menschliche Gesundheit auswirken.

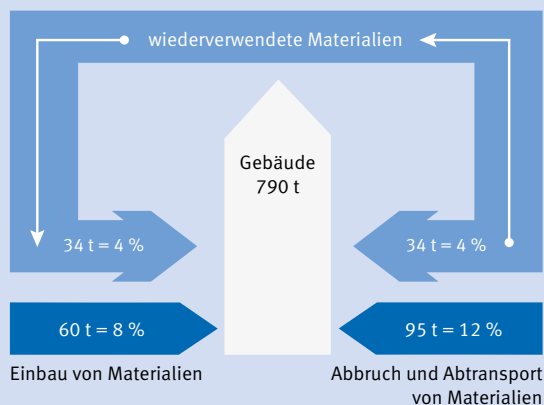
Werterhaltung bei alten Häusern

Abriss oder Sanierung? Jahrzehntlang war die Bauwirtschaft mit Abrissen schnell bei der Hand. Seit 1945 wurde durch Abriss mehr wertvolle Bausubstanz rücksichtslos vernichtet als im Zweiten Weltkrieg. Inzwischen hat sich die Lage entspannt. Heute sind alte Häuser wieder gefragt. Und Abrisse sind teuer geworden. Zudem belasten sie die Umwelt mit Staub, Dreck und Lärm und lassen die Bauschuttdeponien überquellen.

STOFFBILANZ EINER ALTBAUSANIERUNG

Intakte Bauteile wie Ziegelmauerwerk, Dachgebälk, Heizkörper, Türen etc. blieben erhalten. Sogar die Dachziegel fanden nach Abbürsten und Reinigen wieder Verwendung. Innen wurde das Gebäude wärmetechnisch auf den neuesten Stand gebracht.

ALTE BAUSUBSTANZ ERHALTEN, BAUABFÄLLE VERMIEDEN



Oft ist der Weg weit, bis ein altes Haus in neuem Glanz erstrahlt.

Sofern die Bausubstanz in ihren primären Funktionen (Tragwerk) noch intakt ist, birgt jedes ältere Gebäude einen kulturellen, wirtschaftlichen und ökologischen Wert in sich. Besonders die ökologische Seite sollte man nicht unterschätzen. Bei einer Modernisierung des Bestandes wird kein neues Bauland verbraucht, die tragenden Teile des Gebäudes bleiben erhalten. Im Schnitt muss bei Sanierungen weniger als ein Zehntel der Bausubstanz erneuert werden. Das schont Ressourcen und vermeidet Abfälle.

Wirtschaftliche Überlegungen

Sie stehen beim Bauherrn, wenn es um die Sanierung alter Bausubstanz geht, meist ganz oben. Es gibt eine Grenze, wann ein Gebäude noch erhaltenswert ist. Diese Grenze zu ziehen, ist Aufgabe eines Bausachverständigen. Allein vom desolaten Aussehen eines Gebäudes sollte man sich aber nicht abschrecken lassen. Der äußerlich abschreckende Zustand kann auf eine lange Vernachlässigung zurückzuführen sein. Ist die Rohbausubstanz im Kern noch intakt, wird man bei genauer Inventur feststellen, dass im Vergleich zu einem Neubau ein großer Teil der Rohbaukosten gespart werden kann.

Mit gutem Willen und Blick fürs Detail ist von der alten Bausubstanz häufig mehr brauchbar als auf den ersten Blick erkennbar. Hier lohnt es sich auf jeden Fall, sein Gebäude selbst genauer unter die Lupe zu nehmen. Denn so manches, was beim Handwerker im Eifer des Gefechtes ruckzuck im Abfallcontainer landet, kann durchaus noch erhaltenswert sein. Sich selbst ein genaues Bild vom Zustand des Hauses zu machen, kann nicht schaden und sollte nicht allein dem Bausachverständigen überlassen werden. Eine gezielte Bestandsaufnahme beginnt mit einem Rundgang ums Haus. Dabei wird der Gebäudezustand mit einer Bestands- und Mängelliste, am besten unter Zuhilfenahme einer Kamera, dokumentiert.

Typische Schäden an Bauteilen

Es folgt eine Mängelliste mit Detailpunkten, auf die bei einer Bauwerksbegehung geachtet werden sollte. Nicht eingegangen wird hier auf den Zustand des Tragwerks. Dafür ist ausschließlich der Fachmann zuständig.

Außenwände

- Risse und undichte Fugen, durch die Wasser dringen kann
- Risse in tragenden Teilen
- Rostende Stahlträger, Risse oder Betonabplatzungen vorwiegend bei Loggien und Balkonen
- Betonabplatzungen an Sichtbetonflächen und rostende Stahleinlagen
- Feuchte Kellerwände bei fehlender Abdichtung nach außen
- Aufsteigende Feuchtigkeit durch fehlende Horizontalabdichtung der Wände
- Wärmeschutz der Außenwände zum Teil nicht den heutigen Anforderungen entsprechend
- Kondensatprobleme innen durch in die Außenwand einbindende Bauteile und an Gebäudeecken
- Wärmebrücken durch zu dünne Fensterbrüstungen

Innenwände

- Zu dünne Innenwände aus Bauplatten bzw. dünne, tragende Holz- oder Stahlfachwerkwände mit Ziegelausmauerung
- Mangelhafter Schall- und Wärmeschutz durch dünne Wohnungstrennwände
- Mangelhafter Brandschutz durch dünne Treppenhauswände
- Schadhafter Wandputz mit Ablösung größerer Putzflächen

Außenwandbekleidung

- Gerissener oder hohl liegender Wandputz, Abplatzungen im Sockelbereich durch Feuchtigkeit
- Beschädigte, gerissene und abplatzende Stuckteile
- Schadhafte Blei- und Zinkabdeckungen von vorstehenden Teilen



Schadhafte Putzoberfläche

- Ausgewaschene, aussandende Fugen von Ziegel-Sichtmauerwerk
- Schadhafte vorgehängte Plattenbekleidungen mit unzureichender Unterkonstruktion, Verankerung und Wärmedämmung
- Schlechte Wärmedämm-Putzsysteme mit Ablösungen und Rissbildung

Fenster und Außentüren

- Undichte, verzogene Holzfensterrahmen und Wandanschlüsse
- Verfaulte Holzteile an Fensterflügeln und Fensterblendrahmen
- Schadhafte Fensterbeschläge und Schließteile
- Schadhafte Rollläden und Klappläden, Fensterbankabdeckungen
- Einfachverglasung mit unzureichendem Wärme- und Schallschutz
- Undichte, verzogene Außentüren mit Defekten an Beschlägen/Schloss
- Ungedämmte Metallfensterrahmen mit Kondensatproblemen innen
- Unzureichend entwickelte Isolierverglasungen mit geringer Dauerhaftigkeit
- Versprödete, in den Haftungsflanken gelöste, dauerelastische Fugenabdichtungen mit eindringender Feuchtigkeit

Dach

- Unterdimensionierte Dachstühle mit gelösten Holzverbindungen
- Schädlingbefall durch Hausbock an freiliegenden Holzteilen
- Morsche Dachgesimse unter auskragenden Dachüberständen außen
- Schadhafte Dachdeckung, fehlende Unterspannbahn unter der Deckung
- Fehlende oder ungenügende Wärmedämmung der Decken im Dachraum und der Dachflächen gegen die Außenluft



Geschädigtes Dach



Unausgebauter Dachbodenbereich

- Baufällige Kaminköpfe über Dach, Versottung der Kaminzüge
- Schadhafte Dachaufbauten wie Gauben, Ziergiebel ohne Dämmung
- Unbrauchbarer Verputz unter schrägen Dachflächen
- Schadhafte Dachrinnen, Fallrohre und Dachanschlüsse

Geschossdecken

- Unterdimensionierte, durchgebogene Holzbalkendecken
- Abgefaltete Holzbalkenköpfe am Auflager im Mauerwerk
- Gering dimensionierte Stahlträger/Betondecken oder Stahlbetondecken
- Abplatzungen bei Betondecken, vorwiegend im Kellerbereich
- Schadhafte Spalierlatten-Deckenputz mit größeren Ablösungen
- Schwammbefall am Holz der Decken bei eindringender Feuchtigkeit
- Durchrostende Stahlträger der Kappendecken im Keller
- Wärmebrücken an auskragenden Betonplatten (Balkonen) mit Kondensatanfall
- Auffrierende Fliesen- und Plattenbeläge auf Balkonen und Loggien

Fußböden, Innentüren

- Durchgetretene Holzdielen mit großer Fugenbreite
- Schadhafte Holzfußleisten
- Schadhafte Verbundestriche auf Massivdecken mit Rissen und Löchern
- Schadhafte Fliesen-, Platten- und Linoleum- bzw. Teppichbeläge
- Mangelhafter Trittschallschutz durch Verbundestriche
- Durchfeuchtetes, schadhaftes Ziegelpflaster des Kellerbodens
- Verzogene, undichte Füllungstüren mit Defekten an Beschlägen/Schloss

Geschosstreppen

- Durchgetretene, an der Vorderkante abgenutzte Holztreppenstufen
- Angefaltete Treppenteile infolge eingedrungener Feuchtigkeit
- Schadhafte und fehlende Teile von Holztreppengeländern
- Befall der Holzteile durch tierische oder pflanzliche Schädlinge
- Mangelhafter Brandschutz durch fehlenden unterseitigen Verputz bei Holztreppen
- Mangelhafter Brand- und Schallschutz durch verglaste Wohnungseingänge
- Schadhafte Platten- und Kunststeinbeläge auf Massivtreppenstufen
- Zu große Stababstände horizontaler Stahltreppengeländer

Sanitärinstallation

- Unbrauchbare oder schadhafte Wasser- und Entwässerungsleitungen
- Verstopfte Abwasser-Grundleitungen im Kellerboden
- Unterdimensionierter Wasser- und Kanalanschluss
- Unbrauchbare oder erneuerungsbedürftige Einrichtungsgegenstände für Bad, WC und Küche
- Fehlende Warmwasserbereitung für Badezimmer

Heizung

- Einzelofenheizung an zahlreichen Kaminzügen für Kohle, Öl und Gas
- Unterdimensionierte Hausanschlüsse für Gas
- Überdimensionierte, gemauerte Kaminzüge mit Versottungsgefahr
- Zentralheizungen mit erneuerungsbedürftigen Wärmeerzeugern und Heizflächen
- Heiz-Rohrleitungen überdimensioniert für Schwerkraftheizung
- Fehlende zeitgemäße Regeleinrichtungen für die Heizanlagen

Elektroinstallation

- Unbrauchbare oder erneuerungsbedürftige Elektroleitungen, Dosen, Schalter und Brennstellen
- Unbrauchbare oder erneuerungsbedürftige Absicherungen, Verteilungen und Unterverteilungen
- Unterdimensionierter Elektrohausanschluss

Quelle: Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr NRW

Der Gebäudecheck dient vor allem dazu, Bauschäden und Mängel so detailliert wie möglich zu erheben. Anhand der Liste kann eine Kostenaufstellung sowie ein Zeitplan für den Arbeitsablauf erarbeitet werden. Sowohl bei den Kosten als auch bei der Zeit sollte man zusätzlich einen Puffer einplanen, denn mit Unvorhergesehenem ist bei fast jeder Altbau-sanierung zu rechnen.



Schimmelbefall im Wohnbereich

Gesundheitscheck

Viele Menschen leiden heute an Allergien. Die Ursachen sind häufig im häuslichen Umfeld zu finden: Wohngifte, Elektrosmog, PCP, PCB, Formaldehyd, Lösemittel, Schimmel, krank machender Lärm. Die Debatte um gesundes Bauen und Wohnen wird seit Jahrzehnten geführt. Aus gutem Grund: Inzwischen hat jeder vierte Deutsche ein geschädigtes Immun-, Nerven- oder Hormonsystem, jeder dritte ist Allergiker. Viele der sensibilisierten Menschen reagieren besonders empfindlich auf Schadstoffe in Wohnräumen.

Wie aber lassen sich Krankheitsauslöser aus dem Wohnumfeld erkennen? Hier wird ein komplexes Thema berührt, das viele Fachgebiete von der Architektur über die Baubiologie, die Physik und Chemie bis hin zur Medizin umfasst. Indizien für krank machende Faktoren sind vom Laien meist nicht zu erkennen, bestenfalls stützen sie sich auf Vermutungen. Um gezielt Auslöser gesundheitlicher Probleme aufzudecken, bedarf es geschulter Bausachverständiger und Innenraumanalytiker bzw. Innenraumhygieniker. Sie nehmen Raumluft- und Materialproben und führen Messungen durch. Krank machende Schadstoffe im Haus können vielerlei Ursachen haben, die Palette reicht von Gerüchen aus chemischen Verbindungen über Stäube bis zu biologischen und physikalischen Faktoren wie z.B. Elektrosmog. Im Rahmen einer Innenraumbegleitung werden zunächst die Verdachtsmomente zusammengetragen und eine Untersuchungsstrategie erarbeitet. Nach der Innenraumanalyse mit anerkannten Untersuchungsmethoden weiß der Bewohner genau, welche Schadfaktoren sich in seinen vier Wänden verbergen. Mit diesem Gutachten hilft der Innenraumanalytiker dem Bausachverständigen bei der Festlegung der Sanierungsmaßnahmen. Und für den Erkrankten kann der Wohnmediziner dann weitere Schritte zur richtigen Behandlungsmethode wählen und wirksame Rezepte verordnen.

Bei der Begleitung einer zu erwerbenden Immobilie kann der aufmerksame Betrachter möglicherweise schon anhand von auffälligen Spuren erste Indizien für Schadstoffbelastungen finden. Anzeichen, dass eine „Kontamination“ der Wohnung mit Schadstoffen vorliegt oder Baumängel zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen, lassen sich manchmal

schon mit bloßem Auge oder mit der Nase erkennen. Phänomene, die nichts Gutes erahnen lassen, sind – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – in der folgenden Tabelle dargestellt:

INNENRAUMCHECK

Luftfeuchtigkeit über 70 %
„chemischer“ Geruch
„muffiger“ Geruch
kalte, zugige Räume
trockene, staubige Luft
beschlagene Fenster
feuchte Stellen an Boden/Wand/Decke
Schimmelpilzbefall an Boden/Wand/Decke
Schimmelpilzbefall hinter Möbeln, Verkleidungen, Fußleisten etc.
Schwarzstaubablagerungen (Fogging)
Totalelektrifizierung im Haushalt
versiegelte Oberflächen durch dichte Beschichtungen
elektrostatische Aufladung

Nachhaltigkeit

Eine Sanierung sollte nicht nur dazu dienen, ein Gebäude in seinen Bau- und Wohnfunktionen wieder instand zu setzen, sondern auch dazu, es zukunftsfähig zu gestalten. Mit vorausschauender Planung und einer hohen Qualität der Bauausführung wird die Lebensdauer des Gebäudes für einen langen Zeitraum gesichert, sodass in absehbarer Zeit keine Veränderungen am Bauwerk mehr notwendig sind. Zum anderen muss sich eine Gebäudemodernisierung auf eine an Ressourcen immer ärmer werdende Welt einstellen. Eine nachhaltige Modernisierung beinhaltet deshalb auch immer eine Reduzierung des Energiebedarfes, zum einen durch Verbesserung des Wärmeschutzes, zum anderen durch Einsatz effizienter Energieerzeuger. Eine zukunftsfähige Altbausanierung und -modernisierung hat also ein ganzes Bündel von Maßnahmen zu berücksichtigen:

- rohstoff- und flächensparendes Bauen,
- Verwendung möglichst schadstofffreier bzw. -armer Materialien,
- Einsatz von möglichst naturnahen Baustoffen,
- Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen,
- Reduzierung des Energiehaushaltes mit dem Ziel einer möglichst weitgehenden Unabhängigkeit von fossilen Ressourcen und
- Senkung des CO₂-Ausstoßes durch Einsatz von nachwachsenden und erneuerbaren Energien (z. B. Holz, Pellets, Solarenergie).



Sanierter Fachwerkbau

Eigenleistung am Bau

Haben Sie sich selbst schon einmal einen Überblick über fällige Baumaßnahmen verschafft und Kostenangebote eingeholt? Dann kam Ihnen angesichts der Baupreise vielleicht der Gedanke, die eine oder andere Arbeit selbst in die Hand zu nehmen. Selbst bauen ist keine Zauberei. Wer z. B. schon einmal Malerarbeiten mit Erfolg hinter sich gebracht hat, kann sich auch an das Verlegen von Bodenbelägen wagen. Als nächste Stufe ist vielleicht die Dachdämmung dran. Falls es kniffliger werden sollte: Anleitungen und Hilfen finden Selbsterbauer heute zur Genüge im Internet. Kurse in Baumärkten und Volkshochschulen geben Tipps und machen aus dem blutigen Laien im Handumdrehen einen Beinahe-Profi – aber eben nur beinahe! Gerade Altbausanierung ist kein Freizeitspaß, selbst wenn die Baumarktwerbung etwas anderes verspricht. Je älter das Gebäude, desto mehr sind Baukenntnisse, Bauerfahrung und handwerkliches Können erforderlich.

Deshalb gilt auch für die vorliegende Broschüre: Sie hat zur Aufgabe, Alternativen zu baumarktüblichen Produkten und Baukonstruktionen aufzuzeigen – mehr nicht. Beim entscheidenden Schritt, der Anwendung vor Ort, dienen solche Handreichungen nur als Vorabinformation. Um die notwendigen Bauschritte richtig durchzuführen, müssen sie auf die jeweilige Bausituation abgestimmt werden.

Gut angelegt ist dagegen jenes Honorar, das der Selbsterbauer für einen Bausachverständigen ausgibt, der zwischendurch das Werk inspiziert. So verschafft man sich Gewissheit und ist vor (für den Experten vorhersehbaren) bösen Überraschungen gefeit.

Sich selbst beim Bau einzubringen, seine eigenen Fähigkeiten und Grenzen kennenzulernen, kann eine heilsame Selbsterfahrung sein. Man spart sich teure Selbstfindungskurse und nebenbei auch noch das Fitnessstudio. Ist eine Bausanierung schließlich erfolgreich abgeschlossen, kann der Selbsterbauer die Früchte seiner Arbeit genießen. Und wer das Haus auch selbst bewohnt, hat ein Leben lang vor Augen, was er einmal geleistet hat.

Man sollte sich aber auch nicht zu viel zumuten. Wer mitten im Berufsleben steht und Familie hat, überlässt die wesentlichen Bauarbeiten besser Fachfirmen. Im Übrigen gilt: Auch kleinere Nebenarbeiten helfen Kosten und Zeit sparen, wie z. B. Baustelle säubern, Bauschutt wegschaffen, Material besorgen. Gerade Letzteres kann eine sinnvolle Unterstützung für den Handwerker sein, insbesondere wenn schlecht verfügbare Baustoffe (was vor allem die sogenannten Naturbaustoffe betrifft) zu besorgen sind.

Auswahl und Einkauf von Baustoffen

Zu den wichtigsten Vorbereitungen eines anstehenden Gewerkes gehört die sorgfältige Auswahl der Baustoffe. Dazu ist es hilfreich, eine Materialliste für Menge und Art der Baustoffe aufzustellen. Das ist auch der Zeitpunkt, sich zu überlegen, welche Alternativen zu den konventionellen Baustoffen infrage kommen. Sowohl in den Baumärkten als auch beim Baustoffhändler sind Naturbaustoffe nur in begrenztem Umfang vorrätig. Eher wird man schon bei speziellen Baustoffhändlern oder auch im Internet fündig. Auf jeden Fall braucht es Zeit, sich einen Überblick über die Situation vor Ort zu verschaffen. Bei größeren Abnahmemengen sollten von mehreren Händlern Angebote eingeholt werden. Durch Preisvergleiche lässt sich dann der eine oder andere Euro sparen. Von vornherein sollte man auch fragen, was mit Restmengen geschieht, die nicht mehr verbaut werden. Wohlwollende Händler nehmen diese zurück. Bleibt man stattdessen auf Resten sitzen, müssen diese entsorgt werden – was weder kostenmäßig noch ökologisch Sinn macht.

Noch ein Wort zu Baumärkten: Das entspannte Schlendern durch die Baumärkte gehört zu meinen liebsten Freizeitvergnügen. Dort findet sich auch immer Brauchbares, was irgendwann einmal verbaut werden könnte. Das Angebot ist riesig, und manchmal ist man schier überfordert – vor allem angesichts der vielen Chemie, die da für modernes Bauen notwendig scheint. Hier kann sich jeder komplett zum unerbittlichen Kampf gegen Insekten, Rost, Frost, Feuchtigkeit etc. ausrüsten. In jedem gut sortierten Baumarkt finden sich auch die Imprägnier-, Dicht- und Sperrmittel, die Härter und Weichmacher, das ganze Arsenal an Bauchemie. Um hier den Überblick zu behalten, wäre vermutlich ein komplettes Fachstudium nötig. Auffallend ist, dass so manches Mittelchen, das früher offen im Regal stand, inzwischen in Vitrinen gesperrt werden muss – Bauschäume zum Beispiel. Offensichtlich sind sie nicht ganz so harmlos, wie die Gefahrstoffhinweise vermuten lassen.

Auswahlkriterien

Altbauten unterscheiden sich in Material und Konstruktion in der Regel von heutigen Neubauten. Ihre Herstellung wurde geprägt durch Baustoffe und Techniken, die aus dem modernen Bauen zum Teil verschwunden sind. Es wurden hauptsächlich lokal verfügbare Materialien vegetativen und mineralischen Ursprungs verwendet, wie z.B. Naturstein, Lehm, Ziegel, Kalk, Holz, Stroh und Reet.

Die positiven Eigenschaften dieser Baustoffe, z.B. weitgehende Schadstofffreiheit, Hygroskopizität, keine elektrostatische Aufladung der Oberfläche sowie Diffusionsfähigkeit, tragen zu einer in der Regel hohen baubiologischen Qualität bei.

Im Baugewerbe stand in den letzten Jahrzehnten die Entwicklung neuer Baustoffe, Konstruktionsprinzipien und Fertigungsverfahren im Vordergrund. Statt handwerklicher Qualität waren rationelle Fertigung, preisgünstige und „pflegeleichte“ Stoffe gefragt. Bewertung und Prüfung im Rahmen bauaufsichtlicher Zulassungsverfahren beziehen sich noch immer auf die bautechnischen und bauphysikalischen Kriterien. Tests zu gesundheitlichen Auswirkungen der neuen Stoffe fanden lange Zeit nur nach aufgetretenen Schädigungen statt. Bis die Stoffe, die Erkrankungen auslösen, erkannt werden, können aber Jahrzehnte vergehen. So sind Jahrzehnte vergangen, bis schwer gesundheitsschädigende Stoffe wie Asbest oder PCP endlich vom Markt verschwanden. Aber noch sind gefährliche Stoffe vielfach verbaut. Sie müssen meist unter großem Aufwand aus Bauwerken entfernt werden. Schon für die Bauplanung gilt deshalb die Devise, gefährliche Stoffe von vornherein zu vermeiden.

Zur Beschaffung unbedenklicher Baustoffe folgen deshalb hier ein paar Anregungen:

- nachwachsende und natürliche Rohstoffe aus der Region bevorzugen (kurze Lieferwege belasten die Umwelt zudem weniger),
- einfach verarbeitete Materialien auswählen (keine Verbundstoffe),
- evtl. gebrauchte Bauteile mit einplanen,
- nach anerkannten Baulabels geprüfte Materialien bevorzugen.

Geprüfte Baustoffe

Um Auswahlkriterien zur Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Baustoffen anzubieten, haben sich Einrichtungen und Institute etabliert, die anhand von Richtlinien Baustoffe überprüfen und zertifizieren. Dutzende von Labels und Prüfzeichen werben inzwischen um den Verbraucher, Planer und Verarbeiter. Selbst für den Kundigen dürfte es kaum noch möglich sein, hier den vollständigen Überblick zu behalten.

Was sollte der Verbraucher von einem zertifizierten Baustoff erwarten können? Auf jeden Fall, dass keine gesundheitsgefährdenden Stoffe im Produkt enthalten sind. Eine seriöse Bewertung sollte sich aber nicht auf die „Volldeklaration“ des Herstellers berufen, sondern muss eine umfassende Laborprüfung auf Emissionen nachweisen können. Eine globale Produktbeurteilung schließt darüber hinaus weitere Kriterien ein:

- Verfügbarkeit der Ressourcen,
- Umweltbelastungen während Produktion und Abbau der Ressourcen,
- Umweltbelastungen/Energiebedarf/Transport/Fabrikation,
- Umwelt- und Gesundheitsbelastungen während des Einbaus,
- Belastungen während der Nutzungsdauer und auch bei späterem Rückbau/Entsorgung.

Eine umfassende Emissionsprüfung sollte, wie bei einer Volldeklaration der Inhaltsstoffe, ebenso Hinweise auf eventuelle natürliche Allergene offenlegen. Einen Überblick glaubwürdiger Gütezeichen für Bauprodukte bieten unter anderem die APUG-Studie des Ministeriums für Umwelt- und Landschaftsschutz Nordrhein-Westfalen sowie eine Datenbank im Internet unter: www.baulabel.de

Stellvertretend für die Vielzahl von Prüfzeichen wird hier eine kleine Auswahl an bekannten Zeichen, Siegeln und Prüfinstituten vorgestellt.

natureplus

Das Prüfzeichen bürgt für eine hohe Qualität der zertifizierten Baustoffe hinsichtlich Gesundheit, Umwelteigenschaften und Funktion. Es werden strenge Richtlinien für Emissionswerte angelegt. Ein vorgegebener Anteil an nachwachsenden und mineralischen Rohstoffen ist im Produkt nachzuweisen. Transparenz der Vergabekriterien ist durch die einsehbare Volldeklaration der Inhaltsstoffe gegeben. Mit dem natureplus-Label zertifizierte Bauprodukte sind im Internet einzusehen unter: www.natureplus.org aufgelistet. Die in dieser Broschüre als zertifizierte Naturbaustoffe gekennzeichneten Artikel berufen sich ausschließlich auf dieses Siegel.

Leider wird dem Verbraucher oft detektivischer Spürsinn abverlangt, wenn es darum geht, im Sortiment großer Hersteller herauszufinden, welche natureplus-Artikel sie vertreiben. Es scheint, solche Artikel werden schamhaft versteckt, um die sonstige Produktpalette nicht zu diskreditieren. Langer Atem ist zusätzlich erforderlich, um die zertifizierten Produkte dann tatsächlich über einen Baustoffhändler geliefert zu bekommen.

FSC

Das FSC-Zertifikat wird vom Weltforstrat FSC (Forest Stewardship Council) vergeben. Der FSC hat Prinzipien und Kriterien für die umwelt- und sozialverträgliche Waldbewirtschaftung aufgestellt. Diese Standards müssen weltweit in allen Wäldern mit dem FSC-Zertifikat eingehalten werden. Das FSC-Label weist demzufolge nach, dass Holz aus umwelt- und sozialverträglich bewirtschafteten Wäldern stammt. Ein Holzprodukt darf das FSC-Label nur tragen, wenn sichergestellt ist, dass das Holz auch tatsächlich aus einem FSC-Wald kommt. Anbieterdatenbank für FSC-Produkte:

www.deutschland.fsc-products.org

Blauer Engel

Die Vergabe des RAL-UZ-Zeichens folgt Richtlinien, die auch von Industrieverbänden mitgestaltet werden. Grenzwerte für Ausdünstungen aus Bauprodukten sollen dabei übermäßige Schadstoffemissionen verhindern. Es werden vornehmlich chemische, d.h. erdölbasierte Produkte geprüft und keine Naturprodukte. Eine gute Vorab-Orientierung bietet der Blaue

Engel bei der Auswahl z.B. emissionsarmer Farben, Kleber, Dichtstoffe und Bodenbeläge. www.blauer-engel.de

Baubook

Unter der österreichischen Internetadresse www.baubook.at findet sich eine umfassende Datenbank mit nach Umwelt- und Gesundheitskriterien bewerteten Baustoffen. Eine große Zahl der aufgelisteten Baustoffe wird auch in Deutschland vertrieben. Soweit Herstellerinformationen verfügbar sind, enthalten die Produkt-Steckbriefe konkrete Angaben zu umwelt- und gesundheitsgefährdenden Inhaltsstoffen. Eine Bewertung nach Ökobilanzkriterien wie Energieaufwand, CO₂-Emissionen und Versauerungspotenzial wird ebenfalls durchgeführt. Des Weiteren bietet die Plattform einen Bauteilkatalog, der gängige Baukonstruktionen nach Ökobilanzkriterien beurteilt.

eco-bau

Unter www.eco-bau.ch bietet die Schweizer Gesellschaft Eco-Bau als gemeinsame Plattform öffentlicher Bauherren Empfehlungen zum nachhaltigen Planen, Bauen und Bewirtschaften von Gebäuden und Anlagen. Zielgruppe sind vorwiegend Architektinnen und Architekten. Als Planungswerkzeuge werden zur Verfügung gestellt:

- Ökobilanzdaten zu Baustoffen und Bauprodukten,
- Bauteilkataloge,
- Empfehlungen zu Baustoffen und Bauausführungen.

Mit dem Bauteilkatalog können Planer auch selbstständig Baukonstruktionen nach Kriterien der Umweltverträglichkeit berechnen. Die angeführten Label und Kennzeichnungen gehen wenig bis gar nicht auf historische Baustoffe ein. Gerade diese haben ihre Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit jedoch schon in einem Jahrhunderte währenden Dauertest bewiesen.

PEFC

PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) ist das weltweit größte Zertifizierungssystem für nachhaltige Forstbewirtschaftung. Das PEFC-Label ist Garant für eine kontrollierte Verarbeitungskette gemäß ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Standards. Es bescheinigt ebenfalls eine vorbildliche und nachhaltige Waldbewirtschaftung. Die Überwachung erfolgt unabhängig, lückenlos und nachvollziehbar. www.pefc.de

Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen

Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen ist gemeinsam vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) als ein Bewertungssystem für Nachhaltiges Gebäude entwickelt worden. Das Gütesiegel bewertet die Gebäudequalität von sogenannten Green Buildings in einer sehr umfassenden Weise. Kriterien sind: Ökologie, Ökonomie, soziokulturelle, funktionale und technische Qualität sowie Prozess- und Standortqualität. www.dgnb.de

2 WÄRMEDÄMMSTOFFE

Ohne Verbesserung des Wärmeschutzes ist eine Gebäudesanierung heute nicht mehr denkbar. Die Kunst, dabei Bauwerksschutz und Wärmeschutz bestmöglich in Einklang zu bringen, stellt eine Herausforderung für Bauherrn, Planer und Ausführende dar. Will man bei der Materialwahl auch dem Klimaschutz Rechnung tragen, sind zukunftsfähige Lösungen weg von erdölbasierten hin zu regenerativen Rohstoffen und Energieträgern gefragt. Gerade bei den Wärmedämmstoffen kommt jenen Materialien wachsende Bedeutung zu, die sich möglichst klimaneutral erzeugen lassen und dennoch eine vergleichbar gute Dämmwirkung erzielen. Holz, Kork oder Schilfrohr haben sich schon seit Längerem als Dämmstoffe bewährt, seit Neuem kommen weitere Materialien hinzu, beispielsweise Stroh, Hanf, Flachs, Wolle oder Gras.

Die Herstellung dieser Dämmstoffe verbraucht in der Regel weit weniger Energie als die von Glas- und Steinwolle oder Polystyrol. Viele Naturdämmstoffe stammen aus heimischer Land- und Forstwirtschaft oder können hier künftig gewonnen werden, wenn die Nachfrage zunimmt. Das bedeutet kurze Wege, weniger Import-Abhängigkeit und neue Chancen für den ländlichen Raum.



Außenwanddämmung: Korkschüttung mit Holzwolle-Dämmplatten auf Unterkonstruktion

Anwendung

Bei richtiger Anwendung können Dämmstoffe einwandfreie hygienische Verhältnisse erreichen und Feuchtigkeitsschäden an Bauteilen vermeiden helfen. Außerdem stellt sich ein angenehmes Raumklima ein. Eine schlecht gedämmte oder ungedämmte Außenwand strahlt nach innen Kälte ab, eine gut gedämmte speichert die Raumwärme und gibt sie als Strahlungswärme ab. So wird eine ausgeglichene Wärmeverteilung im Raum erreicht.

Schutz gegen Kälte und Hitze

Der Einsatz von Dämmstoffen schützt im Winter vor Kälte und im Sommer vor Hitze. Maß für den sommerlichen Wärmeschutz ist die sogenannte Phasenverschiebung. Diese bezeichnet den Zeitraum zwischen dem Auftreten der höchsten Temperatur auf der Außenoberfläche eines Bauteils und dem Erreichen der höchsten Temperatur auf der Innenseite. Das Durchwandern der Wärme durch das Bauteil benötigt Zeit, je länger dies dauert, desto besser der sommerliche Hitzeschutz. Die Phasenverschiebung wird mit der Wärmespeicherzahl angegeben. Dabei gilt als Faustregel: Je höher die Rohdichte, desto länger die Phasenverschiebung und desto höher die Wärmespeicherzahl. Dämmstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe haben meist eine höhere Dichte und Wärmespeicherkapazität und bieten damit einen besseren sommerlichen Hitzeschutz. Auch das Feuchteverhalten von Naturfaserdämmstoffen ist als überdurchschnittlich zu bewerten, da sie in der Lage sind, Feuchtigkeit zu transportieren oder zeitweise zu binden, ohne Dämmkraft einzubüßen.

WÄRMEDÄMMSTOFFE AUF EINEN BLICK

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit Bemessungswert λ W/(m·K)	Rohdichte ρ kg/m ³	Wasserdampf- Diffusionswiderstand μ	Wärmekapazität c J/kg·K	Baustoff- klasse nach DIN 4102-1	Brandverhalten nach DIN EN 13501-1
Flachmatten	0,039	30–40	1–2	1.550–2.300	B2	E
Hanf (Stopfwole)	0,045	50–60	1–2	2.200	B2–B1	E, C-s2, d0
Hanfmatte	0,043	30–110	1–2	1.600–2.300	B2	E
Holzfasern (lose)	0,040	30–45	1–2	2.100	B2	E
Holzfasermatten	0,038	40–55	1–3	2.100	B2	E
Holzfaserplatten	0,040	110–270	2–5	2.100	B2	E
Holzspäne	0,045	90–360	2	k. A.	B2	E
Holzwoleplatten	0,090	330–500	2–5	2.100	B1	B, s1, d0
Korkplatte (exp.)	0,040	120	5–10	1.800	B2	E
Korklehmplatte	0,080	200–300	10	1.254	B2–B1	E
Schafwolle	0,036	20–90	1–2	1.300–1.730	B2	E
Schilfplatten	0,065	150	3–6,5	1.200	B2	E
Seegrass	0,045	65–75	1–2	2.502	B2	E
Strohballen	0,052	85–115	2	2.000	B2	E
Zelluloseflocken	0,039	28–65	1–2	2.100–2.544	B2	E bis B-s2, d0
Zelluloseplatten	0,042	70–145	2–3	2.000	B2	E

Konventionelle Dämmstoffe zum Vergleich

Polystyrol (exp.)	0,035	11–30	20–100	1.400	B2–B1	E
Steinwoleplatten	0,035	15–130	1–2	830–1.000	A1	A1

Quelle: FNR – eigene Zusammenstellung auf der Basis der Herstellerangaben

λ : Wärmeleitfähigkeit in W/(m·K)

Gibt die Größe des Wärmestroms an, der pro Sekunde durch 1 m² einer 1 m dicken Schicht bei einer Temperaturdifferenz von 1 K übertragen wird. Werte, die kleiner als 0,050 W/(m·K) sind, garantieren gute wärmedämmende Eigenschaften.

ρ : Rohdichte in kg/m³

Masse eines Stoffes in kg bezogen auf einen Kubikmeter.

μ : Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl

Gibt an, um wie viel der Widerstand einer Stoffschicht bezogen auf die Wasserdampfdurchlässigkeit größer ist als die gleich dicke Luftschicht. Bauteile mit niedrigen μ -Werten sind vorteilhaft, da sie ein Abtrocknen eingedrungener Raumluftfeuchte ermöglichen.

c : Spezifische Wärmekapazität in J/kg·K

Gibt die Energiemenge an, die benötigt wird, um 1 kg eines Stoffes um 1 °C zu erwärmen. Stoffe bzw. Bauteile mit großen c -Werten weisen ein träges Temperaturverhalten auf, d. h., Dämmstoffe mit hohen c -Werten leisten einen guten sommerlichen Wärmeschutz.

Baustoffklasse

Gibt das Brandverhalten eines Baustoffs an. B1 ist schwer, B2 ist normal entflammbar.

Brandverhalten nach DIN EN 13501-1

Ist durch entsprechende Hinweise zur Rauchentwicklung (s = smoke, Klassen s1, s2, s3) und zum brennenden Abtropfen/Abfallen (d = droplets, Klassen d0, d1, d2) weiter spezifiziert.

Sommerlicher Hitzeschutz

Sommerlicher Wärmeschutz: Je flacher die innere Amplitude, desto weniger Wärme kommt durch das Bauteil nach innen. Eine Phasenverschiebung von 12 Stunden bedeutet, dass die Wärmemenge, die noch durch das Bauteil nach innen gelangt, um 12 Stunden zeitversetzt innen ankommt. Es gilt also: Je größer die Amplitudendämpfung, umso besser.

Günstig schneiden hinsichtlich des sommerlichen Hitzeschutzes biogene Faserdämmstoffe wie z.B. Holzweichfaserplatten oder Strohballen ab. Ungünstig sind Kunstschaumstoffe wie z.B. Polystyrol.

WÄRMEDÄMMSTOFFE – ANWENDUNG

Dämmstoff	Dach	WDVS ¹	Wand	Boden/Decke	Trittschall-dämmung	Perimeter-dämmung
Flachmatten	X		X ^{4,5}	X	X	
Hanfmatte	X		X ^{4,5}	X	X	
Hanf (lose)	X		X ^{4,5}	X		
Hobelspäne	X		X ^{4,5}	X		
Holzfaserdämmplatten	X	X	X ^{1,2}	X	X	
Holzfaserdämmplatten (flexibel)	X		X ^{4,5}	X		
Holzfaser (lose)	X		X ^{4,5}	X		
Holzwoleleichtbauplatten	X	X	X ^{1,2}	X	X	
Kokosmatten	X		X ^{4,5}	X	X	
Korkschrot (expandiert)	X		X ^{4,5}	X		
Korkplatten	X	X	X ^{4,5}	X	X	
Perlite-Schüttung	X		X ⁶	X	X	
Schafwolle	X		X	X	X	
Schaumglasplatten			X ^{1,2}			X
Schilfrohrplatten	X	X	X ^{1,2}	X		
Baustrohballen	X		X ⁴	X		
Wiesengras	X		X	X		
Zelluloseflocken	X		X ^{4,5}	X		
Konventionelle Dämmstoffe im Vergleich						
Polystyrol	X	X	X	X	X	X
Steinwolle	X	X	X	X	X	

Quelle: FNR – eigene Zusammenstellung auf der Basis der Herstellerangaben

¹ Für Wärmedämm-Verbundsysteme (= verputzte Fassadendämmung) geeignet.

² Für Innendämmung von Außenwänden geeignet.

³ Für Feuchträume geeignet.

⁴ Für Vorsatzschale außen geeignet.

⁵ Für Vorsatzschale innen geeignet.

⁶ Für Kerndämmung geeignet.

Nenn- und Bemessungswert

Im Zuge der europäischen Harmonisierung der Normen – im Bereich des Brandschutzes durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) – wurden neue Bezeichnungen und Werte für die Berechnungen des Wärmedurchganges durch ein Bauteil eingeführt, die der Realität im Bauwesen besser Rechnung tragen. Zu unterscheiden sind in Zukunft:

Der Nennwert: Dieser Wert ist die Produktkennzeichnung zur Inverkehrbringung innerhalb der EU. Er wird direkt mittels statistischer Methoden aus den in der Produktion genommenen Messwerten bestimmt. Mit diesem Wert dürfen jedoch keine wärmetechnischen Berechnungen durchgeführt werden.

Der Bemessungswert (früher der Rechenwert) ist der baupraktische Wert, mit dem gerechnet wird. Er beschreibt das typische Verhalten eines Produktes im Einbauzustand, d.h., er berücksichtigt sowohl die Alterung als auch die klimatypische praktische Bauteilfeuchte.

Brandverhalten

Ähnlich wie bei den Benennungen der Wärmeleitfähigkeit findet derzeit auch bei der Klassifizierung des Brandverhaltens eine Umstellung auf ein europäisches System statt. Für eine Übergangsfrist erlaubt die Bauregelliste die parallele Anwendung der alten Baustoffklassen nach DIN 4102-1 und der DIN EN 13501-1. Die konsequente Umsetzung der neuen Regeln erfolgt durch die Bundesländer. Die jeweils aktuellen Vorschriften sind zu beachten.



BRANDVERHALTEN

Bauaufsichtliche Benennung	Baustoffklasse nach DIN 4102-1	Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1	Zusatzanforderungen	
			kein Rauch	kein brennendes Abtropfen/Abfallen
nicht brennbar	A1	A1	X	X
	A2	A2-s1, d0	X	X
schwer entflammbar	B1	B; C-s1, d0	X	X
		B; C-s3, d0		X
		B; C-s1, d2	X	
		B; C-s3, d2		
normal entflammbar	B2	D-s3, d0, E		X
		D-s3, d2		
		E-d2		
leicht entflammbar	B3	F		

Quelle: FNR – eigene Zusammenstellung auf der Basis der Herstellerangaben

s1: geringe Rauchentwicklung (s = smoke)

s2: mittlere Rauchentwicklung




s3: hohe Rauchentwicklung

d0: kein brennendes Abtropfen/Abfallen innerhalb von 600 Sekunden (d = droplets)

d1: kein brennendes Abtropfen/Abfallen länger als 10 Sekunden

d2: weder d0 noch d1

Flachs

Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$		
Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.660 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		
Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 1-2$	hoch	

Flachskurzfasern aus der Pflanze Faserlein werden mechanisch verfilzt und zu Dämmplatten oder -platten verarbeitet. Flachs enthält natürliche Bitterstoffe, wodurch er von Natur aus resistent ist gegen Schädlingsbefall durch Insekten oder Nagetiere. Flachsdämmplatten sind zugfest und dehnbar und haben eine hohe Formbeständigkeit im eingebauten Zustand, sie können daher einfach fugenfrei zwischen die Sparren geklemmt werden.

Bereits bei einer leichten Trennwand, gefüllt mit einer Flachsdämmplatte* lassen sich deutlich bessere Schallschutzwerte erreichen als mit einem künstlichen Dämmstoff gleicher Dicke.

Auch heute noch werden in historischen Bauten immer wieder intakte Isolierungen aus Flachsfasern gefunden. Das Grundprinzip hat sich also bereits seit Jahrhunderten bewährt.

Hersteller: NFF – NATURFASER FÖLSER u. a.

** Auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.*






Flachsblüten



Ausfachung von Ständerwerk mit Flachsmatten

Hanf

Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$		
Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.650 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		
Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 1-2$	hoch	

Die Hanffasern werden zu Dämmmatten oder Stopfdämmung verarbeitet, die verholzten Schäben zu Schüttdämmstoff oder festen Platten. Hanf kann als Dämmstoff für Wand, Dach und Boden eingesetzt werden. Die Diffusionseigenschaften von Hanf garantieren eine gute Feuchtigkeitsregulierung und ein angenehmes Raumklima. Hanf ist gut hautverträglich und lässt sich staubarm verarbeiten. Da Hanffasern kein Eiweiß enthalten, entfällt eine Behandlung gegen Motten und Käfer. Hanf bietet außerdem einen besseren sommerlichen Hitzeschutz als z.B. Mineralfasern.

Das Zuschneiden der Hanfmatten* quer zur Faser ist mit Schere und Messer nur bedingt möglich, der Hersteller empfiehlt dazu einen Elektro-Fuchsschwanz. Für größere Bauvorhaben kann der Dämmstoff auf Maß zugeschnitten direkt vom Hersteller bezogen werden.

Hersteller: Capatect Baustoffindustrie GmbH, HANFFASER Uckermark eG, Mehabit (Hanfschäben)

* Auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.



Ausstopfen von Bauteilfugen mit Hanf






Innendämmung mit Hanfstopfwolle und verputzbarer Holzfaserplatte



Dachdämmung mit Hanffasermatten

Kork

Wärmedämmwirkung (Korkplatten) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$		
Sommerlicher Hitzeschutz (Korkplatten) Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.800 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		
Wasserdampfdurchlässigkeit (Korkplatten) Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 5-15$	hoch	

Korkplatten* werden unter Zufuhr von heißem Wasserdampf unter Druck gebacken. Durch die hohe Temperatur tritt das natürliche Harz Suberin aus und verklebt die Zellen. Eine weitere Aufarbeitung gegen Brand, Schimmel und Schädlinge ist nicht erforderlich.

Kork wird vorwiegend aus Portugal importiert und steht als Dämmstoff nur in begrenztem Maße zur Verfügung. Für Wand, Decke und Dach wurde Kork deshalb weitgehend von Holzfaserdämmplatten verdrängt. Im ökologischen Hausbau beliebt ist dagegen Recyclingkork, ein Granulat aus Flaschenkorken, das als Schüttdämmstoff eingesetzt wird. Für die Trittschalldämmung wird gerne Rollenkork verwendet.

Anwendungsmöglichkeiten:

- Korkplatten für Wand, Decke und Dach
- Korkgranulat als Schüttdämmstoff
- Rollenkork als Trittschalldämmung

Geringes Rohstoffaufkommen, als Massendämmstoff nicht geeignet.

Hersteller: Haacke Cellco GmbH

* Als Recycling-Korkgranulat auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.






Einfacher Zuschnitt von Korkdämmplatten



Korkdämmplatten als Fassadendämmung

Holzfaserdämmplatten

<p>Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,045 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.950 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 2-5$</p>	<p>hoch</p>	

Nadelholzreste werden zu Faserstoffen aufbereitet und zu Platten verpresst. Holzweichfaserplatten werden in verschiedenen Formaten, Dicken und Kantenausbildungen angeboten. Es gibt sowohl Systeme für den Dachausbau als auch für die Wand- und Fußbodendämmung. Speziell ausgerüstete Holzfaserdämmplatten können auch verputzt werden, sie eignen sich damit als Wärmedämm-Verbundsystem zur Außen- und Innendämmung von Außenwänden.

Neben Zellulose und Hanf zählen Holzfaserdämmplatten* zu den am häufigsten eingesetzten Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Aufgrund ihrer hohen Rohdichte bieten die Platten einen sehr guten sommerlichen Wärmeschutz.

Hersteller: best wood SCHNEIDER® GmbH, GUTEX®, STEICO SE, UdiDÄMMSYSTEME GmbH u. a.

* Auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.



Wärmebrückenfreie Aufsparrendämmung mit wasserabweisenden Holzfaserdämmplatten




Detail einer Dachdeckung mit Holzfaserdämmung



Einbringen einer flexiblen Dämmmatte

Schafwolle

<p>Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,035-0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p>	<p>●●●●○</p>	
<p>Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.680 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$</p>	<p>●●●○○</p>	
<p>Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 1-5$</p>	<p>hoch</p>	

Nur gewaschene und aufbereitete Rohwolle wird zur Herstellung von Dämmmatten* verwendet. Für den nötigen Motenschutz wird das Wollschutzmittel Thorlan IW verwendet. Schafwollprodukte werden in Rollenform mit unterschiedlicher Breite, Länge und Dicke angeboten und kommen als Wand- und Deckendämmung zum Einsatz. Die natürliche Kräuselung der Schafwolle schafft Volumen und ermöglicht einen hohen Lufteinschluss. Schafwollämmstoffe können auch zur Schadstoffbindung und -senkung, etwa bei Formaldehydbelastung in Gebäuden, eingesetzt werden.

Verarbeitung Dach/Wand: Der Dämmstoff wird angetackert oder mit Klemmleisten befestigt.

Hersteller: Alchimea Naturwaren, Lehner Wolle GmbH u. a.

* Auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.






Dachdämmung mit Schafwollmatten



Fußbodendämmung mit Schafwollmatten

Schilfrohrdämmplatten

<p>Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,055 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 2$</p>	<p>hoch</p>	

Die Schilfhalme werden mit verzinktem Draht zu Platten oder Matten gebunden, die keine weiteren Zusätze enthalten. Schilf ist weitestgehend resistent gegen Feuchtigkeit, besitzt ein hohes Raumgewicht und wirkt durch den hohen Luftgehalt wärme- und feuchtigkeitsausgleichend. Gerade auch im Sommer führt dies zu gutem Innenraumklima. Schilfrohrplatten* eignen sich, ebenso wie Holzfaserdämmplatten, für Wärmedämm-Verbundsysteme. Die Platten werden direkt auf die Fassade gedübelt und anschließend verputzt. Aus Altbauten sind Schilfrohrmatten auch als einlagige Putzträgermatten bekannt, vor allem an Holzbalkendecken und Dachschrägen.

Geringes Rohstoffaufkommen, als Massendämmstoff nicht geeignet.

Hersteller: Claytec, Hiss Reet u. a.

* Bistlang ohne allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.



Mit Schilfplatten gedämmter Innenraum






Zuschnitt von Schilfdämmplatten mit Handkreissäge



Aufdachdämmung mit Schilfrohrdämmplatten

Strohballen

Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,052\text{--}0,080 \text{ W/m} \cdot \text{K}$		
Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 2.000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		
Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 2$	hoch	

Zur Herstellung von stabilen Strohballen* eignet sich Weizen-, Dinkel- oder Roggenstroh. Um als Baustoff Verwendung zu finden, müssen die Strohballen eine Dichte von 90–110 kg/m³ aufweisen.

Fachgerecht hergestellt und eingebaut sind Baustrohballen sicher vor Schädlings- und Schimmelbefall geschützt und bedürfen keiner chemischen Behandlung. Beim Neubau werden Strohballen in der Regel als dämmende Ausfächung in ein Holzständerwerk eingesetzt und verputzt oder verkleidet. Die Ballen können für Wand-, Dach- und Fußbodenkonstruktionen verwendet werden. Die Strohballendämmung erlebt derzeit einen Boom, vor allem im Hallenbau bei unschlagbar günstigem Preis-Leistungs-Verhältnis.

Hohes Rohstoffaufkommen, als Massendämmstoff geeignet (reicht für 350.000 Einfamilienhäuser/Jahr).

Infos: Fachverband Strohballenbau e.V. (www.fasba.de)

Hersteller: BauStroh GmbH, DPM Holzdesign GmbH

* Baustrohballen mit allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.



Feuerhemmend (F-30) mit 1 cm Lehmputz






Stroh zwischen einer Holzrahmenkonstruktion (außen)



Ausfächung von vorgefertigten Holzbauelementen mit Strohballen ab einer Dicke von 40 cm

Zellulose

Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$		
Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.800 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		
Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 1-2$	hoch	

Hinter der Bezeichnung Zellulose verbirgt sich nichts anderes als Altpapier von Tageszeitungen als Hauptrohstoff. Das Altpapier wird in Mühlen aufgefasernd und mit Zusätzen für den Brand- und Schimmelschutz (z. B. Borax) gemischt. Beim Einbau wird das lose Material in vorbereitete Hohlräume von Dach-, Wand- und Deckenkonstruktionen mit einem Spezialgerät eingeblasen.

Zellulose bietet einen guten sommerlichen Hitzeschutz. Durch den Luftdruck beim Einblasvorgang passen sich die Fasern flexibel jeder Hohlraumform an und erreichen eine vollständige Füllung.

Wegen des Zusatzes (Borax, Borsäure) als Flamm- und Schimmelschutz erhält Zellulose derzeit keine natureplus-Zertifizierung.

Hohes Rohstoffaufkommen (Tageszeitungspapier aus Remittenden), als Massendämmstoff geeignet.

Hersteller: Climacell®, Dämmstatt, Isofloc®, Thermofloc®, Isocell u. a.



Befüllen der Zellulosemaschine




In einen vorbereiteten Dachhohlraum wird Zellulose eingeblasen.



Einblasdämmung als Wärme- und Luftschalldämmung unter Fußböden

Perlite

<p>Wärmedämmwirkung Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,050\text{--}0,070 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p>	<p>●●●○○○</p>	
<p>Sommerlicher Hitzeschutz Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$</p>	<p>●●○○○○</p>	
<p>Wasserdampfdurchlässigkeit Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = 3\text{--}5$</p>	<p>hoch</p>	

Rohes Perlitgestein ist ein vulkanisch bei Temperaturen über 1.000 °C entstandenes „Naturglas“. Zur Herstellung von Bläh-Perlit* wird das Rohgestein zerkleinert und bei 800–1.000 °C bis auf das 20-Fache des ursprünglichen Volumens aufgebläht. Das Granulat ist unverrottbar und feuchteregulierend. Perlite dient am Bau beispielsweise als Ausgleichsschüttung unter dem Estrich. In feuchtegefährdeten Bereichen sollte bituminiertes Granulat verwendet werden.

Weitere Anwendungsbereiche: Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk, als Füllung von Hochlochziegeln und als Füll- und Zuschlagstoff in Leichtmörteln und Wärmedämmputzen. Perlite ist auch als Wäremedämmplatte erhältlich und wird bei der Innendämmung eingesetzt.

* Als Perliteplatte auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.






Perlite verzahnt sich zu einer nachverdichtungsfreien, stabilen Ausgleichs- und Tragschicht.



Innendämmung mit Perliteplatten

Schaumglas

<p>Wärmedämmwirkung (Schaumglasplatten) Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda \approx 0,045 \text{ W/m} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Sommerlicher Hitzeschutz (Schaumglasplatten) Spezifische Wärmekapazität $c \approx 1.100 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$</p>		
<p>Wasserdampfdurchlässigkeit (Schaumglasplatten) Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl $\mu = \infty$</p>	<p>dampfdicht</p>	

Schaumglasplatten

Die in Deutschland vertriebenen Schaumglasplatten* werden ohne Einsatz von Bindemitteln aus Altglas (vorwiegend Windschutzscheiben) bzw. aus den natürlichen Rohstoffen Sand, Dolomit und Kalk hergestellt. Mit Kohlenstoff geschäumt erhält Schaumglas seine guten Wärmedämmeigenschaften. Dank seiner geschlossenen Glaszellen ist der Dämmstoff vollständig wasser- und dampfdicht sowie druckfest, schädlingsresistent und unbrennbar. Schaumglasplatten eignen sich vornehmlich für Dämmarbeiten im Erdreich, für Bodenplatten und druckbelastete Flachdächer sowie Terrassen.

Hersteller: FOAMGLAS, Glapor, ecoglas u. a.

Schaumglasschotter

Schaumglasschotter (oder Glasschaumschotter) besteht aus aufgeschäumtem und anschließend zerkleinertem Glas. Es ist absolut unempfindlich, kapillARBrechend und sehr druckfest. Ideal geeignet als Perimeterdämmung unter Fundament bzw. Bodenplatte. Schaumglasschotter muss nach dem Einbringen verdichtet werden. Ökologie: hoher Herstellungsenergieaufwand, vergleichsweise geringe Dämmleistung.

Hersteller: Geocell®, Glapor, ecoglas® u. a.

* Als Schaumglasplatte auch mit natureplus-Zertifikat erhältlich.



Befestigung von Glasschaumplatten an der Außenwand



Verlegung von Glasschaumplatten



Auffüllen eines Hohlraumes mit Glasschaumschotter

3 WÄRMESCHUTZ UND HEIZWÄRMEBEDARF

Heizenergieverbrauch und Wärmeverluste waren bis zur ersten Ölkrise im Jahre 1973 Randthemen im Hausbau. Heute dagegen spielen sie eine zentrale Rolle im Planungskonzept eines jeden Gebäudes.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes wird maßgeblich durch Energieverluste beeinflusst, die aus der Wärmeleitung durch Bauteile (Transmissionswärmeverluste) und den Verlusten durch Austausch der Luft in beheizten Räumen mit Außenluft (Lüftungswärmeverluste) resultieren.

Transmissionswärmeverluste

Die wichtigste Kenngröße zur Beurteilung der Transmissionswärmeverluste durch Bauteile ist deren Wärmedurchgangskoeffizient, der U-Wert. Je kleiner der U-Wert der Gebäudehülle ist, desto besser ist der Wärmeschutz. In älteren, unsanierten Ein- und Zweifamilienhäusern liegt der U-Wert der Gebäudehülle häufig wesentlich über $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Die Wärmeverluste über die Gebäudehülle machen etwa 70 % des gesamten Heizwärmebedarfs aus. Die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) geforderten U-Werte müssen bei der Sanierung von Außenbauteilen bestehender Gebäude berücksichtigt werden. Ausnahmen bestehen im Bereich des Denkmalschutzes oder im Falle einer Sanierung von weniger als 20 % der Bauteilfläche gleicher Orientierung.

Lüftungswärmeverluste

Der Austausch der Raumluft durch Außenluft bewirkt Lüftungswärmeverluste, da in der Heizperiode die zugeführte kalte Außenluft auf Zimmertemperatur gebracht werden muss. Bei Altbauten liegen diese Wärmeverluste etwa bei 30 % der gesamten Wärmeverluste. Bei energetisch modernisierten Altbauten ist dies anders. Der Anteil an Lüftungswärmeverlusten kann durch stark herabgesetzte Transmissionswärmeverluste auf über 60 % ansteigen.

Einerseits entstehen unkontrollierte Lüftungswärmeverluste durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle, wie z. B. undichte Fenster oder Türen. Die Gebäudehülle sollte deshalb möglichst luftdicht ausgebildet werden. Andererseits führt bewusst durchgeführtes Lüften (z. B. durch Fensteröffnen) zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Luftqualität ebenfalls zu Lüftungswärmeverlusten. Durch Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung kann man hier Energie sparen.

Verbesserung des Wärmeschutzes

Der Wärmeschutz eines Gebäudes kann mithilfe von bauphysikalischen und anlagentechnischen Maßnahmen verbessert werden. Nach bauphysikalischen Anforderungen sollte die Hülle des Gebäudes so ausgebildet sein, dass nur wenig Wärmeenergie von innen nach außen transportiert wird. Demgemäß müssen Außenbauteile einen entsprechenden Wärmeschutz aufweisen. Dies erreicht man durch den Einsatz von Baustoffen, deren Wärmeleitfähigkeit gering ist. Im Winter schränkt die Dämmung die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle ein und bewirkt somit eine Heizenergie- und Brennstoffeinsparung. Im Sommer verhindern gut wärmegeämmte Bauteile eine Überhitzung der Räume. Das Raumklima bleibt behaglich.

Als Wärmeschutzmaßnahmen werden empfohlen:

- Dämmung der Außenwände
- Dämmung der Decke zum unbeheizten Dachraum
- Dämmung der Decke des unbeheizten Kellers
- Dämmung der Dachschrägen
- Austausch alter Fenster durch Wärmeschutzfenster
- Dämmung der Wände zu unbeheizten Räumen

Bei solchen nachträglich ausgeführten Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes sind die Bestimmungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und in den kommenden Jahren zum GebäudeEnergieGesetz (GEG) einzuhalten.

GEG

Neues Gebäudeenergiegesetz GEG. Der Bund führt die noch parallel laufenden Regeln zusammen: Energieeinsparungsgesetz (EnEG), Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz (EEWärmeG). Auslöser war u. a. die EU-Gebäuderichtlinie (2010). Sie fordert den Niedrigstenergie-Standard für Neubauten: ab 2019 für öffentliche und ab 2021 für privatwirtschaftliche Gebäude.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) setzt Energieeffizienz und Klimaschutz bei Gebäuden wirtschaftlich, umweltfreundlich und sozial um.

Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die Energieeinsparverordnung fasst gesetzliche Regelungen zum baulichen Wärmeschutz und zur Heizungstechnik von Gebäuden zusammen. Sie definiert Mindeststandards für neue und zu sanierende Wohngebäude mit dem Ziel,

möglichst weitreichende Einsparungen bei der Gebäudeheizung zu erreichen. So sind z. B. im Gebäudebestand

- die obersten Geschossdecken beheizter Räume zu dämmen,
- die Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen in nicht beheizten Räumen zu dämmen,
- alte Heizkessel, d. h. bis 1978 installierte Anlagen, durch neue Heizkessel zu ersetzen.

Dieser Teil der Regelungen gilt als verpflichtend, muss also auch eingehalten werden, wenn ansonsten keine Sanierungsmaßnahmen geplant sind. Der andere Teil der EnEV-Regelungen betrifft Maßnahmen, die bei Änderungen, Erweiterungen und Ausbau von Gebäuden anstehen. Schwerpunkt ist immer die Reduzierung des Energiebedarfes. Dabei legt die Energieeinsparverordnung unter anderem fest, wie die Bauteile eines Gebäudes im Einzelnen beschaffen sein müssen, um die wärmeschutztechnischen Anforderungen zu erfüllen. Als Grenzwert wird der U-Wert herangezogen, der angibt, wie viel Wärme maximal durch einen definierten Bauteil gelangen darf. Wer Genaueres zu den jeweils geforderten U-Werten erfahren will, kann sich auf der Website der Energieeinsparverordnung unter www.enev-online.de informieren. Hier sind die betreffenden Anforderungen des Gesetzgebers detailliert und auf aktuellem Stand aufgeführt. Aus den U-Werten leiten sich die jeweils erforderlichen Dämmstärken ab. Auf die einzelnen Bauteile abgestimmt bedeutet dies in etwa:

- Außenwand: Außendämmung mit mindestens 12 cm Wärmedämmung
- oberste Geschossdecke/Dachschräge: mindestens 20 cm Wärmedämmung

- Fußboden/Kellerdecke: mindestens 8 cm Wärmedämmung
- Fenster mit Wärmeschutzverglasung [U-Wert = 1,3 W/(m² · K)]

Dem energiebewussten Bauherrn werden diese Anforderungen als gemäßigt erscheinen. Man sollte sich vergegenwärtigen, dass eine Sanierung den Standard eines Gebäudes für die nächsten Jahrzehnte festlegt. Wer ökonomisch denkt, wird sich mit dem gesetzlich geforderten Mindestmaß nicht zufriedengeben. Er wird stattdessen bestrebt sein, weitsichtig in möglichst zukunftsorientierte Maßnahmen zu investieren. Im Übrigen weisen auch die fortlaufenden Novellierungen der Energieeinsparverordnung in der Tendenz klar in diese Richtung (www.enev-online.de). War z. B. der Gebäudetyp des energieautarken Passivhauses im Jahr 2000 noch ein Exot in der Häuserlandschaft, so wird er nach Expertenmeinung in absehbarer Zeit Maßstab für den gesetzlich geforderten Stand der Technik beim Neubau sein.

Nun lassen sich die Vorgaben für den Passivhausstandard in den meisten Fällen zwar nur bedingt in die Altbausanierung einbringen. Besonders kritisch wird es bei Denkmälern. Doch warum nicht z. B. eine Außenwand gleich mit 20 cm statt mit 12 cm dämmen, wo der Kostenaufwand unerheblich, der zusätzliche Dämmeffekt aber erheblich ist? Folgende Vorgaben sind bei der Planung einer energetischen Altbausanierung auf jeden Fall eine Überlegung wert:

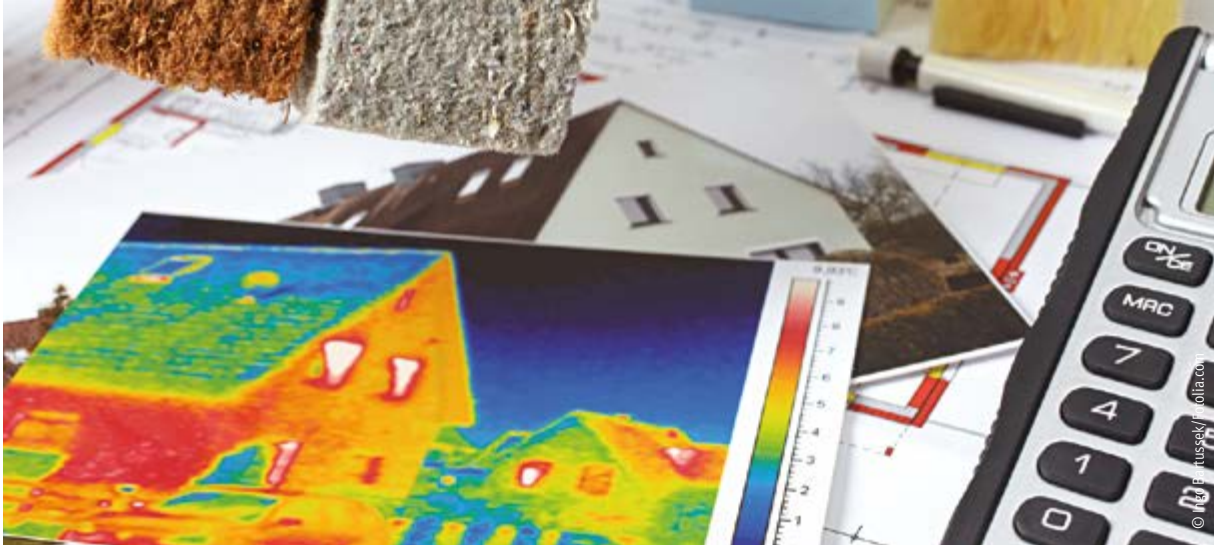
- Außenwand-Außendämmung bis 20 cm Wärmedämmung
- Dachschräge bis 30 cm Wärmedämmung
- Kellerdecke bis 12 cm Wärmedämmung von unten
- Fenster als Passivhausfenster [U-Wert 0,8 W/(m² · K)]

ORIENTIERUNGSWERTE FÜR DIE ALTBAUSANIERUNG

Je kleiner der U-Wert, desto größer die Energieeinsparung. Passivhäuser kommen mit minimalen Heizkosten aus.

Bauteil	Niedrigenergiehaus U-Wert EnEV 2014	Passivhaus* U-Wert
Außenwand	<0,24 W/(m ² · K)	0,15 W/(m ² · K)
Kellerdecke, Außenwände beheizter Kellerräume	<0,30 W/(m ² · K)	0,15 W/(m ² · K)
Oberste Geschossdecke, Geneigtes Dach	0,24	0,15
Flachdächer	0,20	0,15
Fenster inkl. Rahmen	1,30	0,80
Bemerkungen	Heizenergiebedarf: 3–7 l Heizöl oder 3–7 m ³ Erdgas pro m ² Wohnfläche und Jahr. Der Niedrigenergiehaus-Standard entspricht in etwa den Anforderungen der EnEV von 2009. (Aktuelle Informationen unter: www.enev-online.de)	Heizenergiebedarf: weniger als 1,5 l Heizöl bzw. weniger als 1,5 m ³ Erdgas pro m ² Wohnfläche und Jahr.

* Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich.



Aus einem Althaus wird zwar im Regelfall kein Passivhaus, weil die Wärmebrücken mit vertretbarem Aufwand nicht zu beheben sind. Wie die Praxis zeigt, können aber in nahezu allen Fällen einzelne Standards des Passivhauses in die Altbauanierung übernommen werden. Je luftdichter und besser wärmedämmt das Gebäude dann ist, desto mehr wird auch eine automatische Lüftung zum Thema. Auf jeden Fall muss zum Thema Luftdichtigkeit und Lüftung ein Energieberater zurate gezogen werden.

Wo lässt sich mit Wärmedämm-Maßnahmen am meisten einsparen?

- Durch Dämmung der Dachschräge beim ausgebauten Dach oder Dämmung der obersten Geschossdecke bei nicht ausgebautem Dach kann ca. ein Drittel des Wärmebedarfs eingespart werden.
- Durch zusätzliche Dämmung der Außenwand inklusive wärmetechnisch verbesserter Fenster lassen sich zwei Drittel bis drei Viertel des Wärmebedarfs einsparen.
- Die Wärmedämmung der Kellerdecke von unten bringt weitere 10 % Einsparung.

Energieausweis

Ein Energieausweis bietet standardisierte Informationen über die energetische Qualität von Gebäude und Anlagentechnik und erleichtert damit den Vergleich verschiedener Objekte. Soll ein Gebäude ganz oder in Teilen verkauft werden, so hat der Verkäufer dem Kaufinteressenten einen Energieausweis vorzuweisen. Dies gilt auch für den Eigentümer, Vermieter und Leasinggeber bei der Vermietung, der Verpachtung oder beim Leasing eines Gebäudes, einer Wohnung oder einer sonstigen selbstständigen Nutzungseinheit. Da die Interessenten von Gebäuden oder Wohnungen durch den Energieausweis die verbesserte energetische Qualität des Gebäudes erkennen können, ergibt sich eine zusätzliche Motivation, das Gebäude energetisch zu sanieren.

Energieausweise enthalten entweder Angaben zum Energiebedarf oder zum Energieverbrauch. Daten zum Energieverbrauch erhält man z.B. aus der Abrechnung des Heizöllieferanten, dem Gaszählerstand oder der Heizkos-

tenabrechnung. Für die Festlegung von Sanierungsmaßnahmen ist ein solcher verbrauchsorientierter Energieausweis nur sehr eingeschränkt brauchbar. Um sich einen differenzierten Überblick über die energetischen Schwachstellen eines Gebäudes zu verschaffen, sind Bauteilanalysen notwendig, wie sie nur ausgewiesene Fachleute (Architekten, Ingenieure, Handwerker) erstellen können. Die ermittelten Werte fließen in den bedarfsorientierten Energieausweis ein. Der bedarfsorientierte Energieausweis ist deutlich zeit- und kostenaufwendiger, er kann aber als Grundlage dienen für eine anschließende Energieberatung und die Festlegung von energetischen Verbesserungsmaßnahmen.

Energieberater

Energieberater sind qualifizierte Fachleute, die in einer Zusatzausbildung nachweislich Kenntnisse zu energieeffizientem Bauen und Sanieren erworben haben. In der Regel sind dies Architekten, Ingenieure oder auch Handwerker. Der Berater sollte auf jeden Fall von den Produktherstellern unabhängig und ökologisch orientierten Alternativen gegenüber aufgeschlossen sein. Er muss darüber hinaus in der Lage sein, das Gebäude in seiner Gesamtheit einschließlich Heizungsanlage und Warmwasserbereitung beurteilen zu können.

Beabsichtigt der Bauherr, für energetische Modernisierungsmaßnahmen Fördergelder in Anspruch zu nehmen, muss er noch vor Baubeginn einen vom Energieberater verfassten Antrag auf Förderung bei einer Fördereinrichtung einreichen. Die Fördereinrichtungen verfügen über Listen, in denen zertifizierte Energieberater mit entsprechender Zusatzausbildung eingetragen sind (www.energie-effizienz-experten.de).

Im Wesentlichen enthält der Antrag eine energetische Bestandsaufnahme des Gebäudes mit Errechnung des Energiebedarfes im unsanierten Zustand. Dazu werden Maßnahmen vorgeschlagen (z.B. Dämmung, Heizung, Einsatz erneuerbarer Energien), mit denen der von der Fördereinrichtung geforderte Energiestandard erreicht werden soll. Der Energiebedarfswert im Neuzustand ist in einer Energiekennzahl zusammengefasst.

CHECKLISTE ZUR VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG VON ENERGIESPARENDE MASSNAHMEN BEI DER ALTBAUSANIERUNG

Allgemein
Baulicher Zustand erfasst und bewertet?
Unabhängige Energieberatung genutzt?
Über Fördermittel informiert?
Energieverbrauchskennwert bestimmt?
Bei umfangreicher Sanierung: Planer eingeschaltet?
Notwendigkeit einer Baugenehmigung geklärt?
Für die Einholung der Angebote eine Beschreibung der auszuführenden Maßnahmen erstellt?
Mindestens drei Angebote eingeholt?
Angebote über Baustoffe aus regenerativer Erzeugung eingeholt?
Bauvertrag abgeschlossen?
Bei mehreren Gewerken: Bauleitung vorhanden?
Qualitätskontrolle vorgesehen?
Gebäudehülle
Beheizte Räume und Lage der Wärmedämmung festgelegt?
Anforderungen der EnEV bezüglich der U-Werte eingehalten?
Nachrüstverpflichtungen geprüft?
Fenster in der Dämmebene angeordnet oder Laibungen gedämmt?
Dämmung an Mauerkronen und unter dem Dachkasten nicht vergessen?
Luftdichtung im Dach lückenlos ausgeführt?
Vor Innendämmung oder Dämmung zweischaliger Außenwände Fachplaner zurate gezogen?
Aufarbeitung der alten Fenster geprüft?
Dämmung und Dichtung von Rollladenkästen bedacht?
Sonnenschutz für große Fensterflächen (besonders nach Süden) und von Dachfenstern bedacht?
Bei Feuchtigkeit im Keller Fachmann zurate gezogen?

Quelle: B. Kolb – eigene Zusammenstellung auf der Basis der Deutsche Energie-Agentur (dena)

Förderprogramme

Die meisten Förderungen werden auf Antrag gewährt. Ein Rechtsanspruch auf Förderung besteht nicht. Fördermittel sind nicht unbegrenzt verfügbar, sondern auf eine bestimmte jährliche Höhe festgelegt. Mit der geförderten Maßnahme darf in der Regel erst begonnen werden, wenn ein schriftlicher Förderbescheid vorliegt. Deswegen sollten Eigentümer sich frühzeitig informieren und unterschiedliche Förderangebote einholen.

Beachten Sie bitte besonders:

- welche Personen Anträge für das Förderprogramm stellen dürfen,
- was genau gefördert wird,
- die Kumulierbarkeit mit anderen Förderprogrammen oder Zuschüssen,
- die Konditionen der Förderung (bei Krediten z.B. Laufzeit, Zinssätze, Tilgung, Sicherheiten),
- die Auszahlungsbedingungen.

Lassen Sie sich von Ihrem Energieberater bestätigen, dass die von ihm empfohlenen Maßnahmen die Anforderungen des konkreten Förderprogramms, das Sie in Anspruch nehmen möchten, erfüllen (dass z. B. die Dicke des aufzubringenden Dämmstoffs ausreichend ist).

Fördereinrichtungen finden Sie im Internet unter den Adressen:

www.foerderdatenbank.de

www.baufoerderer.de

www.kfw.de

www.bafa.de

4 WÄRMESCHUTZMASSNAHMEN AN DER GEBÄUDEHÜLLE

In schlecht gedämmten Häusern kann es an strengen Wintertagen mitunter ungemütlich werden. Trotz aufgedrehter Heizung entweicht die Wärme schneller als gewollt über das Dach, über ungedämmte Außenwände und zugige Fenster. Diese Wärmeverluste lassen sich erheblich verringern, wenn die Gebäudehülle möglichst lückenlos gedämmt wird.

Sollen die Außenhaut eines Gebäudes oder Teile davon modernisiert werden, ist zuerst zu entscheiden, welche Räume beheizt werden, also innerhalb des gedämmten Bereiches liegen sollen. Werden Keller oder Dach als Aufenthaltsräume genutzt und deshalb geheizt, sollten sie innerhalb der gedämmten Hülle liegen. Unbeheizte Räume wie Dachboden, Keller oder Garage sollten besser außerhalb der gedämmten Hülle gehalten werden. Zu bedenken ist dann aber, dass dort im Winter eventuell Frost herrscht (Wasserleitungen!).

Um Energie zu sparen, muss die Wärmedämmschicht die beheizten Räume möglichst lückenlos vor dem unbeheizten Bereich bzw. der Außenluft schützen. Jede Lücke bildet eine Wärmebrücke, erhöht die Gefahr der Schimmelpilzbildung an dieser Stelle und steigert die Energieverluste.

Auch energieeffiziente Fenster mit moderner 2-Scheiben- oder sogar 3-Scheiben-Verglasung und gedämmten Rahmen tragen erheblich dazu bei, die Wärmeverluste der Gebäudehülle zu minimieren.

Außenwände

Die Außenwand eines Hauses ist starken Temperaturschwankungen und Witterungseinflüssen ausgesetzt. Das kann zu Abnutzungen der Fassade und einem unansehnlichen Äußeren führen. Wenn dann der Putz erneuert werden muss oder größere Renovierungsarbeiten anstehen, lohnt es sich, über eine Dämmung nachzudenken.

Zunächst ist die Konstruktion der Außenwände zu prüfen. Nicht jede Dämmung eignet sich für jeden Wandaufbau. Und nicht zuletzt spielt auch die Optik eine Rolle: Eine Außenwanddämmung bietet oft die Chance, die Fassade aufzuwerten. In bestimmten Fällen, z. B. bei Sichtfachwerk oder bei historischen Fassaden, ist sie jedoch häufig nicht geeignet. Meist findet sich für jede Situation die passende Lösung. Im Folgenden sind typische Wandaufbauten mit Vorschlägen zur Verbesserung des Wärmeschutzes aufgeführt. Die errechneten U-Werte ersetzen jedoch nicht eine exakte Berechnung für jeden Einzelfall. Dazu sind die genauen bauphysikalischen Kennwerte der Wandkonstruktion sowie die vorherrschenden klimatischen Bedingungen am Ort einzubeziehen.

ENEV-ANFORDERUNGEN AN AUSSENWÄNDE

Was Sie tun können	Geforderter U-Wert für die Außenwände	Erforderliche Dämmstärke (Richtwert ²)
Ersatz, Errichtung, Verkleidung der Dämmung der Außenwände von beheizten Räumen	$U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 14 cm
Neuer Außenputz für Wände, wenn diese die bestehende Mindestanforderung ¹ nicht erfüllen	$U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 14 cm
Kerndämmung von Außenwänden ³	$U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 14 cm, maximal erforderlich: vollständiges Ausfüllen des Zwischenraumes
Innendämmung von Außenwänden	$U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 10 cm

Quelle: Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014

¹ Die Mindestanforderung liegt bei einem U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Sie wird z. B. durch 30 cm dicke Porenbetonblocksteine oder 36,5 cm Mauerwerk aus Leichtbeton-Vollsteinen erreicht.

² Die Dämmstoffdicke kann je nach Konstruktion und Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes abweichen und muss daher stets für den Einzelfall berechnet werden. In der Energieeinsparverordnung sind die U-Werte für Dämmstoffe der Wärmeleitgruppe (WLG) 035 vorgegeben.

³ Bei mehrschaligem Mauerwerk im Bestand gilt die Ausfüllung des Hohlraums als Anforderungserfüllung bei $\lambda = 0,40 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Außendämmung

Bei der Außendämmung wird die Dämmschicht auf die Außenfläche der Wand aufgebracht. Sie schützt das Haus vor Witterungseinflüssen und Wärmeverlusten. Eine Außendämmung empfiehlt sich insbesondere bei einem einschaligen Wandaufbau (z.B. massives Mauerwerk oder Holzständerkonstruktion). Der beste Anlass für eine Außendämmung sind Fassadenarbeiten, die ohnehin anstehen, wie die Erneuerung des Putzes oder Anstrichs oder auch der Einbau neuer Fenster.

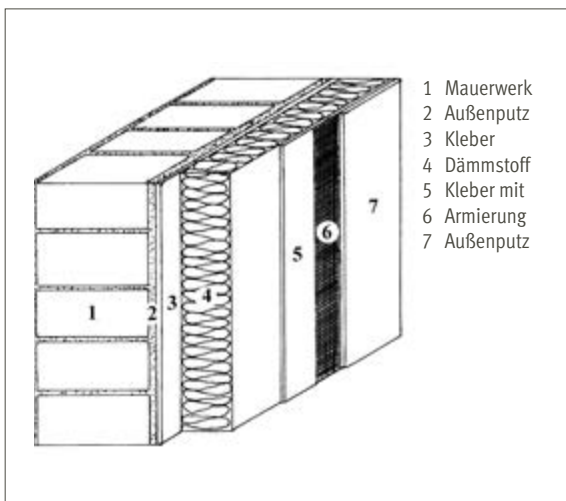
Bei der Außendämmung ist zu bedenken, dass die Mauerstärke um 10 cm und mehr anwächst. Zum Schutz der Dämmung ist deshalb für genügend Dachüberstand zu sorgen. Dieser lässt sich je nach Konstruktion eventuell ohne Neueindeckung des Daches erweitern. Im Zuge der Dämmmaßnahmen sind ggf. auch Dachrinnen, Dachabläufe und Fensterbretter zu versetzen oder zu erneuern.

Es gibt zwei erprobte Konstruktionen zur Außendämmung:

- das Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) und
- die Vorhangfassade (hinterlüftete Fassade mit Verkleidung z. B. aus Holz).

Dämmen mit WDVS

Beim Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) werden die Dämmplatten direkt auf den Altputz oder das Mauerwerk aufgeklebt. Lose Putzstellen und staubige Anstriche sind vorher zu entfernen bzw. auszubessern. Feuchtes Mauerwerk muss trockengelegt werden, im erdberührten und erdnahen Bereich sind geschlossenzellige Dämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) oder Schaumglas einzusetzen. Wird hier aus ökologischen Gründen Kork, Mineralschaum oder gar Holzfaser verwendet, führt das zu dauerhafter Durchfeuchtung des Dämmstoffes und damit zu Bauschäden.



Außendämmung mit Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)

Anschlüsse an Fenstern und Außentüren werden fachgerecht mit hinterlegten vorkomprimierten Bändern im Verbund mit speziellen, am Rahmen aufgeklebten Anschlussprofilen abgedichtet. Auch zwischen Fensterbank und Dämmstoff wird stets mit Kompriband abgedichtet. Dagegen sind dauerelastische Verfüguungen mit Acrylmasse oder Silikon im Anschlussbereich wegen der geringen Haltbarkeit ein schlechter Kompromiss. Bei Flankenablösung des Dichtstoffes wird die Fassade von Wasser hinterlaufen und kann nicht mehr richtig abtrocknen.

Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) werden vom Hersteller als Komplettpakete angeboten, d.h., Dämmstoff, Kleber, Putz und Anstrich sind aufeinander abgestimmt und sollten nicht auf eigene Faust, z.B. um Billigangebote zu nutzen, aus unterschiedlichen Produktlinien zusammengestellt werden. Ansonsten erlischt die Herstellergarantie. Dies ist insbesondere auch bei den Verbundsystemen mit Dämmstoffen wie Kork, Mineralschaum, Holzfaser u.a. zu berücksichtigen.

Kunststoffe in WDVS

Bei den aktuell verwendeten Wärmedämm-Verbundsystemen wird viel Kunststoff eingesetzt. Das gilt für Armierungsgewebe, Profile für Kanten, Sockel, Mauerwerksanschlüsse, Dichtungsbänder, Kleber, Putze, Anstriche. Speziell die Kleber und Putze, sowohl Silikat- als auch Silikonharzputze, sind in der Regel mit Kunststoffdispersionen vergütet und gleichen eher Kunststoffmassen als herkömmlichen mineralischen Mörteln. Kunststoffe sind nötig, weil Putze und Kleber einerseits im Interesse ausreichender Diffusionsfähigkeit nur wenige Millimeter dick sein dürfen, andererseits stabil auf dem (künstlichen) Dämmstoff haften müssen. Rein mineralische Putze/Kleber aus Kalk oder Lehmörtel kommen bei WDV-Systemen mit Naturdämmstoffen (Holzfaser, Schilfrohr, Mineralschaum u.a.) zur Anwendung und tragen z.T. das natureplus-Siegel.

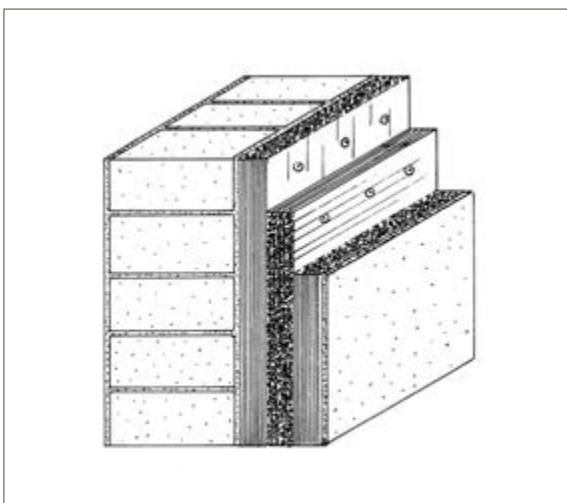
WDVS mit Polystyrol

Wichtigster Dämmstoff in über 90 % aller Wärmedämm-Verbundsysteme ist Polystyrol (EPS). Polystyrol ist ein Erdölprodukt und mit dem halogenierten Brandschutzmittel HBCD ausgerüstet. Dank HBCD ist Polystyrol als einziger organischer Dämmstoff in die Baustoffklasse B1 (schwer entflammbar) eingestuft. Die Auswirkungen von HBCD auf Mensch und Umwelt gelten jedoch als bedenklich. Hierzu eine Stellungnahme des Umweltbundesamtes: „Solange die Hersteller der Polystyrol-Dämmstoffe HBCD verwenden, sind Maßnahmen zur effektiven Vermeidung der Emissionen in allen Produktlebensphasen kurzfristig erforderlich. Das Umweltbundesamt plädiert darüber hinaus dafür, zur Wärmedämmung – soweit technisch möglich – andere, umweltverträgliche Dämmmaterialien zu verwenden, bis ein alternatives Flammenschutzmittel für Polystyrol gefunden ist.“

Alternativen zu Polystyrol

Für WDV-Systeme mit Polystyrol gibt es Alternativen, z. B. Dämmplatten aus Holzfaser oder Mineralschaum. Auf der Basis von Holzfaser wurden Spezialplatten entwickelt, die eine gute Dämmwirkung aufweisen und sich verputzen lassen. Die Platten haben ein höheres Gewicht, lassen sich aber ansonsten ähnlich gut verarbeiten wie Polystyrol. Für Leichtbauweisen im Holzbau sind Holzweichfaserplatten der ideale Dämmstoff, da sie genügend Masse einbringen, klimaausgleichend und schalldämpfend wirken. Besonders hervorzuheben: Das komplette Dämmsystem inkl. Putz und Kleber ist als natureplus-zertifiziertes Produkt im Handel.

Auch Kork- oder Schilfrohrplatten können für den Vollwärmeschutz eingesetzt werden. Diese Dämmstoffe müssen jedoch als Nischenprodukt angesehen werden, da es nicht möglich sein wird, die für einen Massendämmstoff benötigten Mengen bereitzustellen. Ein Vorteil der Schilfrohrplatte: Die Platte dient als Dämmstoff und gleichzeitig als Putzträger. Verputzt werden kann in traditioneller Weise mit Frischmörtel (z. B. Luftkalkmörtel). Zudem spart man sich den Dämmstoffkleber, weil sich die Platten mechanisch am Mauerwerk befestigen lassen.



Außenwanddämmung mit Schilfrohrplatten ein- oder mehrlagig

Eine weitere Alternative ist die Mineralschaumplatte. Damit sie auf der Putzfläche kraftschlüssig verklebt werden kann, benötigt die Platte einen möglichst planebenen Untergrund – was bei älteren Fassaden häufig nicht gegeben ist (Unebenheiten <10 mm). Das starre Material lässt sich nicht so gut anformen wie andere, „weichere“ Dämmstoffe. Im Handel sind Mineralschaumplatten komplett (inkl. Putz/Kleber) als natureplus-zertifiziertes Dämmsystem erhältlich.

WDVS und Algenbildung

Auf der Oberfläche von verputzten Außendämmungen bilden sich rascher Algen als an herkömmlichen, nicht gedämmten Fassaden. Die dunklen Flecken und Fahnen sind unschön, beeinträchtigen aber die Bausubstanz nicht und werden nicht als Bauschaden anerkannt. Betroffen sind vor allem Nordfassaden, besonders wenn sie im Schatten von hohen Bäumen liegen und nicht durch ein ausladendes Dach geschützt sind. Wenig Sonne, viel Feuchtigkeit hauptsächlich durch Tauwasser und viel Nahrung durch organische Stoffe (Pollen, aber auch Kunststoffsubstanzen aus Anstrich und Putz) bilden den idealen Nährboden für Algenbewuchs.

Als Vorbeugung gegen Algenbewuchs wirken möglichst glatte Putzoberflächen, an denen sich keine Verunreinigungen anlagern können und Regenwasser ungehindert abgleitet. Von der Industrie empfohlen werden auch Anstrichsysteme mit dem sogenannten Lotuseffekt. Die Haut solcher Anstriche ist zwar diffusionsfähig, aber so beschaffen, dass Verunreinigungen nicht auf der Oberfläche haften und dadurch mit dem Regen abgewaschen werden. Wie sich diese mit Nanotechnologie ausgestatteten Anstrichsysteme auf die Umwelt auswirken, ist noch unklar.

Wirksam gegen Algenbewuchs sind auch Algizide in Anstrich- und Putzsystemen, allerdings nur befristet, solange sie nicht vom Regen ausgewaschen werden. Irgendwann gelangen die giftigen Substanzen ins Erdreich, ins Grundwasser oder über die Kanalisation in Flüsse und Seen. Will man den jüngeren Forschungsergebnissen des Dahlberg-Institutes Glauben schenken, wonach all diese Mittel langfristig ohnehin kaum zum Erfolg führen, sind die teuren und umstrittenen Mittel wohl nicht die beste Wahl. (Das Dahlberg-Institut sieht den einzigen Ausweg für WDV-Systeme aus der Algen-Misere in einer Fassadenheizung – was natürlich den Energiesparbemühungen zuwiderläuft.)

Ein einfaches Mittel gegen Algenbewuchs liefert die Natur selbst in Form eines Fassadenkleides mit Kletterpflanzen. Das Blattwerk verhindert Kondensatbildung auf dem Putz, schützt die Fassade und erfreut das Auge. Weniger Probleme mit Algenbildung bereiten Dämmsysteme, die mehr Masse einbringen, d. h. bessere Wärmespeicher sind, wie z. B. Holzweichfaserplatten. Günstiger sind auch dicke, rein mineralische Putzschichten statt der millimeterdünnen WDV-Putze. Auf der sorptionsfähigen Putzoberfläche bildet sich weniger Kondensat, die Lebensbedingungen für Algen sind damit ungünstiger.

U-Werte für die Wärmedämmung von Bauteilen können Sie selbst mit einem Online-Rechner ermitteln:

www.ubakus.de

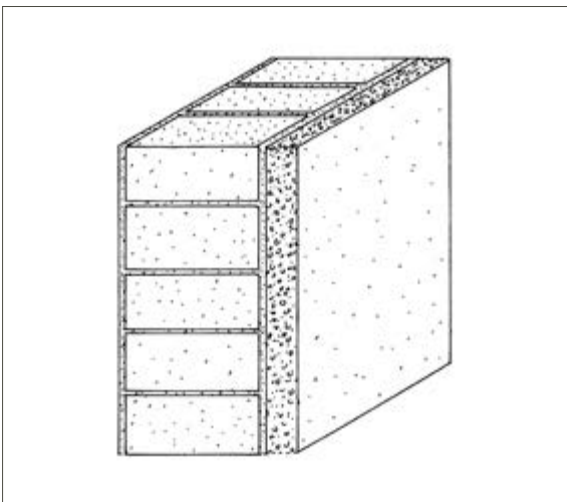
(Es werden neben dem U-Wert auch der Temperaturverlauf, die Feuchtigkeit und der Hitzeschutz berechnet.)

www.energiesparhaus.at

www.bauteilkatalog.ch

Wärmedämmputze

Sie sind eine Alternative zum Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS). Hergestellt aus Sand, Kalk und Zement, enthalten Wärmedämmputze in der Regel Kunststoffbindemittel und als wärmedämmende Zuschläge Polystyrolkügelchen. Daneben finden sich auch rein mineralische Wärmedämmputze mit anorganischen oder organischen Zuschlägen aus Perlite, Kork, Blähglas etc. Je nach Produkt lassen sich Wärmedämmputze bis zu einer Schichtdicke von 20 cm auftragen. Sie dämmen allerdings schlechter als ein ausgewiesener Dämmstoff. Auf Fassaden, bei denen keine großen Veränderungen im Erscheinungsbild möglich sind, können Wärmedämmputze in Schichten von wenigen Zentimetern Dicke aber schon eine große Hilfe sein.



Außendämmung mit Wärmedämmputz

Die Dämmwirkung ist im Vergleich mit den gängigen WDV-Systemen geringer. Aber schon 2 cm Wärmedämmputz können beispielsweise bei Kalksandstein-Mauerwerk den U-Wert halbieren – ohne stark aufzufallen und viel Außenraum zu beanspruchen. Neben den marktüblichen Polystyrol-Dämmputzen sind auch natureplus-zertifizierte Wärmedämmputze mit $\lambda = 0,070 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ erhältlich. Eine Sonderstellung nimmt wegen seines günstigen Wärmeleitwertes der Haga-therm-Wärmedämmputz mit $\lambda = 0,056 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ein, ein Kalkputz mit rein mineralischen Leichtzuschlägen, auftragbar in einer Stärke bis 80 mm.

Vorhangfassade

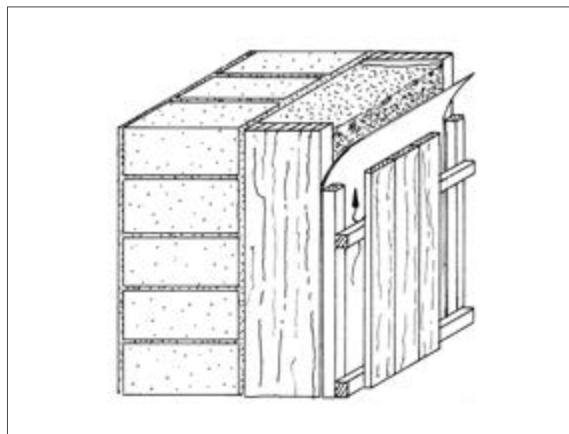
Bei der Vorhangfassade verwendet man anstelle einer verputzten Thermohaut eine Verkleidung (beispielsweise aus Holz), die mit einer Tragekonstruktion aus Holz oder Metallprofilen an der Außenwand befestigt wird. In die Zwischenräume der Unterkonstruktion wird der Dämmstoff geklemmt, beispielsweise Dämmmatten aus Holz-, Hanf- oder Flachsfasern. Darüber wird zum Schutz der Dämmung vor Wind, Schlagregen und Schneedrift eine Unterspannbahn ange-

bracht. Anschließend wird eine Hinterlüftungsebene von mindestens 3–4 cm mittels Lattung hergestellt, auf die dann die Holzverkleidung genagelt oder geschraubt wird.

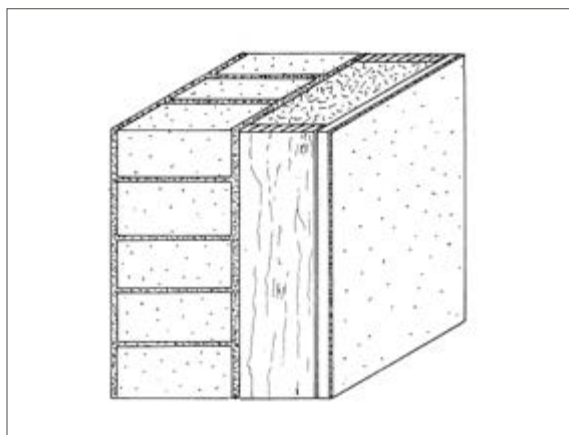
Statt einer Holzverkleidung können auf der Unterkonstruktion z.B. auch Holzweichfaserplatten befestigt werden. Diese lassen sich verputzen, sodass sich der Charakter eines massiven Mauerwerks ergibt. Außerdem wird durch die Platten eine zusätzliche Dämmwirkung erzielt. Die Hohlräume hinter den Platten können statt mit Dämmplatten auch mit Zellulose ausgeblasen werden, was eine lückenlos dichte Dämmebene ergibt.

Vorhangfassaden gelten durch ihre Trennung in konstruktive Teile, Wärmeschutz und Witterungsschutz als bauphysikalisch zuverlässige Bauweise. Weitere Vorteile:

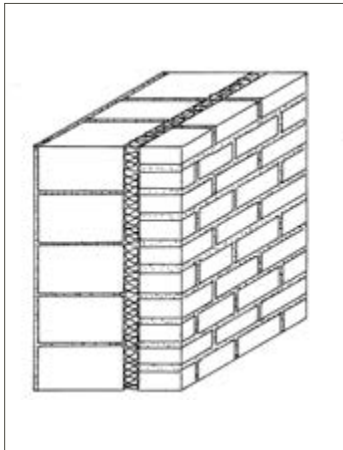
- überwiegend natürliche Baustoffe einsetzbar
- Selbstbau ist möglich
- geringer Pflegeaufwand
- langlebige Konstruktion
- ideal auf unebenen Flächen oder Altputzen in schlechtem Zustand



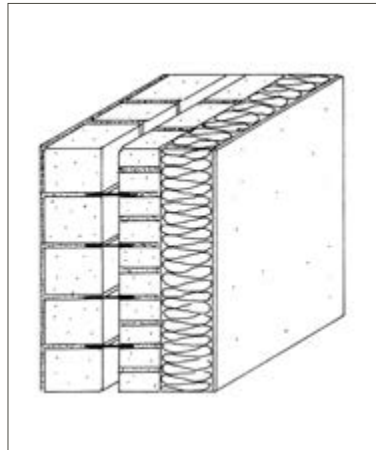
Vorhangfassade mit Holzverkleidung hinterlüftet



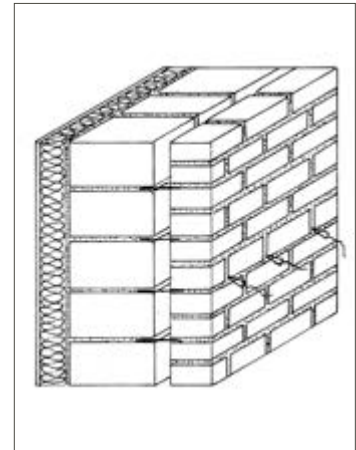
Vorhangfassade mit verputzter Fassadenplatte



Zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung



Zweischaliges Mauerwerk mit Außendämmung



Zweischaliges Mauerwerk mit Innendämmung

Kerndämmung

Besteht eine Außenwand aus zweischaligem Mauerwerk und soll das Fassadenbild (z. B. Klinkerfassade) erhalten bleiben, so bietet sich eine Kerndämmung an. Dafür blasen oder schütten Spezialfirmen den Dämmstoff in den Hohlraum zwischen den Mauerwänden. Für die Kerndämmung verbleibt zwischen den Wänden konstruktionsbedingt meist nur ein schmaler Spalt von wenigen Zentimetern. Zum Ausblasen der Hohlräume eignet sich hydrophobiertes Perlite. Welche Dämmstoffe zulässig sind, muss eine Begutachtung vor Ort entscheiden. Man sollte sich dabei nicht nur auf den Rat des ausführenden Fachbetriebs verlassen, sondern auch einen Architekten oder Fachplaner hinzuziehen. Durch unsachgemäße Kerndämmung können Bauschäden entstehen, vor allem, weil die vorher gegebene Hinterlüftung der Außenwand wegfällt. Außerdem bleiben an Fensterlaibungen und Übergängen zwischen den Schalen häufig Wärmebrücken.

Ist eine Kerndämmung z. B. aus bauphysikalischen Gründen nicht möglich, bleibt noch die Außen- oder Innendämmung als Alternative. Vor Durchführung ist auch hier dringend der Rat des Fachmanns gefragt.



Nachträgliche Einblasdämmung bei zweischaligem Mauerwerk

Innendämmung

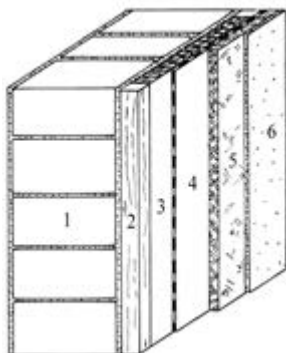
Eine Innendämmung kommt infrage, wenn eine Außendämmung nicht möglich ist, weil etwa das bestehende Fassadenbild erhalten oder Grundstücksgrenzen beachtet werden sollen. Anwendungsbereiche sind z. B. schützenswerte Denkmäler mit historisch wertvollen Fassaden. Erhalten werden sollten aber auch Fassaden mit eigenem Gepräge, etwa mit Schmuckreliefs oder Untergliederungen, sowie Backsteinfassaden mit Ziermauerwerk und ebenso Sichtfachwerkbauten. Kleine und große Eigenheiten, die früher jedem Haus ein eigenes Gesicht gaben, verschwinden derzeit landesweit unter dicken Dämmmänteln aus Styropor und hinterlassen ein trauriges, gesichts- und geschichtsloses Einerlei. Dann doch lieber von innen dämmen.

Die Innendämmung ist mehr als lediglich eine zweitrangige Alternative zur Außendämmung. Nur muss sie sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Insbesondere Wärmebrücken an Geschossdecken und Innenwänden sind gering zu halten. Unsachgemäße Innendämmung kann erhebliche Bauschäden durch Feuchtigkeit verursachen. Um die Kondensation von Feuchtigkeit hinter der Dämmschicht zu vermeiden, ist für die klassischen Innendämmkonstruktionen (Vorsatzschalen) raumseitig eine Dampfbremse erforderlich.

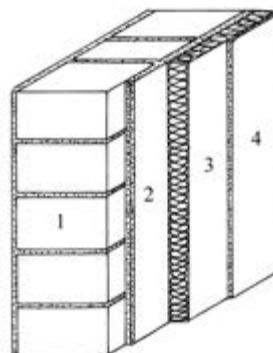
Neuere Dämmstoffentwicklungen können jedoch eine Dampfsperre überflüssig machen. Calciumsilikatplatten oder Mineralschaumplatten sind sowohl dampfdiffusionsfähig als auch kapillaraktiv. Insbesondere die Calciumsilikatplatten sind selbst schwierigen hygrothermischen Situationen gewachsen, die Platten haben allerdings ihren Preis. „Starre“ Platten aus Calciumsilikat oder Mineralschaum eignen sich nur für Massivbauten, nicht für Fachwerk.

Bei Verwendung von Dämmstoffen wie Calciumsilikatplatten oder Mineralschaumplatten gilt: Ausschließlich Systemkom-

Innendämmsysteme



- 1 Außenwand
- 2 Holzunterkonstruktion in Stärke der Dämmschicht
- 3 Dämmmatte (Hanffaser, Flachsfaser, Holzfaser flexibel u. a.)
- 4 Dampfbremse
- 5 Holzwolleleichtbauplatte
- 6 Innenputz



- 1 Außenwand
- 2 Haftschrift (Kleber), z. B. Lehmörtel
- 3 Dämmplatte, z. B. Holzweichfaserplatte
- 4 Innenputz, z. B. Lehmputz

Innendämmsystem mit Dämmmatte zwischen den Konstruktionshölzern eingeklemmt mit Dampfbremse. Verkleidung z. B. mit Gipskarton, Holzverschalung, Holzwolleleichtbauplatte verputzt o. Ä.

Innendämmsystem mit Dämmplatte, vollflächig verklebt. Dämmstoff je nach Bausituation als Holzweichfaserplatte, Perliteplatte, Mineralschaumplatte, Calciumsilikatplatte o. Ä. Raumseitig Putzschale mit Lehm- oder Kalkputz.

ponenten des Herstellers verwenden und Herstellerhinweise beachten. Dies gilt auch bei Einsatz von Holzweichfaserplatten als Dämmschicht.

Gerade für die Fachwerksanierung konnten sich in jüngster Zeit als Innendämmung insbesondere mit einer Membranschicht versehene Holzweichfaserplatten sowie Verarbeitungstechniken mit Lehm durchsetzen. Bei all den feuchtepuffernden bzw. kapillaraktiven Innendämmsystemen kann eine raumseitige Dampfsperre entfallen, eine Vor-Ort-Beratung mit Bauteilanalyse sollte jedoch stets in Anspruch genommen werden.

Die Wahl der Dämmstoffdicke orientiert sich bei Innendämmungen maßgeblich an den Faktoren „Maximum an Dämmung“ und „Minimum an Raumverlust“. Dazu die Energieagentur NRW: „Schon mit einer Dämmdicke von 6 cm kann der Wärmeverlust um mehr als 50 % reduziert werden – auch wenn die Wärmebrückeneffekte durch fehlende Dämmung bei den Decken- und Wandanschlüssen mit berücksichtigt werden. Mit einer Verdoppelung auf 12 cm ist nur noch wenig mehr herauszuholen.“ In Zahlen ausgedrückt: Gegenüber der ungedämmten Wand können 6 cm Dämmung ca. 55 % und 12 cm ca. 65 % Energie einsparen. Bei stark schlagregenbe-

anspruchten Fassaden (Fachwerk) sollten grundsätzlich dünnere Dämmschichten eingesetzt werden, um eine schnellere Rücktrocknung der Wand zu ermöglichen.

Vorteile der Innendämmung:

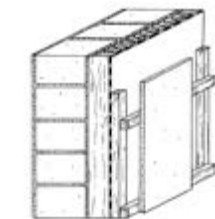
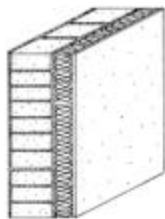
- Fassade (Außenansicht) bleibt original erhalten
- schnelleres Aufheizen auf Raumtemperatur möglich
- Anbringung witterungsunabhängig, also auch im Winter möglich
- zertifizierte Naturbaustoffe einsetzbar
- selbstbaueeignet (vor Durchführung jedoch Bauteilanalyse erforderlich)

Nachteile der Innendämmung:

- Dämmstoffdicke begrenzt wegen Platzverlust
- Wohnfläche wird reduziert
- Wärmebrücken sind de facto unvermeidlich
- etwas reduzierte Wärmespeicherefähigkeit

Bei Innendämmung ist auch zu beachten, dass durch die Reduzierung des Wärmeflusses durch die Wand die Außenwand stärker auskühlt als ohne Dämmung. Im Extremfall können Wasserleitungen einfrieren.

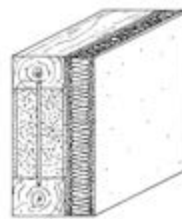
Mauerwerk



Innendämmung mit Dämmplatte

Innendämmung mit Vorsatzschale

Fachwerk



Innendämmung mit Dämmplatte

Innendämmung mit Vorsatzschale

Kellerdämmung

Ob der Keller gedämmt werden soll, hängt von seiner künftigen Nutzung ab. Dient er als Heizraum, Bar oder Hobbyraum, werden Wände und Boden gedämmt. Soll der Keller unbeheizt bleiben, empfiehlt sich die Dämmung der Kellerdecke.

Dämmung von Kelleraußenwänden

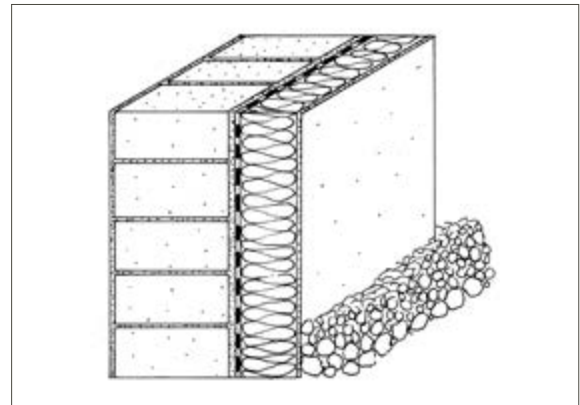
Zur Vorbereitung der Kelleraußenwanddämmung wird bei normaler Baufeuchte, nicht bei drückendem Wasser oder Grundwasser, auf die trockene und saubere Wand zunächst eine vertikale Sperrschicht aus zementhaltiger Schlämme oder aus Polymerbitumen-Dickbeschichtung aufgebracht. Darauf kann die Dämmschicht geklebt werden. Wie bereits erwähnt, kommen hier nur feuchteresistente und druckfeste Dämmplatten infrage, z.B. extrudierte Polystyrolschaumplatten (XPS) oder Schaumglas. Diese sogenannte Perimeterdämmung dämmt nicht nur gut, sondern hält dank ihrer geschlossenzelligen Struktur auch von außen eindringende Feuchtigkeit von der Wand ab. Der Schutz der äußeren Abdichtung ist deshalb auch bei nicht beheizten Kellern sinnvoll. Die Dämmplatten müssen entsprechend den einschlägigen Normen und Verarbeitungsrichtlinien angebracht und mit Armierungsgewebe verputzt werden.

Schaumglasplatten werden mit lösemittelfreiem Bitumenkleber vollflächig auf die Wandfläche geklebt. Zwingend notwendig dazu ist ein ebener Untergrund – im Altbau eher eine Seltenheit. XPS-Platten können punktförmig mit Kleberbatzen befestigt werden. So lässt sich unebener Untergrund leichter ausgleichen.

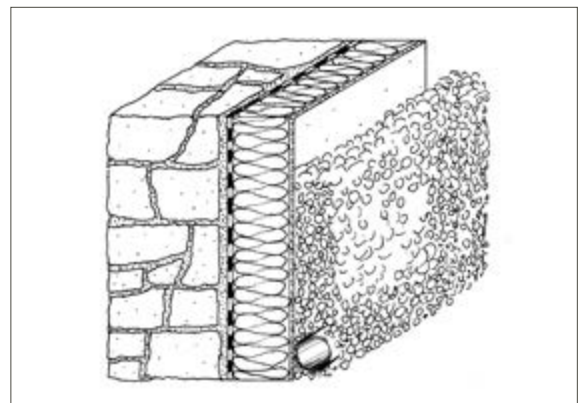
Dämmung des Kellerbodens

Die Dämmung des Kellerbodens richtet sich nach der künftigen Nutzung der Kellerräume und der zur Verfügung stehenden Raumhöhe. Soll der Keller unbeheizt bleiben, empfiehlt sich die Wärmedämmung der Kellerdecke. Bei beheiztem Keller wird der Boden gedämmt, dabei sollte man gleichzeitig auch eine Dämmung der Kelleraußenwände mit einplanen.

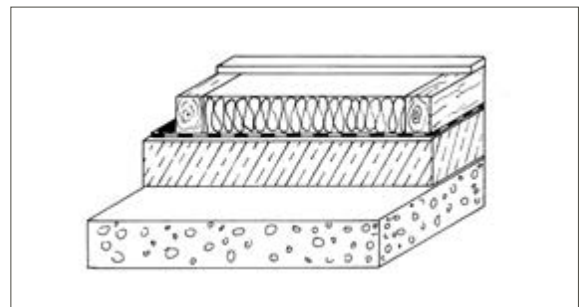
Falls bereits eine Bodenplatte aus Beton vorhanden ist, kann diese als Grundlage für den weiteren Aufbau des gedämmten Fußbodens dienen. Fehlt eine Bodenplatte, müssen alte Böden entfernt und der Boden neu aufgebaut werden. Dies beginnt stets mit einer kapillARBrechenden Schicht aus Kies, um zu unterbinden, dass eine direkte Berührung mit dem Erdreich stattfindet und Feuchtigkeit in den Fußboden aufsteigt. Der Kies kann z. B. auch durch Schaumglasschotter ersetzt werden. Er ist Wärmedämmung, Tragschicht und Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit in einem.



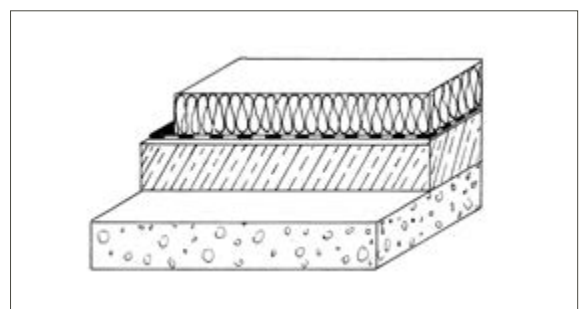
Ziegelmauerwerk mit Perimeterdämmung



Natursteinmauerwerk mit Perimeterdämmung



Hohlraumdämmung über Betonplatte



Dampfdichte Dämmplatte auf Betonsohle

ENEV-ANFORDERUNGEN AN DIE KELLERDÄMMUNG

Maßnahmen	Wärmedurchgangskoeffizient	Dämmstärke (für Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035*)
<ul style="list-style-type: none"> Ersatz, erstmaliger Einbau von Wänden oder Decken gegen unbeheizte Räume und Erdreich Anbringung oder Erneuerung von außenseitigen Bekleidungen oder Verschalungen, Feuchtigkeitssperren oder Drainagen Anbringung von Deckenbekleidungen auf der Kaltseite Einbau von Dämmschichten bei Decken und Wänden gegen unbeheizte Räume oder Erdreich 	$U \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 12 cm
Erneuerung des Fußbodenaufbaus (auf der beheizten Seite)	$U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	ca. 8 cm

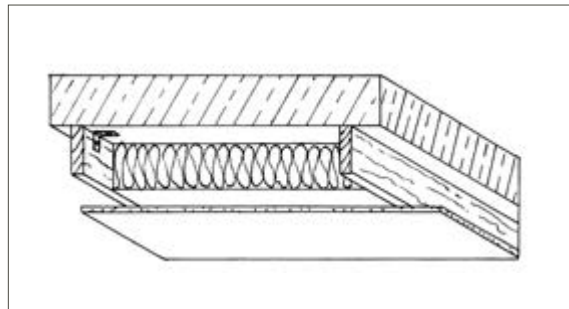
Quelle: Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014

* Die Dämmstoffdicke kann je nach Konstruktion und Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes abweichen und muss daher stets für den Einzelfall berechnet werden. In der Energieeinsparverordnung sind die U-Werte für Dämmstoffe der Wärmeleitgruppe (WLG) 035 vorgegeben.

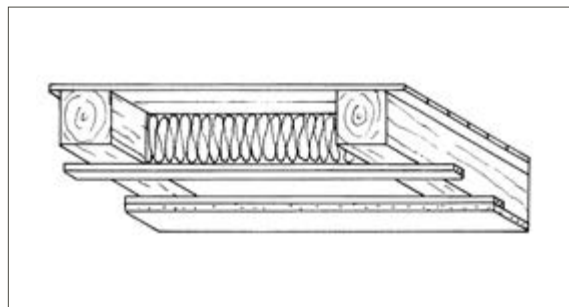
Dämmung der Kellerdecke

Bleibt der Keller unbeheizt und macht sich der Fußboden im Erdgeschoss durch Fußkälte bemerkbar, empfiehlt sich die Dämmung der Kellerdecke von unten, vorausgesetzt, der Keller bietet ausreichend Stehhöhe. Die Dämmstärke richtet sich auch danach, inwieweit sich Türen und Fenster noch öffnen lassen und vorhandene Leitungen überdämmt werden müssen. Die Dämmung der Kellerdecke von unten ist eine Arbeit, die sich der versierte Heimwerker durchaus zutrauen kann.

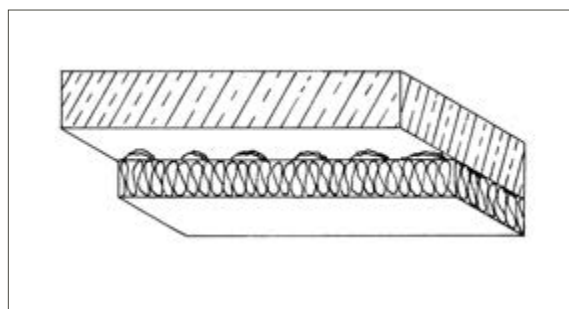
Müssen Leitungen, z. B. Heizungsrohre, Wasser- oder Elektroinstallation, in die Dämmebene eingebunden werden, empfiehlt sich eine Holzunterkonstruktion. In die Zwischenräume können beispielsweise Hanf- oder Flachsplatten eingeklemmt werden. Auch eine Einblasdämmung mit Zellulose kommt infrage. Auf glatte ungestörte Deckenflächen lassen sich Mineralschaumplatten aufkleben. Die Platten sind nicht brennbar (Heizkeller!). Ein Putz oder eine Verkleidung kann entfallen, solange keine hohen Ansprüche an die Oberflächenstruktur gestellt werden. Eine weitere Alternative für die Deckendämmung sind Holzweichfaserplatten.



Betondecke, Dämmung unterseitig



Vollsparrendämmung



Dämmplatten unterseitig aufgeklebt

Dämmung der obersten Geschossdecke

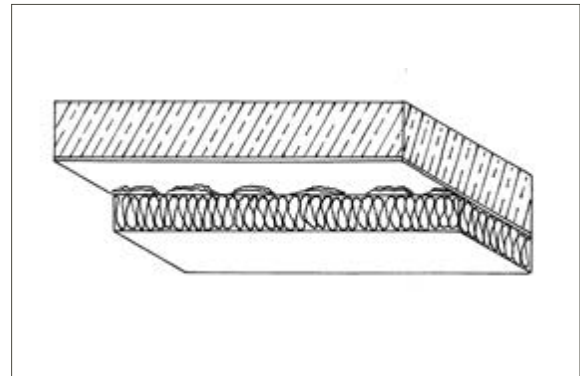
In zahlreichen Altbauten finden sich Dachböden, die eine zu geringe Raumhöhe aufweisen, um ausgebaut zu werden. Sofern das Dach nicht gedämmt ist, bildet in solchen Fällen die oberste Geschossdecke die Grenze zur Außenluft. Im Winter gleichen sich im nicht ausgebauten Dachbereich die Temperaturen an die der Außenluft an. Grund genug, die Wärmedämmung der obersten Geschossdecke den erhöhten Anforderungen an den Wärmeschutz anzupassen. Am einfachsten und kostengünstigsten lässt sich die oberste Geschossdecke nachträglich von oben dämmen. Falls der Dachboden nicht begehbar sein muss, können hier Dämmmatten, am besten kreuzweise in zwei Lagen, ausgerollt werden. Falls Laufstege erforderlich sind (z. B. zum Schornstein), lassen sich diese mit Kanthölzern und einem Plattenbelag oder Brettern herstellen.

Ist genügend Raumhöhe für die Dämmung vorhanden, sollten Sie möglichst nicht an Dämmstoff sparen. 14 cm Dicke dürfen es mindestens sein, besser sind 30 cm.

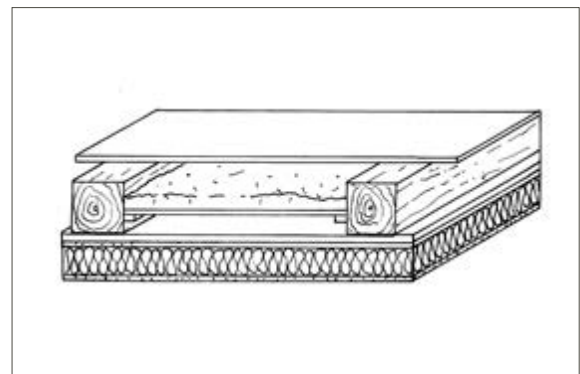
Soll der Dachboden auf der gesamten Fläche begehbar sein, wird eine Unterkonstruktion aus Kanthölzern hergestellt, abgestimmt auf die Dämmstoffmaße und das begehbare Plattenmaterial. Die Hohlräume können mit Zellulose ausgeblasen werden – eine sehr preisgünstige Lösung. Eine weitere Dämmvariante besteht aus druckstabilen Dämmplatten, die mit begehbaren Holzplatten belegt werden. Wenn keine allzu hohen Anforderungen an die Druckbelastung der Geh- und Stellfläche bestehen, genügen auch spezielle Holzfaserdämmplatten, die Gehbelag und Dämmmaterial in einem sind. Die Platten müssen dicht an dicht verlegt werden und sind gegen Verrutschen zu sichern, damit keine offenen Fugen entstehen. Kreuzweises Verlegen in zwei Lagen ist vorteilhaft. Um den Schornstein herum ist mit nicht brennbarem Dämmstoff zu dämmen (Kaminkehrer fragen).

Während sich die nachträgliche Dämmung auf der Oberseite der Geschossdecke auch gut für den Selbstbau eignet, ist eine Dämmung auf der Deckenunterseite oder eine Zwischensparrendämmung prinzipiell aufwendiger. Bauphysikalisch gesehen übernimmt die Dämmung der Deckenunterseite die Aufgabe einer Innendämmung und erfordert deshalb auf der Warmseite eine Dampfbremse. Gleiches gilt auch für die nachträgliche Zwischensparrendämmung.

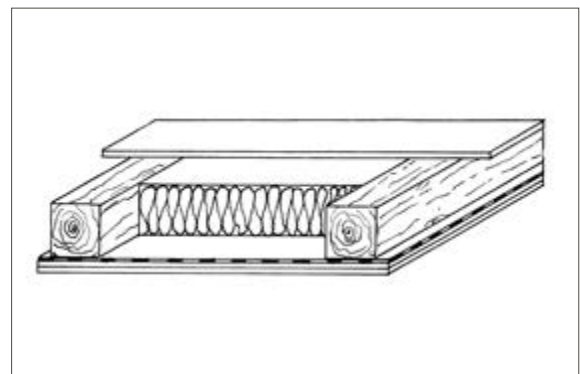
Bei allen nachträglichen Dämmarbeiten an der obersten Geschossdecke ist auf eine luftdichte Schicht unter dem Dämmstoff zu achten. Dies kann eine an Stößen und Anschlüssen luftdicht verklebte Dampfsperre sein oder eine Massivdecke oder Estrichplatte. Auf jeden Fall soll verhindert werden, dass warme Raumluft durch Ritzen in den Dachraum entweicht und an kalten Stellen kondensiert. Dies würde nicht nur zu Wärmeverlusten führen, sondern könnte auch Feuchteschäden nach sich ziehen.



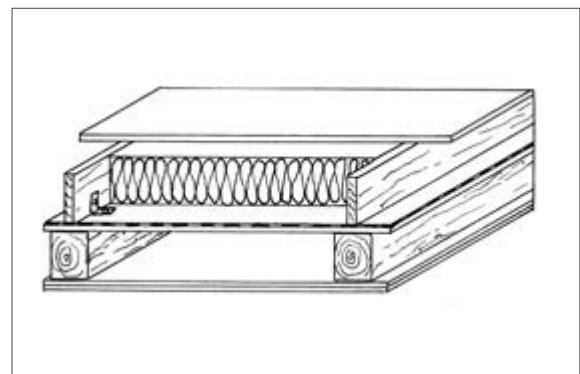
Betondecke, Dämmung unterseitig



Holzbalkendecke, Dämmung unterseitig



Holzbalkendecke mit Vollsparrendämmung



Holzbalkendecke, Dämmung oberseitig

Dachdämmung

Anlass für eine Dachdämmung kann beispielsweise ein geplanter Dachausbau oder die Erneuerung der Dacheindeckung sein. Mit einem gut gedämmten Dach wird nicht nur Energie gespart: Sofern die Fläche unterm Dach nutzbar ist, entsteht auch neuer attraktiver Wohnraum.

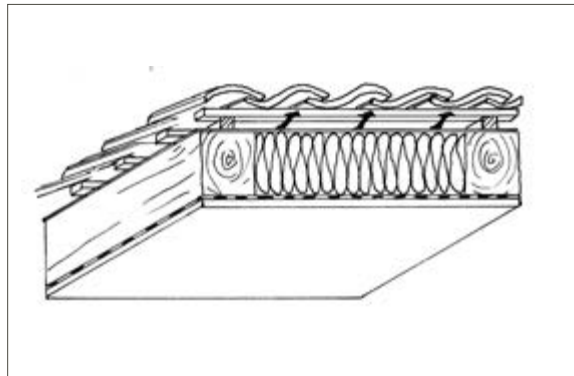
Die Dachschrägen werden üblicherweise zwischen den Sparren gedämmt. Häufig reicht im Altbau wegen der geringen Sparrenhöhe der Hohlraum zwischen den Sparren nicht aus, um eine Dämmdicke von mehr als 18 cm einzubringen und damit den Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) mit einem U-Wert von $\leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gerecht zu werden. Dann sind Kombinationen mit Aufsparrendämmung oder Untersparrendämmung empfehlenswert. Mit einer Untersparrendämmung besteht außerdem die Möglichkeit, Installationen (Rohre, Kabel, Steckdosen, Befestigungen mit Schrauben und Nägeln) unterzubringen, ohne die Luftdichtigkeitsschicht zu verletzen. Ein luftdichter Abschluss nach innen ist besonders wichtig, da er verhindert, dass feuchte Luft in die Dämmstofflagen eindringt. Nach außen übernimmt eine diffusionsoffene Unterspannbahn den Schutz vor Wind und Regen.

Bei einem erstmaligen Ausbau des Dachgeschosses ist eine Vollsparrendämmung mit Untersparrendämmung in der Regel die einfachste Variante. Bei einem bewohnten Dachgeschoss kann die Aufsparrendämmung von Vorteil sein, da sich die Dämmarbeiten von außen durchführen lassen und die Bewohner dadurch nicht beeinträchtigt werden.

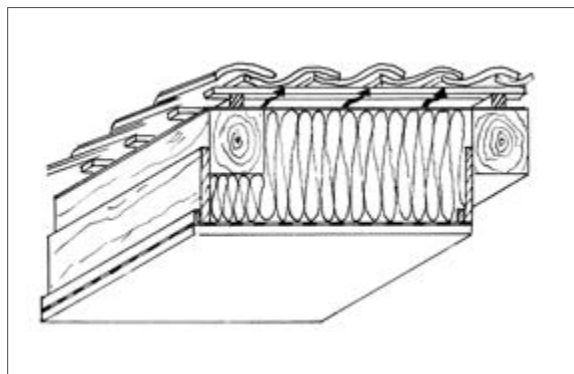
Prädestiniert für die Aufsparrendämmung sind insbesondere Holzweichfaserplatten. Sie bieten nicht nur einen guten Wärmeschutz, sondern auch einen exzellenten sommerlichen Hitzeschutz. Weitere Vorteile der Aufsparrendämmung: Durch die ungestörte Dämmebene entstehen keine Wärmebrücken.

Für die Hohlraumdämmung empfehlenswert ist die Zellulose-Einblasdämmung. Das Einblasverfahren mit Zelluloseflocken wird von zertifizierten Fachbetrieben ausgeführt. Wer selbst Hand anlegen will, kann die Bauteile so weit vorbereiten, dass nur noch das Befüllen mit Flocken dem Fachbetrieb überlassen wird. Der Profi braucht nur wenige Stunden, um ein Dach zu dämmen. Die Dämmung erfolgt lückenlos und setzungsfrei.

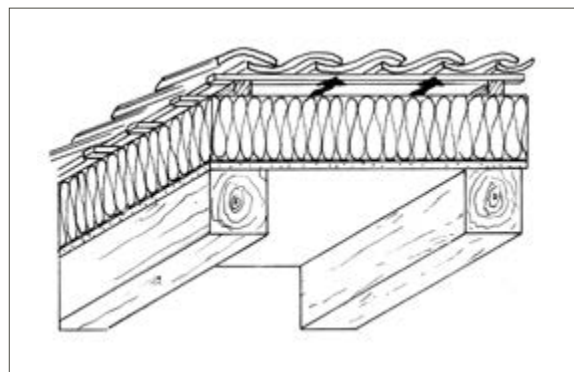
Welche Dämmvariante auch immer Sie wählen: Eine Hinterlüftung der Dachziegel muss stets gewährleistet sein.



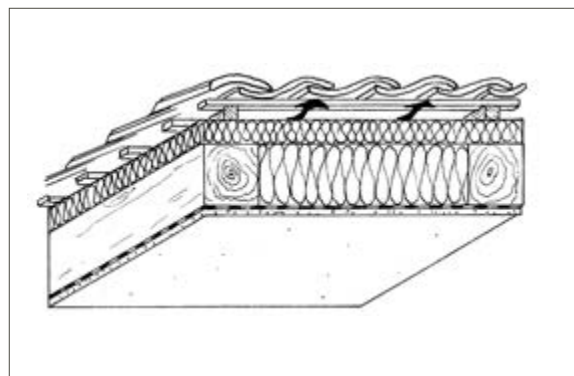
Vollsparrendämmung



Vollsparrendämmung + Untersparrendämmung



Aufsparrendämmung



Vollsparrendämmung + Aufsparrendämmung



Ein Dachausbau schafft Platz im Haus.

EMPFEHLUNGEN UND VERORDNUNGEN ZUR DACHDÄMMUNG

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt eine Dachdämmung vor, wenn unter dem Dach neuer Wohnraum entsteht oder wenn das Dach über ausgebauten Dachräumen neu eingedeckt wird.

Unabhängig von anstehenden Baumaßnahmen müssen oberste Geschossdecken von Gebäuden, deren Dachraum zugänglich, aber nicht begehbar ist, seit 2007 gedämmt sein (z. B. Dachraum, der nicht ausgebaut werden kann). Seit 2012 müssen auch begehbare oberste Geschossdecken gedämmt werden. Für selbst genutzte Ein- und Zweifamilienhäuser müssen diese Regelungen nur bei einem Eigentümerwechsel seit 2002 innerhalb von zwei Jahren umgesetzt werden.

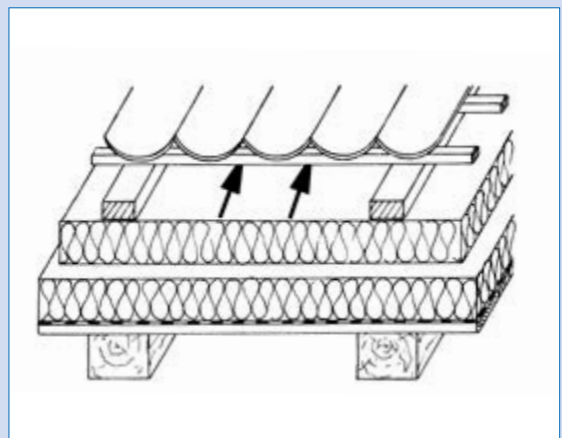
Welche Auflagen beim Dachgeschossausbau zu beachten sind, richtet sich nach der Größe des neu entstehenden Wohnraums unterm Dach.

Wird ein 15–50 m² (Nutzfläche) großer Raum ausgebaut, reichen für Flachdächer in der Regel ca. 20 cm Dämmstoff WLK 040, um den in der EnEV geforderten U-Wert von 0,20 W/(m² • K) zu erreichen.

Für Steildächer und Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen sind höchstens 0,24 W/(m² • K) vorgeschrieben. Dies wird in der Regel mit 16 cm dicken Dämmungen WLK 040 erreicht.

Größere Dachausbauten über 50 m² Nutzfläche müssen nach EnEV dieselben Mindestwerte einhalten wie Neubauten. In diesem Fall sind Berechnungen durch einen Fachmann erforderlich. Für kleine Dachausbauten unter 15 m² Nutzfläche gelten keine speziellen Auflagen.

Wird bei der Modernisierung eines Einfamilienhauses mehr als ein Drittel der Dachfläche abgedichtet, ist seit 2009 gemäß DIN 1946-6 i. d. R. ein Lüftungskonzept für das Gebäude zu erstellen, in dem berechnet wird, wie ein ausreichender Luftaustausch im Gebäude erfolgen kann.



Die Unterseite der Dacheindeckung muss stets gut durchlüftet sein.

5 GEBÄUDETYPOLOGIE

Jedes Gebäude hat seinen eigenen Charakter und seine eigene Geschichte. Altbauten prägen das Gesicht von Städten, Dörfern und Siedlungen. Im Laufe der verschiedenen Bauepochen haben sich typische Baustile und Konstruktionen herausgebildet. Je nach landschaftlichen und witterungsbedingten Eigenheiten wurde im Norden und Westen Deutschlands anders gebaut als im Süden oder Osten. Notzeiten zwangen zum reduzierten und einfachen Bauen, in wirtschaftlich guten Zeiten überwogen üppige und aufwendige Bauweisen. So ist es möglich, dass ein 100 Jahre altes Bauwerk von der Grundsubstanz her bis heute über eine bessere Bauqualität verfügt als beispielsweise ein Nachkriegsbau.

Generell lässt sich feststellen, dass in den vergangenen Epochen dem Wärmeschutz von Gebäuden eine untergeordnete Bedeutung beigemessen wurde. Kalten Räumen begegnete man lange Zeit nicht durch Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, sondern durch eine stärker dimensionierte Heizanlage. Bis die erste Ölkrise 1973 zum Umdenken zwang. Mit Einführung der I. Wärmeschutzverordnung im Jahre 1979 wurden in den Bauordnungen erstmals wärmeschutztechnische Standards für den Neubau eingeführt. Es folgten in den Jahren 1987 und 1995 zwei Novellierungen der Verordnung mit weiter verbesserten Standards. Im Jahr 2002 wurde sie durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) abgelöst. Dem Wärmeschutz von Gebäuden kommt heute eine zentrale Bedeutung insbesondere bei der Modernisierung des Altbaubestandes zu.

Um Schwachstellen typischer älterer Bauweisen aufzudecken und Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes aufzuzeigen, werden in der nachfolgenden Übersicht Bauwerke der verschiedenen Epochen mit ihren typischen konstruktiven Merkmalen in ihrem Bestand aufgeführt. Die Übersicht bietet für einzelne Bauteile wärmeschutztechnisch verbesserte Standards an. Sie erhebt weder den Anspruch auf direkte Übertragbarkeit noch auf Vollständigkeit. Im Einzelfall ist stets wie bei jeder energetischen Modernisierung die Beurteilung durch einen Fachmann (Energieberater) vor Ort notwendig. Dies gilt im Besonderen auch für zweischalige Bauweisen und die Innendämmung von Außenwänden. Die Übersicht geht auch nicht auf die Art der Beheizung ein, da sich in nahezu keinem Gebäudetyp, der älter als 25 Jahre ist, noch die ursprünglichen Wärmeerzeuger und Heizungsanlagen befinden.

Historischer Gebäudebestand vor 1918

Bei Gebäuden, die bis 1918 errichtet wurden, handelt es sich konstruktionsmäßig um Massivbauten oder Fachwerkhäuser. Aus jener Zeit stammende Bauten in massiver Ziegelbauweise finden sich heute noch in großer Zahl und

oftmals gut erhalten im historisch gewachsenen Kern deutscher Städte und Gemeinden. Sie wurden aus 30–51 cm (bei vier Geschossen) starkem Ziegelmauerwerk errichtet. Die durch viele Erker, Balkone und Ziegelornamentik verzierten Fassaden sind in rot gebranntem Backstein oder als verputzte Fassaden ausgeführt und mit Dekor- und Strukturelementen aus Sandstein und Stuck versehen. Fenster sind häufig in Sandsteingewände eingefügt. Meist kommt bei solchen Fassaden nur eine Innendämmung infrage.

Die Gebäude sind in der Regel unterkellert. Die Kellerdecken wurden in der Regel als gemauertes Kappengewölbe oder später als scheinrechte Kappe aus Schüttnbeton mit Holzdielenaufbau ausgeführt.

Dachschrägen waren im Urzustand nicht gedämmt und nicht ausgebaut. Die obersten Geschossdecken sind in der Regel Holzbalkendecken mit Einschub, vorherrschend mit Sand-, Lehm- oder Schlackenfüllung. Die Deckenunterseite ist mit Putz auf einer Schilfrohrmatte als Putzträger verkleidet.

Die Einfachverglasung bei den Fenstern ist inzwischen zum großen Teil gegen Zweischeibenverglasung ausgetauscht.

Bei den Fachwerkhäusern handelt es sich typischerweise um Außenwandkonstruktionen, bei denen Fachwerk und Gefache sichtbar sind. Das Fachwerk der Gebäude ist 12–16 cm stark, die Gefache sind überwiegend mit ungebranntem Lehmziegel oder Strohlehm ausgefüllt und in der Regel verputzt (Kalk- oder Lehmputz). Sofern der ästhetische Charakter der Fassade erhalten bleiben soll, kommt hier zur Verbesserung des Wärmeschutzes nur eine Innendämmung infrage.

Gebäude nach dem Ersten Weltkrieg (1919–1948)

Der Einfamilienhausbau dieser Epoche ist zum einen geprägt durch den Bau von freistehenden 1,5-geschossigen Häusern mit Satteldach. Diese typischen „Siedlungshäuser“ wurden zumeist in geschlossenen Gebieten in Stadtrandlage errichtet.

Auffällig für jene Epoche sind auch größere Reihenhaussiedlungen mit zumeist 2-geschossigen Gebäudezeilen. Dominiert wird diese Epoche im Bereich des Geschosswohnungsbaus durch die überwiegend von Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften erbauten Siedlungen mit 3- bis 5-geschossigen Mehrfamilienhäusern.

Die Gebäude bestehen meist aus massiven Außenwänden, zum Teil aber auch bereits aus zweischaligem Mauerwerk mit einer Luftschicht in der Mitte. Neben dem reinen Ziegel- oder Backsteinmauerwerk kommen zunehmend auch

Hohlblocksteine aus Bims oder anderen Leichtzuschlägen in Stärken zwischen 25 und 38 cm zum Einsatz. Holzbalkendecken werden erstmals durch Stahlbetondecken ersetzt.

Die Kellerdecken sind in der Regel als schiefe Kappen- decke, im Mehrfamilienhausbau auch zunehmend als Ort- betondecke mit Dielung ausgeführt.

Dachschrägen und oberste Geschossdecken werden nicht gedämmt. Dachschrägen unter ausgebauten Dächern sind teilweise mit Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt.

Gebäude der Nachkriegszeit (1949–1959)

Die Gebäude dieser Zeit sind durch einfache Bauweise geprägt. In den ersten Nachkriegsjahren werden in Wohn- gebäuden Vollziegel für Außenwände eingesetzt, später auch Gitter- oder Lochziegel. Immer häufiger kommen Hohl- blocksteine aus Natur- oder Hüttenbims zur Anwendung. Bei Einfamilien- und Reihenhäusern finden sich tendenziell etwas aufwendigere Konstruktionen, wie z. B. zweischaliges Mauerwerk oder geringfügige Wärmedämmungen.

Die Kellerdecken werden häufig als Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich und Trittschalldämmung ausgeführt.

Dachschrägen unter ausgebauten Dächern werden in der Regel mit Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt. Die obersten Geschossdecken sind bei nicht ausgebauten Dächern teilweise noch als Einschubdecken mit Schlacken- füllung oder Dämmung ausgeführt. Häufig werden insbe- sondere im Mehrfamilienhausbau bereits Ortbetondecken ausgeführt.

Die Fenster sind einfachverglast oder als Kasten- bzw. Ver- bundfenster ausgeführt.

Gebäude der 1960er-Jahre

Als Reaktion auf den sich abzeichnenden Rückgang der staatlichen Wohnungsbauförderung in den frühen 1960er- Jahren entstehen verdichtete Siedlungskonzepte und neue Bauformen wie z. B. Hochhäuser. Es wird zunehmend mit neuen Formen und Materialien experimentiert. Beton, Stahl und Glas werden als Gestaltungsmittel eingesetzt, der Betonbau, aus Frankreich und Amerika kommend, setzt sich verstärkt durch. Im Wohnungsbau wird beispielsweise das aus der Fassade heraustretende Blumenfenster zum belieb- ten Gestaltungselement. Fassaden erhalten Plattenverklei- dungen aus Spaltklinker, Asbestzement oder Waschbeton. Das Flachdach, ausgebildet als Kalt- oder Warmdach, setzt sich verstärkt durch.

Außenwände bestehen entweder aus beidseitig verputz- ten, 24–30 cm dicken Hohlblocksteinen oder aus zwei- schaligem Mauerwerk mit Luftschicht und Vormauerschale.

Zunehmend werden auch Gitter- und Hochlochziegel im Mauerwerksbau eingesetzt.

Bei Gebäuden mit geneigtem Dach wird die oberste Ge- schossdecke aus Beton hergestellt und mit Verbundestrich und unterseitigem Putz versehen. Die Dachschrägen wer- den raumseitig mit Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt, zwischen den Sparren finden sich häufig noch 3–4 cm Mineralfasermatten als Dämmung. Die Kellerde- cken bestehen im Wesentlichen aus Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich.

Gebäude der Jahre 1970–1976

Nach Abschluss des Wiederaufbaus werden zum Ende der 1960er-Jahre neue industrielle Bauweisen entwickelt (Sandwichkonstruktionen, Verbundbauweise etc.). Unter dem Eindruck der ersten Ölkrise des Jahres 1973 ist die Dekade durch wärmetechnische Verbesserungen gekenn- zeichnet. Zunächst führt dies zu einer häufigeren Übererfüllung der DIN 4108, später werden die ergänzenden Bestim- mungen zur DIN 4108 eingehalten.

Die Außenwände werden mit 24–30 cm starken Gitter- ziegeln oder Lochziegeln unterschiedlicher Rohdichte er- stellt, zum Ende der 1970er-Jahre auch zweischalig mit Hochlochziegeln oder Kalksandstein, z. T. mit Wärmedämm- Verbundsystem oder seltener (weil teurer) auch monoli- thisch mit Gasbetonstein oder Porenziegeln. Unter den viel- fältigen Außenwandkonstruktionen sind häufig auch noch Bauweisen aus 17,5–24 cm starken Hohlblocksteinen an- zutreffen, verblendet mit einer Vormauerschale oder Vor- hangfassade. Ebenso können die Außenwände aus Ortbe- ton hergestellt und mit einer Vorhangfassade versehen sein. Beide Varianten haben entweder 3–4 cm Wärmedämmung oder eine bis zu 6 cm starke Luftschicht.

Die Kellerdecken werden in der Regel als Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich auf 3–4 cm Dämmung ausgeführt.

Die Dachschrägen sind mit Gipskartonplatten oder Profilbret- tern verkleidet, zwischen den Sparren sind ca. 6 cm Mineral- faser eingebracht. Bei der Ausführung der Leichtbaukonstruk- tionen wurde in der Regel nicht auf Winddichtigkeit geachtet, sodass der Wärmeverlust durch das Bauteil sich gegenüber dem rechnerischen U-Wert nahezu verdoppeln kann.

Flachdächer, die einen stärkeren Anteil am Gebäudestand haben, sind als Kalt- oder Warmdächer in sowohl leichter als auch massiver Bauweise ausgeführt. Die Dämmstoffstärken überschreiten 6 cm nur selten.

Bei den Fenstern setzt sich anstelle der Einfachverglasung zunehmend die Isolierverglasung (z. B. Thermopane) durch.



Historische Fachwerkbauten im städtischen Raum

Besonderheiten – Häuser mit historischem Wert

Eine aufwendig verzierte Fassade an einem Haus aus der Gründerzeit, ein Gebäude im Bauhausstil oder schönes Fachwerk mit farbig abgesetzten Balken: Aus gutem Grunde stehen viele dieser Gebäude unter besonderem Schutz. Sie machen Geschichte erfahrbar und stiften regionale Identität. Gebäudeerhalt und wärmeschutztechnische Modernisierung erscheinen da auf den ersten Blick manchmal unvereinbar.

Dennoch, gerade hier hat die Rückbesinnung auf traditionelle Bauweisen und Materialien und eine Hinwendung zu neuen Bauweisen und natürlichen und regenerativ erzeugten Baustoffen in den letzten Jahren einen Aufschwung erlebt. Die Broschüre geht in ihrem Praxisteil näher auf praktische Lösungen für die einzelnen Bauteile ein.

DARSTELLUNG VERSCHIEDENER GEBÄUDETYPEN

Gebäudetyp:

Fachwerkbau (mit sichtbarer Konstruktion)

Baujahr:

bis 1918



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		12–16 cm Fachwerkkonstruktion, Gefache aus Mauerziegeln oder Strohlehmwickeln, zum großen Teil verputzt	2,28–2,61		Innendämmung mit 6 cm Dämmplatten, mit Dampfsperre und Deckschicht*	0,46
Kellerdecke		Lagerhölzer mit Sandschüttung auf Dielung	0,86		EG-Fußboden: Hohlraumdämmung mit 12 cm Zellulose (Einblasverfahren o. Schüttung)	0,35
					unbeheizter Keller: Kellerdecke von unten mit 8 cm Dämmplatten + Deckschicht bekleben	0,29
Oberste Geschossdecke		Holzbalkendecke mit Einschub und Füllung aus Sand oder Strohlehm, Dielung, von unten Verputz auf Rabitzträger	1,21		Dachbodenfläche mit 16 cm Dämmplatten belegen, begehbar	0,26
Dachschräge		Satteldach ohne Dämmung	2,19		Dämmung 20 cm zwischen/unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre (bei Ausbau)	0,21
Fenster		Einfachfenster	5,2		Fenster* mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmeschutzverglasung	1,3–0,80
		Verbundfenster	3,2			

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:

Fachwerkbau mit Putzfassade
Mehrfamilienhaus

Baujahr:

bis 1918



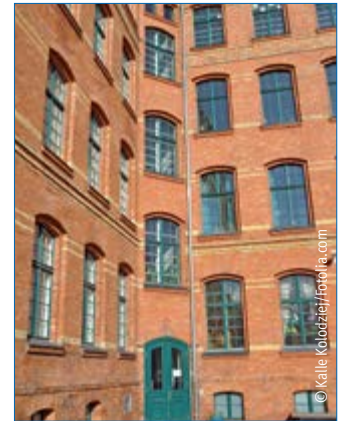
Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		16 cm Fachwerk mit Lehmausfachung, mit Verkleidung	1,64		Vorhangfassade mit 12 cm Dämmung	0,28
		16 cm Fachwerk mit Lehmausfachung, verputzt	2,00		Innendämmung 6 cm mit Dampfsperre und Deckschicht*	0,67
		16–25 cm Fachwerk mit Ziegelausfachung	1,53–2,00		Innendämmung 6 cm mit Dampfsperre und Deckschicht*	0,64
Kellerdecke		Einschubdecke mit Lehmschlag und Sandschüttung, Dielung	1,10		6 cm Dämmung unterseitig	0,42
		gemauerte Kappendecke mit Sandschüttung, Dielung	0,80–1,35		6 cm Dämmung unterseitig oder Schüttdämmung von oben*	0,41
Oberste Geschossdecke		Einschubdecke mit Sandfüllung oder Strohlehm, Dielung, unterseitig Verputz auf Rabitzträger	1,16		oberseitig 18 cm Dämmung, Trockenestrich	0,19
Dachschräge		Sparschalung mit Putz auf Putzträger	2,19		16 cm Dämmung winddicht mit Dampfsperre (bei Ausbau)	0,25
Fenster		Kastenfenster, Einfachverglasung	2,9		innen 2-fach-Wärmeschutzverglasung (Denkmalschutz)*	1,6

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Mehrfamilienhaus

Baujahr:
bis 1918



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		Vollziegel-mauerwerk 51/38/25 cm unverputzt	1,22–2,00		WDVS: 12 cm Dämmplatt- en auf Altputz, gewebe- armerter Neuputz	0,24 (bei 38 cm Mauerwerk)
		Vollziegel-mauerwerk 51/38/25 cm verputzt	1,18–1,91		Bei Erhalt der Fassade: Innendämmung 6 cm Dämmplatten mit Dampf- sperre und Deckschicht*	0,41 (bei 38 cm Mauerwerk)
Kellerdecke		Kappendecke aus Beton mit Sandschüttung, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern	1,01		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht	0,30
Oberste Geschossdecke		Einschubdecke mit Sand- oder Schlackenfüllung, unterseitig Verputz auf Rohr- oder Drahrabitzträger	0,76		Dachbodenfläche mit 16 cm Dämmplatten belegen, begehrbar mit Trockenestrich	0,24
Dachschräge		Satteldach ohne Dämmung, Sparschalung mit Putz auf Rohrputzträger	2,19		20 cm Dämmung zwischen + unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre bei Ausbau	0,21
Fenster		Kastenfenster mit Einfachverglasung	2,8		innen 2-fach-Wärme- schutzverglasung (Denkmalschutz)*	1,6

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Mehrfamilienhaus

Baujahr:
bis 1918



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		30/38 Vollziegelmauerwerk, verputzt ab 1900 zunehmend auch Hohlsteinmauerwerk	1,46–1,71		WDVS: 12 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebe-armierter Neuputz	0,25
Kellerdecke		gemauertes Kappengewölbe mit Schüttung, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern	0,71		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht*	0,27
		Kappendecke aus Beton mit Sandschüttung, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern	1,01			0,40
Oberste Geschossdecke		Einschubdecke mit Sand- oder Schlackenfüllung, Dielung von oben, unterseitig Verputz auf Rohr- oder Drahrabitzträger	1,16		Dachbodenfläche mit 18 cm Dämmplatten belegen, begehrbar mit Trockenestrich	0,20
Dachschräge		Satteldach ohne Dämmung, Sparschalung mit Putz auf Putzträger	2,19		20 cm Dämmung zwischen + unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre bei Ausbau	0,21
Fenster		Fenster mit Einfachverglasung	5,2		Fenster neu mit 2-fach- oder 3-fach-Wärme-schutzverglasung*	1,2–0,80
		Verbundfenster	3,2			
		Kastenfenster	2,8			

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Einfamilienhaus
Mauerwerksbau

Baujahr:
1919–48



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		25–38 cm Vollziegelmauerwerk, verputzt	1,11–1,71		WDVS: 12 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebe- armerter Neuputz	0,27
		25–38 cm Bims- hohlblockmauerwerk, verputzt	0,99–1,35			0,26
Kellerdecke		Kappendecke aus Beton mit Sand- oder Schlackenschüttung, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern	0,80–1,25		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht	0,40
Oberste Geschossdecke		Einschubdecke Sand- oder Schlackenfüllung, Dielung von oben, unterseitig Verputz auf Rohr- oder Drahrabitzträger	1,16		Dachbodenfläche mit 20 cm Dämmplatten belegen, begehbar mit Trockenestrich	0,20
Dachschräge		Satteldach ohne Dämmung, Sparschalung mit Putz auf Putzträger	2,19		18 cm Dämmung, ggf. Aufdoppelung der Sparren mit 4–6 cm Holzweichfaserplatte wasserabweisend, Dampfsperre innen	0,23
Fenster		Fenster mit Einfachverglasung,	5,2		Fenster neu mit 2-fach- oder 3-fach-Wärme- schutzverglasung*	1,2–0,80
		Verbundfenster	3,2			
		Kastenfenster	2,8			

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Reihenhaus

Baujahr:
1919–48



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		25/30 cm Vollziegelmauerwerk, verputzt oder unverputzt	1,58–1,40		WDVS: 12 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebe- armierter Neuputz	0,24
Kellerdecke		Kappendecke aus Beton mit Sandschüttung, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern	1,01		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht	0,30
Oberste Geschossdecke		Einschubdecke mit Sand- oder Schlackenfüllung, Dielung von oben, unterseitig Verputz auf Rohr- oder Drahrabitzträger	0,76		Dachbodenfläche mit 16 cm Dämmplatten belegen, begehrbar mit Trockenestrich	0,24
Dachschräge		Satteldach ohne Dämmung, Sparschalung mit Putz auf Putzträger	2,19		20 cm Dämmung zwischen + unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre bei Ausbau	0,21
		leicht geneigtes Flachdach, belüftet (Kaltdach)	1,4		Kaltdach: Dämmung des Belüftungsraums (18 cm); Sanierung mit Dampfsperre*	0,21
Fenster		Fenster mit Einfachverglasung	5,2		Fenster neu mit 2-fach- oder 3-fach-Wärme- schutzverglasung*	1,2–0,80
		Verbundfenster	3,2			
		Kastenfenster	2,8			

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:

Mehrfamilienhaus
(Modernisierung mit Passivhaustechnologien*)

Baujahr:

1919–48



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		40 cm Vollziegel-mauerwerk, verputzt	1,4		WDVS: 20 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebe- armerter Neuputz	0,15
Kellerdecke		Stahlbeton-trägerdecke mit eingehängten Betonhohl-körpern, un-gedämmt	0,88		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 14 cm Dämmplatten be- kleben + Deckschicht	0,19
Oberste Geschossdecke		Fehlboden-decke im nicht ausgebauten Dachgeschoss	0,87		Dachbodenfläche mit 25 cm Dämmplatten belegen, begebar mit Zementestrich	0,12
Fenster		Kastenfenster mit Einfachverglasung auf Außen- und Innenseite	3,0		Passivhausfenster mit 3-fach-Wärmeschutzverglasung, Einbau mit 7 cm Rahmenüberdeckung der Außendämmung*	0,80

* Kontrollierte Lüftung einplanen; Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Einfamilienhaus

Baujahr:
1949–59



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		24 cm Hohlblockmauerwerk, verputzt	1,21–1,35		WDVS: Dämmplatten 12 cm auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,23
		24 cm Hochlochziegelmauerwerk (HLZ), verputzt	1,46			0,26
Kellerdecke		Hohlsteindecke, oberseitig Dielung auf Lagerhölzern oder Estrich ohne Dämmung	1,48		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht	0,34
Oberste Geschossdecke		Holzbalkendecke mit Schlackefüllung	0,67		18 cm Dämmung, Trockenestrich	0,17
		Holzbalkendecke ohne Einschub mit 4 cm Dämmung	0,70			0,16
Dachschräge		Sparschalung mit Putz auf Rohrrabitzträger	2,19		20 cm Dämmplatten zwischen + unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre (bei Ausbau)	0,20
		Sparschalung mit 2,5 cm Holzwoleleichtbauplatten	2,06			
Fenster		Fenster mit Einfachverglasung	5,2		Fenster neu mit 2-fach- oder 3-fach-Wärme-schutzverglasung*	1,2–0,80
		Verbundfenster	3,2			
		Kastenfenster	2,8			

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Reihenhaus

Baujahr:
1949–59



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		24 cm Hohlblockmauerwerk, verputzt	1,21–1,35		DVS: 12 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,23
		Ziegelmauerwerk mit Schalenfuge und Verblender (17,5 cm HLz, 11,5 cm Vz)	1,46		Innendämmung: 6 cm Dämmplatten mit Dampfsperre und Deckschicht*	0,41
Kellerdecke		Fertigbalkendecke, oberseitig Estrich	1,48		Kellerdecke unbeheizter Räume von unten mit 8 cm Dämmplatten bekleben + Deckschicht	0,34
		Ortbetondecke mit Estrich, ohne Dämmung	2,03			0,39
Oberste Geschossdecke		Holzbalkendecke mit Schlackefüllung	0,67		18 cm Dämmung, Trockenestrich	0,18
		Hohlsteindecke, oberseitig Estrich ohne Dämmung	1,48		18 cm Dämmung, Trockenestrich	0,19
		Ortbetondecke ohne Estrich	3,87		18 cm Dämmung, Trockenestrich	0,21
Dachschräge		Sparschalung mit 2,5 cm Holzwoleleichtbauplatten	2,06		20 cm Dämmplatten zwischen + unter Sparren, winddicht mit Dampfsperre (bei Ausbau)	0,20
Fenster		Fenster mit Isolierverglasung	2,80		Fenster mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmeschutzverglasung*	1,2–0,80

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Einfamilienhaus

Baujahr:
1960–69



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in $W/(m^2 \cdot K)$	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in $W/(m^2 \cdot K)$
Außenwand		24 oder 30 cm Hohlblockmauerwerk aus Natur- oder Hüttenbimsbeton, verputzt	1,1–1,3		16 cm Wärmedämm-Verbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,20
		24 cm Hochlochziegel, verputzt	1,4			
		24 oder 30 cm Vollziegel, verputzt	1,3–1,5			
Kellerdecke		Ortbetondecke mit schwimmendem Estrich auf 2–4 cm Dämmung	1,3–1,5		6 cm Dämmung, unterseitig geklebt oder gedübelt	0,39
		Ortbetondecke, oberseitig Estrich ohne Dämmung	2,6		oder bei Erneuerung des Bodenbelags oberseitig	
Oberste Geschossdecke		Ortbetondecke mit Estrich ohne Dämmung	1,4		20 cm Dämmung oberseitig, begehbare Bodenbelag	0,19
Dachschräge		4–6 cm Dämmung zwischen Sparren, unterseitig Gipskartonplatten oder Profildretter	0,9–1,1	20 cm Aufsparrendämmung oder Auf- und Zwischensparrendämmung bei Dacherneuerung	0,20	
				20 cm Dachdämmung zwischen/unter Sparren		
Fenster		Fenster mit Isolierverglasung	2,80		Fenster mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmeschutzverglasung*	1,2–0,80

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Reihenhaus

Baujahr:
1960–69



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		30 cm Ziegelsplitt- oder Bims-hohlblocksteine, verputzt	1,2		16 cm Wärmedämm-Verbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,20
		Holzspansteine mit Beton verfüllt	1,2			
		30 cm Gitterziegel, verputzt	1,2			
Kellerdecke		Ortbetondecke mit schwimmendem Estrich auf 2–4 cm Dämmung	1,3–1,5		6 cm Dämmung, unterseitig geklebt oder gedübelt	0,39
					oder bei Erneuerung des Bodenbelags oberseitig	
Oberste Geschossdecke		Flachdach: Ortbeton + 2 cm WD + Dachhaut + Kiesschüttung	1,4		20 cm Dämmung oberseitig, neue Dachhaut*	0,19
		Ortbetondecke mit Estrich ohne Dämmung	1,4		20 cm Dämmung oberseitig, begehbare Bodenbelag	
Dachschräge		4–6 cm Dämmung zwischen Sparren, unterseitig Gipskartonplatten	0,9–1,1		20 cm Aufsparrendämmung bei Erneuerung der Dacheindeckung	0,20
					20 cm Dachdämmung zwischen/unter Sparren	
Fenster		Fenster mit Isolierverglasung	2,80		Fenster mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmeschutzverglasung*	1,2–0,80

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!

Gebäudetyp:
Einfamilienhaus

Baujahr:
1970-76



Bauteil	Bauteilskizze	Beschreibung Bestand	U-Wert Bestand in W/(m ² · K)	Bauteilskizze	Beschreibung Maßnahme	U-Wert neu in W/(m ² · K)
Außenwand		24 oder 30 cm Hochlochziegel, verputzt	1,1–1,3		WDVS: 16 cm Dämmplatten auf Altputz, gewebe- armierter Neuputz	0,19
		24 oder 30 cm Hochlochziegel mit 2–4 cm Dämmung, verputzt	0,6–0,9			
		30 oder 36 cm Porenziegel oder Porenbetonstein, verputzt	0,6–0,7			
Kellerdecke		Ortbetondecke mit schwimmendem Estrich, mit 2–4 cm Dämmung	1,1–1,3		8 cm Dämmung unterseitig geklebt	0,30
					oder bei Erneuerung des Bodenbelags 8 cm Dämmung oberseitig	
Oberste Geschossdecke		Holzbalkendecke mit 4–6 cm Dämmung, unterseitig Gipskartonplatten auf Sparschalung	0,50		oberseitig 18 cm Dämmung, begehbare Bodenbelag	0,18
Dachschräge		6 cm Dämmung zwischen Sparren, unterseitig Gipskartonplatten oder Profildreer	0,69		26 cm Dämmung zwischen/unter Sparren bei Dachausbau	0,18
Fenster		Fenster mit Isolierverglasung	2,80		Fenster mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmeschutzverglasung	1,2–0,80

Quellen: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, www.iwu.de

* Vor-Ort-Beratung erforderlich!



TEIL 2: AUSFÜHRUNG



6 ERDBERÜHRTE BAUTEILE

Trockenes Haus

Ein trockenes und warmes Haus ist die Grundvoraussetzung für gesundes und komfortables Wohnen. Bei alten Häusern finden sich häufig Mängel, verursacht durch Feuchtigkeit in Wänden und Böden. Dies hat zur Folge, dass sich die Raumluftfeuchte erhöht. Die Raumtemperatur wird dabei subjektiv als niedriger empfunden. Dann muss die Heizung aufgedreht werden, um die richtige Wohlfühltemperatur zu erreichen. Bei erhöhter Raumluftfeuchte entwickeln sich leichter Pilze und Keime. Diese greifen nicht nur die Baustoffe an, sondern können auch Krankheiten, z. B. Allergien, auslösen. Anlass genug also, den Feuchtigkeitsproblemen auf den Grund zu gehen.

Ein dichtes Dach gewährt bereits seit Jahrhunderten den Schutz vor Feuchtigkeit von oben. Gegen Feuchtigkeit aus dem Erdreich halfen lange Zeit Kompromisslösungen. Früher waren weder Sperrfolien noch Bitumenmassen oder Dichtungsanstriche bekannt. In aufwendiger gebauten Häusern diente der Keller als Abstandszone zum Erdreich, erst darüber begann der Wohnbereich. Bei einfach gebauten, nicht unterkellerten Gebäuden wurde der Erdgeschossfußboden dagegen auf eine Trockenschicht aus Sand oder Kies gelegt.

Notgedrungen wurde früher akzeptiert, dass Fundamente und Kellermauern durch Kontakt mit der Erdschicht Feuchtigkeit aufnehmen. Die Beschaffenheit des Erdreichs spielte dabei eine wesentliche Rolle: Lehmige Böden binden von Natur mehr Wasser als sandige und schottrige Böden. Anstehendes Grundwasser oder Hanglagen mit drückendem Wasser können ebenfalls Ursache für durchfeuchtete Fundamente oder Kellermauern sein.

ANZEICHEN FÜR EIN FEUCHTES MAUERWERK

Für den Laien ist es nicht leicht, die Ursachen für feuchte Mauern zu erkennen. Bestimmte äußere Anzeichen weisen jedoch auf zu viel Feuchte im Mauerwerk hin:

- relative Luftfeuchtigkeit in den Räumen des Erdgeschosses regelmäßig über 70 %,
- muffiger, „kalter“ Geruch in den Räumen,
- Putzschäden, abblättrende Farbe, mürbes Mauerwerk,
- dunkle Stellen bzw. Verfärbungen im Sockelbereich,
- Salz- oder Sulfatausblühungen,
- häufig beschlagene Fenster.

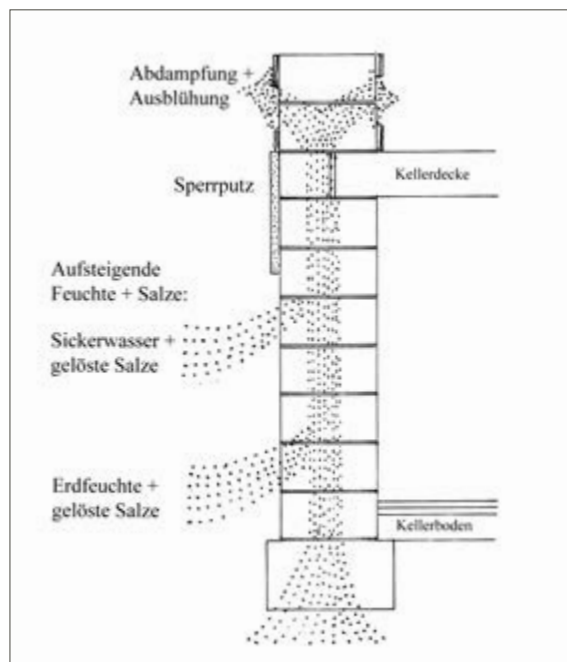
Schäden durch Feuchtigkeit an Mauerwerk und Putz können durch mechanische, biologische und chemische Verwitterung auftreten. Sind Anstrich, Putz oder Mauerwerk bereits stark geschädigt, sollten Sie zuallererst, bevor Sie eine Sanierungsfirma beauftragen, einen Bausachverständigen zurate ziehen. Er kann am ehesten beurteilen, woher die Schäden kommen und wie sie zu beseitigen sind. Nicht selten treten Schäden als eine Kombination verschiedenster Ursachen auf, selbst mit einem Fehlschlagen der Sanierungsversuche muss gerechnet werden.

Die Durchfeuchtung von Mauern kann auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Im Wesentlichen sind dies:

- aufsteigende Feuchtigkeit,
- seitlich eindringende Feuchtigkeit (Sickerwasser, drückendes Hangwasser, Spritzwasser, Oberflächenwasser),
- Kondensfeuchtigkeit.

Aufsteigende Feuchtigkeit

Erdfuchtigkeit, aber auch Nässe, die sich auf zu dichtem Untergrund staut, und Oberflächenwasser, das nicht schnell genug abfließen kann, wird von den Fundamenten und Kellermauern aufgesogen. Besonders Mauerwerk aus Ziegeln oder Sandstein, die über ein ausgeprägtes Kapillarsystem verfügen, transportieren die Feuchtigkeit über kleinste Hohlräume (Kapillaren) in Wandzonen oberhalb des Erdreichs. Je feiner die Hohlräume, desto höher steigt das Wasser.



Durchfeuchtetes Mauerwerk muss von Grund auf saniert werden. Partielle Ausbesserungsarbeiten mit Sperrputzen oder Dichtungsanstrichen verschlimmern den Zustand nur.

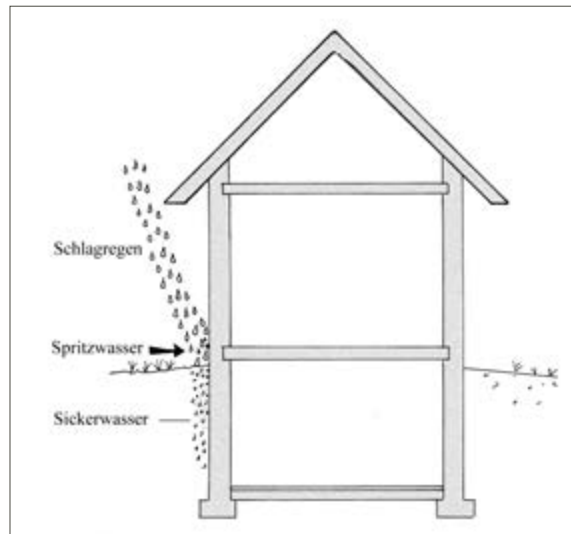
Häufig erkennt man den „Pegelstand“ aufsteigender Feuchtigkeit an einer horizontal auf der Wand verlaufenden Markierungslinie mit weißlichen Ausblühungen.

Wird das geschädigte und feuchte Mauerwerk, ohne es trockenzulegen, mit Sperrputz oder Sperranstrich ausgebessert oder schlimmer noch mit einer Polystyrol-Dämmschicht überzogen, steigt die Feuchtigkeit im Mauerwerk weiter an. Bevor deshalb halbherzig mit Oberflächenkosmetik Schäden überdeckt werden, sollte nach Ursachen gesucht werden. Erst nach sorgfältiger Analyse können die Feuchteschäden wirksam behoben werden.

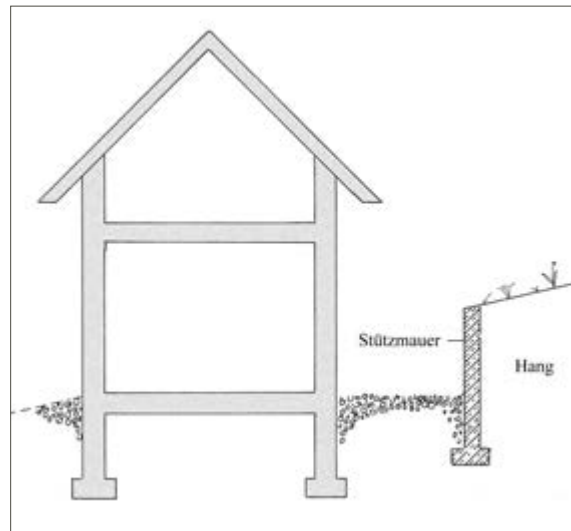
Seitlich eindringende Feuchtigkeit

Nässe kann von der Seite ins Mauerwerk eindringen, wenn eine senkrechte Abdichtung fehlt oder diese beschädigt ist. Im Sockelbereich wird das Mauerwerk vor allem durch Spritzwasser und Oberflächenwasser beeinträchtigt, möglicherweise noch mit Streusalz vermischt. Hier hilft ein Kiesstreifen ums Haus. Der Spritzwasserbereich reicht bei glatten Böden (Asphalt oder Beton) bis ca. 50 cm Höhe, bei Kiesschüttung bis auf ca. 30 cm. Muss der Sockelputz erneuert werden, sind hierfür zementbasierte Putze oder Sanierputze einzusetzen. Wird der Sockelbereich zusätzlich gedämmt, kommen hierfür nur feuchteresistente Dämmmaterialien infrage. Mit einer Kiespackung bis zur Fundamentsohle und einer Drainageleitung ums Haus wird das Trockenlegungssystem vervollständigt.

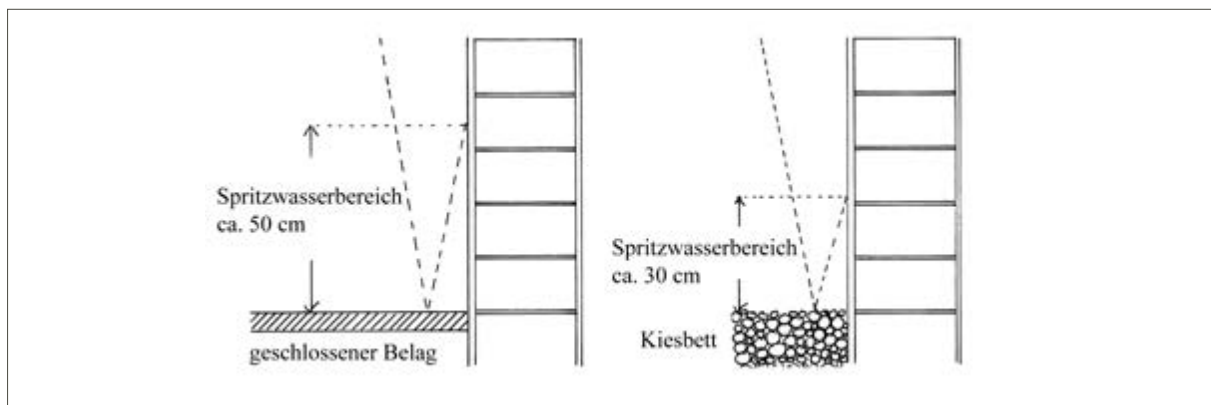
Bei äußeren Einflüssen durch Nässe und Feuchtigkeit gilt der Grundsatz: Alle Nässe weg vom Haus. Steht das Haus beispielsweise in einer Senke und sammelt sich Oberflächenwasser bei starken Regengüssen tümpelartig ums Haus, muss das Gelände neu angelegt werden, und zwar mit Gefälle vom Haus weg. Ähnliches gilt bei drückendem Hangwasser: Hier hilft ein Graben, der Abstand schafft, damit betroffene Mauern nicht unmittelbar dem Druck des Hangwassers ausgesetzt sind. Einen Graben mit Stützmauer kann man mit etwas Geschick und viel Muskel- oder Maschinenkraft eventuell selbst anlegen.



Beeinträchtigung des Mauerwerks durch Schlagregen, Spritzwasser und Sickerwasser



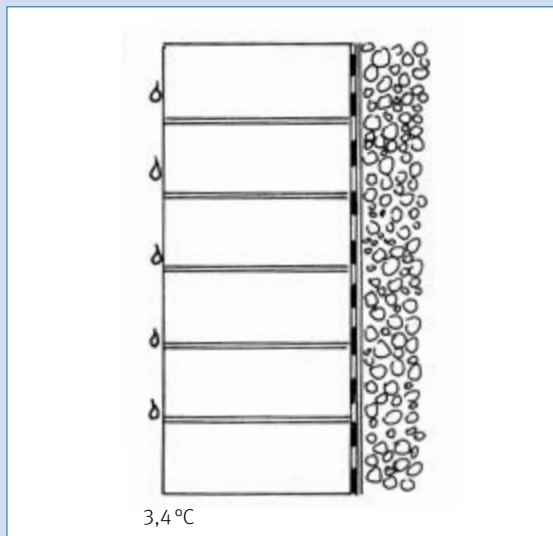
Abgrabung und Stützmauer bieten Schutz gegen Staunässe in Hanglage.



Spritzwasser im Sockelbereich: Spezielle zementhaltige Sockelputze oder eine Verkleidung aus Steinplatten schützen das Mauerwerk im Sockelbereich vor seitlich eindringender Feuchtigkeit.

Kelleraußenwand mit Dichtung ohne Dämmung

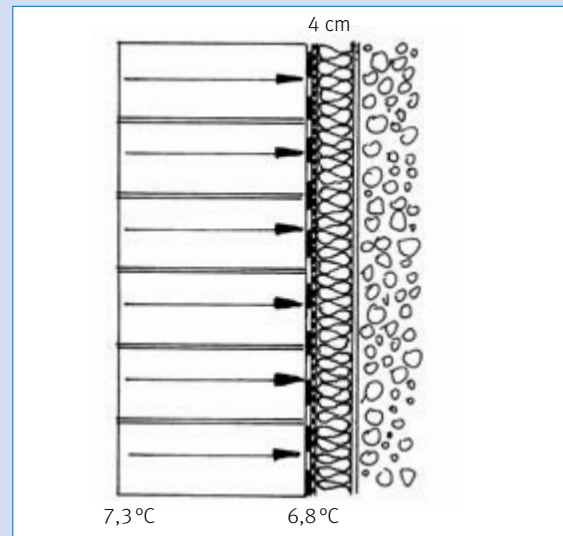
Die bautechnisch notwendige dichte Beschichtung auf der Außenseite der Kellerwand dichtet zwar gegen äußere Feuchtigkeitseinflüsse wirksam ab. Sie liegt aber auf der kalten, aus bauphysikalischer Sicht falschen Seite. Sofern das Mauerwerk durch Kondensfeuchte belastet ist, behindert die Absperrung eine Austrocknung der Wand.



Erdberührte Wand – Keller unbeheizt
 U-Wert = $4,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 0°C/100 % rel. Luftfeuchte
 8°C/75 % rel. Luftfeuchte
 Taupunkttemperatur: 3,8°C
 Oberflächenkondensat!

Kelleraußenwand mit Dichtung und Dämmung

Um ein starkes Temperaturgefälle zwischen außen und innen und damit Tauwasserbildung zu vermeiden, ist in diesem Fall eine Wanddämmung auf der Außenseite sinnvoll. Wie hier in einer Versuchsanordnung der TU Graz gezeigt, können schon 4 cm Dämmung auf der Kelleraußenwand helfen, zuverlässig der Tauwasser- und Schimmelbildung auf der Wandinnenseite zu begegnen. Die Wandoberflächentemperatur hat sich der Raumlufttemperatur weitgehend angepasst, es fällt kein Oberflächenkondensat an.



Erdberührte Wand – Keller unbeheizt
 U-Wert = $0,69 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 0°C/100 % rel. Luftfeuchte
 8°C/75 % rel. Luftfeuchte
 Taupunkttemperatur: 3,8°C

Kondensfeuchte

Kondensfeuchte war vor allem in früheren Zeiten in schlecht gebauten Häusern mit dünnem Mauerwerk ein bekanntes Problem. In krassen Fällen zeigte sich die Kondensfeuchte als Eisbildung an den Wänden immer dann, wenn draußen frostige Temperaturen herrschten. An der Innenseite der unterkühlten Außenwand bildete sich durch Ausfall von Tauwasser aus warmer Raumluft eine Eisschicht. So eine ungenügende Wand wirkte im Prinzip wie eine einzige Wärmebrücke. Abhilfe bringt hier z.B. eine Außendämmung. Davor muss aber sichergestellt sein, dass das Mauerwerk nicht durch aufsteigende Erdfeuchte belastet ist. Sonst wirkt sich das Aufbringen eines Vollwärmeschutzes (WDVS) eventuell katastrophal aus. Hatte man vorher bereits im

Erdgeschoss Feuchteprobleme, kann nach Aufbringen der Dämmung die Feuchtigkeit bis ins Obergeschoss vordringen. Dieser Effekt verstärkt sich noch, wenn die Kellerwände von innen abgedichtet werden, um etwa einen Kellerraum nutzbar zu machen.

Dieses nachträgliche Bewohnbarmachen von feuchten Kellerräumen ist inzwischen regelrecht zur Mode geworden. In vielen Fällen werden die Wände mit dampfdichten Sperrschichten versiegelt. Nur was hinter diesen Sperrschichten passiert, bleibt dem Auge verborgen und äußert sich irgendwann als Feuchteschaden auf der Wandaußenseite oder weiter oben im Wohnbereich des Gebäudes in Form von Wandnässe und Schimmelbildung.

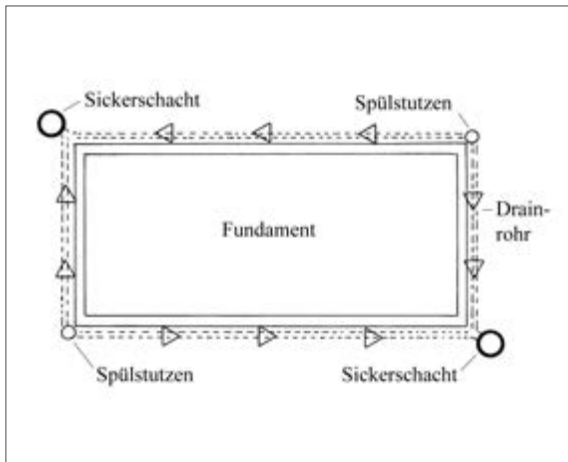
Trockenlegungsverfahren

Das Trockenlegen erdberührter Wände ist kostspielig, zeit- und arbeitsaufwendig. Es lohnt sich deshalb nur, wenn starke Feuchtigkeitsschäden am Mauerwerk vorhanden sind und das gesamte Wohngebäude dadurch in Mitleidenschaft gezogen wird. Unerlässlich ist es auch, wenn ein Keller bewohnbar gemacht oder kulturell wertvolle Bausubstanz erhalten werden soll.

Ziel einer Trockenlegung muss sein, Nässe und Bodenfeuchtigkeit wirksam vom Mauerwerk fernzuhalten und zu verhindern, dass immer wieder Feuchtigkeit aus dem Erdreich in die Mauern nachziehen kann. Für das Trockenlegen von Mauern gibt es mechanische, chemische und physikalische Verfahren. Nicht immer sind allerdings teure und arbeitsaufwendige Radikalkuren notwendig, manchmal helfen auch Maßnahmen, die man eventuell selbst durchführen kann.

Drainage

Eine Drainage hat die Aufgabe, Regenwasser und angestautes Oberflächenwasser zu sammeln und abzuleiten. Ist rund ums Haus bereits ein mit Kies verfüllter Graben vorhanden, versickert das Oberflächenwasser bis zur Fundamentsohle und staut sich dort. Hier können geschlitzte Drainagerohre das Wasser aufnehmen und in einen Sickerschacht einleiten.



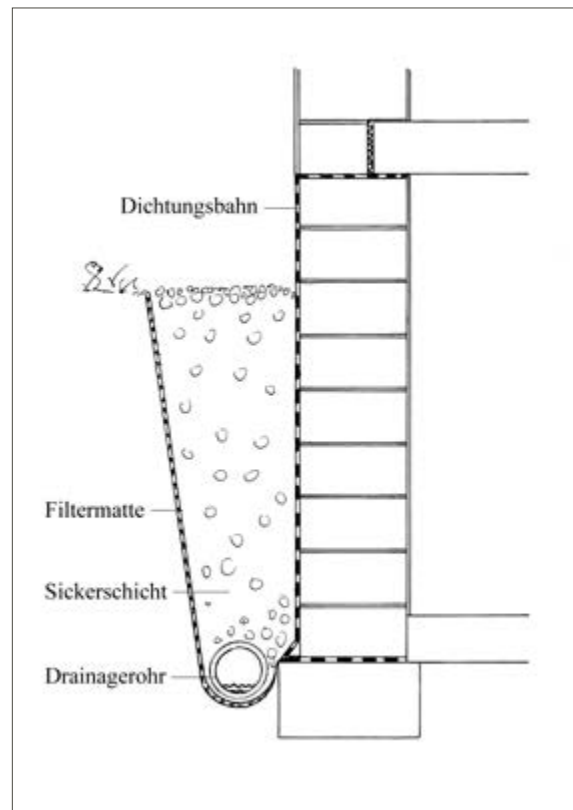
Schematische Darstellung eines Drainagesystems

Die Entscheidung für oder gegen ein Drainagesystem sollte sich in erster Linie nach der Beschaffenheit des Bodens richten. Ist der Boden lehmig oder humusreich oder bildet sich temporär Stauwasser, ist ein Drainagesystem sinnvoll. Besteht das Erdreich dagegen aus Kies oder Sand, versickert das Oberflächenwasser von selbst bis in tiefere Bodenschichten. In einem solchen Fall erübrigt sich die Drainage.

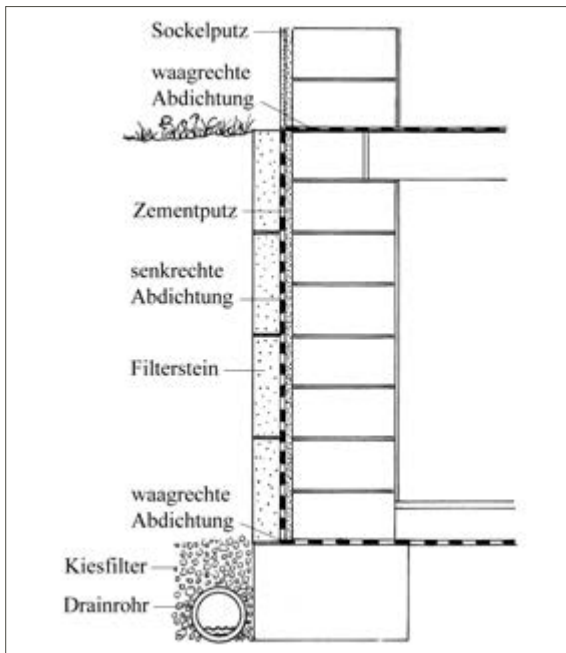
Um eine Drainageanlage verlegen zu können, muss um das Haus herum aufgegraben werden, aber nicht bei allen Wänden gleichzeitig (das kann die Standsicherheit des Gebäudes gefährden). Vorsicht gilt auch bei Kellergewölben (Einsturzgefahr!). Eigenleistung ist hier möglich, nicht nur beim Freilegen der Wände. Wer nicht per Hand ausschaufeln will – was echte Knochenarbeit ist – leiht sich für die Aushubarbeiten einen Minibagger aus. Vor Verlegen der Drainage sollte die Wand erst einmal einige Wochen austrocknen.

DRAINAGELEITUNGEN

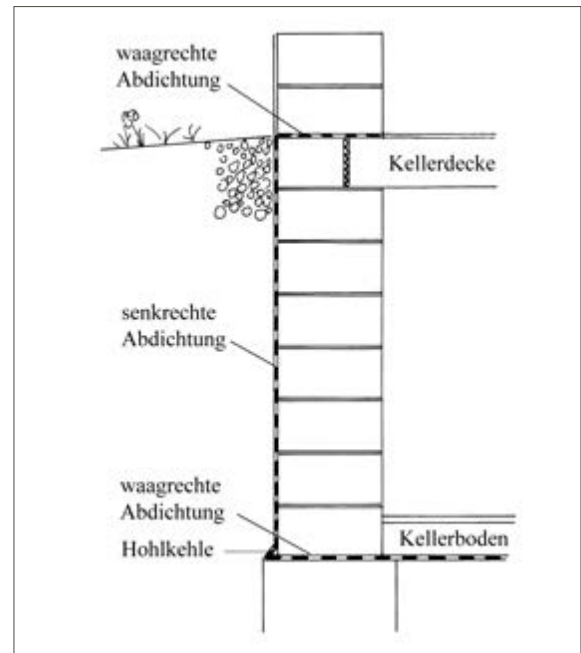
Drainageleitungen bestehen in der Regel aus einem geschlitztem PVC-Schlauch (Ø 10 cm) oder Betonrohr. Sie werden am Grund des Sickergrabens mit 1–3 % Gefälle zum Sickerschacht hin verlegt. Beim Verfüllen des Sickergrabens ist darauf zu achten, dass die Wand nicht beschädigt wird. Hier helfen Schutzmatte, beispielsweise Noppenfolien, vor der Wand. Eine Alternative sind Filtersteine aus Beton (Dicke ca. 10 cm), die trocken aufgesetzt werden. Mit den Filtersteinen spart man sich die Kiespackung als Sickerschicht, und es fällt weniger Aushubmaterial an.



Bei sehr sandigen, humusreichen und tonigen Böden muss die Sickerschicht mit einer Filtermatte gegen das Einschwemmen von Erde geschützt werden.



Drainage mit Filtersteinen



Sofern eine waagrechte Abdichtung vorhanden ist, muss diese nahtlos an die senkrechte Abdichtung anschließen.

Senkrechte Abdichtung

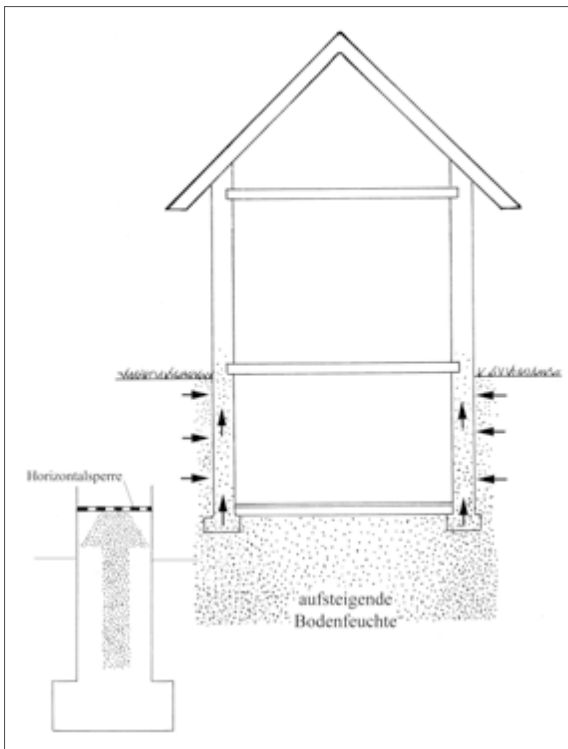
Falls ohnehin ein Erdaushub vorgesehen ist, sollten Sie den Zustand der Kellerwände bzw. Fundamentmauern überprüfen. Maroder Putz ist abzuschlagen, das Mauerwerk zu säubern und auszubessern. Dafür sind Zementputze geeignet, bei sehr altem Ziegelmauerwerk eventuell auch Trasskalkputz. Die Auswahl des Putzsystems in Abstimmung mit dem Untergrund sollte man möglichst einem erfahrenen Maurer überlassen, insbesondere wegen des richtigen Mischverhältnisses von Sand (richtige Korngrößen!) und Bindemittel (Zement, Trasszement, Trasskalk, hydraulischer Kalk). Auch die fachgerechte Ausführung dieser Putze, abgestimmt auf Mauerwerk, Unter- und Oberputz, verlangt Erfahrung.

Natürlich hält der Baustoffhandel für diese Zwecke auch fertig Gemischtes parat, und wenn man ohnehin vorhat, das Mauerwerk anschließend mit einer Sperrschicht abzudichten, ist dies die richtige Wahl. Eine solche Sperrschicht besteht aus Bitumanstrich oder Bitumenspachtelmasse, auf die eine Dichtungsbahn (z. B. Bitumenschweißbahn mit Gewebeeinlage) aufgebracht wird. Auch für die Sperrschicht hält der Baumarkt Komplettsysteme inklusive Verarbeitungsanleitung parat. Die bituminöse Abdichtung bildet auf dem Mauerwerk eine dampfdichte Schicht, d. h., auf der Innenseite muss die Wand diffusionsoffen bleiben!

Nicht vergessen sollte man eine Hohlkehle am Fundamentabsatz, damit sich dort das Wasser nicht stauen kann. Der Maurer zog die Hohlkehle früher mit der allgegenwärtigen Bierflasche, in Zeiten von striktem Alkoholverbot am Bau gibt es dafür eine Spezialkelle.



Bei beheizten Kellern wird die Außenwand gedämmt. Das geschlossenzellige Dämmmaterial ist zugleich Schutz gegen Feuchtigkeit aus dem Erdreich.



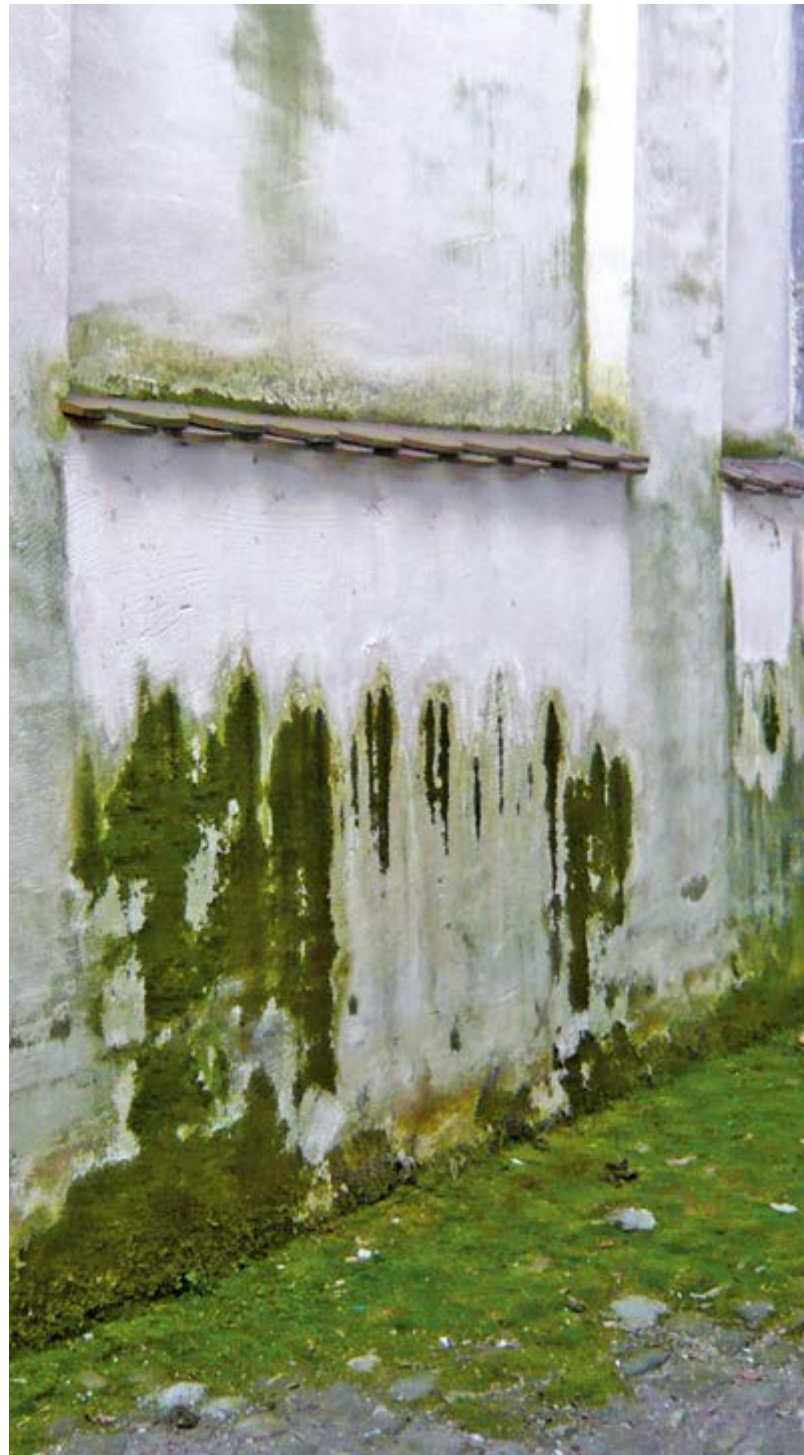
Fehlt die Horizontalsperre, kann Bodenfeuchte durch die Kapillarwirkung ungehindert in der Wand aufsteigen.

Waagrechte Abdichtung

Durchfeuchtetes Mauerwerk nachträglich trockenulegen, gehört zu den schwierigen und aufwendigen Aufgaben einer Bauwerkssanierung. Nicht immer kann eindeutig festgestellt werden, welche Ursachen der Durchfeuchtung zugrunde liegen. Nicht selten kommen mehrere Quellen infrage. Und eindeutige Lösungen zur Schadensbehebung sind manchmal nicht möglich.

Auf die Trockenlegung von Bauwerken gegen aufsteigende Feuchtigkeit hat sich ein ganzer Industrie- und Handwerkszweig spezialisiert. Doch Vorsicht: Gerade in der Kunst des Mauertrockenlegens versucht sich auch so manches schwarze Schaf. Es fehlt an zertifizierten Verfahren und Richtlinien und es wird viel versprochen, aber wenig garantiert. Und wenn Garantien gegeben werden, dann nur für einen begrenzten Zeitraum.

Immerhin, bei den chemischen Verfahren gibt es Mittel, die nach WTA-Richtlinien zertifiziert sind. Das bedeutet aber nur, dass sich diese Mittel zur Trockenlegung von Mauerwerk eignen. Das alleine ist noch keine Erfolgsgarantie. Bevor Sie sich deshalb für ein Trockenlegungsverfahren bzw. eine Fachfirma entscheiden: Lassen Sie sich Referenzen zeigen, vor allem von Objekten, die schon vor geraumer Zeit, also vor mehr als zwei Jahrzehnten saniert wurden. Auch sanierte Kommunalbauten können eine Referenz sein.



Aufsteigende Bodenfeuchte, Staunässe, Salzausblühungen, Algen- und Moosbewuchs – Faktoren aus unterschiedlichen Quellen wirken auf das Mauerwerk ein.

Mauertrennung („Abschneiden“)

Für den nachträglichen Einbau einer waagrechten Sperrschicht wurden mehrere Verfahren entwickelt. Je nach Objekt und Schadensbefund wird eine geeignete Sanierungsmaßnahme ausgewählt. Ein altes und bewährtes Verfahren zur horizontalen Mauerwerksabdichtung ist das „Abschneiden“. Dabei werden abschnittsweise (ca. 1 m) in Höhe einer horizontalen Mauerfuge zwei bis drei Steinlagen aus dem Mauerwerk gebrochen. In die Lagerfuge wird eine Dichtungsbahn eingelegt und das Mauerwerk mit neuen Steinen ergänzt und mit Dichtungsmörtel geschlossen. Bei sorgfältiger Ausführung funktioniert diese Horizontalsperre absolut wirksam, sie ist jedoch recht arbeitsaufwendig, und es besteht die Gefahr von Setzungsrisse. Im Großen und Ganzen bleibt das Mauerwerk bei dieser Trockenlegungsmethode in seinem natürlichen Gefüge erhalten. In der Regel werden im Zuge der „Abschneidens“ gleichzeitig auch schadhafte und stark versalzene Mauerteile im Sockel- und Fundamentbereich mit erneuert, sodass sich die Bausubstanz nachhaltig verbessert.

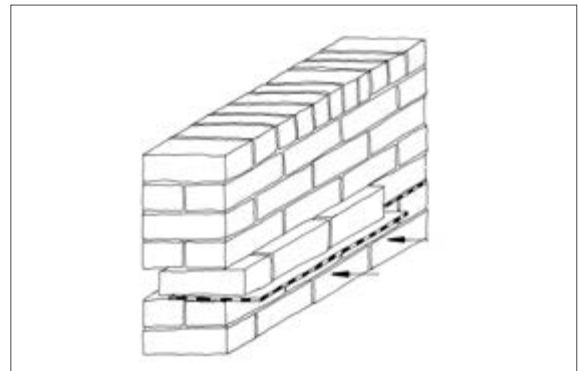
Wesentlich schneller funktioniert das Trennverfahren mit einer „Mauersäge“. Hierbei wird die Lagerfuge in einer Stärke von 1–2 cm ausgefräst und in die gesäuberte Fuge eine Dichtungsbahn eingelegt. Die Überlappungen der Bahnen müssen sorgfältig verklebt werden. Setzungsrisse sind auch bei diesem Verfahren nicht auszuschließen.

Ramm-Riffelblech-Verfahren

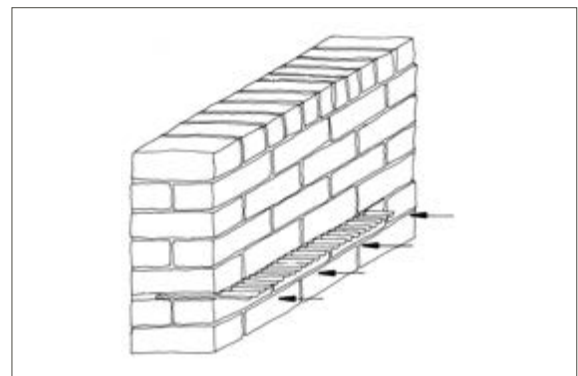
Als weitere Methode zur horizontalen Abdichtung hat sich das Stahlblechverfahren etabliert. Sofern eine durchgehende Lagerfuge vorhanden ist, kann das Blech (2 mm dicke gewellte Platte) in diese Fuge eingetrieben werden. Die durchgehende Fuge ist nicht unbedingt erforderlich. Weicher Tuffstein kann ebenfalls durchstoßen werden, nicht aber hartes Gestein, wie z. B. Granit.

Injektionsverfahren

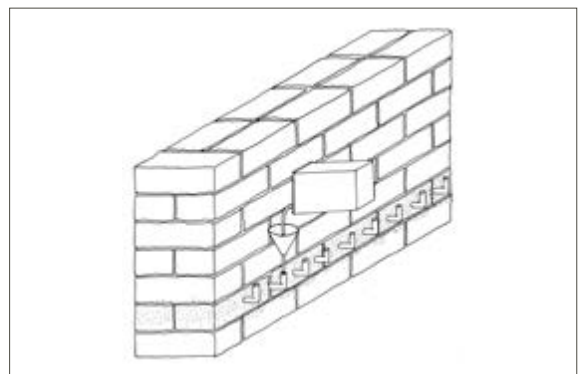
Ebenfalls ein gängiges Verfahren zur Mauertrockenlegung ist die Mauertränkung mit poren dichtenden Chemikalien. Im Abstand von 10 cm werden Löcher gebohrt, in diese wird Kunstharz, Paraffin oder Silikat eingebracht. Die eingebrachten Stoffe wirken porenverschließend und hydrophobierend (wasserabweisend). Problematisch ist die nicht selten vorhandene hohe Sättigung der Steinporen mit Wasser, sodass das Dichtmaterial nicht überallhin gelangt, und die Sperre deshalb unvollständig bleibt. Daher sind vor der Bohrlochtränkung Feuchtemessungen im Mauerwerk unerlässlich. Gut kontrollieren lässt sich die Wirkungsweise der Bohrlochtränkung, so die Erfahrung des Autors, mit eingefärbter Kieselsäure. Der beigefärbte Farbstoff zeigt untrüglich an, ob die Wand durchgehend mit Dichtungsmaterial gesättigt ist.



Horizontalsperre mit Dichtungsbahn



Horizontalsperre mit gewelltem Stahlblech



Horizontalsperre mithilfe der Bohrlochtränkung



Vorbereitung zur Bohrlochtränkung

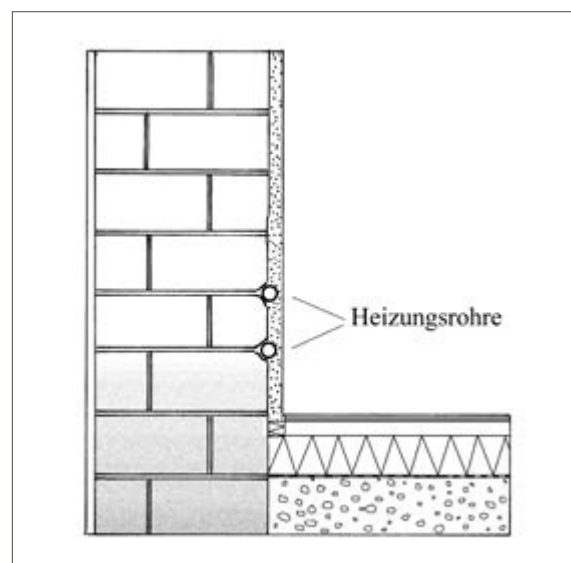
Bei allen Verfahren wird das Mauerwerk durch Erschütterungen (Einrütteln der Stahlplatten, Stemmen und Schlagbohren) stark in Mitleidenschaft gezogen, was nicht jedem Altbau gleichermaßen gut bekommt. Als „sanfte“ Trockenlegungsverfahren bieten sich deshalb elektrophysikalische Methoden an. Entweder mithilfe von Elektroden auf der Mauer oder mithilfe eines elektrischen Feldes (Funkwellen) sollen die Wassermoleküle am Aufsteigen gehindert werden. Obwohl die Funktion im Labor nachgewiesen ist, bleibt die Wirksamkeit in der Praxis umstritten. Bei Interesse sollten Sie sich Referenzobjekte von länger zurückliegenden Sanierungen zeigen lassen.

Thermische Trockenlegung

Die thermische Trockenlegung wird vor allem bei historischen Gebäuden angewendet. Die Wirkungsweise als Horizontalsperre beruht auf der Austrocknung der Wände durch Wärme. Dazu werden knapp über dem Fußboden Heizrohre an den Außenwänden verlegt. In den meisten Fällen genügt dazu eine Ringleitung mit Durchmesser 18 mm entlang aller Außenwände. Eine intakte Bauteilheizung verhindert das Aufsteigen der Feuchtigkeit durch Austrocknung. Inwieweit die Bauteilheizung auch bei sehr versalztem und stark durchfeuchtetem Mauerwerk hilft, ist umstritten. Nachteil ist auch, dass die Heizung ganzjährig betrieben werden muss, was unter dem Gebot der Energieeinsparung nur in Verbindung mit einer Solarheizung diskutabel erscheint.

Nach der Trockenlegung: Geschädigter Putz sollte vollständig und großzügig über die geschädigten Stellen hinaus entfernt werden. Nach Durchtrocknung der feuchten Stellen kann

neu verputzt werden. Die Verwendung von Sanierputz ist auf jeden Fall empfehlenswert. Dieser muss nach Herstellerangaben in mehreren Lagen aufgebracht werden. Sanierputze sind diffusionsoffener und können gelöste Salze bis zu einem gewissen Sättigungsgrad binden. Sie sind jedoch nicht in der Lage, Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk zu ziehen, wie gerne behauptet wird. Wird feuchtes Mauerwerk nicht trockengelegt, helfen auch Sanierputze nicht weiter. Feuchtigkeitschäden treten wieder zutage, nur dauert dies etwas länger als bei einem gewöhnlichen Putz. Bei Sanierputzen kann auf natureplus-zertifizierte Produkte zurückgegriffen werden.



Bauteilheizung zur Mauer-trockenlegung



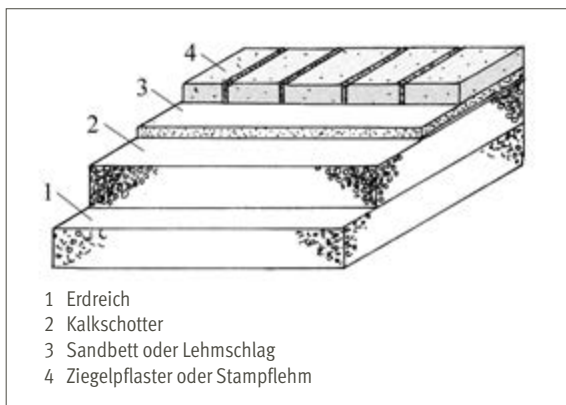
Bauteilheizung zur Trockenlegung von Außenwänden

Erdberührte Böden

In nicht unterkellerten Gebäuden schließen Böden an die Erdschicht an. Direkter Erdkontakt ist jedoch im modernen Wohnungsbau unerwünscht. Deshalb wird der Boden in der Regel mit einer kapillarbrechenden Kiesschicht, einer Betonplatte und einer waagrechten Feuchtigkeitssperre vom Erdreich getrennt.

Falls eine einfache Lösung für den Bodenaufbau gesucht wird und der Kellerraum nicht zum Wohnen, sondern nur für untergeordnete Zwecke dient, genügt in Anlehnung an traditionelle Bauweisen ein Naturboden. Dazu werden alte Bodenschichten abgetragen (aber nicht tiefer als bis zur Fundamentsohle) und eine Schicht aus Kies oder Kalkschotter eingebaut. Darauf kann ein Ziegelpflaster im Sandbett oder ein Stampflehboden eingebracht werden. Gut geeignet ist ein solcher Boden für einen Vorratsraum zur Einlagerung von Frischvorräten wie Obst und Gemüse.

Ein Naturboden benötigt keine Abdichtung und keine Wärmedämmung – im Gegenteil: Der Naturboden steht in Kontakt mit dem Mutterboden und soll dazu beitragen, ein natürliches, kühl-feuchtes Kellerklima aufrechtzuerhalten.



Erdberührter Fußboden für Naturkeller oder unbeheizte Lagerräume

Zu Wohnzwecken eignet sich ein derart einfach gestalteter Bodenaufbau jedoch nicht. Die hohe Raumluftfeuchte eines Naturkellers wirkt sich auf die Bausubstanz des Gebäudes eher negativ aus. Umgekehrt ist für einen Naturkeller z. B. die Nähe zu einem Heizkeller nicht ideal. Ein Naturboden schützt auch nur bedingt vor Ungeziefer und Schädlingen. Sollen die Eigenschaften eines Naturkellers uneingeschränkt zur Geltung kommen, bringt man ihn besser außerhalb des Hauses in einem separaten Anbau unter.

Die standardmäßige und bauregelkonforme Version eines erdberührten Bodens sieht eine Bodenplatte aus Beton vor, aufgebracht auf einer kapillarbrechenden Schicht aus Kies und einer Sauberkeitsschicht.

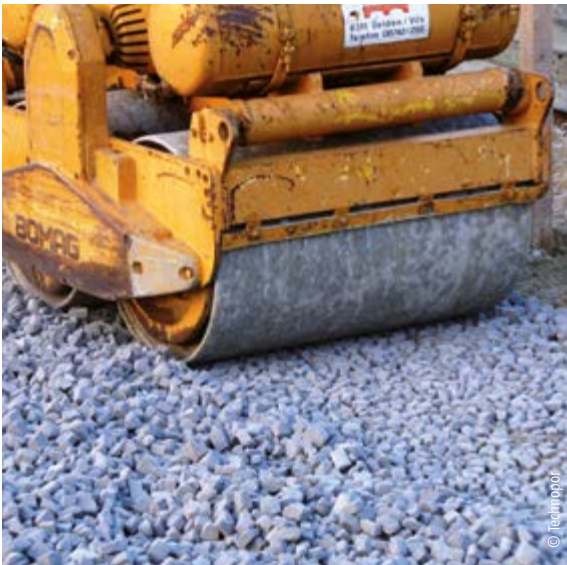


In manch altem Gebäude noch anzutreffen: Fußboden direkt auf Erdreich verlegt. Dann muss der Boden ausgehoben werden – sofern die Statik es erlaubt, bis zur Unterkante des Fundaments.

Sofern der Raum beheizt sein soll, wird darüber eine feuchtigkeitsresistente und druckbelastbare Wärmedämmung aufgebracht. Schaumglasplatten kommen hier als Alternative zu geschlossenzelligen Polystyrolplatten infrage. Die Platten werden vollflächig in lösemittelfreies Bitumen eingeschlämmt und bilden eine dampfdichte, feuchtigkeitssperrende Schicht. Falls eine ebene Grundlage für das Verlegen von Trittschallschutz- oder Trockenestrichplatten geschaffen werden muss, wird auf die Schaumglasplatten eine Schicht von 3–5 cm aus feuchteresistentem und selbstverdichtendem Perlite aufgebracht. Praktisch: In dieser Schicht können auch Installationsrohre etc. untergebracht werden. Der weitere Aufbau erfolgt je nach gewünschtem Bodenbelag, z. B. mit einem Trocken- oder einem Nassestrich (Anwendungsbeispiel 1).

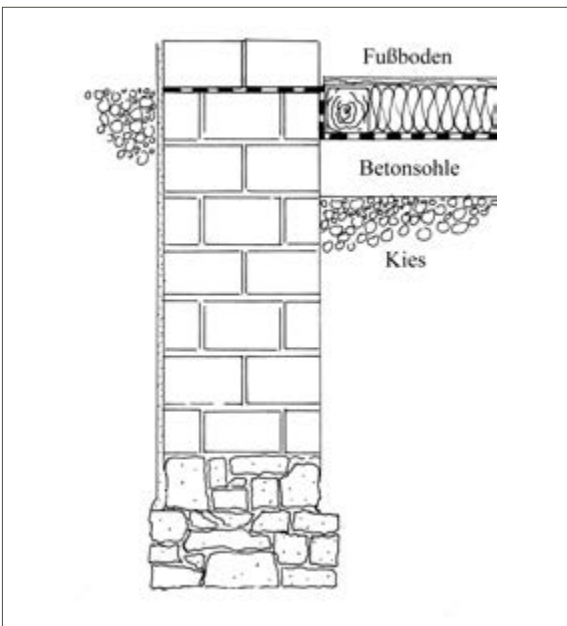
Im Neubau werden heute erdanliegende Böden grundsätzlich gegen aufsteigende Bodenfeuchte abgedichtet. Dafür steht eine große Auswahl an Dichtungsmitteln und feuchteresistenten Wärmedämmstoffen zur Auswahl. Bei einer einfühlsamen Altbausanierung müssen die neuen Baustoffe jedoch nicht immer die beste Lösung sein.

Die auf den folgenden Seiten vorgestellten Konstruktionsbeispiele greifen z.T. Lösungen aus einschlägigen Handbüchern und Internetforen auf, die hier ohne Gewähr wiedergegeben werden. Dies betrifft vor allem Bodenaufbauten, die zwar diffusionsoffen gestaltet sind, aber keine Sicherheit z. B. bei nur kurzfristig auftretenden Feuchtebelastungen von unten bieten. Anwendungsbeispiel 2 ist ein Beispiel für einen Bodenaufbau, der in allen Schichten diffusionsfähig ist und auf eine Sperre gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit verzichtet: Schaumglasschotter auf Erdreich,



Schaumglasschotter als kapillarbrechende Wärmedämm- und Tragschicht

Perlite als Ausgleichsschicht, darauf z. B. Holzwolleleichtbauplatte + Parkett. Dieser Bodenaufbau ist nicht bauregelkonform, er sollte auch nur angewendet werden, wenn ein trockener Unterbau aus wasserdurchlässigem Boden dauerhaft gewährleistet ist. Dabei gilt auch: Je dicker die Packung aus Schaumglasschotter, desto wirksamer die kapillarbrechenden Eigenschaften. Mit einem 30 cm dicken Schotterbett ist man da eher auf der sicheren Seite als mit lediglich 6 cm.

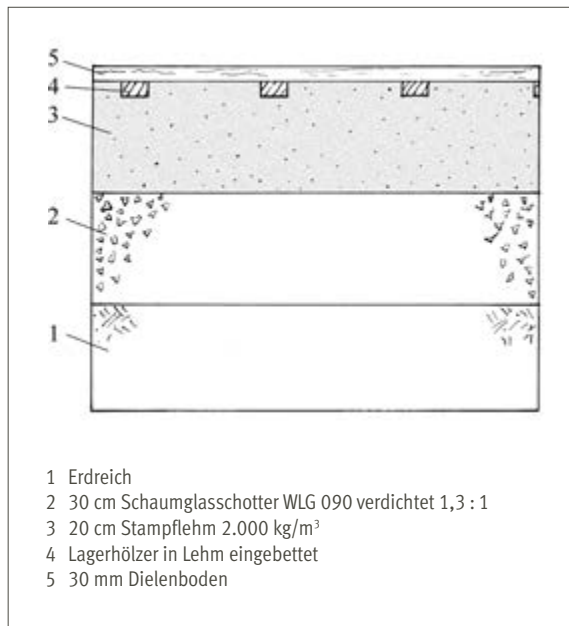


Falls bereits eine Fundamentplatte aus Beton vorhanden ist: Bodenabdichtung und Wandabdichtung sind stets sorgfältig miteinander zu verbinden. Abgedichtet wird mit Schweißbahnen.

EINFACHER BODENAUFBAU

Boden für untergeordnete Nutzung wie z.B. Keller oder Werkstatt, ressourcenschonend und für Selbstbau geeignet: 5–10 cm gewaschenen Kies auf gewachsenem Boden aufbringen, Oberfläche einnivellieren und leicht verdichten, darauf 3–5 cm Zementestrich mit Richtlatte gleichmäßig verteilen und abziehen. Weiterer Bodenaufbau mit Fliesen etc. möglich. Bei feuchtem Untergrund PE-Folie doppellagig auf die Kiesschicht legen und an den Rändern hochziehen.

Der Bodenaufbau ist auch als Sauberkeitsschicht für eine folgende Bodenplatte geeignet. Weiteren Schichtaufbau bei Einsatz von Wärmedämmstoffen zur Sicherheit mit Bauteilrechner www.u-wert.net auf Feuchteanfall prüfen.



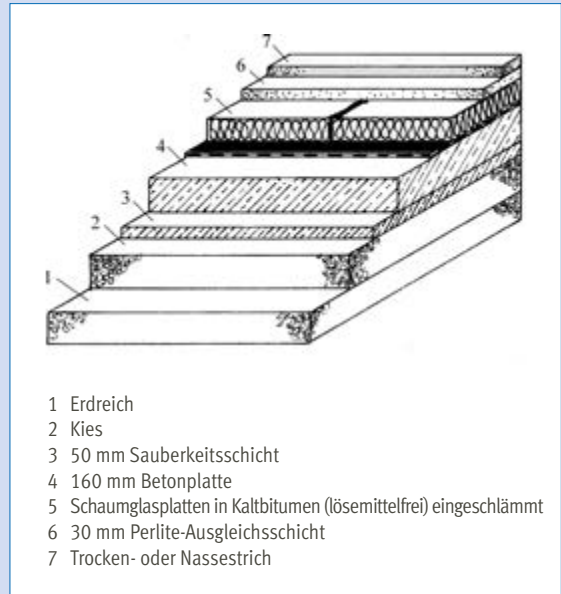
Bodenaufbau mit Dielenboden

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: DÄMMUNG VON ERDBERÜHRTEN BÖDEN IN BEHEIZTEN RÄUMEN

		U-Werte mit Schaumglasplatten WLG 040 als wärmedämmende und abdichtende Tragschicht							
		Dicke in mm	60	80	100	120	140	160	200
Bodenaufbau siehe Bild	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$		0,42	0,35	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17

Hinweise

- bauregelkonform
- vorwiegend Naturbaustoffe einsetzbar
- robuste, feuchteresistente Konstruktion
- keine zusätzliche Dichtungsschicht erforderlich
- als Tragschicht geeignet zum weiteren Aufbau
- für Nass- oder Trockenestrich
- Dämmstoff teurer als Lösungen mit PU- oder Polystyrol-Dämmung



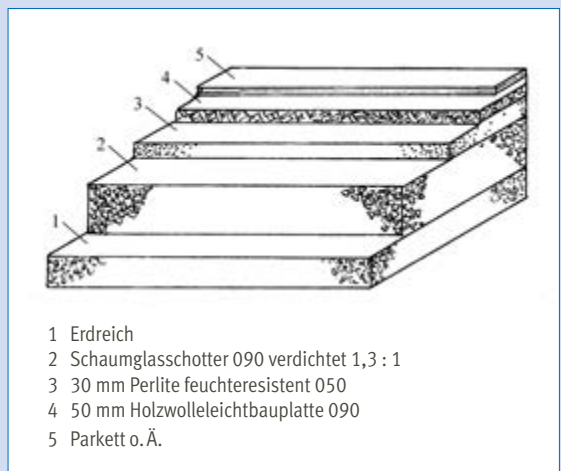
Konventioneller Bodenaufbau auf bestehender Betonplatte als Tragschicht

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: DÄMMUNG VON ERDBERÜHRTEN BÖDEN IN BEHEIZTEN RÄUMEN

		U-Werte mit Schaumglasschotter WLG 090 als wärmedämmende und kapillarbrechende Tragschicht							
		Dicke in mm	150	200	240	260	280	300	350
Bodenaufbau siehe Bild	U-Wert $W/(m^2 \cdot K)$		0,31	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21	0,18

Hinweise

- diffusionsoffen
- vorwiegend Naturbaustoffe einsetzbar
- keine zusätzliche Kapillarschicht erforderlich
- vielseitig als Tragschicht einsetzbar zum weiteren Aufbau für Nass- oder Trockenestrich
- Dämmstoff teurer als Polystyrol u. Ä.
- anstehender Boden muss gut wasserdurchlässig sein
- nicht bei Auftreten von Stau- oder Schichtenwasser anwendbar
- nicht im Kapillarsaum des Grundwassers zulässig
- hoher Herstellungsenergieaufwand für Schaumglasschotter, vergleichsweise geringe Wärmedämmleistung



Bodenaufbau ohne Horizontalsperre

Anwendungsbeispiel 3 sieht einen Stampflehmboden als Nutzfläche vor. Eine wesentlich robustere und pflegeleichtere Oberfläche bietet sich, wenn in die Lehmschicht Holzlatten eingebettet und darauf z. B. ein Dielenboden verlegt wird. Dieser Schichtenaufbau vereint im Massivlehm alle raumklimatischen Vorteile und ist bauphysikalisch weitgehend unproblematisch, d. h. tauwasserfrei.

ANWENDUNGSBEISPIEL 3: DÄMMUNG VON ERDBERÜHRTEN BÖDEN IN BEHEIZTEN RÄUMEN

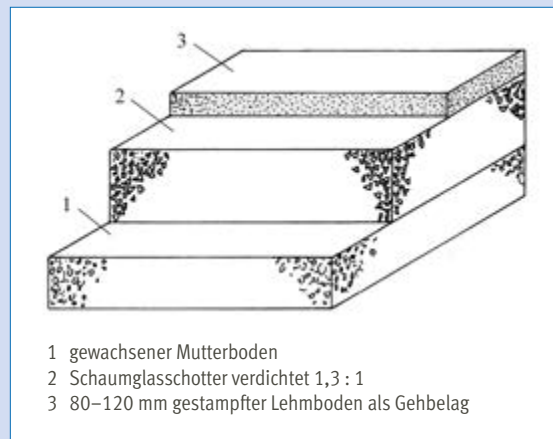
	U-Werte mit Schaumglasschotter WLG 090 als wärmedämmende und kapillarbrechende Tragschicht							
	Dicke in mm	150	200	240	260	280	300	350
Stampflehm- boden 100 mm $\lambda = 0,93 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	U-Wert in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,49	0,38	0,33	0,31	0,29	0,27	0,23

Verarbeitung Stampflehmboden

Stampflehm wird als Fertigmischung erfeuchtet auf den sauberen, planebenen, tragfähigen und unnachgiebigen Untergrund aufgebracht. Die Schichtenstärke sollte 8 cm nicht unterschreiten und maximal 12 cm dick sein. Die erste Vorverdichtung erfolgt per Hand; anschließend wird die Fläche mit einer Rüttelplatte mehrmals verdichtet. Ein Nacharbeiten nach der Verdichtung ist nicht mehr möglich.

Trocknungszeit bei 10 cm Schichtdicke 5–8 Wochen.

Nach dem vollständigen Durchtrocknen der Fläche kann der Fußboden mit einem Fußbodenöl oder z. B. dem conluto-Estrichbodenset behandelt werden. Da Stampflehmböden viel Erfahrung und handwerkliches Know-how erfordern, sollte man sich bzgl. der Verarbeitungsdetails an den Hersteller wenden.



Gestampfter Lehm auf Schaumglasschotter

Hinweise

- wärmespeichernd und feuchteausgleichend
- diffusionsoffen
- keine Sperrbahn erforderlich
- ausschließlich Naturbaustoffe einsetzbar
- Mehrfachfunktion von Schaumglasschotter als wärmedämmende und kapillarbrechende Tragschicht
- nicht bauregelkonform
- hoher Herstellungsenergieaufwand für Schaumglasschotter bei vergleichsweise geringem Dämmwert
- sehr einfacher Nutzboden
- bedingt ungezieferresistent
- Dämmstoff teurer als Polystyrol u. Ä.
- anstehender Boden muss gut wasserdurchlässig sein
- nicht bei Auftreten von Stau- oder Schichtenwasser anwendbar
- nicht im Kapillarsaum des Grundwassers zulässig

Anwendungsbeispiele 4 und 5 zeigen Lösungen für Wärmedämmschüttungen in Kombination aus Kork-Dämmstoffgranulat mit Trasskalk oder Lehm. Die Kombinationen sind keine von Herstellern empfohlenen Bauweisen. Daher liegen auch keine Messwerte vor. Analog zu Kork-Leichtlehmschüttungen lassen sich jedoch Vergleichswerte ableiten.

ANWENDUNGSBEISPIEL 4: DÄMMUNG VON ERDBERÜHRTEN BÖDEN IN BEHEIZTEN RÄUMEN

		U-Werte mit Kork-/Trasskalkestrich WLG 060 als wärmedämmende Tragschicht						
Dicke in mm		60	80	100	120	140	160	180
Kork-Trasskalkestrich Rohdichte 200 kg/m ³	U-Wert in W/(m ² · K)	0,79	0,62	0,52	0,44	0,38	0,34	0,31

Verarbeitung Kork-Trasskalkestrich

Mischbar im Betonmischer. Dazu erst Korkgranulat anfeuchten, dann Trasskalkpulver hinzugeben. Der Trasskalk bindet sich beim Mischen an das feuchte Granulat an und ummantelt es vollständig.

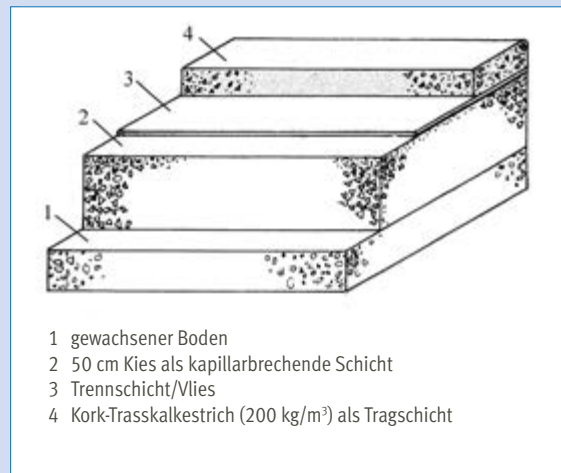
Günstiges Mischverhältnis: 60 kg Trasskalk auf 1 m³ Korkgranulat.

Wasserzugabe so gering wie möglich halten. Die stabile Mischung härtet sehr gut aus. Evtl. eine Schippe Kies auf 100 l Kork als Steifigkeitszusatz.

Quelle: NaturBauHof – Zentrum für umweltgerechtes Bauen, www.naturbauhof.de

Hinweise

- äußerst feuchteresistent – keine Sperrbahn erforderlich
- diffusionsoffen
- Naturbaustoff
- geeignet zum weiteren Aufbau für Nassestrich oder als Tragschicht für Trockenestrich
- nicht bauregelkonform
- mäßiger Dämmwert
- Belastbarkeit als Tragschicht nicht definiert



Kork-Trasskalkestrich als Tragschicht

ANWENDUNGSBEISPIEL 5: DÄMMUNG VON ERDBERÜHRTEN BÖDEN IN BEHEIZTEN RÄUMEN

		U-Werte mit Kork-Leichtlehmschüttung als wärmedämmende und feuchteregulierende Füllschicht						
Dicke in mm		100	120	140	160	180	200	240
Kork-Leichtlehm 085 (350 kg/m ³)	U-Wert in W/(m ² · K)	0,71	0,61	0,54	0,48	0,43	0,40	0,34
Kork-Leichtlehm 060 (200 kg/m ³)	U-Wert in W/(m ² · K)	0,54	0,46	0,40	0,35	0,32	0,29	0,24

Verarbeitung Kork-Leichtlehmschüttung

Anmischen mit Betonmischer oder bei höherem Lehmanteil mit Zwangsmischer. Leichte Lehmmischung idealerweise mit Lehmschlämme herstellen, die im Mischer über das Korkgranulat geschüttet wird. Kork muss vollständig ummantelt sein. Dies ist schon mit ca. 50 kg Lehm auf 1 m³ Korkgranulat möglich.

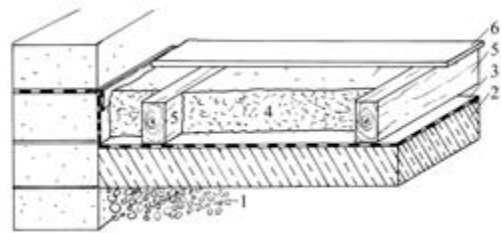
Leichte Mischungen im Mischer auch mit Lehmpulver herstellbar. Vor Zugabe des Lehm pulvers Korkgranulat befeuchten. Feuchtes Granulat wird so vollständig von Lehm ummantelt.

Fertige Mischung in Hohlraum einfüllen und leicht verdichten.

Quelle: NaturBauHof – Zentrum für umweltgerechtes Bauen, www.naturbauhof.de

Hinweise

- feuchteregulierend
- frei von Kondensat- und Schimmelbildung
- wärmerregulierend
- vorwiegend Naturbaustoffe einsetzbar
- Schüttung vielseitig verwendbar, da über Mischverhältnis Kork/Lehm gezielt für Verwendungszweck einstellbar
- Korkgranulat eingeschränkt verfügbar



- 1 Kiesschicht
- 2 Betonplatte
- 3 Abdichtung
- 4 Leichtlehmschüttung mit Korkgranulat
- 5 Lagerhölzer
- 6 Bodenbelag z. B. Dielenboden

Bodenaufbau auf vorhandener Betonplatte mit Kork-Leichtlehmschüttung als wärme- und feuchteregulierende Schicht

7 AUSSENWAND UND FASSADE

Außendämmung mit WDVS

Außenwände haben neben ihrer Funktion als Wetterschutz auch die Aufgabe, ein Gebäude nach außen ästhetisch zu präsentieren. Eigenheiten wie eine Backsteinfassade oder eine Holzfassade geben dem Äußeren ein unverwechselbares Gepräge. Was solche Eigenheiten betrifft, vollzieht sich im Erscheinungsbild der Häuserlandschaft derzeit ein tief greifender Wandel, der im Wesentlichen den Maßnahmen zur Energieeinsparung geschuldet ist. Unter dem Mantel des sogenannten Vollwärmeschutzes verschwinden Eigenheiten individuell gestalteter Fassaden, um einem neutralen Einheitslook zu weichen.

Handwerklich gestaltete Oberflächen prägten einst Erscheinungsbild und Details historischer Fassaden. Schon scheinbar Unwesentliches wie das Strukturbild eines Wandputzes gehörte zur Visitenkarte eines Hauses. Damit stellte der Handwerker sein Können öffentlich unter Beweis. Die persönliche Handschrift des Meisters sollte erkennbar sein. Im Zuge der Wandgestaltung mit Wärmedämm-Verbundsystemen bleibt für die persönliche Note kaum noch Gelegenheit. Der Putz wird nicht mehr angeworfen und mit der Kelle geformt, sondern mit dem Glätter aufgetragen und glatt gestrichen. Der Wandputz besteht auch nur noch aus wenigen Millimetern Dicke, Baumärkte bieten ihn im Set mit sonstigem Dämmzubehör an, Anleitung zum Selbermachen inklusive. Dank der Zusatzstoffe klebt der Putz zuverlässig auf der Kleberschicht und die Kleberschicht zuverlässig auf dem Dämmstoff. Der Vorteil: Ein solcher Putz kann von jedermann ausgeführt werden, der geübten Hand eines gelernten Maurers bedarf es dazu nicht.

Die Kehrseite dieser Entwicklung: Verputzte Wärmedämm-Verbundfassaden sehen überall gleich aus. Variationsmöglichkeiten der Putzstruktur bewegen sich im engen Rahmen der verfügbaren Korngrößen von 0–3 mm. Auf einer Thermohaut ist beispielsweise ein grobkörniger Rauputz mit einer prägnanten Oberflächenstruktur technisch nicht möglich. Die glatte Kleberschicht des Wärmedämm-Verbundsystems bietet nur wenig Halt und so fällt der Dickputz wegen schlechter Bindung und zu viel Eigengewicht wieder von der Wand. Fazit: Traditionelle Putzsysteme und gängige Wärmedämm-Verbundsysteme vertragen sich nicht miteinander.

Es steht außer Frage, dass nur wenige Gebäude aus der Zeit vor 1990 die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) erfüllen können. Über schlecht gedämmte Außenwände geht viel Energie verloren, eine nachträgliche Wärmedämmung schafft hier wirksam Abhilfe. Aber durch die aufgebrauchte Dämmschicht werden auch die ursprünglichen Proportionen der Fassade verändert. Nicht immer lässt sich das äußere Erscheinungsbild eines Gebäudes auf diese Weise ästhetisch verbessern. Sorge bereiten auch die Millionen von Kubikmetern des Massendämmstoffs Polystyrol, die eines Tages entsorgt werden müssen. Dennoch gibt es Wege, mit der richtigen Materialwahl und dem Verständnis für gebäudetypische Eigenheiten eine Bestandsverbesserung zu erreichen, auch unter Berücksichtigung der zweifellos notwendigen Energieeinsparmaßnahmen. Diese Wege bedeuten oftmals einen Mehraufwand an Kosten, Zeit und Arbeitskraft. Zu Beginn jeder energetischen Sanierung sollte man sich deshalb die Fragen stellen:

1. Dämmen mit Polystyrol oder nicht doch lieber mit einem umweltverträglicheren Dämmstoff?
2. Wenn eine Außendämmung nicht möglich ist oder zu viel Aufwand bedeutet oder das Erscheinungsbild der Fassade erhalten bleiben soll: Kann die Innendämmung ein gleichwertiger Ersatz sein?
3. Ist eine nachträgliche Wärmedämmung der Außenwände verpflichtend oder gibt es Ersatzmaßnahmen (z. B. bessere Fenster, neues Heizsystem, alternative Energiequellen, verstärkte Dach- und Bodendämmung)?
4. Können Fassaden trotz Wärmedämm-Maßnahmen statt mit Dünnschichtputzen traditionell mit Mittel- oder Dickschichtputzen verputzt werden?
5. Welche Dämmsysteme bieten sich für den Einsatz von Eigenleistung an?

Mit den nachfolgend vorgestellten Beispielen werden praxistaugliche Lösungen vorgestellt. Die Durchführbarkeit der erörterten Maßnahmen wird anhand von Bildmaterial aus dem Baustellenalltag dokumentiert.

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: AUSSENWAND DÄMMEN MIT WÄRMEDÄMMPUTZ

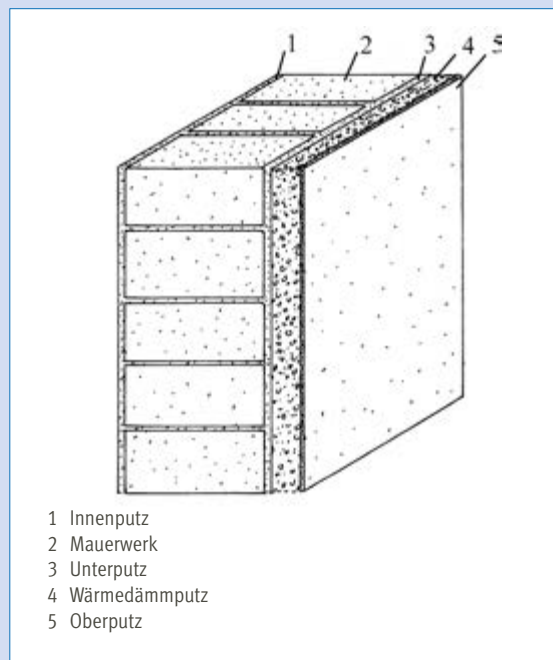
	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Wärmedämmputz							
	Dicke in mm	0	20	30	40	50	60	80
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3) mit Wärmedämmputz WLG 056 („Hagatherm“ rein mineralisch, polystyrolfrei)	240	2,4	1,3	1,0	0,88	0,76	0,67	0,54
	300	2,1	1,2	0,98	0,84	0,73	0,64	0,52
	360	1,8	1,1	0,93	0,79	0,70	0,62	0,51
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3) mit Wärmedämmputz WLG 070 („Röfix“, zertifizierter Dämmputz)	240	2,4	1,4	1,2	1,0	0,88	0,78	0,64
	300	2,1	1,3	1,1	0,95	0,84	0,75	0,62
	360	1,8	1,2	1,0	0,90	0,79	0,71	0,59

Hinweise

- als natureplus-zertifizierter Dämmputz verfügbar
- Rundungen und Unebenheiten der Fassade 1:1 übertragbar
- modellierbar zu Lisenen, Kassettenmustern etc. (statt Polystyrolprofilen)
- monolithischer Wandaufbau bleibt erhalten
- gute Diffusionsfähigkeit
- rein mineralisch
- keine Problemabfälle
- Baustoffklasse B1 – schwer entflammbar
- bezüglich Dämmeffizienz nicht gleichwertig mit markt-gängigen WDV-Systemen
- schwer zu verarbeiten
- vergleichsweise teuer
- wegen Weichheit des Dämmputzes evtl. härterer Oberputz notwendig



Wärmedämmputze kommen dann zur Anwendung, wenn der ursprüngliche Außenputz ohnehin erneuert werden muss und zum Erhalt des Fassadenbildes ein WDV-System nicht infrage kommt.



Zeichnerische Darstellung einer Außenwand mit Wärmedämmputz



Aufbringen eines Wärmedämmputzes mittels Putzmaschine

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: AUSSENWAND DÄMMEN MIT HOLZWEICHFASERPLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Holzweichfaserplatten WLK 042						
	Dicke in mm	0	100	120	140	160	200
Mauerwerk Kalksandstein (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,9	0,37	0,31	0,27	0,24	0,20
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,4	0,36	0,31	0,27	0,24	0,19
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3)	240	1,3	0,32	0,28	0,24	0,22	0,18
Mauerwerk Hohlblockstein (Rohdichte = 650 kg/m^3)	240	1,2	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18

Hinweise

- inkl. Putz als natureplus-zertifiziertes WDV-System verfügbar
- verbesserter Schallschutz
- gute Diffusionsfähigkeit
- verringerte Neigung zu Algen- und Schimmelpilzbildung
- wärmespeichernd, guter sommerlicher Wärmeschutz
- keine Problemabfälle
- Dämmwirkung weniger effizient als mit Polystyrol
- teurer als WDV-Systeme mit Polystyrol

Beispiel

Sanierung und Aufstockung einer Doppelhaushälfte in Rheinfelden: Putzfassade gedämmt mit 16 cm Holzweichfaserplatten; U-Wert alt: $1,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, U-Wert neu: $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Architektin: Monika Süssle, Rheinfelden



ANWENDUNGSBEISPIEL 3: AUSSENWAND DÄMMEN MIT BAUSTROHBALLEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Baustrohballendämmung in Halmrichtung WLK 052				
	Dicke in mm	0	280	350	480
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m ³)	240	1,7	0,17	0,14	0,10

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Baustrohballendämmung quer zur Halmrichtung WLK 080				
	Dicke in mm	0	380	460	–
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m ³)	240	1,7	0,19	0,16	–

Hinweise

- durchgängig Naturbaustoffe einsetzbar
- keine Problemabfälle
- Passivhausstandard erreichbar
- sehr preisgünstiger Dämmstoff
- hoher Aufwand für Vorarbeiten
- Maßnahmen zum Brandschutz
- Schutz vor Durchfeuchtung
- Schutz vor Ungezieferbefall

Beispiel

Einfamilienhaus in Luckenwalde: Fassade gedämmt mit 30 cm Baustrohballen; Befestigung der Strohballe mit Ösenschrauben, Zurrgurten und Holzlatten; Lehmverputz und Holzverkleidung; zusätzliche Maßnahmen: Unterbau aus Schaumglasschotter, darauf Dämmziegelmauerwerk mit Korkgranulathinterfüllung; Dachverlängerung; Planung und Ausführung: arcana Baugesellschaft, Luckenwalde



ANWENDUNGSBEISPIEL 4: AUSSENWAND DÄMMEN MIT SCHILFROHRPLATTEN

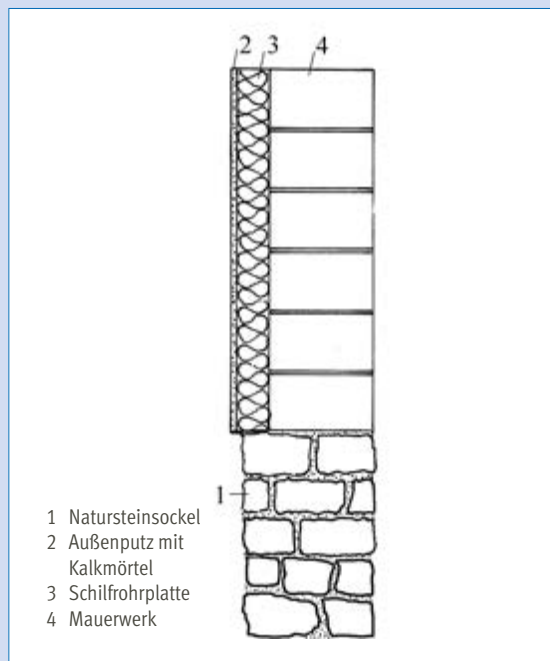
	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Schilfrohrplatten WL055				
	Dicke in mm	0	50	100	150
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,2	0,73	0,44	0,31
	360	1,7	0,67	0,42	0,30
Mauerwerk Kalksandstein (KS) (Rohdichte = 1.400 kg/m^3)	240	2,7	0,78	0,46	0,32
	360	2,2	0,73	0,44	0,31
Mauerwerk Hohlblock-/Leichtbetonstein (Rohdichte 650 kg/m^3)	200	1,3	0,59	0,39	0,29

Hinweise

- geeignet insbesondere zur wärmeschutztechnischen Verbesserung alter, erhaltenswerter Bausubstanz
- Dämmung durchgehend mit Naturbaustoffen realisierbar
- für Außen- und Innendämmung geeignet
- Schilfrohrplatte an Rundungen anformbar, z. B. in Laibungen
- verputzbar mit reinen Kalkputzen auch in Mittel- und Dickschicht
- verringerte Neigung zur Algenbildung
- Verarbeitung aufwendiger als mit gängigen WDV-Systemen
- Dämmeffizienz vergleichsweise gering
- Schilfrohrplatte als Dämmstoff derzeit ohne allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Beispiel

Ehemaliges Bauernhaus in Waldsee bei Feldberg (Mecklenburg-Vorpommern): Fassadendämmung mit Schilfrohrplatten; Wiederherstellen der Stuckfassade; Außenputz mit 2,5 cm Frischkalkmörtel, Glasfaserarmierungsgewebe und Faserzusatz (Dachshaar), Oberputz mit Solubel Luftkalkmörtel (als Spritzputz mit der Handleier aufgetragen); Stuckelemente mit Solubel-Luftkalkmörtel; Planung und Ausführung: arcana Baugesellschaft, Luckenwalde



Zeichnerische Darstellung einer Außenwanddämmung mit Schilfrohrplatten



ANWENDUNGSBEISPIEL 5: AUSSENWAND OHNE ZUSATZDÄMMUNG

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ ohne zusätzliche Wärmedämmung	
	Dicke in mm	
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,4
	300	2,1
	360	1,8
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3)	240	1,3
	300	1,1
	360	0,93

Hinweise

- Revitalisierung der bestehenden Gebäudesubstanz unter Vermeidung von Fremdstoffen
- Vermeidung von Problemabfällen
- geringes Aufkommen an Bauabfällen
- Aufrechterhaltung der bewährten, langlebigen Konstruktion
- geringer Wartungs- und Pflegeaufwand
- Vorgaben zur KfW-Förderung in der Regel nicht erfüllbar
- Heizwärmeverbrauch nicht optimiert

Beispiel

Einfamilienhaus in Dresden: Um die Sandsteingewände zu erhalten, verzichtete Familie Pitz auf eine Außendämmung. Innendämmung kam aus Platzgründen nicht infrage. Mit Wärmeschutzverglasung und neuer Dach- und Fußbodendämmung und zusammen mit dem bis zu 70 cm dicken Mauerwerk wurde zwar kein Niedrigenergiehaus-Standard, aber dennoch ein angemessener Gesamt-U-Wert des Gebäudes erreicht (Verbrauch $15 \text{ l/m}^2 \cdot \text{a}$). Bei der Sanierung stand die behutsame Erneuerung unter weitestgehender Wiederverwendung der bestehenden Bausubstanz im Vordergrund. Architekten: Pitz/Korbjuhn, Dresden

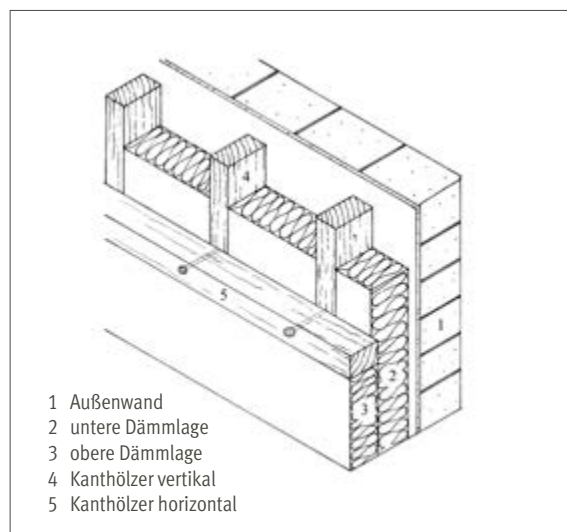


Revitalisierung eines Einfamilienhauses aus dem Jahre 1876/1955





Reihenhaus in Tübingen, gedämmt mit verputzter Vorhangfassade und 16 cm Zellulose-Einblasdämmung. Beplankung mit Holz- wolle-Leichtbauplatten.



Selbstbaueignete Vorhangfassade mit Einklemdämmung zweilagig, Kanthölzer kreuzweise verlegt

Außendämmung mit Vorhangfassade verputzt

Die gedämmte Vorhangfassade setzt sich aus vier Komponenten zusammen:

- Dämmung
- Unterkonstruktion
- Befestigungsmittel
- Außenverkleidung mit oder ohne Hinterlüftung

Planung und Ausführung einer gedämmten und verputzten Vorhangfassade sind üblicherweise Aufgabe eines Fachbetriebes. Langlebigkeit, Tragfähigkeit und Standsicherheit der Konstruktion sowie Brandschutzanforderungen und genehmigungspflichtige Bauvorgaben sind zu beachten.

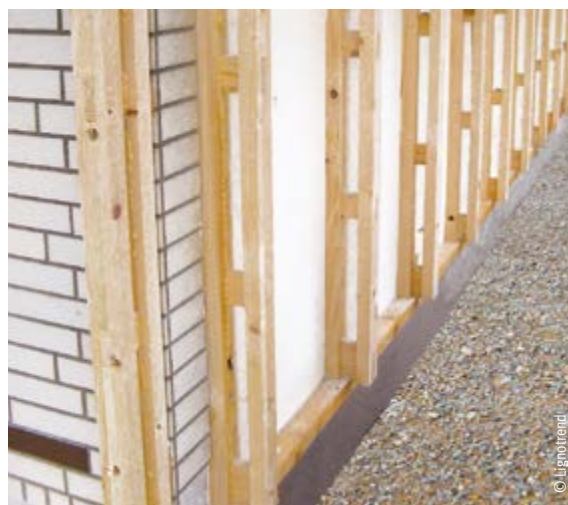
Traggerüst

Zunächst wird die Trägerwand gegen aufsteigende Feuchtigkeit bis min. 30 cm ab fertigem Terrain mit einer Perimeterdämmung aus Polystyrol XPS oder Schaumglas geschützt.

Bevorzugte Dämmweise für die Vorhangfassade ist die Einblasdämmung mit Zelluloseflocken (recyceltes Altpapier). Diese Dämmweise gewährleistet eine kompakte und lückenlose Dämmschicht. Wird mit Zelluloseflocken gedämmt, sollte sich die Tragkonstruktion dem Einblassystem anpassen, d.h., leichte Tragsysteme mit möglichst geringem Wärmebrückeneffekt sind zu bevorzugen. Empfehlenswert sind hier vorgefertigte Holzbauteile der Systemhersteller wie z. B. Lignotrend oder Lambdaplus. Die geschaffenen Hohlräume werden nach Anbringen einer Deckbeplankung (reißfeste Unterspannbahn oder Plattenmaterial) lückenlos mit Zelluloseflocken ausgeblasen.

Wird stattdessen in althergebrachter Weise mit Dämm- matten gedämmt, stehen verschiedene Ausführungen der Tragkonstruktion zur Wahl. Ein einfaches Traggerüst lässt sich mit Kanthölzern herstellen, die z. B. mit Winkeln an der Wand angebracht werden. Diese Lösung erfordert jedoch einen relativ hohen Holzanteil, der in der Dämmschicht Wärmebrücken bildet. Werden stattdessen Dämm- matten kreuzweise in zwei Lagen verlegt, lassen sich die Wärmebrücken reduzieren. Entsprechend sind auch die Konstruktionshölzer kreuzweise anzubringen. Dennoch, gegenüber der Einblasdämmung bleibt die Dämmung mit Dämm- matten immer im Nachteil. Kritische Punkte sind:

- höherer Anteil an Wärmebrücken
- dauerhaft lückenloser Anschluss der Dämmung an angren- zende Bauteile fraglich



Traggerüst aus vorgefertigten Holzleitern (System Lignotrend)



Tragsystem aus vorgefertigten Doppelstegträgern – für Einblas- und Einklemdämmung geeignet



Holzwolle- und Holzfaser-Dämmplatte

Speziell für die Einblasdämmung mit Zellulose wurden Trag- gerippe aus vorgefertigten Systemelementen entwickelt, wie sie auch im Holzbau für hochgedämmte Bauteil-Konstruktionen zum Einsatz kommen. Solche Stegträger bestehen aus zwei Gurten mit eingetuteter Hartfaserplatte. Dank der schlanken Dimensionierung reduzieren sich hier die Wärmebrücken gegenüber einfachen Tragsystemen aus Latten oder Kanthölzern erheblich.

Im Prinzip ähnlich aufgebaut sind sogenannte Dämmleitern (z. B. Lignotrend-System). Zwischen den Gurten ist ein Vlies eingespannt, um die Gefache voneinander zu trennen und die Flockenbefüllung besser kontrollieren zu können.

Ebenso speziell auf die Einblasdämmung ausgerichtet ist das Haltesystem aus Lambdaplus-Trägern. Das System besteht aus Metallprofilen mit Mehrschichtholzplatten und Traglatten.

Vorteil der vorgefertigten Tragelemente:

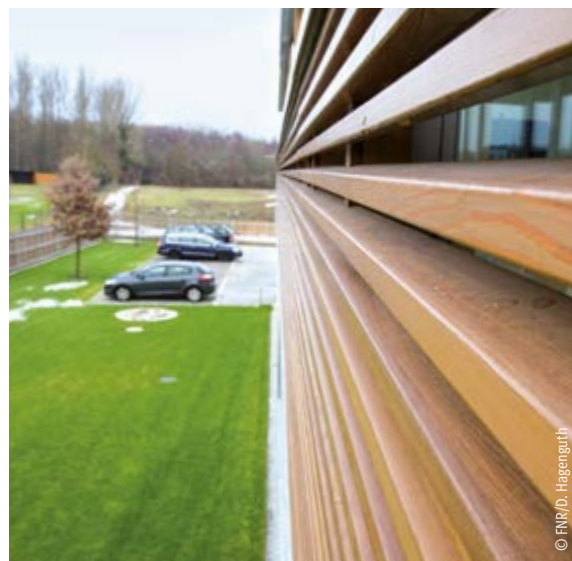
- geringstmögliche Wärmebrückeneffekte
- Dämmstärken bis 30 cm und mehr möglich

Oberflächengestaltung

Vorhangfassaden können beispielsweise mit Holz verschalt oder verputzt werden. Als verputzbare Beplankung kann eine Holzweichfaserplatte, eine Holzwolle-Leichtbauplatte oder eine Fermacell-HD-Fassadenplatte verwendet werden. Holzwolle-Leichtbauplatten und insbesondere Holzweichfaserplatten tragen, sofern ohne Hinterlüftung, zur Verbesserung des U-Wertes bei. Die Plattenmaterialien dienen als Trägerschicht für den Außenputz. Die Holzwolle-Leichtbauplatte kann zudem – anstelle eines dünnen WDVS-Putzes –

konventionell mit Mittel- oder Dickschichtmörtel verputzt werden. Somit bleibt man in der Wahl der Putzstruktur flexibel und kann die Putzhaut beliebig dem alten Fassadenbild anpassen. Alle drei Varianten sorgen für mehr Masse in der äußeren Wandschicht. Sie wirken damit schalldämmend und beugen der Algenbildung vor. In der Regel ist bei den verputzten Wandverkleidungen eine Hinterlüftung nicht sinnvoll, zur Sicherheit sollte im Einzelfall jedoch stets eine Tauwasserberechnung erfolgen.

Die Alternative zur verputzten Fassade ist eine Verschalung mit Holzbrettern oder Holzplatten.



Fassadendetail in Holz

Mit Vorhangfassaden befassen sich die Anwendungsbeispiele 6–9.

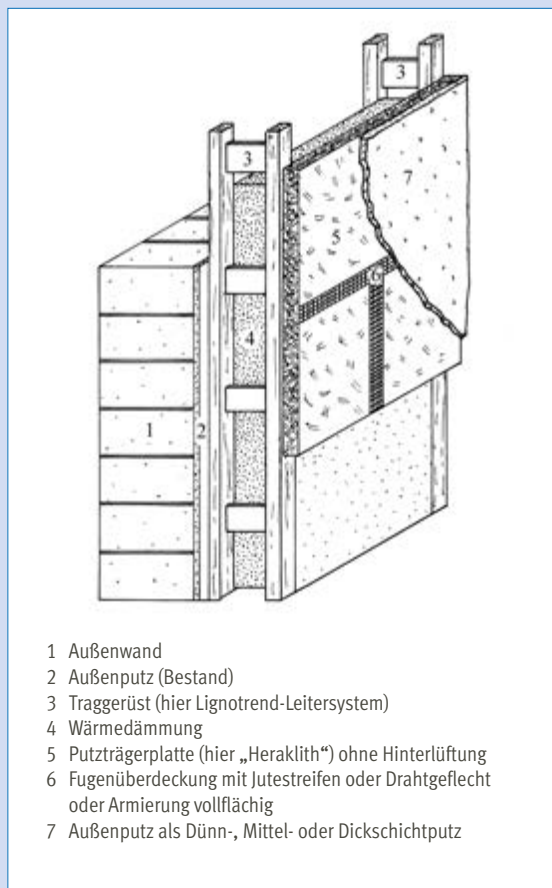
ANWENDUNGSBEISPIEL 6: AUSSENWAND DÄMMEN MIT VERPUTZTER VORHANGFASSADE

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Wärmedämmstoff WL 040 ¹						
	Dicke in mm	120	140	160	200	250	300
Mauerwerk (Vollziegel) mit Vorhangfassade, nicht hinterlüftet + 25 mm Holzwolle-Leichtbauplatte 090 als Putzträger	240	0,28	0,25	0,22	0,18	0,15	0,13
	360	0,27	0,24	0,22	0,18	0,15	0,13
Mauerwerk (Vollziegel) mit Vorhangfassade, nicht hinterlüftet + 35 mm Holzweichfaserplatte 045 als Putzträger	240	0,25	0,23	0,21	0,17	0,14	0,13
	360	0,25	0,22	0,20	0,17	0,14	0,12

¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil. Möglicher Dämmstoff in der Dämmebene: Zellulose-Einblasdämmung, flexible Holzfaserplatte oder Hanffaser-, Flachfaserplatte, Korkgranulatschüttung etc.

Hinweise

- natureplus-zertifizierte Dämmstoffe und Tragsysteme einsetzbar
- lückenlose, nahezu wärmebrückenfreie Dämmkonstruktion erreichbar
- bei Einsatz eines geeigneten Putzträgers Putzgestaltung in Struktur und Material frei wählbar (z. B. Kalk-Mittel- oder -Dickschichtputz anstelle von WDVS-Dünnschichtputz)
- Zusatzdämmschicht bei Verwendung von verputzbarer Holzweichfaserplatte
- verbesserter Schallschutz
- problemlose Überbrückung von Unebenheiten der Außenwand
- je nach Tragsystem Dämmschichtdicken bis 30 cm möglich
- erhöhte Wärmespeicherkapazität, verringerte Neigung zu Algenbefall
- langlebige Konstruktion, geringer Wartungs- und Pflegeaufwand
- nur bedingt selbstbaueigenet: Einblasdämmung und Ausbildung des Tragsystems sind Gewerke der Fachbetriebe
- Rechennachweis bzgl. Lastabtragung, Hinterlüftung und Tauwasseranfall empfohlen
- im Vergleich mit gängigen WDV-Systemen erhöhter Arbeits- und Kostenaufwand



Zeichnerische Darstellung einer Außenwanddämmung mit verputzter Vorhangfassade

ANWENDUNGSBEISPIEL 7: AUSSENWAND DÄMMEN MIT VERPUTZTER VORHANGFASSADE

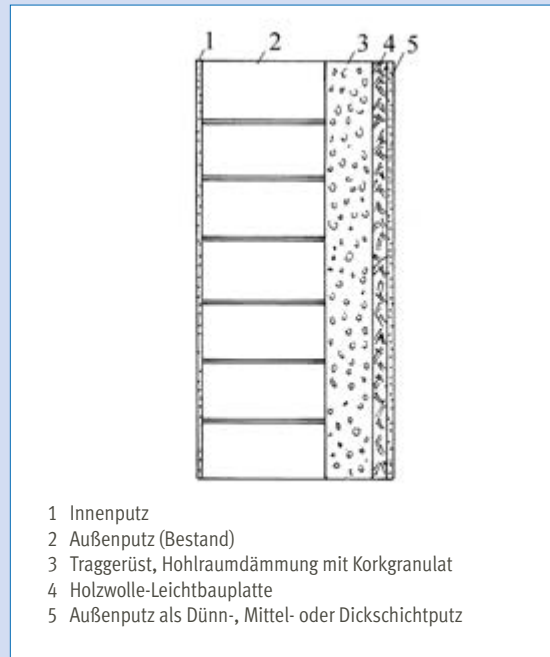
		U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Korkgranulat WLK 050						
		Dicke in mm	0	80	100	120	140	160
+ 50 mm Holzwolle-Leichtbauplatte WLK 090	Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	1,0	0,38	0,33	0,29	0,26	0,24
		360	0,88	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23
	Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3)	240	0,74	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22
		360	0,60	0,31	0,27	0,25	0,22	0,21
	Mauerwerk Hohlblock-/Leichtbetonstein (Rohdichte 650 kg/m^3)	200	0,75	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22

Hinweise

- durchgehend Naturbaustoffe einsetzbar
- bei Wahl eines geeigneten Putzträgers (Schilfrohrplatte, Holzweichfaserplatte) Außenputz in Dicke und Struktur frei gestaltbar
- verbesserter Schallschutz
- problemlose Überbrückung von Unebenheiten der Außenwand
- je nach Tragsystem Dämmschichtdicken bis 30 cm möglich
- erhöhte Wärmespeicherkapazität, verringerte Neigung zu Algenbefall
- langlebige Konstruktion, geringer Wartungs- und Pflegeaufwand
- Wärmebrückenreduzierung durch Leichtbau-Tragsystem
- Rechennachweis bzgl. Lastabtragung, Hinterlüftung und Tauwasseranfall empfohlen
- im Vergleich mit handelsüblichen WDV-Systemen erhöhter Arbeits- und Kostenaufwand

Beispiel

Wohnhaus in Gottsdorf bei Luckenwalde: Ausbau eines ehemaligen Stallgebäudes; Vorhangfassade mit 12 cm Korkgranulat-Dämmung („Recy“-Kork = recycelte Flaschenkorken) und 5 cm Holzwolle-Leichtbauplatte; Außenputz 2,5 cm Lehm; zusätzliche Maßnahmen: Unterbau aus Schaumglasschotter, darauf Dämmziegelmauerwerk mit Korkgranulathinterfüllung; Planung und Ausführung: arcana Baugesellschaft, Luckenwalde



Zeichnerische Darstellung einer Außenwanddämmung mit verputzter Vorhangfassade





Einfamilienhaus in Apfeltrach: Hinterlüftete Vorhangfassade (rechts) mit Holzverschalung und Zellulosedämmung, Zellulose aufgesprüht in Konterlattung (links) 2 • 6 cm

Außendämmung mit Vorhangfassade holzverschalt

Im Prinzip entsprechen das Vorgehen und die Verarbeitungsschritte bei der Variante mit Holzverschalung denen, die bei der verputzten Vorhangfassade beschrieben wurden. Als Erstes ist wiederum ein geeignetes Traggerüst zu erstellen. Planung und Ausführung einer gedämmten und holzverschalteten Vorhangfassade können Sie bis zu Dämmstärken von ca. 12–14 cm selbst in die Hand nehmen, vorausgesetzt, Ihnen steht ein beratender Fachmann zur Seite. Beratung ist gefragt bezüglich Langlebigkeit, Tragfähigkeit und Standsicherheit der Konstruktion, aber ebenso bei der Auswahl von Befestigungsmitteln. Auch Brandschutzanforderungen und genehmigungspflichtige Bauvorgaben sind zu beachten. Zudem ist Holzbaufachwissen nötig bei Konstruktionsdetails im Bereich der Öffnungen, Gebäudeecken, Durchdringungen, Dachanschlüsse etc.

Traggerüst

Zunächst wird die Außenwand ab Geländeoberkante gegen aufsteigende Feuchtigkeit und Spritzwasser bis min. 50 cm bei geschlossener, min. 30 cm bei offener Bodenoberfläche mit einer Perimeterdämmung aus Polystyrol XPS oder Schaumglas geschützt. Als Schutz vor Spritzwasser muss die Holzverschalung genügend Abstand zur Geländeoberkante wahren.

Je nach Dämmweise und Dämmstärke sind verschiedene Tragkonstruktionen möglich. Die gängigste Version besteht aus kreuzweise verlegten Holzlatten oder Kanthölzern, die an die Wand gedübelt werden. Als Befestigungsmittel sind

rostfreie, dauerhaft tragfähige Schrauben zu verwenden. Je nach Querschnitt der Holzlatten können Dämmplatten in entsprechender Dicke kreuzweise in zwei Lagen in einer Gesamtdämmstärke bis max. 14 cm eingebracht werden. Die erste Lage Dämmstoff muss dabei vollflächig auf der Wand aufliegen und darf nicht von Kaltluft hinterströmt werden. Bei sehr unebenen Wänden helfen handelsübliche Dämmstoffdübel, die den Dämmstoff luftlagenfrei andrücken. Zwischen den Hölzern werden die Dämmstoffplatten mit leichtem Pressdruck an den Flanken eingeklemmt. Auch hier ist auf hohlraumfreies Verlegen zu achten. Wegen der notwendigen Einpassung und Anformung sind für diese Dämmarbeiten genügend steife, aber dennoch flexible klemmfähige Platten aus Hanf, Flachs, Holz u. Ä. besonders empfehlenswert.

Abstand und Querschnitt der Traghölzer orientieren sich an der Bahnenbreite und Dicke des Dämmstoffes. Mit Zunahme der Masse an Konstruktionsholz verringert sich der Dämmwert der Vorhangfassade. Auch wegen der statischen Beanspruchung sollten bei stärkeren Dämmdicken entweder zugelassene vorgefertigte Tragsysteme der Systemhersteller verwendet oder ein Zimmereibetrieb mit dem Erstellen eines leichten Traggerüstes beauftragt werden.

Fazit: Das Dämmen mit Matten oder Platten ist gegenüber der Einblas- oder Schüttdämmung ein Kompromiss, der vor allem dann Sinn macht, wenn der Aspekt der Eigenleistung im Vordergrund steht.

Mit dem Erstellen des Traggerüstes für die Dämmung wird gleichzeitig die Grundlage für eine Holzfassade geschaffen.

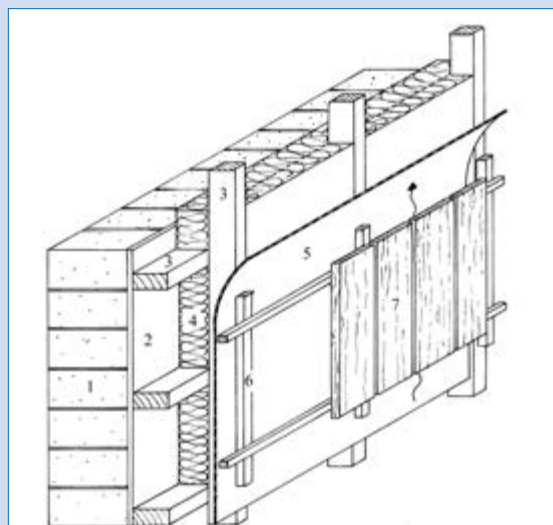
ANWENDUNGSBEISPIEL 8: AUSSENWAND DÄMMEN MIT HOLZVERSCHALTER VORHANGFASSADE

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Wärmedämmstoff WL040 ¹							
	Dicke in mm	0	120	140	160	200	250	300
Mauerwerk Vollziegel gedämmte Vorhangfassade mit hinterlüfteter Holzverschalung	240	2,0	0,31	0,28	0,25	0,20	0,17	0,14
	360	1,6	0,30	0,27	0,24	0,20	0,16	0,14
Mauerwerk Hohlblockstein (Leichtbeton) gedämmte Vorhangfassade mit hinterlüfteter Holzverschalung	200	1,2	0,26	0,23	0,20	0,17	0,14	0,12
	300	0,9	0,21	0,21	0,19	0,16	0,13	0,11

¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil. Möglicher Dämmstoff in der Dämmebene: Zellulose-Einblasdämmung, flexible Holzfaserplatte oder Hanffaser-, Flachsfaserplatte, Korkgranulatschüttung etc.

Hinweise

- natureplus-zertifizierte Dämmstoffe einsetzbar
- breite Auswahl an Gestaltungsmitteln wie Bretter (profiliert oder glattkant), Schindeln, Latten, Tafeln etc.
- auch auf unebenen Flächen oder Altputzen in schlechterem Zustand anwendbar
- Dämmung schichtenweise in kreuzweise angeordneten Lagen, dadurch Verringerung von Wärmebrücken
- zusätzliche Wärmedämmschicht mit feuchteresistenter Holzweichfaserplatte einsetzbar, dadurch Wegfall einer Unterspannbahn
- verbesserter Schallschutz
- je nach Tragsystem Dämmschichtdicken bis 30 cm möglich
- erhöhte Wärmespeicherkapazität
- langlebige Konstruktion
- bedingt selbstbaueeignet
- bei kleineren Objektflächen kann Wartungs- und Pflegeaufwand selbst übernommen werden
- bei größeren Objekten: Nachweis hinsichtlich Brandschutz und Standsicherheit erforderlich
- im Vergleich mit Polystyrol-Fassadendämmung erhöhter Arbeits- und Kostenaufwand
- lückenlos dichte Dämmung in Anschlussbereichen schwierig
- Gefahr des Hinterströmens der Dämmebene mit Kaltluft, vor allem in Anschlussbereichen
- sofern oberflächenbehandelt, regelmäßiger Wartungs- und Pflegeaufwand erforderlich



- 1 Außenwand
- 2 Außenputz Bestand)
- 3 Traggerippe horizontal + vertikal
- 4 Wärmedämmung in zwei Lagen kreuzweise zwischen Rahmenholz eingelegt
- 5 diffusionsoffene, wasserabweisende Folie ($s_d \leq 0,3 \text{ m}$), winddicht verlegt
- 6 Traglattung horizontal + vertikal (mit Hinterlüftung)
- 7 Holzverkleidung

Hinterlüftete und gedämmte Vorhangfassade mit kreuzweise verlegten Latten oder Rahmenhölzern; Dämmmatten zwischen den Rahmenhölzern hohlraumfrei eingeklemmt

ANWENDUNGSBEISPIEL 9: AUSSENWAND DÄMMEN MIT VORGEFERTIGTER VORHANGFASSADE

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit vorgefertigter Vorhangfassade				
	Dicke in mm	0	200	300	400
Mauerwerk Granit (Rohdichte = 2.800 kg/m^3) mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040	240	3,9	0,19	0,13	0,10
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3) mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040	240	2,4	0,18	0,13	0,10
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3) mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040	240	1,3	0,17	0,12	0,090
Mauerwerk Hohlblockstein (Rohdichte = 650 kg/m^3) mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040	240	1,2	0,17	0,12	0,090

Hinweise

- natureplus-zertifizierte Dämmstoffe einsetzbar
- luftdichte, hochwärmegedämmte Konstruktion erreichbar
- Dämmschichtdicken frei wählbar
- breite Auswahl an Gestaltungsmitteln für die Fassade, z. B. Bretter (profiliert oder glattkant), Schindeln, Latten, Platten (verputzt oder unverputzt) etc.
- Bauweise noch wenig erprobt
- für Luftdichtigkeit und Maßhaltigkeit hohe Genauigkeit bei der Montage erforderlich
- Einsatz von Dichtungsmitteln (Folien, Bänder) erforderlich
- nicht für jede Fassadenanierung geeignet

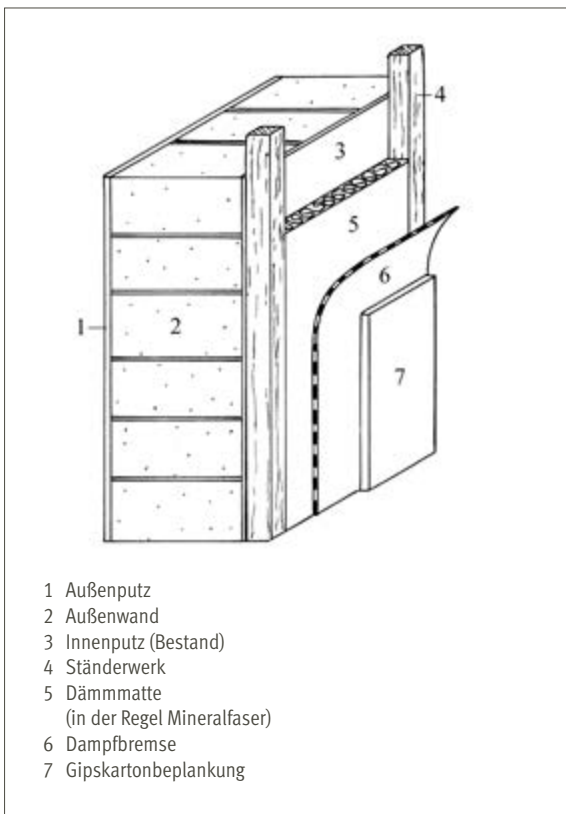
Beispiel

Einfamilienhaus in Pettenbach: Umbau zum Passivhaus mit hochwärmegedämmter Vorhangfassade aus vorgefertigten Holzelementen; Dämmung mit 40 cm Zellulose; Dämmung der Fertigelemente z. B. mit Zellulose, Holzfaserplatten, Hobelspänen u. Ä. U-Wert Passivhaus-Außenwand $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; Architekt: Günter Lang, Wien



8 AUSSENWAND MIT INNENDÄMMUNG

Die Innendämmung von Außenwänden gilt bis heute als Kompromiss. Gegen die Innendämmung spricht vor allem der Verlust an wertvoller Wohnfläche. Außerdem muss bei dem preiswertesten und weiterhin beliebtesten Innendämmsystem eine Dampfbremse eingebaut werden. Diese Standardkonstruktion besteht aus einer Ständerwand aus Holz- oder Metallprofilen mit zwischengeklebten Mineralwolleplatten, einer Dampfsperre und Gipskartonbeplankung. Sowohl unter bautechnischen als auch unter bauphysikalischen Aspekten ist eine solche Konstruktion risikoreich und fehleranfällig: Einbindende Zwischenwände, Balkendecken und Fensterlaibungen erfordern in der Ausführung der Dämmsystemanschlüsse ein hohes Maß an Genauigkeit und Ausführungsqualität. Zusätzlich bedürfen die für Rohrdurchführungen und Steckdoseneinsätze notwendigen Öffnungen im Systemaufbau besonderer Aufmerksamkeit beim winddichten Anschluss. Allen Dämmsystemen gemeinsam ist schließlich noch das Problem der Wärmebrücken bei einbindenden Bauteilen wie Zwischenwänden und Decken.



Innendämmsystem mit Vorsatzschale



Außendämmung nicht möglich wegen denkmalgeschützter Fassade, zudem nicht genehmigungsfähig wegen Grundstücksüberbauung

Innovative Innendämmsysteme

In den letzten Jahren haben Weiterentwicklungen gerade im Bereich der Naturbaustoffe zu sicheren, praktischen und ökologisch einwandfreien Dämm Lösungen geführt. Diese Innendämmsysteme gewährleisten eine hohe Fehlertoleranz in der Anwendung und gute Trocknungsmöglichkeiten während der Nutzung. Hervorzuheben sind hier speziell für die Innendämmung entwickelte Holzfaserplatten sowie Lehmbaustoffe.

BEISPIEL: INNENDÄMMUNG MIT HANF-DÄMMLEHM

Hinweise

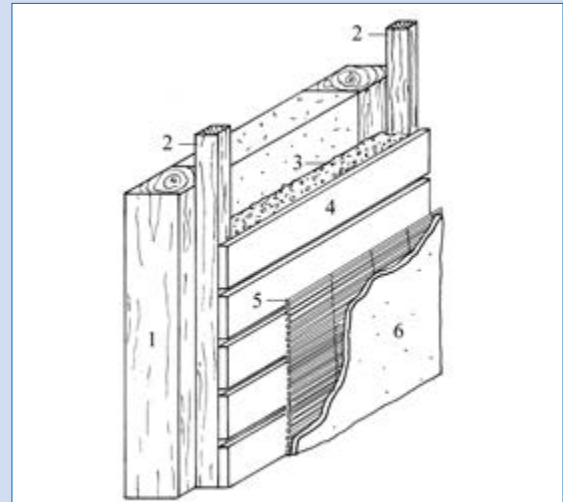
- Mischung mit sehr wenig Wasser anrühren.
- Die Mischung ist in die vorbereitete Schalung zu stampfen.
- Eine getrocknete Hanf-Lehm-Wand ist stabil und selbsttragend, sodass mit einer Kletterschalung gearbeitet werden kann, die unmittelbar nach dem Verfestigen abgenommen werden kann.
- Das Ergebnis ist ein selbsttragender Dämmstoff von sehr geringem Gewicht (400–500 kg/m³).



Hanfämmlehm als Innendämmung der Außenwand



Mit Lehm verputzte Dämmebene



- 1 Fachwerk
- 2 Aufdoppelung
- 3 Hanfdämmlehm leicht verdichtet hinter Sparschalung (oder Lehmbauplatte)
- 4 Sparschalung Holz oder alternativ:
- 5 Schilfrohrputzträger (70 Halme/lfm)
- 6 Innenputz (Lehm, Trasskalk oder Kalk)

Innendämmung mit Wärmedämmlehm

BEISPIEL: INNENSCHALE AUS LEICHTLEHMSTEINEN

Hinweise

- statischer Nachweis zur Lastabtragung erforderlich
- Verankerung mit vorhandener Außenwand erforderlich
- Aufrechterhaltung der kapillaren Leitfähigkeit durch alle Wandschichten
- primär als Wärmedämmung nur bedingt geeignet
- erhebliche Baufeuchte, längere Trocknungszeit
- Verbesserung von Schallschutz und Wärmespeicherung
- erhöhter Platzbedarf



Lose und dampfsperrende Schichten von Wand entfernen. Wand gegebenenfalls trocknenlegen.



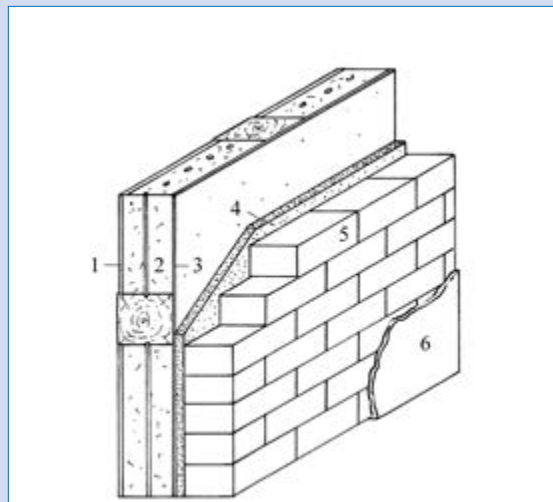
Abschnittweise Steinlagen hochziehen und hohlraumfrei hinterfüllen. Stoß- und Lagerfugen (wegen Trocknung) nicht stärker als 1,0–1,5 cm ausbilden. Verfugen mit Lehmmörtel.



Wegen Reduzierung des Fugenanteils großformatige Steine bevorzugen.



Mit dem Verputzen warten, bis Fugenmörtel augenscheinlich trocken ist. Lehmputz zweilagig mit Armierungsgewebe. Anstrich vorzugsweise mit Kalk-Kasein-Farbe.



- 1 Außenputz
- 2 Ausfachung z. B. Strohlehm auf Stakung
- 3 Kalk- oder Lehmputz (Bestand)
- 4 Hinterfüllung (Strohlehm/Leichtlehm)
- 5 Leichtlehmsteine
- 6 Innenputz (Lehm)

Innenschale aus Leichtlehmsteinen



Als Alternative zur Außendämmung wird diese Technik bei historischem Sichtfachwerk und anderen Fassaden angewendet, deren Erscheinungsbild erhalten werden soll. Der Vorteil von Mauerwerksschalen ist die übliche und gewohnte Handwerkstechnik und die Möglichkeit der schnellen Weiterbearbeitung.

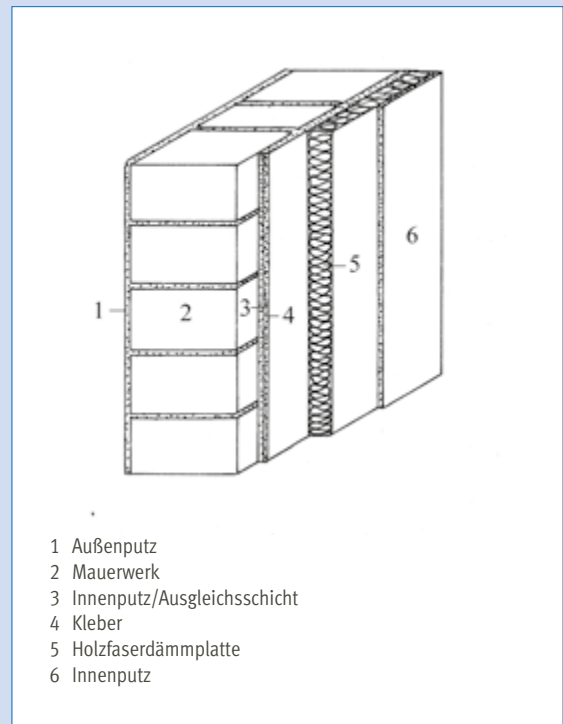
BEISPIEL: INNENDÄMMUNG MIT HOLZFASERDÄMMPLATTEN

Hinweise

- bei unebenen und schiefen Wänden Wandausgleich für planebene, flucht- und lotrechte Kopplungsschicht erforderlich
- Dämmplatte muss kraftschlüssig ohne Luftlagen anschließen
- Innenraumverlust relativ gering
- bei Fachwerk: Schlagregenproblematik berücksichtigen
- bei Dämmstärken > 6 cm Einzelnachweis empfohlen
- bei Einbau von Steckdosen Dämmplattenstärke mindestens 60 mm



Lehmmörtel vollflächig mit Zahnkelle auftragen.



- 1 Außenputz
- 2 Mauerwerk
- 3 Innenputz/Ausgleichsschicht
- 4 Kleber
- 5 Holzfaserdämmplatte
- 6 Innenputz

Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten



Tellerdübel einschlagen.



Komriband einlegen für Anschluss an Sparren.



Dämmplatte stumpf an Balken stoßen.



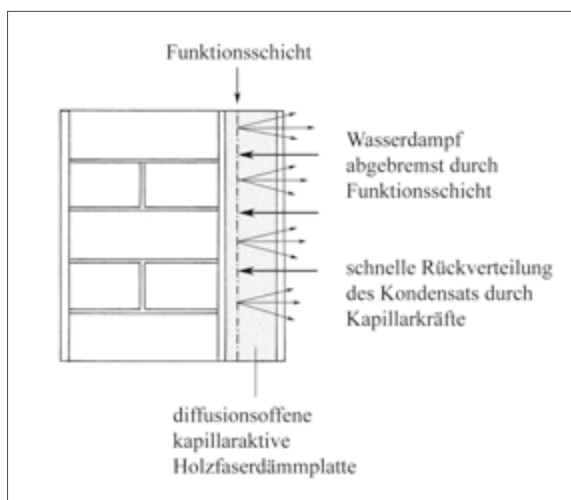
Armierungsgewebe in Kalk- oder Lehmputz einarbeiten.

Die Holzfaserdämmplatte nutzt die kapillare Leitfähigkeit sowie die hygroskopischen Eigenschaften der Holzfaser aktiv für den Feuchtetransport und beugt so wirkungsvoll einer Kondensatbildung vor. Für die Kontrolle des Feuchtedurchgangs sorgt eine speziell entwickelte mineralische Funktionsschicht im Innern der Dämmplatte. Sie bremst den anfallenden Wasserdampf ab und speichert die Wassermoleküle. Diese werden anschließend durch die kapillare Leitfähigkeit der Holzfaser wieder rückverteilt und in den Raum zurückgegeben. Durch die positiven hygroskopischen Eigenschaften bieten mit Holzfaserplatten gedämmte Wände ein hohes Trocknungspotenzial für bestehende Bauteile.

Für den weiteren Aufbau der Wandschichten empfehlen sich neu entwickelte Lehmbaustoffe. Sie können Feuchte aus der Luft aufnehmen und zwischenspeichern (sorbieren), sie ergänzen und unterstützen damit die Wirkweise der Holzfaserdämmplatte. Gelangt einmal Regen- oder Tauwasser ins Bauteil, so wird es kapillar zu den Verdunstungsflächen abgeleitet.



Befestigen der Holzfaserdämmplatte mit einem Lehm-Kleber. Deutlich erkennbar: Funktionsschicht im wandseitigen Drittel der Dämmplatte.



Wirkprinzip der kapillaraktiven Innenraumdämmung mit Holzfaserdämmplatte

Insbesondere beim Fachwerkbau mit hohem Fugenanteil kann bei Schlagregenbeanspruchung Wasser von der Außenseite bis in die Dämmschicht vordringen. Wird die Dämmschicht raumseitig von einer Dampfsperre begrenzt, bleibt die Feuchtigkeit in der Wand eingeschlossen, was langfristig zu Bauschäden führt. In einer solchen Situation verhalten sich Schichten ohne Dampfsperre, insbesondere jene aus Lehmbaustoffen, in Bezug auf den Feuchteausgleich sehr viel günstiger. Das gilt auch für Systeme mit Holzfaserdämmplatten. Die tatsächliche Witterungsbelastung einer Fassade lässt sich aber immer nur am konkreten Einzelfall sachgerecht beurteilen. Dies ist Aufgabe eines Experten.

Der Einbau der Dämmplatten erfolgt im vollflächigen kapillaren Kontaktschluss, Hohlräume sind unbedingt zu vermeiden! Um dies zu gewährleisten, muss die Kopplungsfläche planeben hergestellt werden.

Innenputz

Unebenheiten, aber auch schiefe Wände, wie im Altbau häufig anzutreffen, müssen mit Lehm- oder Kalkgrundputz ausgeglichen werden. Dickere Ausgleichsschichten werden mit Strohlehm hergestellt. Die Ausgleichsschicht dient gleichzeitig als Kopplungsschicht zum Verkleben der Dämmplatte. Sie muss vor Anbringen der Holzfaserdämmplatte genügend durchgetrocknet sein. Je nach Herstellerangaben sind die Platten zusätzlich mit Dübeln (Mauerwerk) oder Klammern (Holzbau) zu befestigen. Die raumseitige Oberfläche der Holzfaserdämmplatte ist so ausgebildet, dass darauf direkt ein Putzsystem, am besten Lehm- oder Kalkputz, aufgebracht werden kann.

Kalkputz: ROTKALK fein 3–4 mm auftragen, einmassieren, vollflächig Armierungsgewebe einbetten, anschließend auf 5–7 mm aufbauen und eben und fluchtrecht verziehen. Als Abrieb z.B. ROTKALK Filz 05, ROTKALK Filz 1 oder ROTKALK Filz 2 aufbringen (Kalkinnenputze als natureplus-zertifizierte Mörtel verfügbar).

Lehmputz: In zwei Arbeitsgängen auftragen: Erste Schicht (min. 3 mm) inkl. Armierungsgewebe, das knapp unter der Oberfläche vollflächig eingebettet wird, immer vollflächig auftragen. Die zweite Schicht (min. 3 mm) über dem Armierungsgewebe erst applizieren, wenn die erste komplett ausgetrocknet ist. Die Verarbeitungstemperatur darf nicht unter 5 °C liegen und der Raum muss kontinuierlich sehr gut gelüftet werden. Empfohlen werden folgende zwei Aufbauvarianten:

- Zwei Schichten Lehmfeinputz (mit Flachfasern) oder Lehmoberputz (mit Strohfaseren); anschließender Anstrich mit Mineral-, Kasein- oder z. B. einer Lehmfarbe.
- Eine Schicht Lehmfeinputz mit Flachfasern als Zusatzstoff, dann eine Schicht Lehmedelputz, welcher in verschiedenen Farbtönen erhältlich ist und keine Zusatzstoffe enthält (Lehminnenputze als natureplus-zertifizierte Lehmbaustoffe verfügbar).



Umbau Fachwerkscheune zu Büroräumen in Lottstetten-Balm,
Architekt: Christian Kaiser, www.zekadesign.de

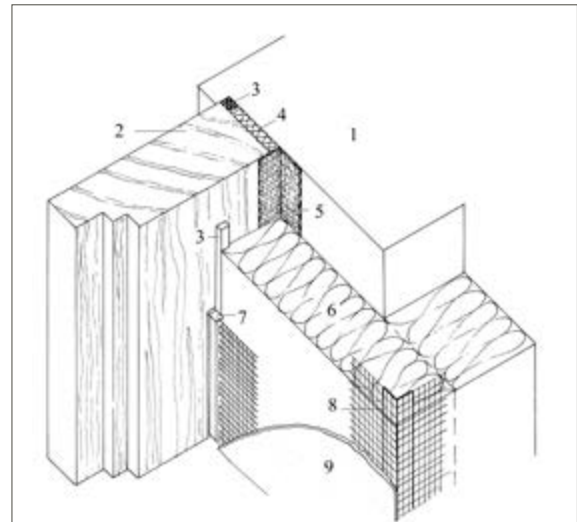
Die Oberfläche der Holzfaserdämmplatte darf nicht tapeziert werden. Anstriche müssen auf das Putzsystem abgestimmt und diffusionsoffen sein. Durch den diffusionsoffenen Aufbau mit Lehm- oder Kalkputz wird eine optimale Sorption der Raumluftfeuchtigkeit erreicht und eine angenehme warme Atmosphäre geschaffen.

Innenputze erfordern eine handwerklich sorgfältige Ausführung. Spalten und Fugen müssen mit Mörtel verstrichen werden. Im Anschlussbereich zwischen Dämmstoff und Balkenkopf ist ein vorkomprimiertes Fugenband einzulegen und überzuputzen. Putz und Balken werden voneinander mit Kellenschnitt getrennt.

Einbaudetails Innendämmung

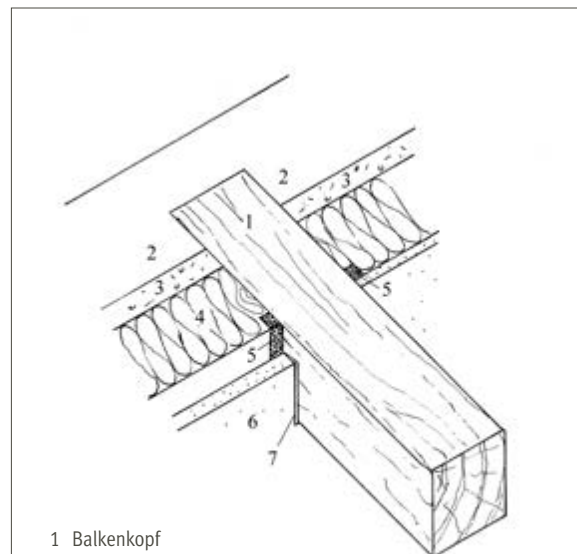
Laibungsdämmungen sollten immer mit maximaler Dämmstärke ausgeführt werden, um Wärmebrücken zu reduzieren. In der Laibung darf die Dämmung maximal 20 mm dünner als die auf der Wandfläche montierte Dämmung sein (z. B. bei 80 mm Dämmplatte an den Wänden dürfen die Dämmplatten der gleichen WLG nicht dünner als 60 mm sein). So entsteht keine ungünstige Oberflächentemperatur und Schimmelpilzgefahr in der Laibung. Steht in der Laibung nur wenig Platz zur Verfügung, kann auf Dämmstoffe mit sehr niedrigem Wärmeleitwert wie z. B. Aerogelmatten zurückgegriffen werden. Plattenstöße bei Anschluss an Fensterrahmen sowie bei Innen- und Außenecken sind stumpf und passgenau auszuführen.

Dämmplatte muss luftdicht an Balkenkopf anschließen. Dazu Kompriband in Nut einlegen, Dämmplatte stumpf und passgenau an Balken stoßen. Alternativ: Flexibles Fugendichtband oder dünnen Streifen flexible Holzfaserdämmung in Breite der Dämmplatte um den Balken wickeln. Im Anschlussbereich Risse im Holz mit Spritzkork füllen. Putz mit Kellenschnitt von Holz trennen.



- 1 Außenwand
- 2 Blendrahmen
- 3 vorkomprimiertes Fugenband
- 4 Stopfwole
- 5 selbstklebendes Dichtungsband
- 6 Holzfaserdämmplatte
- 7 Putzleiste (Kunststoff) mit Armierungsgewebe, alternativ: Kellenschnitt
- 8 Eckprofil (Kunststoff) mit Armierungsgewebe, alternativ: runde Kante
- 9 Lehm- oder Kalkoberputz auf Armierungsgewebe und Grundputz

Anschluss Dämmplatte an Fensterrahmen



- 1 Balkenkopf
- 2 Außenwand
- 3 Ausgleichs- und Klebeschicht
- 4 Holzfaserdämmplatte
- 5 Kompriband eingenuet, Risse im Holz mit Spritzkork füllen
- 6 zweilagiger Innenputz auf Lehm- oder Kalkbasis
- 7 Kellenschnitt

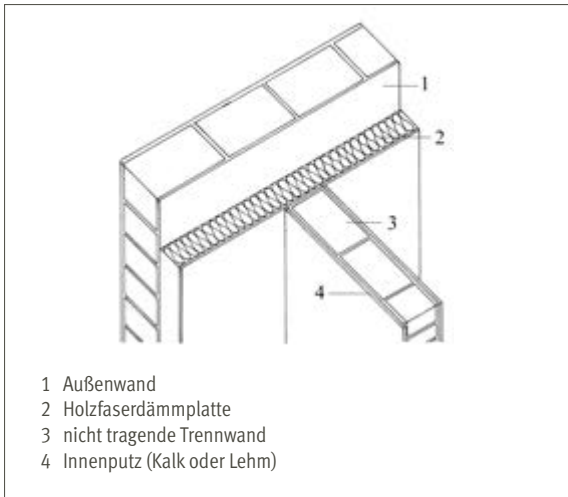
Anschluss Innendämmung an Balkenkopf

Einbindende Bauteile im Massivbau

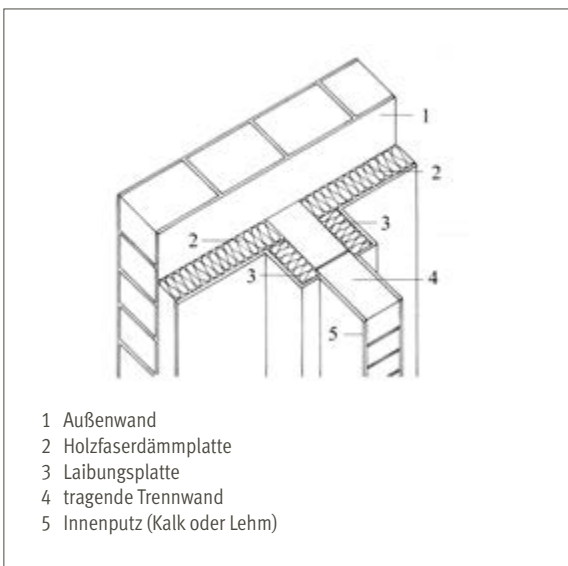
Wenn es unter anderem die Statik erlaubt, sollten einbindende Bauteile (Trennwände, Decken usw.), wenn immer möglich, von Außenwänden getrennt werden. Dadurch werden Wärmebrücken beseitigt, und die Schimmelpilzgefahr sowie die Schalleitung werden unterbunden.

Bei einbindenden Bauteilen aus Massivbaustoffen, die nicht durchbrochen werden können, ist ein Dämmen mit Laibungsdämmplatten oder -keilen empfehlenswert.

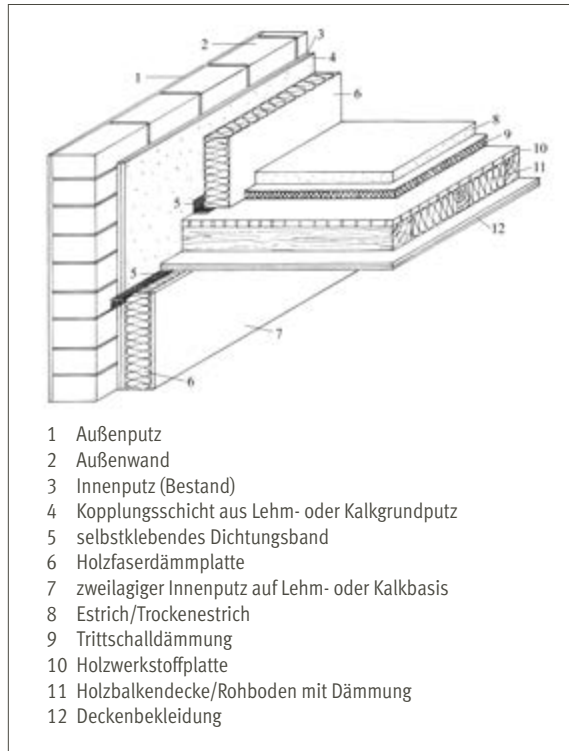
Dämmplatten aus gleichem Material wie die Wanddämmung dürfen maximal 20 mm dünner sein als die auf der Wandfläche montierte Dämmung. Hersteller von Holzfaserdämmplatten geben Empfehlungen, wann eine Laibungsdämmung erforderlich ist (z.B. Gutex „Planungshilfe zur Flankendämmung“).



Außenwand mit nicht tragender Trennwand



Außenwand mit tragender Trennwand und Laibungsdämmplatte



Dämmung über zwei Geschosse

Einbindende Bauteile im Holzbau

Da die Wärmeleitfähigkeit von Holz wesentlich geringer ist als die von massiven Materialien, kann auf die zusätzliche Dämmung in den Raum verzichtet werden. Vorhandene Hohlräume zwischen oberer Beplankung und Unterdecke bzw. einem Einschubboden müssen ausgedämmt werden.

Um Wärmebrücken zu reduzieren, den Estrich inkl. Dämmung zurückschneiden und Holzfaserdämmplatte direkt auf die Decke stellen. Bei bestehender Ausgleichsschüttung Dämmplatte direkt auf den Rohboden bzw. Estrich stellen.

Bei unebenen Untergründen einen dünnen Streifen Naturfaser-Dämmstoff oder ein breites Fugendichtband verwenden.



Dämmstärken

Sollten sich aus bauphysikalischen Gründen derart geringe Dämmstärken ergeben, dass die von der EnEV vorgegebenen Höchstwerte U_{max} überschritten werden, so sieht die EnEV Möglichkeiten vor, von den Anforderungen dieser Verordnung abzuweichen.

Empfehlenswert sind 6–8 cm Dämmstoffdicke. Geringere Dicken sind aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll, können aus bauphysikalischen Gründen aber gefordert sein. Größere Dicken bringen, anders als bei Außendämmung, nicht mehr so viel, da über die unvermeidbaren Wärmebrücken (Innenwände, Decken) Wärme abfließt. Außerdem geht auch mehr Wohnraum verloren.

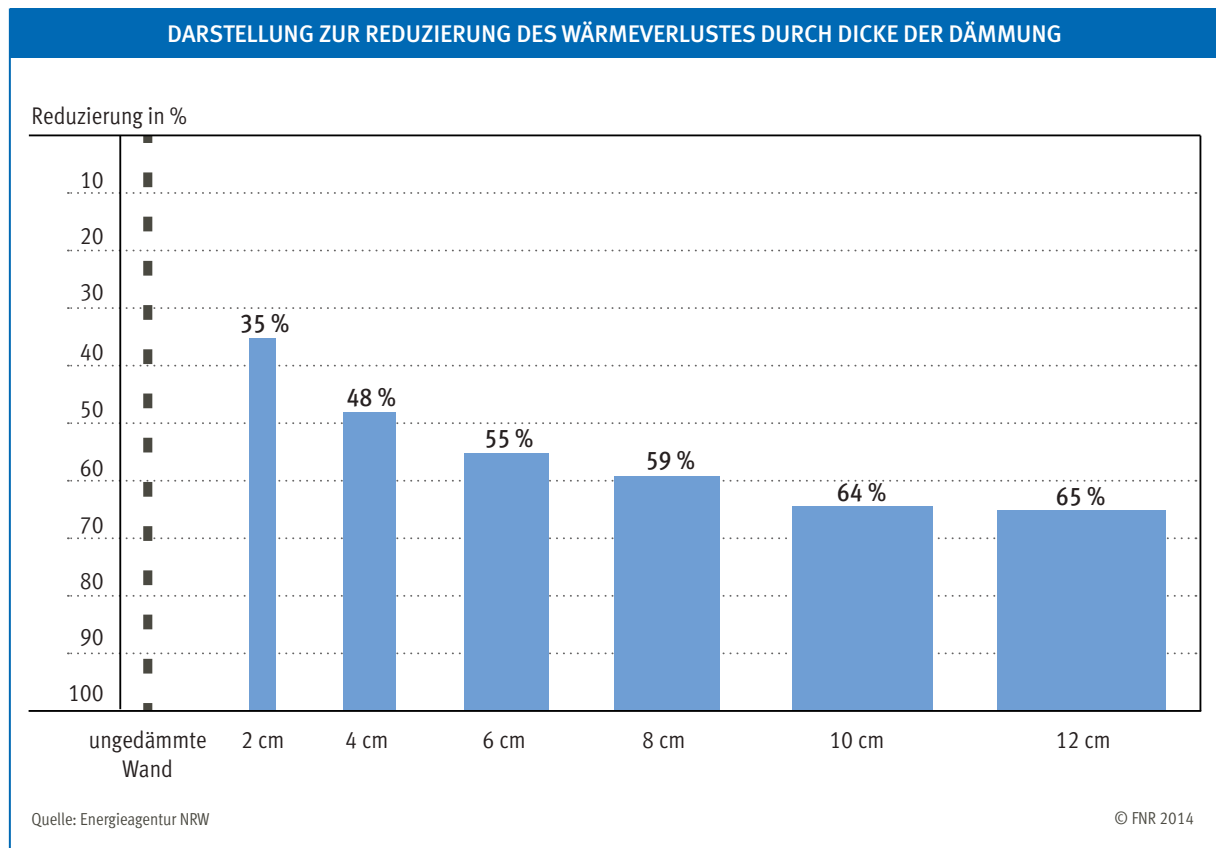
Die Wahl der Dämmstärke kommentiert die der Energieagentur NRW: „Schon mit einer Dämmdicke von 6 cm kann der Wärmeverlust über die Außenwand um mehr als 50 % reduziert werden – auch dann, wenn die Wärmebrückeneffekte durch fehlende Dämmung bei Decken- und Wandanschlüssen mit berücksichtigt werden.“

Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Sollen mit Innendämmung für die Außenwand Passivhauswerte von $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden, sind Dämmstärken von 30 cm und mehr erforderlich. Solche Dämmstärken ziehen nicht nur einen erheblichen Verlust an Wohnraum nach sich, sondern bedürfen auch einer intensiven Vorplanung und fachlicher Baubegleitung.

Innendämmung mit Matten, Fasern, Steinen und Mörteln

Je nach Anwendungszweck und -ziel, das mit der Innendämmung erreicht werden soll, richtet sich auch die Auswahl von Dämmstoffen und Konstruktion. Die Innendämmung mit Holzfaserdämmplatten wird im Detail in den Anwendungsbeispielen 1–3 behandelt. Ebenso als Plattenmaterial für Innendämmung geeignet sind Schilfrohrdämmplatten (Anwendungsbeispiel 4 und 5). Die Beispiele 6–8 zeigen die Innendämmung mit Wärmedämmlehm und Leichtlehmsteinen. Schwerpunkt letztgenannter Systeme liegt allerdings mehr in der Verbesserung von Schallschutz, Wärmespeicherung und Raumklima.



Reduzierung der Wärmeverluste über die Außenwand bei Innendämmung mit Dämmstoff WL045

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: INNENDÄMMUNG MIT DÄMMPLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Holzfaserdämmplatte WLG 045						
	Dicke in mm	0	40	60	80	100	120
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehm (Rohdichte 1.200 kg/m^3) ¹	125	2,1	0,73	0,55	0,44	0,37	0,32
Fachwerkwand, Ausfachung mit Vollziegel (Rohdichte 2.000 kg/m^3) + 60 mm Strohlehm $\lambda = 0,25 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	125	1,7	0,68	0,52	0,42	0,36	0,31

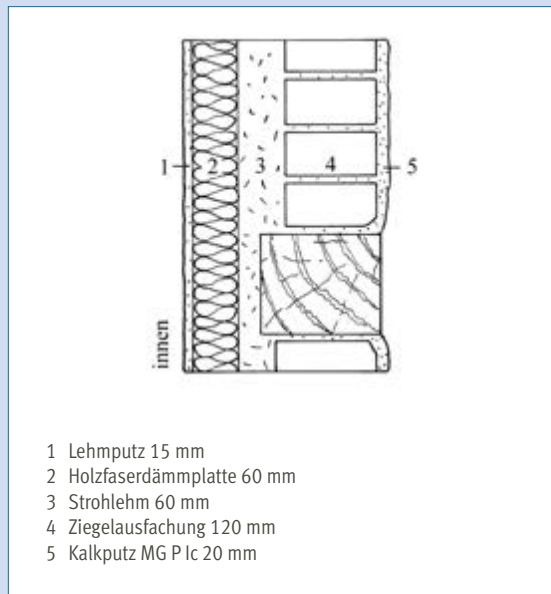
¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil.

Hinweise

- Sichtfachwerk bleibt erhalten
- Innendämmung mit natureplus-zertifiziertem Dämmsystem durchführbar
- bei 4–6 cm Dämmdicke fehlertolerantes System („gut-mütige“ Funktionsweise bzgl. Tauwasserbildung)
- günstiges Raumklima
- kapillaraktive, sorptions- und diffusionsfähige Bauweise ohne Dampfsperre
- Winddichtigkeit durch Putzschale herstellen
- Schlagregenproblematik bei stark bewitterten Fassaden
- luftlagenfreier Anschluss der Dämmplatten erforderlich
- wegen Wärmebrücken bei einbindenden Holzbalkendecken und Zwischenwänden Fachberatung vor Ort erforderlich
- Einbau von Steckdosen etc. in Dämmschicht luftdicht ausführen

Beispiel

Fachwerkhaus in Liebenau-Ersen: Sichtfachwerk mit Innendämmung aus 6 cm Strohlehm und 6 cm Holzfaserdämmplatte; Innenputz mit Lehmörtel; Baubegleitung des Pilotprojektes mit Messprogramm zu Tauwasserbildung und Schlagregenbeanspruchung; Architekt: Richard Betz, Liebenau-Ersen



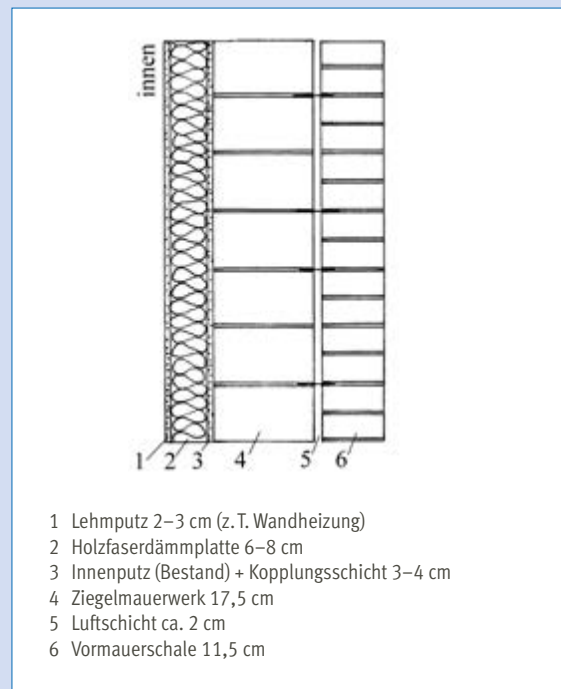
ANWENDUNGSBEISPIEL 2: INNENDÄMMUNG MIT DÄMMLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Holzfaserdämmplatte WL 045						
	Dicke in mm	0	40	60	80	100	120
Mauerwerk zweischalig mit Luftschicht Ziegelmauerwerk 175 mm, Verblender 115 mm	300	1,8	0,69	0,53	0,43	0,36	0,31
Mauerwerk einschalig Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,4	0,76	0,57	0,46	0,38	0,32
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehmziegel (Rohdichte 1.500 kg/m^3) ¹	125	2,5	0,77	0,57	0,46	0,38	0,32

¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil.

Hinweise

- Ansicht der Ziegelfassade bleibt erhalten
- Innendämmung mit natureplus-zertifiziertem Dämmsystem durchführbar
- Dämmsystem mit Wandheizung kombinierbar
- behagliches Raumklima durch Lehmputz und Wandheizung
- bei zweischaliger Bauweise mit Innendämmung Fachberatung vor Ort empfohlen
- hohe Ausführungsqualität zum luftlagenfreien Einbau der Dämmschicht erforderlich
- bei hinterlüftetem Sichtmauerwerk Schlagregenproblematik beachten
- bei Dämmdicke > 6 cm sorgfältige objektbezogene Detailplanung
- bei Dämmdicke > 8 cm Einzelnachweis des Feuchteschutzes
- Einbau von Steckdosen etc. in Dämmschicht luftdicht ausführen



Ziegelsichtige Gebäudefassaden mit innenseitiger Dämmung



ANWENDUNGSBEISPIEL 3: INNENDÄMMUNG MIT DÄMMPLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Holzfaserdämmplatte WLG 045						
	Dicke in mm	0	40	60	80	100	120
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehm (Rohdichte 1.200 kg/m^3) ¹	125	2,1	0,73	0,55	0,44	0,37	0,32
Fachwerkwand, Ausfachung mit Vollziegel (Rohdichte 2.000 kg/m^3) + 60 mm Strohlehm $\lambda = 0,25 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$	125	1,7	0,68	0,52	0,42	0,36	0,31

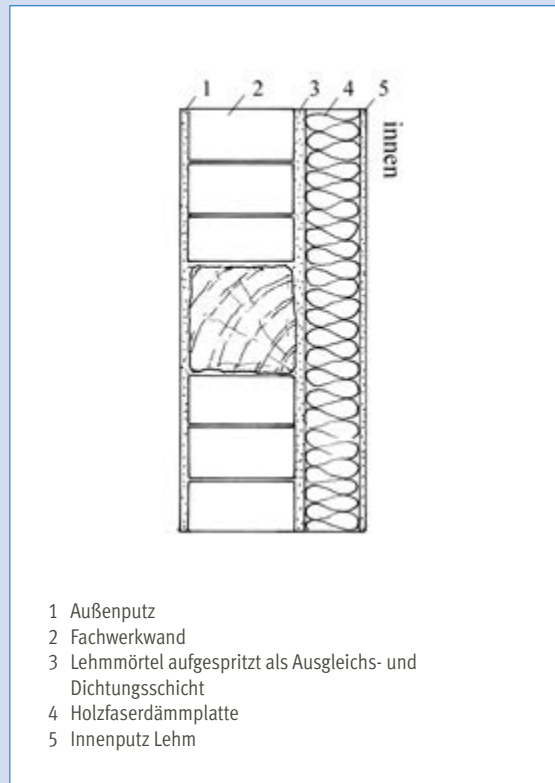
¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil.

Hinweise

- Innendämmung mit natureplus-zertifiziertem Dämmsystem durchführbar
- bei 4–6 cm Dämmdicke fehlertolerantes System („gutmütiges“ Funktionsprinzip)
- behagliches Raumklima
- kapillaraktive, diffusions- und sorptionsfähige Bauweise ohne Dampfsperre
- handwerklich sorgfältige Ausführung bei luftlagenfreiem Anschluss der Dämmplatte erforderlich
- wegen Wärmebrücken bei einbindenden Holzbalkendecken und Zwischenwänden Fachberatung vor Ort erforderlich
- Einbau von Steckdosen etc. in Dämmschicht luftdicht ausführen

Beispiel

Einfamilienhaus in Korntal: verputzter Fachwerkbau mit Innendämmung aus 60 mm Holzfaserdämmplatten, innen Lehmputz, z.T. farbig; Planung und Ausführung: Lehmbau-Hepperle, Neidlingen



- 1 Außenputz
- 2 Fachwerkwand
- 3 Lehmörtel aufgespritzt als Ausgleichs- und Dichtungsschicht
- 4 Holzfaserdämmplatte
- 5 Innenputz Lehm



Raumgestaltung mit farbigem Lehmdeleputz

ANWENDUNGSBEISPIEL 4: INNENDÄMMUNG MIT DÄMMLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Schilfrohrdämmplatten WLG 055						
	Dicke in mm	0	50	60	80	100	120
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehm (Rohdichte 1.200 kg/m^3) ¹	125	2,1	0,72	0,64	0,52	0,43	0,38
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	2,4	0,73	0,64	0,52	0,44	0,38
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3)	240	1,3	0,58	0,52	0,44	0,38	0,33
Mauerwerk Hohlblockstein (Rohdichte = 650 kg/m^3)	240	1,2	0,55	0,50	0,42	0,37	0,32

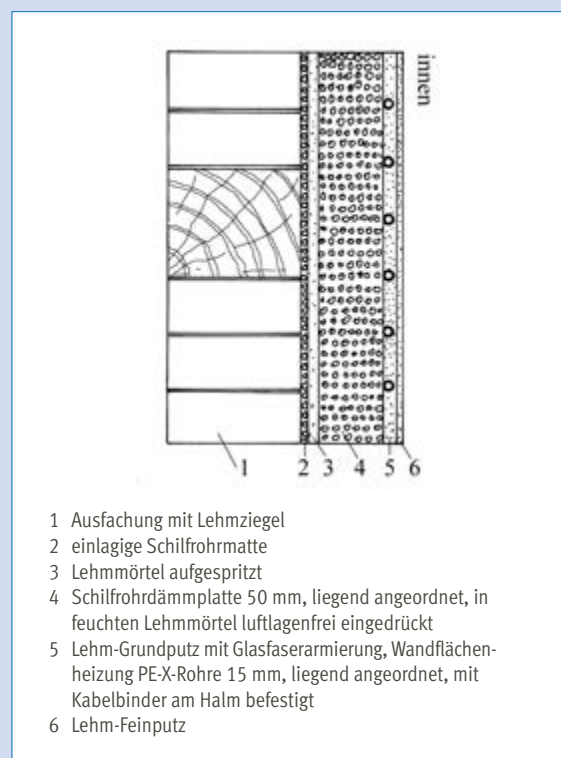
¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil.

Hinweise

- Ansicht der historischen Fassade bleibt erhalten
- Innendämmung komplett mit Naturbaustoffen durchführbar
- Schilfrohrdämmplatte anformbar an Bögen und Rundungen
- kombinierbar mit Wandheizung und Lehmputz
- diffusions- und sorptionsfähiger Wandaufbau
- in Kombination mit Wandflächenheizung Tauwasser- und Schimmelpilzbildung weitgehend ausgeschlossen
- Verbesserung von Schallschutz und Wärmespeicherung
- keine Dampfsperre erforderlich
- behagliches Raumklima
- Dämmeffizienz etwas geringer als mit Holzfaserdämmplatten
- luftlagenfreie Ankoppelung der Dämmplatte erforderlich
- rechnerischer Nachweis des Tauwasserschutzes empfohlen

Beispiel

Biohotel Amtshof in Langenargen: Umbau eines Baudenkmals mit Naturbaustoffen; Bestand: Bruchsteinmauerwerk, Fachwerkwände; Innendämmung mit Schilfrohrplatten; Architekt: Albrecht Weber, Langenargen



Innenausbau mit Naturbaustoffen



Einschlänmen der Heizrohre in Lehmgrundputz

ANWENDUNGSBEISPIEL 5: INNENDÄMMUNG MIT DÄMMPLATTEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Schilfrohrdämmplatten WL055 inkl. 2 cm Schilfrohrplatten als Außendämmung					
	Dicke in mm	0	50	60	80	100
Fachwerkwand, Ausfachung mit Leichtlehmstein (Rohdichte 1.200 kg/m^3) ¹	160	1,1	0,56	0,51	0,43	0,37
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m^3)	240	1,20	0,57	0,52	0,44	0,38
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m^3)	240	0,84	0,48	0,44	0,38	0,33
Mauerwerk Hohlblockstein (Rohdichte = 650 kg/m^3)	240	0,78	0,46	0,42	0,37	0,32

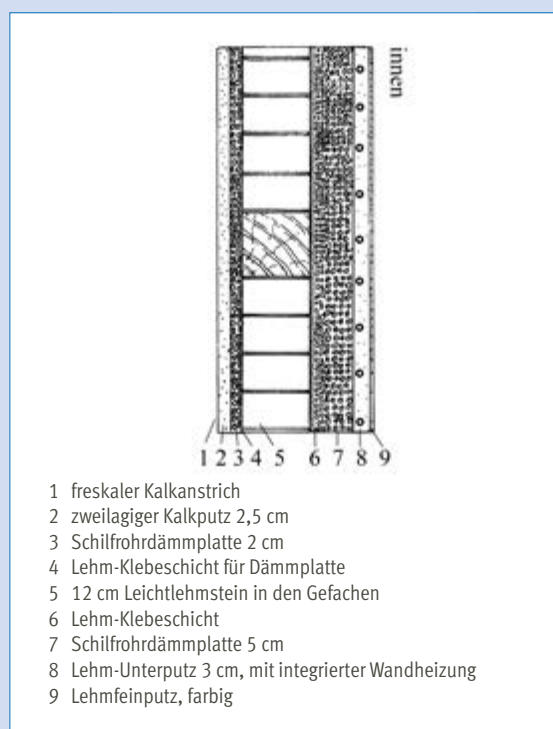
¹ Gerechnet mit 15 % Holzanteil.

Hinweise

- Innendämmung komplett mit Naturbaustoffen durchführbar
- Schilfrohrdämmplatte anformbar an Bögen und Rundungen
- kombinierbar mit Wandheizung und Lehm- oder Kalkputz
- diffusions- und sorptionsfähiger, kapillarer Wandaufbau
- in Kombination mit Wandflächenheizung Tauwasser- und Schimmelpilzbildung weitgehend ausgeschlossen
- Verbesserung von Schallschutz und Wärmespeicherung
- keine Dampfsperre erforderlich, Winddichtigkeit wird durch Putzschale hergestellt
- behagliches Raumklima
- Dämmeffizienz etwas geringer als mit Holzfaserdämmplatten
- luftlagenfreie Ankoppelung der Dämmplatte erforderlich
- rechnerischer Nachweis des Tauwasserschutzes empfohlen

Beispiel

Ehemaliges Floßherrenhaus in Koblenz am Rhein: verputzter Fachwerkbau mit 5–6 cm Innendämmung, Wandheizung und Lehmputz; Sanierung nach handwerklichdenkmalpflegerischen und ökologisch-energetischen Gesichtspunkten; Planung und Ausführung: G. Meurer, Natürliches Bauen, Koblenz



ANWENDUNGSBEISPIEL 6: INNENSCHALE MIT LEHMSTEINEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Lehmstein 2DF 1500 $\lambda = 0,68 W/(m \cdot K)$				
	Dicke in mm	0	60	80	100
Außenwand 240 mm Beton, Kerndämmung Perlite WLG 050, Innenschale Lehmstein (Rohdichte = 1.500 kg/m^3)	240/ ca. 400–470	2,1	0,60	0,48	0,40

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Leichtlehmstein 2DF 700 $\lambda = 0,21 W/(m \cdot K)$				
	Dicke in mm	0	115		
Mauerwerk 240 mm Ziegel (Rohdichte = 1.600 kg/m^3) Innenputz Lehm, Leichtlehmstein (Rohdichte 700 kg/m^3)	240/ca. 400	1,82	0,85	–	–
Mauerwerk 360 mm Ziegel (Rohdichte = 1.600 kg/m^3) Innenputz Lehm, Leichtlehmstein (Rohdichte 700 kg/m^3)	360/ca. 520	1,36	0,74	–	–
Mauerwerk 300 mm Naturstein (Rohdichte = 2.200 kg/m^3) Innenputz Lehm, Leichtlehmstein (Rohdichte 700 kg/m^3)	300/ca. 460	2,82	1,02	–	–

Hinweise

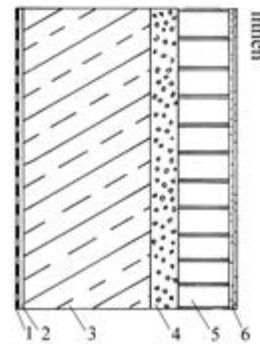
- Naturbaustoffe einsetzbar
- Verbesserung von Schallschutz und Wärmespeicherung
- diffusionsfähiger und kapillaraktiver Feuchtepuffer
- behagliches Raumklima
- Baufeuchte, längere Trocknungszeiten berücksichtigen
- Rechennachweis empfohlen bei einbindenden Deckenbalken und Zwischenwänden
- bei Auflagerung auf Deckenbalken statischer Nachweis der Lastabtragung erforderlich
- Verankerung mit Außenwand berücksichtigen
- geringe Dämmeffizienz, hoher Platzbedarf

Beispiel

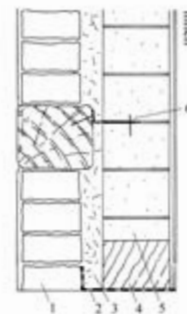
Jugendstilvilla in Konstanz: Sanierung und Umbau eines denkmalgeschützten Gebäudes; Außenwand Untergeschoss – nachträgliche Kerndämmung und Innenschale aus Lehmvollstein; Architekt: Albrecht Weber, Langenargen



© Architekturbüro A. Weber



- 1 senkrechte Abdichtung
- 2 Ausgleichsputz
- 3 Kellerwand (Bestand)
- 4 Perlite bituminiert 6–9 cm
- 5 Lehmvollziegel 1.500 kg/m^3
- 6 Lehmputz zweilagig mit Armierungsgewebe



- 1 Ziegelausfachung
- 2 evtl. Abdichtung
- 3 Lehmausgleichs- und Dichtungsschicht, hohlraumfrei
- 4 evtl. Holzbalken zur Lastabtragung
- 5 Lehmziegel
- 6 Montageband oder Drahtanker zur Wandsicherung

ANWENDUNGSBEISPIEL 7: INNENDÄMMUNG MIT VORSATZSCHALE

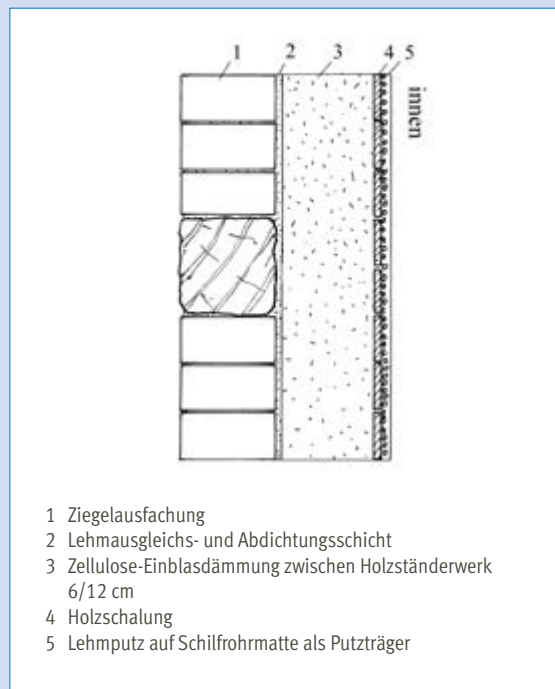
	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040					
	Dicke in mm	0	60	80	100	120
Fachwerkwand, Ausfachung mit Vollziegel (Rohdichte = 1.600 kg/m^3)	125	2,0	0,50	0,40	0,33	0,29
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehmstein (Rohdichte = 1.200 kg/m^3)	125	1,6	0,47	0,38	0,32	0,28
Fachwerkwand, Ausfachung mit Lehmstein (Rohdichte = 700 kg/m^3)	125	1,1	0,41	0,34	0,29	0,25
Fachwerkwand, Ausfachung mit Naturstein (Rohdichte = 2.200 kg/m^3)	125	2,3	0,52	0,41	0,34	0,29

Hinweise

- Fachwerkfassade bleibt erhalten
- durchgehend Naturbaustoffe einsetzbar
- hohlraumfreie Dämmschicht
- diffusionsfähiger und kapillaraktiver Schichtenaufbau – ausgewogene Wärmedämm- und Wärmespeicherwirkung
- preisgünstiges Innendämmsystem
- Rechennachweis empfohlen bei einbindenden Deckenbalken und Zwischenwänden (= Wärmebrücken)
- Dämmschicht hohlraumfrei ausführen
- bei Vorsatzschale ohne Dampfbremse Fachberatung vor Ort empfohlen
- Platzverlust berücksichtigen

Beispiel

Umbau einer Fachwerkscheune zum Bürogebäude: Innendämmung der Fachwerkwände mit Zellulose-Einblasdämmung; Innenseitig Rauspundschalung und Lehmputz auf Schilfrohrmatte; Planung und Ausführung: Günter Schmidt, Akka-Bau, Mechterzen



- 1 Ziegelausfachung
- 2 Lehmausgleichs- und Abdichtungsschicht
- 3 Zellulose-Einblasdämmung zwischen Holzständerwerk 6/12 cm
- 4 Holzschalung
- 5 Lehmputz auf Schilfrohrmatte als Putzträger

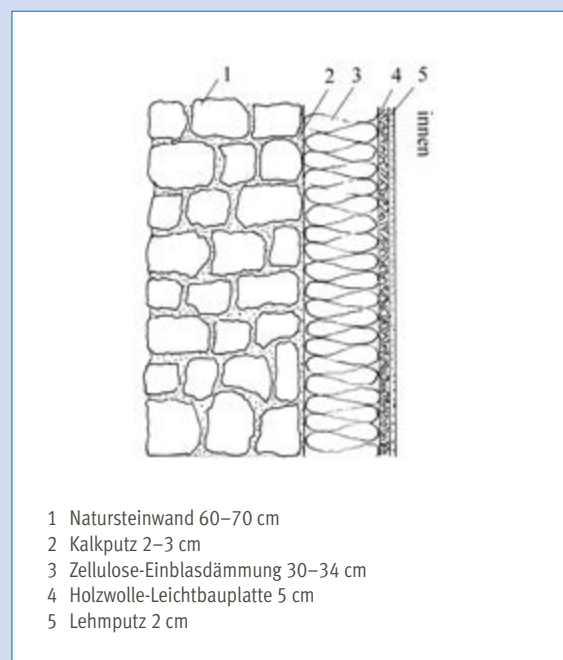


ANWENDUNGSBEISPIEL 8: INNENSCHALE MIT LEHMSTEINEN

	U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$ mit Zellulose-Einblasdämmung WLG 040 mit 30 mm Holzwolle-Leichtbauplatte und 20 mm Lehmputz					
	Dicke in mm	0	200	250	300	350
Mauerwerk Bruchstein (Rohdichte = 2.800 kg/m ³)	600	2,6	0,17	0,14	0,12	0,11
Mauerwerk Vollziegel (Rohdichte = 2.000 kg/m ³)	300	2,1	0,17	0,14	0,12	0,10
Mauerwerk Hochlochziegel (Rohdichte = 1.000 kg/m ³)	240	1,3	0,16	0,14	0,12	0,10
Mauerwerk Hohlblockstein (Rohdichte = 650 kg/m ³)	240	1,2	0,16	0,13	0,11	0,10

Hinweise

- Ansicht der historischen Natursteinfassade bleibt erhalten
- Passivhausdämmstandard mit Innendämmung möglich
- Passivhausdämmstandard mit Naturbaustoffen realisierbar
- für Passivhausstandard Dämmdicken bis 35 cm notwendig
- Hohlräume in Dämmschicht unbedingt vermeiden
- reduzierter Tageslichteinlass bei großen Wanddicken (deshalb Fensterlaibungen abschrägen = kein Dämmverlust)
- bauphysikalisch problematisch bei einbindenden Deckenbalken und Zwischenwänden
- wegen des erheblichen Platzverlusts Innendämmung im Passivhausstandard nur bei großzügigem Raumangebot sinnvoll
- Verzicht auf Dampfbremse bei großer Dämmdicke grenzwertig!
- generell: intensive Fachplanung und Baubegleitung erforderlich



Beispiel

Sanierung eines ehemaligen Gutshofes mit Passivhaus-elementen; Architekten: Herwig und Andrea Ronacher, Hermagor (Österreich)



Deckenbalken im Wandbereich gekappt und mit dem Tragwerk der Innendämmung neu aufgeständert.

Installationen

In der Holzfaserdämmschicht sind Wasser- und Elektroinstallationen nach Möglichkeit zu vermeiden. Als Alternative kann der Einsatz eines Sockelprofils oder das Verlegen von Installationen in angrenzende Seitenwände empfohlen werden. Sind Elektroinstallationen in der Dämmebene unumgänglich, muss auf Folgendes geachtet werden:

- Minimale Plattendicke 60 mm, die Funktionsschicht sollte nach Möglichkeit nicht durchstoßen werden.
- Nur Einzel- oder Doppeldosen verwenden. Mehrfach- oder Kombidosen ergeben zu große Wärmebrücken.
- Die luftdichten Unterdosen werden vollständig seitlich und hinten in einen geeigneten Kleber (z. B. KnaufSM700 Klebe- und Armiermörtel) eingebettet.
- Bohrlochdurchmesser = 68 mm, Einlasstiefe bei 60 mm Holzfaserdämmplatte = 36 mm. Bei einer Einlasstiefe von 36 mm hat die Dose einen Überstand von 10 mm, der vom Putz aufgenommen wird. Bei dickeren Dämmplatten kann die Dose oberflächenbündig eingelassen werden.
- Installationsrohre sind ausschließlich auf der Warmseite der Funktionsschicht zu führen.
- Nur eine luftdichte Leitungsverlegung (Kabel, keine Rohre!) darf von der Kalt- auf die Warmseite der Innendämmung führen.

Wärmeschutz-Anforderungen

Gemäß EnEV 2014 beträgt der Höchstwert des Wärmedurchgangskoeffizienten U_{\max} beim Einbau von innenraumseitigen Dämmschichten $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Bei der innenraumseitigen Dämmung von Sichtfachwerkwänden, die der Schlagregenbeanspruchungsgruppe I nach DIN 4108-3 zuzuordnen sind oder die in besonders geschützten Lagen liegen, liegt der Höchstwert U_{\max} bei $0,84 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Eine bauphysikalische Berechnung ist in jedem Fall erforderlich. Diese Berechnung muss für jeden Einzelfall die vorherrschenden klimatischen Randbedingungen sowie die genauen bauphysikalischen Kennwerte der Wandkonstruktion berücksichtigen. Die zu wählende Dämmstoffdicke ergibt sich dann aus den Berechnungsergebnissen unter Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften.

Sollten sich aus bauphysikalischen Gründen derart geringe Dämmstärken ergeben, dass die von der EnEV vorgegebenen Höchstwerte U_{\max} überschritten werden, so sieht die EnEV Möglichkeiten vor, von den Anforderungen dieser Verordnung abzuweichen.

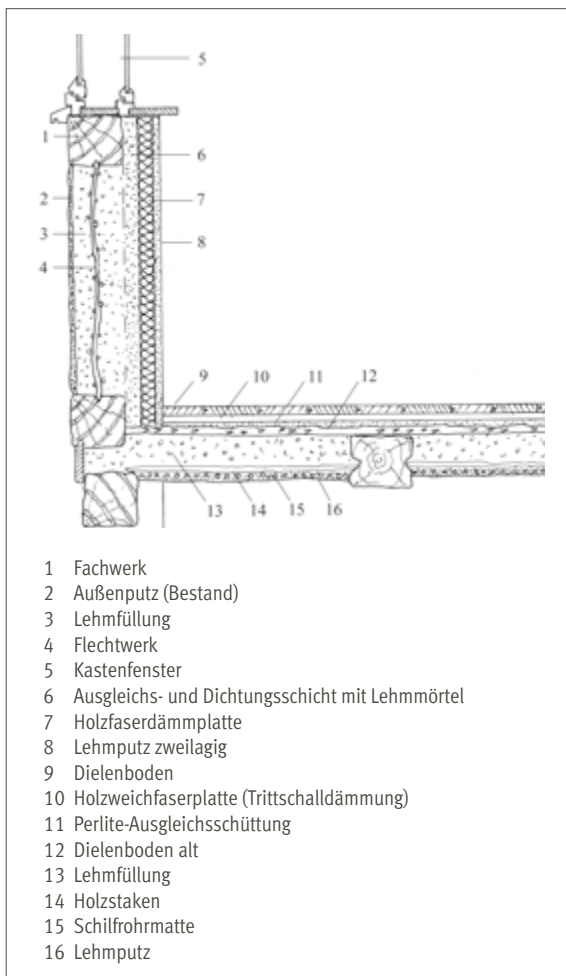


Innendämmung mit Schilfrohrdämmplatten

9 BAUEN MIT LEHM UND KALK

Lehm – ein wiederentdeckter Baustoff

Dass Lehm als Baustoff lange Zeit in Vergessenheit geraten war, liegt vor allem an seiner Eigenschaft, bei Durchfeuchtung stark zu quellen und bei Austrocknung stark zu schrumpfen. Lehmwände sind daher feuchtigkeitsgefährdet und müssen vor Regen und aufsteigender Bodenfeuchte geschützt werden. Sie gelten als feuerbeständig und weisen eine relativ gute Schalldämmung auf. In Verbindung mit einem hochdiffusionsfähigen Putz- und Anstrichsystem erfüllen sie eine ideale Hautfunktion und gelten nach der Überlieferung als entgiftend für bakterienangereicherte Raumluft. Diese Eigenschaften dürfen bei Renovierungsarbeiten von Lehmbauten auf keinen Fall durch Aufbringen ungeeigneter Putze, Anstriche oder Verkleidungen beeinträchtigt werden. Eine gute Verträglichkeit besteht dagegen mit Kalk, Ziegel und vor allem Holz. Die konservierende Eigenschaft von Lehm wird insbesondere im Fachwerkbau seit Jahrhunderten genutzt.



Teilschnitt durch sanierten Fachwerkbau

Lehmstoffe erleben derzeit – vorwiegend in Verbindung mit dem Fachwerkbau, aber auch im Ausbau (z.B. bei der Wandgestaltung) – eine echte Renaissance. Traditionelle Bauweisen werden wieder aufgegriffen, neu entwickelte Lehmstoffe kommen hinzu. Zusammen mit den überlieferten Baustoffen erweitert sich der Anwendungskreis des Lehmbaus dadurch um ein Vielfaches.

Lehm findet heute seine Anwendung als bzw. für:

- nicht tragendes Ausbau- und Ausfachungsmaterial
- Fachwerkerneuerung (z. B. mit Stroh- und Leichtlehm)
- Dämmung von Holzbalkendecken und Dächern (Leichtlehm)
- schalldämmende und wärmespeichernde Schicht in Wänden und Decken
- feuchtespeichernde Pufferschicht bei Innendämmung
- Innen- und Außenwände (für Außenwände wasserabweisender Außenputz und zusätzliche Wärmedämmung erforderlich; tragende Bauweisen nur in Einzelfällen mit Einzelnachweisen ausführbar)
- Innenputz und Dekormauerwerk (Stampflehmwände)
- Ummantelung von Heizsystemen



Lehm findet heute bei der Revitalisierung von Fachwerkhäusern genauso wieder Verwendung wie in allen Bereichen des Innenausbau.

EIGENSCHAFTEN VON LEHMBAUSTOFFEN

Der Baustoff Lehm hat eine Reihe besonderer Eigenschaften

Lehm trocknet an der Luft aus und wird dadurch fest.

Im Gegensatz zu Beton mit dem Bindemittel Zement oder zu Kalk- und Gipsmörteln kann trockener Lehm durch Wasserzugabe wieder plastisch gemacht werden. Der beliebig oft wiederholbare Erhärtungs- und Erweichungsmechanismus ist eine Eigenschaft, die ein Recycling des Materials mit wenig zusätzlicher Energie ermöglicht. Er stellt eine besondere ökologische Qualität von Lehm als Baustoff dar. Der Verbraucher sollte daher bedenken, dass der Erweichungsprozess durch zusätzliche Bindemittel diese Plastizität mindern kann.

Lehm ist wasserlöslich. Die Wasserlöslichkeit von Lehm trägt zu einer besonderen Verarbeitungsfreundlichkeit bei. Zwar wird häufig gerade die Wasserlöslichkeit als Nachteil herausgestellt. Jedoch trifft diese Feststellung angesichts der heutigen Einsatzbereiche von Lehmbaustoffen nicht mehr zu.

Lehm begünstigt das Raumklima. Er ist sorptionsfähig. In der Luft enthaltener Wasserdampf lagert sich an Porenwänden im Lehmbauteil ab. Bei Veränderungen des Innenraumklimas wird der Wasserdampf wieder an die Raumluft abgegeben. Mit diesem Anlagern und Abgeben sind Austauschprozesse verbunden. Lehmbaustoffe sind mit Luftfiltern vergleichbar – sie wirken ausgleichend auf das Innenraumklima. Lehm „atmet“. Eine Bauhülle aus Lehm hat deshalb positive Auswirkungen auf die Raumnutzer. Lehm hat unbestritten positive gesundheitliche Eigenschaften. Wenn man die Offenporigkeit von Lehmbaustoffen nicht durch die Verwendung von Ölfarbenanstrichen oder Anbringen von wasserdampfundurchlässigen Bekleidungen im Innenraum einschränkt, sind sie im Vergleich zu vie-

len anderen Baustoffen weitgehend schimmelresistent. Eine Voraussetzung dafür ist, dass die Lehmwände trocken sind. Nass eingebaute Lehmbaustoffe sollen daher rasch trocknen können, damit jede, auch nur temporäre Schimmelbildung vermieden werden kann.

Lehm transportiert Feuchte. Lehmbaustoffe haben eine hohe kapillare Leitfähigkeit bei niedriger Ausgleichsfeuchte. Sie sind daher besonders gut geeignet für die Ausfachungen bei der Sanierung von Fachwerkbauten. Man kann mit ihnen darüber hinaus Innendämmungen ausführen, für die keine Wasserdampfbremsen notwendig sind.

Lehm speichert Wärme. Das Wärmespeichervermögen schwerer Lehmteile bewirkt eine Harmonisierung von Lufttemperaturschwankungen in Innenräumen von Gebäuden, die in leichter Bauweise errichtet wurden.

Lehm reduziert hochfrequente Strahlung. Neue wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass Lehmbaustoffe im Vergleich zu anderen mineralischen Baustoffen bei ausreichend bemessenen Schichtstärken zu einer besseren Abschirmung gegen hochfrequente elektromagnetische Strahlung beitragen, wie sie z.B. von Mobilfunksendern und schnurlosen DECT-Telefonen ausgeht.

ANWENDUNGSBEREICHE VON LEHMBAUSTOFFEN

	Stampflehm	Wellerlehm	Strohlehm	Leichtlehm	Lehm-schüttung	Lehmmörtel	Lehmsteine	Lehm-platten
	ungeformte Lehmbaustoffe						geformt	
Fußboden	X				X			
Wand, tragend	X	X				X	X	
Wand, nicht tragend	X	X	X	X		X	X	X
Decken, Dach			X	X	X		X	X
Trockenbau							X	X
Putz			X	X		X		

Quelle: Dachverband Lehm e.V., www.dachverband-lehm.de

Ausfachung

Das Verfüllen von Feldern bei Fachwerkbauten kann mit unterschiedlichen Techniken erfolgen. Die traditionelle Ausfachung ist die mit Holzstaken und Weidenruten. Als eine Art Flechtwerk ausgeführt, werden diese mit Strohlehm beworfen und aufgefüllt. Eine Reparatur dieser Gefache ist ohne Weiteres möglich und erspart oft unnötig hohe Sanierungskosten.

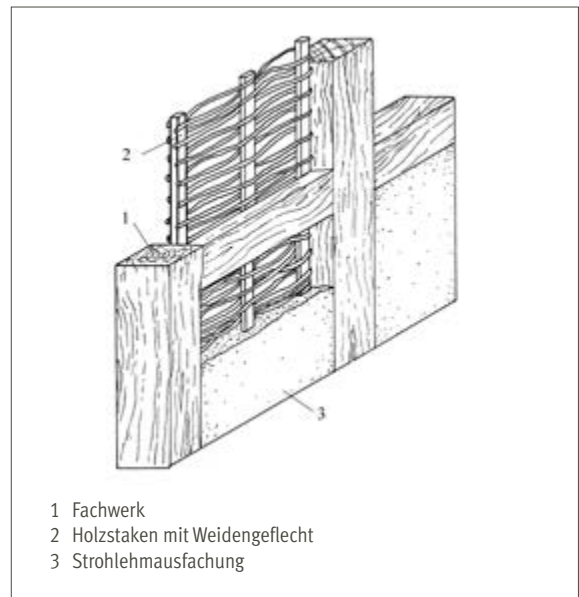
Die Neuausfachung von Fachwerkfeldern erfolgt heutzutage in der Regel mit Lehmsteinen. Sie ermöglichen ein schnelles und rationelles Arbeiten und sorgen für geringe Trocknungszeiten. Im Außenfachwerk werden hier vorzugsweise Leichtlehmsteine verwendet, die sich durch ihre Witterungsbeständigkeit auszeichnen. Für Innenwände und Holzbalkendecken bei allen Arten von Leichtbauten sind schwere Lehmsteine eine optimale Möglichkeit, den Schallschutz zu verbessern und Masse für die Wärmespeicherung einzubringen.

Lehmbauplatten

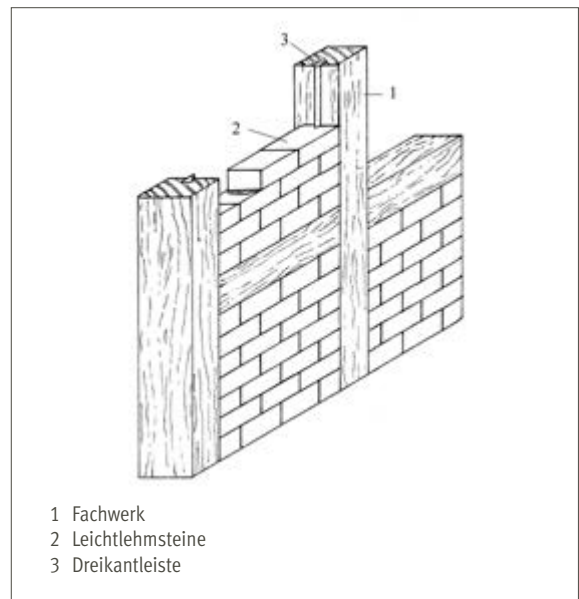
Lehmbauplatten sind eine Neuentwicklung aus Lehm und Faserstoffen. Sie eignen sich wie gängige Trockenbauplatten zur Beplankung von Ständerwerken und Lattenkonstruktionen, um damit Trennwände, Vorsatzschalen oder abgehängte Decken herzustellen. Vorteil: Hohe Schallschutzwirkung und Wärmespeicherkapazität, hohe Feuchtesorptionsfähigkeit. Nachteil: Teurer als handelsübliche Gipskartonplatten.



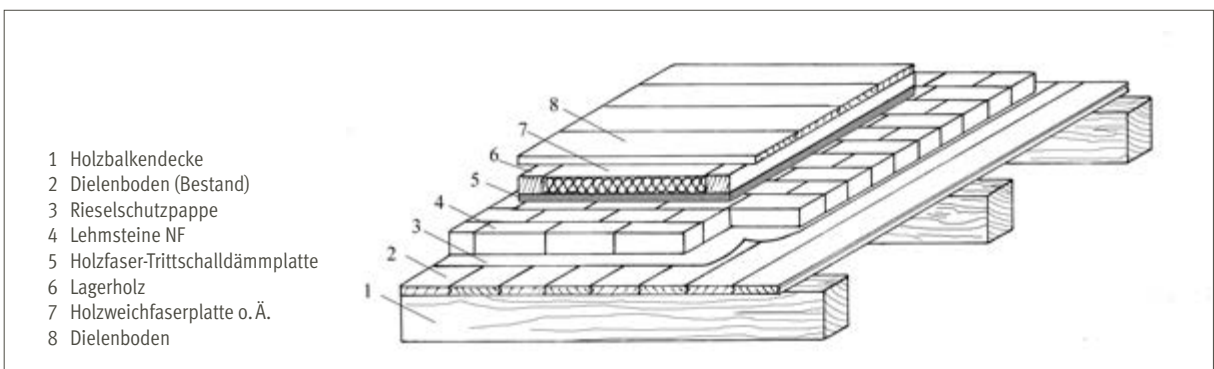
Ablängen einer Lehmbauplatte



Traditionelle Ausfachung mit Strohlehm und Geflecht



Neuausfachung mit Lehmstein-Mauerwerk



Verbesserung von Schallschutz und Wärmespeicherung an Holzbalkendecken



Lehmputz auf Mauerwerk

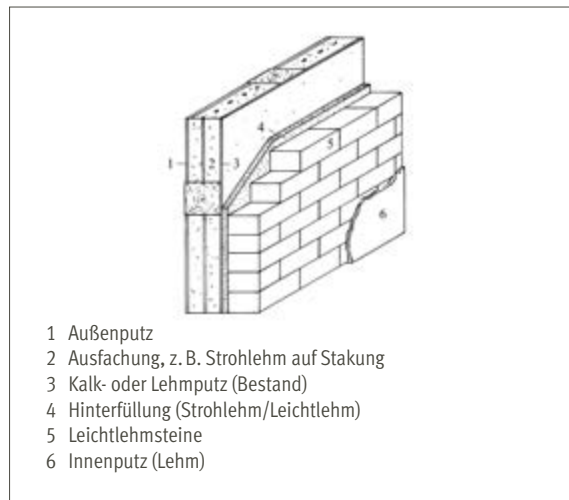
© FNR/M. Nast

Innenseitige Wanddämmung

Bei Gebäuden, die in ihrer Außenansicht unverändert bleiben sollen, wird die innenseitige Dämmung eingesetzt. Hierdurch wird nicht nur eine Verbesserung der Wärmedämmung, sondern auch der Winddichtigkeit und des Schallschutzes erreicht.

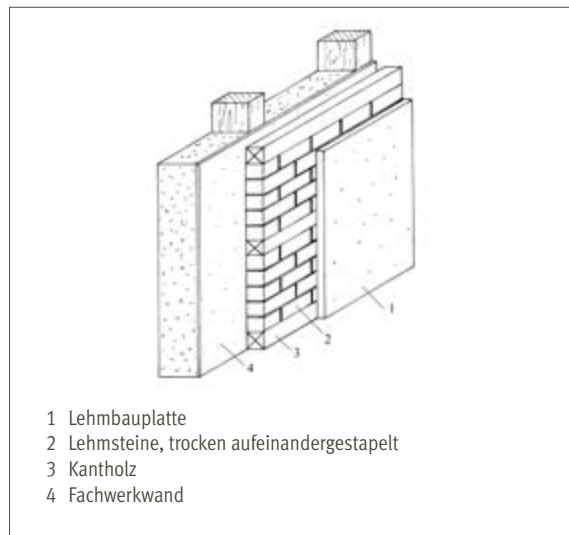
Je nach Voraussetzungen und Anforderungen gibt es die Möglichkeit, mit Dämmplatten, Leichtlehmsteinen oder Leichtlehm-mischungen zu arbeiten. Bei der Abwägung, welche Art der Innenschale gewählt wird, spielen viele Faktoren eine Rolle. Trocknungszeiten, Wandstärke, Dämmwerte, Fundamente oder Verarbeitung sind nur einige Punkte, die eine Entscheidung für die eine oder andere Technik beeinflussen.

Am stärksten konnte sich bei Innendämmsystemen, auch im Bereich Fachwerkbau, die Holzfaserdämmplatte durchsetzen. Die Holzfaserplatte ist speziell für die Innendämmung mit einer innen liegenden Funktionsschicht ausgerüstet. Diese reguliert, ähnlich wie bei der Funktionswäsche in der Sportbekleidung, den Feuchteausgleich zwischen Raumluft und Außenwand. Die Kontakt- und Ausgleichsschicht zur Wand bildet ein Lehmkleber, der Innenputz besteht ebenfalls aus Lehm. Mit dem Zusammenspiel aus Holz und Lehm lassen sich sowohl Wärmedämmung als auch Wärmespeicherung und Raumluftqualität verbessern.



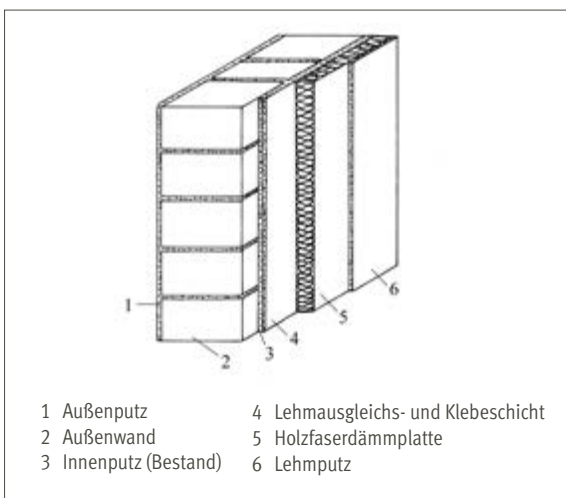
- 1 Außenputz
- 2 Ausfächung, z. B. Strohlehm auf Stakung
- 3 Kalk- oder Lehmputz (Bestand)
- 4 Hinterfüllung (Strohlehm/Leichtlehm)
- 5 Leichtlehmsteine
- 6 Innenputz (Lehm)

Gemauerte Innenschale aus Leichtlehmsteinen



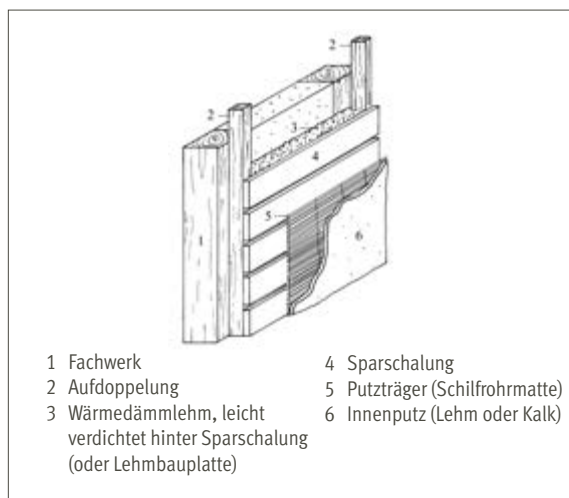
- 1 Lehmbauplatte
- 2 Lehmsteine, trocken aufeinander-gestapelt
- 3 Kantholz
- 4 Fachwerkwand

Innenschale aus trocken aufeinander-gestapelten Lehmsteinen



- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1 Außenputz | 4 Lehmausgleichs- und Klebeschicht |
| 2 Außenwand | 5 Holzfaserdämmplatte |
| 3 Innenputz (Bestand) | 6 Lehmputz |

Schichtenaufbau eines Innendämmsystems aus Holz-faser und Lehmstoffen



- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 Fachwerk | 4 Sparschalung |
| 2 Aufdoppelung | 5 Putzträger (Schilfrohrmatte) |
| 3 Wärmedämmlehm, leicht verdichtet hinter Sparschalung (oder Lehmbauplatte) | 6 Innenputz (Lehm oder Kalk) |

Innenschale mit Wärmedämmlehm



Auftrag des Grundputzes



Auftrag des Oberputzes auf Grundputz



Aufbringen des Lehmputzes mittels Putzmaschine



Reine Lehmputze bestehen lediglich aus Lehm, Sand und Wasser. Nach dem Austrocknen sorgen sie für ein gesundes Raumklima und wirken als Feuchteausgleich.

Lehmputze

In vielen Altbauten finden sich an Wänden und Decken jahrhundertalte alte Lehmputze, die in ihrer Substanz völlig unbeschädigt sind, jedoch z. B. bei Umbauarbeiten fehlerhaft geflickt und angearbeitet wurden. Diese Lehmputze lassen sich ohne großen Kostenaufwand mit einem Lehmunterputz ausbessern und anschließend mit einem flächigen Lehmoberputz versehen. Die fertigen Oberflächen werden direkt gestrichen oder mit einem weiteren Finish behandelt.

Rein mineralische Lehmputze sind für ebene Untergründe sowohl in Neu- als auch in Altbauten geeignet. Die technischen Anforderungen an Lehmputze regelt die aktuelle Ausgabe der Lehmregeln des Dachverbandes Lehm e.V. erstmals. Neben Rohdichte und Schwindmaß wird eine Druckfestigkeit der Kategorie CSII (1,5–5,0 N/mm²) gemäß DIN EN 998-1 entsprechend gefordert. Qualitätvolle Lehmputze erreichen

gut 2 N/mm². Für die Haftfestigkeit fordert das technische Merkblatt des Verbandes mindestens 0,05 N/mm². Die Abriebfestigkeit wird anhand eines speziell entwickelten Prüfverfahrens bestimmt.

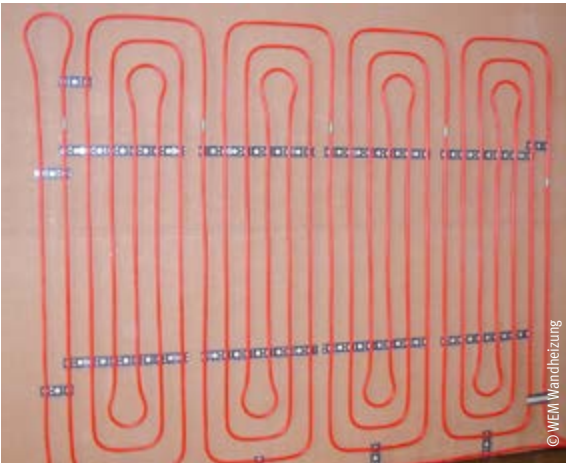
Die Werte belegen, dass Lehmputze ganz ohne Brennvorgang und ohne Zugabe chemischer Bindemittel die für ihren Verwendungszweck ausreichenden Festigkeiten aufweisen. Lehmputze werden fast immer offenporig belassen, was sich sehr positiv auf das Raumklima auswirkt. Durch den leichten Zugang von Gasmolekülen korrespondiert die innere Oberfläche des Mörtelgefüges mit der Raumluft. Dazu kommt die Aktivität der Tonminerale. Echte Lehmputze erzielen ihre optimale Wirkung für ein gesundes Raumklima – im Speziellen beim Feuchteausgleich – mit einer Putzstärke von 10–15 mm.



Wandheizung auf Schilfrohmatten



Aufspritzen des Lehm-Grundputzes auf ein frei verlegtes Rohrsystem



Rohrmontage Klimaregister



Deckenheizung und -kühlung mit in Lehm-Platten integriertem Rohrsystem (WEM-Klimaplatzen)

Lehm-Wandflächenheizung

Ein großer Vorteil von Flächenheizungen ist der hohe Strahlungswärmeanteil. Strahlungswärme ist gesünder als zirkulierende Warmluft, die vom Heizkörper aufsteigt und sich überall im Raum verteilt. Eine Flächenheizung in Kombination mit den raumklimatisch positiven Eigenschaften von Lehm schafft daher ideale Voraussetzungen für ein behagliches und gesundes Wohnklima.

Für Wandheizungen sind Fertigsysteme wie das WEM-Klimaelement-System im Handel. In diese Lehmheizplatten sind Befestigungspunkte mit Unterlegscheiben integriert, über die sie in Trockenbauweise mit der Unterkonstruktion (z. B. Ständerwerk, OSB-Platten) verschraubt werden. Im Massivbau ist das „nasse“ Einbetten von Heizrohren in Lehmputz wirtschaftlicher. Bei beiden Bauweisen ist eine ausreichend gedämmte Außenwand ratsam. Eine Innen-

dämmung hat den Vorteil, dass sich der Raum schneller aufheizt und Wärmeverluste in die Wand minimiert werden. Einfach anzuwenden sind Schilfrohr- oder Weichholzfaserdämmplatten. Auf ihnen werden die Wandheizungsrohre mithilfe von Befestigungsschienen montiert und mit Lehm-mörtel eingeputzt.

Baukalkprodukte

Reine Kalkprodukte sind eine sinnvolle Alternative zu den konventionellen, fertig abgemischten und abgepackten Putzen, Farben und Mörteln. Viele Hersteller bieten reine Kalkmörtel und -putze fertig gemischt als Sackware an, welche alle den Normen und Anforderungen der Güteüberwachung entsprechen.

Luftkalke sind das klassische Bindemittel für Mauerputze. Sie benötigen zum Abbinden das Kohlendioxid aus der Luft. Reine Luftkalkputze werden heute vorzugsweise nur noch im Bereich des Denkmalschutzes eingesetzt. Dazu braucht es viel Erfahrung in der Anwendung und genaue Kenntnisse der jeweiligen Untergrundbeschaffenheit. Mörtel mit reinem Kalk als Bindemittel sind zäh-elastisch und deshalb weniger anfällig für Risse. Sie ermöglichen eine gute Dampfdiffusion. Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk und Niederschlag wird durch die hohe Kapillarität leicht an die Oberfläche transportiert und abgedampft. Kalkputz zieht aber auch Wasser und ist deshalb für erdberührte Bereiche ungeeignet.

Als Sumpfkalk wird Kalk bezeichnet, der als Branntkalk zunächst mit Wasser gelöscht wird, bevor er für Bauzwecke einsatzfähig ist. In früheren Zeiten hatte jeder Bauer seine eigene Kalkgrube. Dort konnte der Sumpfkalk über Jahre reifen und so der überlieferten Lehrmeinung nach qualitativ immer besser werden. Mit Kalk wurde gemauert und verputzt, aber auch gestrichen; beispielsweise wurden Ställe regelmäßig mit Kalkschlämme desinfiziert.



Mit Wasser angemischt ergibt Sumpfkalk eine ökologisch und baubiologisch einwandfreie Wandfarbe.

Haltbarkeit von Sumpfkalk:

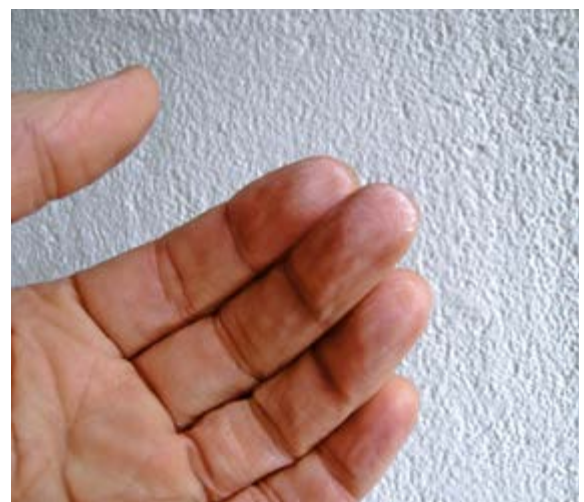
- Solange der Kalk von einer Wasserschicht überzogen ist und nicht einfriert, ist er unbegrenzt haltbar.
- Mauermörtel sollte mindestens 12 Stunden einsumpfen.
- Putzmörtel sollte zwischen 48 Stunden und 3 Jahren alt sein, je nach Anwendung.
- Luftkalk für Malerarbeiten soll min. 9 Monate alt sein.

Hydraulische Kalke entstehen durch Mischen von Calciumhydroxid und geeigneten Stoffen wie Calciumsilikat und Calciumaluminaten. Zur Erhärtung ist keine Luftzufuhr notwendig. Stattdessen ermöglichen hydraulische Stoffe, sogenannte Hydraulefaktoren wie Silikate, Aluminate und Eisenoxide, die Erhärtung selbst unter Wasser. Je hydraulischer ein Kalk wird, desto größer wird seine Widerstandskraft gegenüber aggressiven Wässern. Während seine Festigkeit, seine Schwindneigung und seine Dichte zunehmen, nehmen dagegen die Fähigkeit des kapillaren Wassertransportes, die Diffusionsfähigkeit, die Elastizität usw. ab.

Hergestellt wird Baukalk durch Brennen von Kalkstein, Dolomitstein oder Kalksteinmergel. Je nach Art des Abbindeprozesses unterscheidet man Luftkalke und hydraulisch erhärtende Kalke.

Luftkalke sind gelöschte Kalke, welche an der Luft durch Aufnahme von Kohlendioxid (Carbonatbildung), aber nicht unter Wasser erhärten. Diese als Sumpfkalke bezeichneten Kalke sind in Wasser beliebig lange lagerfähig. Luftkalke haben eine geringere Festigkeit als hydraulische Kalke, sind aber stattdessen elastischer und geschmeidiger als diese.

Hydraulisch erhärtende Kalke (aus Kalkmergel) erhärten je nach Gehalt an hydraulischen Bestandteilen oder -zusätzen nach gewisser Lagerungs- bzw. Abbindezeit auch unter Wasser (z. B. seitlich in einen Erklärkasten packen).



Kalkfarbe ist weniger abriebfest als handelsübliche Dispersionsfarbe. Ein Schuss Leinölfirnis verbessert die Festigkeit.



Kalk als Anstrichmittel wirkt geruchsbindend und trägt zur Verbesserung der Raumluft bei. Die ehemalige Lagerhalle stand jahrelang leer. Durch den Anstrich mit reiner Kalkfarbe ließ sich der muffige Geruch dauerhaft beseitigen.



Freskomalerei aus dem 7. Jahrhundert: Pigmentierte Kalkfarben, auf frischen Kalkputz aufgetragen, überdauern Jahrhunderte auch ohne Kunststoff-Vergütung.

Wandanstrich mit Sumpfkalk

Aus Sumpfkalk lässt sich u. a. ein unschlagbar preiswertes und baubiologisch einwandfreies Anstrichmittel herstellen. Um Sumpfkalk zu erhalten, muss nicht erst Weißfeinkalk (Sackware) gelöscht werden. Das wäre umständlich und kommt nur dann infrage, wenn hochwertige Wandfarbe für Anstrichtechniken auf gekalkten Fassaden oder für z. B. Wandfresken hergestellt werden soll. Fertigen Sumpfkalk gibt es in jedem besseren Baumarkt als Kübelware zum Preis von max. 10 Euro pro 10-Liter-Eimer. Damit lassen sich locker 100 m² Wand streichen.

Ob man dem Kalk Zusatzmittel wie Molke oder Quark beimischen soll, ist für den normalen Hausgebrauch eher kein Thema, solange Kalk als Innenanstrich eingesetzt wird. Für Außenanstriche müssen der Kalkmilch dagegen zur Wetterbeständigkeit Hydrophobierungsmittel zugesetzt werden. Geeignete Rezepturen richten sich u. a. nach der Beschaffenheit des Untergrundes und der örtlichen Situation. Reine Kalkfarbe ohne Zusatzmittel hat im Außenbereich nichts verloren. Sie saugt bei Beregnung Wasser an, wird unschön fleckig und fördert die Durchfeuchtung der Wand.

Um den Sumpfkalkteig für unsere Zwecke, den Innenanstrich, gebrauchsfertig herzurichten, muss er mit Wasser angerührt werden, am besten mithilfe eines Elektro-Quirls. Das Mischverhältnis ist eher Gefühlssache, zu viel Wasser ergibt schlechte Deckfähigkeit, zu wenig Wasser führt zu Rissen. Grobe Faustregel: Grundierung im Mischverhältnis Sumpfkalk zu Wasser etwa 1 : 6 bis 1 : 7.

Anstrichtechnik: In verschiedenen Foren liest man immer wieder von Gerätschaften wie Bürste oder Pinsel, die für

den Auftrag eines Kalkanstrichs nötig seien. Das mag auf Außenanstriche oder spezielle Freskotechniken zutreffen. Für den normalen Hausgebrauch, also im Innenbereich, genügt die Rolle. Statt die Rolle in die Kalkmilch einzutauchen, streift man sie leicht ab und rollt zunächst die Wand hoch, sodass die Tünche vor der Rolle hergeschoben wird. Dann kurz die Farbe kreuzweise verteilen und wieder Kalkmilch aufnehmen. An Decken mit weniger Farbe arbeiten, um Spritzer zu vermeiden.

Als Untergründe eignen sich Wandputze aus Lehm, Kalk oder Zement, auch alte Dispersionsfarbenanstriche. Ungeeignet sind nicht stark saugende Untergründe wie z. B. Gipsputz oder Gipskartonplatten. Hier sollte vorgrundiert werden.

Die nächste Schicht, die bei guter Deckkraft des Erstanstriches bereits den Schlussanstrich bildet, wird im Verhältnis 1 : 5 aufgetragen. Wie stark die Farbe deckt, lässt sich nur nach ausreichend Trocknungszeit feststellen. Den Zweitanstrich sollte man also erst aufbringen, wenn der Erstanstrich (Grundierung) angetrocknet ist. Dem Schlussanstrich wird Leinölfirnis (ebenfalls im Baumarkt erhältlich) zugesetzt, pro Liter Farbe ein Schuss (Schnapsglas) Leinölfirnis gut in die Farbe einrühren. Leinölfirnis erhöht die Abriebfestigkeit und Wasserbeständigkeit des Anstrichs. Sobald sich im Farbkübel Leinölfirnis (gelbe Flecken) auf der Oberfläche zeigt, muss die Farbe zwischendurch wieder gründlich angerührt werden.

In engen Räumlichkeiten, wo man häufiger in Wandkontakt kommt, ist Kalk nicht die richtige Wandfarbe. Nachteilig ist auch: Hat man sich einmal für das Kalken entschieden, müssen Renovierungen ebenfalls wieder mit Kalkfarbe ausgeführt werden.

10 BAUEN MIT HOLZ

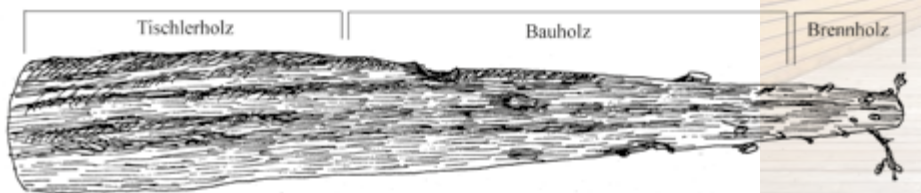
Holzanbau und Holzgewinnung funktionieren in Deutschland bereits seit Jahrhunderten nach Regeln der Nachhaltigkeit, d. h., es wird dem Wald nur so viel Holz entnommen, wie auch nachwächst. Schon von seiner Herkunft ist Holz also prädestiniert als Baustoff für nachhaltiges Bauen. Eine Vielzahl weiterer Gründe spricht dafür, bei der ökologisch orientierten Altbausanierung Holz stets in die Baustoffauswahl mit einzuplanen:

- Holz kann aus heimischen Wäldern bezogen werden und lässt sich als Baustoff mit einem vergleichsweise niedrigen Energieaufwand herstellen.
- Ausgeglichene CO₂-Bilanz: Der Baustoff Holz speichert Kohlendioxid, das er als Pflanze aufgenommen hat, über viele Jahrzehnte im Bauwerk. Zum Ende seiner Lebensphase kann Holz als Brennstoff genutzt werden, Holz liefert damit mehr Energie, als es für die Herstellung benötigt. Bei der Verbrennung wird nur so viel CO₂ frei, wie die Pflanze in der Wachstumsphase aufgenommen hat.
- Die Tragfähigkeit von Holz ist hoch. Die Druckfestigkeit entspricht der von Stahlbeton. Die Biegefestigkeit ist in Relation zum Eigengewicht zehnmal höher als die von Stahl. Holz kann damit energieaufwendig hergestellte Baustoffe ersetzen.
- Offenporige Oberflächenbehandlung vorausgesetzt, kann Holz in beträchtlichem Maß Luftfeuchtigkeit speichern und bei Trockenheit wieder abgeben. Dadurch erzeugt es ein ausgeglichenes, physiologisch angenehmes Raumklima.
- Holz ist mehrfach verwendbar. Altes Bauholz ist bestens abgelagert und eignet sich gut für Ausbesserungsarbeiten.
- Holz ist leicht zu bearbeiten und damit ist selbstbaueigenet.

Materialvielfalt

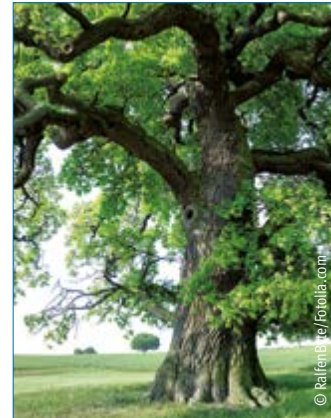
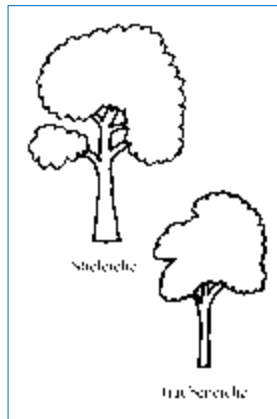
Holz ist ein natürlich gewachsenes Material von großem Sortenreichtum. Entsprechend vielfältig sind Haltbarkeit, Belastbarkeit und die Möglichkeiten zur Bearbeitung. Bei der Sanierung bestehender Holzbauten sollte als Ersatz defekter Hölzer und zur Ergänzung zu schwacher Bauteile nur Holz derselben Holzart Verwendung finden. Unterschiedliche Holzarten zeigen ihr jeweiliges materialtypisches Schwind- und Quellverhalten. Beim Zusammenfügen von Holzarten unterschiedlicher Belastbarkeit kann es deshalb zu unkontrollierten Kräfteverschiebungen am Bauwerk kommen.

Noch bis vor 70 Jahren wurden für Holzbauten ausschließlich einheimische Hölzer verwendet.



EICHE

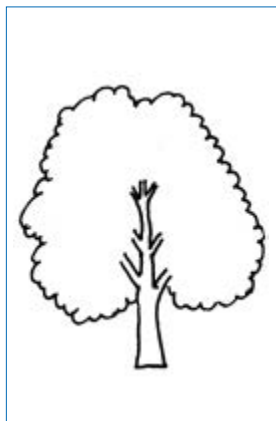
Eichenholz ist ein kurzfasriges, sehr hartes und schweres Holz. In frischem Zustand kann es mit normalem Werkzeug abgebunden werden, nach längerer Lagerung wird es außerordentlich fest und ist schwer zu bearbeiten. Es ist sowohl für Durchbiegung als auch in der Knickebene bei Stützen und Ständern hochbelastbar. Der starke Gerbsäuregehalt zusammen mit der Härte macht Eichenholz in trockenem Zustand sehr widerstandsfähig gegen Schädlinge. Eisenmetalle sind vor Korrosion durch Gerbsäure zu schützen. Unter dem Angriff dauernder Nässe ist auch Eichenholz der Verrottung preisgegeben.



Art	Stieleiche (<i>Quercus robur</i>) Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>)
Raumgewicht	waldfrisch: 1,00 kg/m ³ lufttrocken: 0,69 kg/m ³
Eigenschaften	Hartes, auch im Freien und im Wasser gelagert, dauerhaftes und widerstandsfähiges Holz (nur das Kernholz). Leicht bearbeitbar, mit geeigneten Methoden imprägnierbar. Der Splint kann selten mitverwendet werden.
Struktur	Splintholz gelblich weiß, Kernholz gelbbraun, oft graubraun. Jahresringe gut erkennbar. Textur je nach Wuchsstandort unterschiedlich ausgeprägt. Holz ring- und grobporig, matt glänzend.
Verwendung	Bau- und Konstruktionsholz, sowohl innen wie außen, im Hoch- und Tiefbau, Wasserbau, Brückenbau, Möbel, Furniere, Stützpfosten, Parkett, Schindeln.

BUCHE

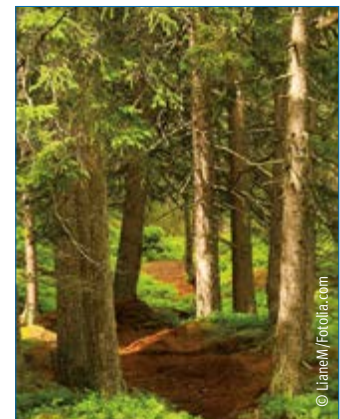
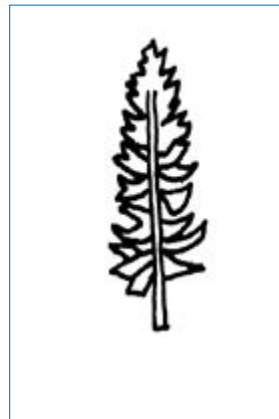
Buchenholz ist zwar hart, aber wenig widerstandsfähig gegen Bruch, es schwindet stark und ist damit auch starken Verwindungen ausgesetzt. Als Konstruktionsholz ist es deshalb ungeeignet. Durch seine hohe Abriebfestigkeit wird Buchenholz als Parkett und für Treppenstufen geschätzt.



Art	Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>)
Raumgewicht	waldfrisch: 1,00 kg/m ³ lufttrocken: 0,72 kg/m ³
Eigenschaften	Hartes, gut biegbares und je nach Wuchsbedingungen gut bearbeitbares Holz. Die schlechte Dauerhaftigkeit im Freien kann durch leicht mögliche Imprägnierung verbessert werden.
Struktur	Splint und Kern meist gleichfarbig hellgrau und nicht zu unterscheiden. Jahresringe sichtbar. Oft rotbrauner falscher Kern.
Verwendung	Faser- und Papierholz, Furniere, Sperrholz, Möbel, Parkett, Treppen.

FICHTE

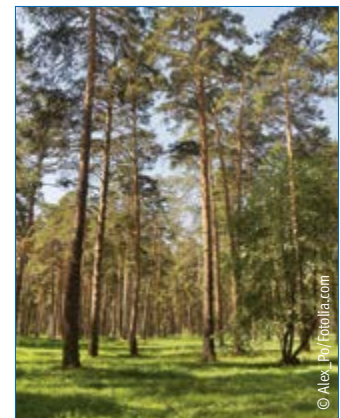
Fichtenholz ist mittelschwer und weich. Es zeigt im Verhältnis zum relativ geringen Gewicht günstige Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften, worauf sich die hervorragende Eignung als Bau- und Konstruktionsholz gründet. Zudem schwindet es nur wenig und zeigt nach der Trocknung ein überwiegend gutes Stehvermögen. In jeder Hinsicht problemlos zu verarbeiten. Anteilsmäßig stellt die Fichte in deutschen Wäldern knapp ein Drittel des Bestandes. Wegen der Vielseitigkeit, der guten Verarbeitbarkeit und nicht zuletzt wegen des vergleichsweise günstigen Preises ist Fichte das am häufigsten verwendete Bauholz. Das Verwendungsspektrum reicht von Konstruktionsholz über Bodenbeläge und Wandverkleidungen bis zu Holzwerkstoffplatten und Dämmstoffen.



Art	Rotfichte (<i>Picea abies</i>) Rottanne
Raumgewicht	waldfrisch: 0,84 kg/m ³ lufttrocken: 0,47 kg/m ³
Eigenschaften	Sehr weiche, leichte, aber tragfeste und gut bearbeitbare Holzart, schwer zu imprägnieren, ungeschützt im Freien nicht dauerhaft.
Struktur	Splint und Kern nicht zu unterscheiden, Jahresringe leicht erkennbar, Frühholz hellgelblich, Spätholz rötlich gelb, Übergang von Früh- zu Spätholz allmählich, Harzkanäle, Holz mit Seidenglanz.
Verwendung	Innenkonstruktionen, Brettschichtholz, Decken, Wände, Möbel, Zaunpfähle, Papier- und Zellulose-Rohstoff, Sperrholz, Fassaden, Schindeln. Der Witterung ausgesetztes Fichtenholz ist zu schützen.

KIEFER

Kiefernholz ist mittelschwer, mäßig hart und harzhaltig. Es weist gute Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften auf, schwindet nur wenig und zeigt gutes Stehvermögen. Im Außenbereich, z.B. bei Einsatz als Rahmenmaterial für Fenster, neigt Kiefernholz zur Verbläuerung und muss deshalb entsprechend chemisch vorbehandelt werden. Wegen seiner lebhaften Maserung beliebt ist Kiefernholz vor allem als Dielenboden und als Wandbekleidung im Innenraum.



Art	Kiefer (<i>Pinus silvestris</i>)
Raumgewicht	waldfrisch: 0,85 kg/m ³ lufttrocken: 0,52 kg/m ³
Eigenschaften	Föhrenholz lässt sich leicht und rasch trocknen. Weiche und gut bearbeitbare, verleimte Holzart, leicht zu imprägnieren. Im Freien ungeschützt nicht dauerhaft (anfällig für Pilze).
Struktur	Splint hellgelblich weiß, Kern rötlich, Jahresringe gut erkennbar, scharfer Übergang vom hellen Frühholz zum dunkleren Spätholz, viele Harzkanäle, Holztextur (Zeichnung) je nach Wuchsort verschieden intensiv, Holz matt glänzend mit leichtem Balsamgeruch.
Verwendung	Konstruktionsholz innen und außen (imprägniert), Möbel (massiv oder furniert), Böden, Vertäfelungen, Fensterrahmen, Kisten, Pfähle, Holzwohle, Rohstoff für Spanplatten.

LÄRCH

Schwerstes und zugleich (nach der Eibe) härtestes einheimisches Nadelholz. Das Holz ist harzhaltig, hat gute Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften und schwindet nur mäßig. Lärchenholz wird vor allem als Fassadenverkleidung geschätzt. In Deutschland und Europa sind die Lärchenholzbestände begrenzt, was sich u. a. gegenüber Fichte in einem höherem Holzpreis ausdrückt.



Art	Europäische Lärche (<i>Larix decidua</i>) Japanische Lärche
Raumgewicht	waldfrisch: 0,80 kg/m ³ lufttrocken: 0,59 kg/m ³
Eigenschaften	Weiche Holzart, leicht bearbeitbar, dauerhaft, Splint mäßig, Kern schlecht imprägnierbar.
Struktur	Splint gelblich, Kern hellrötlich braun, Jahresringe deutlich erkennbar, Spätholz markant braun, Harzkanäle im Holz, prägnante Textur, matt glänzend.
Verwendung	Konstruktionen und Verkleidungen innen und außen, Wasserbau, Fassaden, Möbel, Fensterrahmen, Furniere, Schindeln.

Holzbeschaffenheit

Langsam gewachsenes, feinjähriges Holz, also solches mit engen Jahresringen, ist fester und widerstandsfähiger als Holz mit groben, weiten Jahresringen. Auch der Stammausschnitt (Kernholz, Halbholz, Viertelholz) sowie der Anteil des Splintholzes sind für Haltbarkeit und statische Festigkeit eines Holzbalkens oder eines Brettes wichtig. Splintholz ist weich und hat einen hohen Wasseranteil. Der zulässige Splintholzanteil ist für Bauholz in Güteklassen eingeteilt.

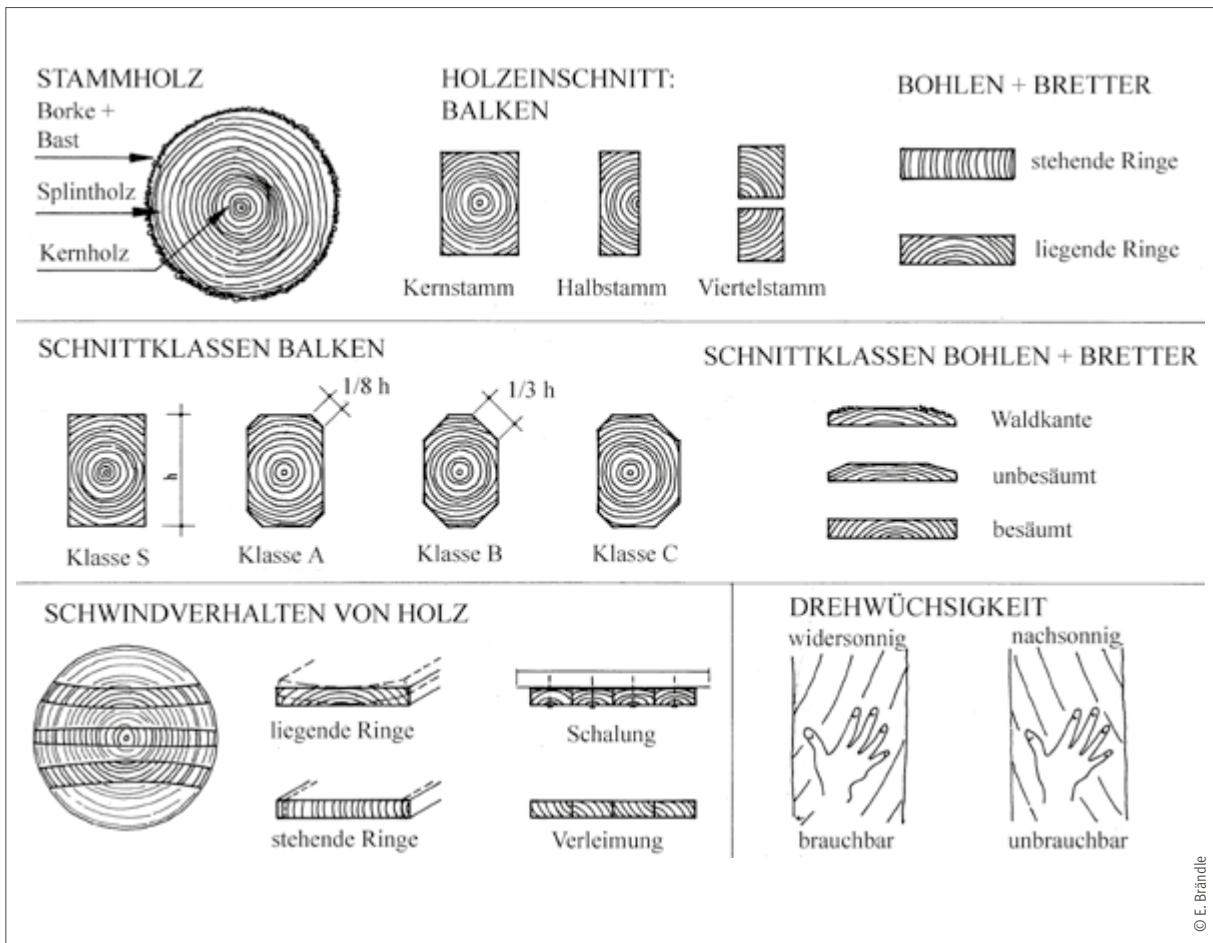


Gesunder Stammausschnitt

Kernholz ist fest und schwindet gleichmäßig. Risse gehen nicht durch den ganzen Querschnitt. Halb- und Viertelstämmen (Halbholz, Viertelholz) schwinden ungleichmäßiger, Risse können den ganzen Balkenquerschnitt durchdringen. Als Innenwände fanden sie im Blockbau, im Fachwerk- und Ständerbohlenbau in untergeordneten oder kostengünstig errichteten Bauten trotzdem Verwendung. Bretter und Bohlen mit stehenden Jahresringen haben eine höhere Biegefestigkeit als solche mit liegenden Ringen. Sie neigen weniger zu Verwindungen.

Holz quillt und schwindet quer zur Faserrichtung bei Temperatur- und Feuchtigkeitseinwirkung. Dies muss konstruktiv berücksichtigt werden. Das Schwindverhalten von Holz hängt von seiner Zellstruktur, seinem Wachstum und seinem Wassergehalt ab. Schnell gewachsenes Holz mit weiten Jahresringen enthält mehr Wasser und ist deshalb beim Austrocknen einem größeren Schwindungsprozess ausgesetzt. Holz mit engen Jahresringen enthält weniger Feuchtigkeit und schwindet deshalb geringer. Schwindvorgänge können sich über lange Zeit hinziehen. In beheizten Innenräumen wechseln sich Schwinden und Quellen jahreszeitlich bedingt ab. Im Winter schwindet das Holz bei trockener Raumluft, im Sommer quillt es mit zunehmender Raumluftfeuchte.

Schwinden und Quellen, das sogenannte Arbeiten, bedeutet beim Holz immer auch eine Formveränderung. Zapfen und Holzverbindungen werden dünner und damit locker. Kernholzstämmen schwinden in den Randzonen, die in das Splintholz reichen, stärker als im Kern. Bretter und Bohlen mit vorwiegend liegenden Jahresringen schwinden an der Außenseite (linke Seite) stärker als an der Kernseite (rechte Seite). Sie wölben sich entgegen den Jahresringen. Verwindungen infolge von Schwinden oder Drehwuchs führen nicht nur zu Formänderungen, sondern können auch zur Lockerung und zum Ausreißen von Holzverbindungen führen. Beim Betreten von verwundenen Fußbodenbrettern erzeugen gelockerte Holzverbindungen die bekannten Knarzgeräusche.

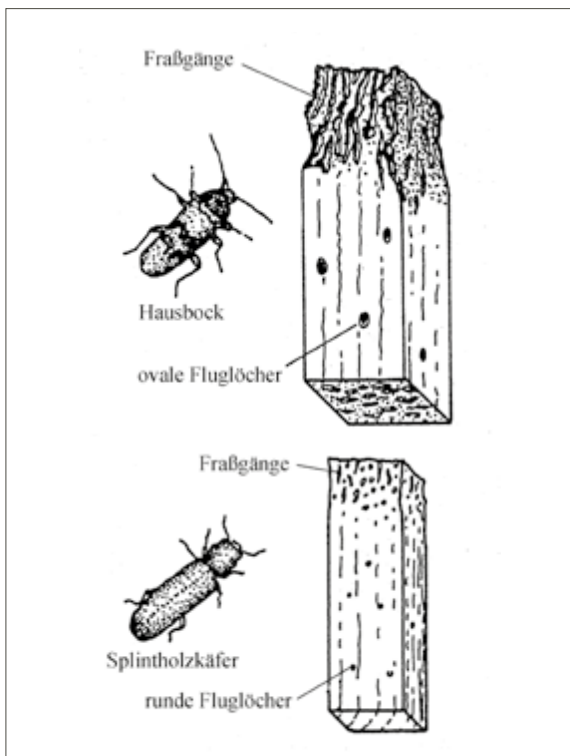


Vielfältige Arten der Holzverwendung

Holzschäden

Schäden am Bauholz entstehen in erster Linie durch unsachgemäßen Einbau, ständigen Feuchtigkeitsanfall und mangelnde Durchlüftung. Dauerfeuchte des Holzes führt nicht nur zu Fäulniserscheinungen, sondern bietet auch idealen Nährboden für Pilz- und Insektenbefall. Angemorschte bis verrottete Holzbauteile machen den Hauptanteil der Schä-

den an Holzbauten aus. Dabei verliert das Holz von der Oberfläche her seine Festigkeit, es wird bräunlich und ist in Spänen oder mullartigen Brocken abzulösen. Ursache ist ein Befall mit pflanzlichen Schädlingen oder mit Fäulnispilzen im Holz. Tierische Schädlinge (Hausbock, Splintholzkäfer) zerstören das Holz zunächst unter der Oberfläche mit ausgedehnten Fraßgängen. Beim Abklopfen des Holzes sind derartige Hohlräume am dumpfen Klang festzustellen.



Holzschäden durch Schädlinge

Fäulnispilze breiten sich meist schneller aus, und die Zerstörung ist eher sichtbar. Tierische Schädlinge greifen im Allgemeinen weniger schnell um sich. Weil der Schaden aber unter der Holzoberfläche bleibt, wird der Befall erst erkannt, wenn er schon größere Ausmaße erreicht hat. Konstruktionshölzer, die von Schädlingen befallen sind, büßen mindestens einen Teil ihrer Tragfähigkeit ein. Dadurch kommt es zur Durchbiegung der Balken, in extremen Fällen zum Bruch.

Ursache des Schädlingsbefalls, der zur Vermorschung führt, ist immer Feuchtigkeit, die nicht schnell genug abtrocknen kann. Aufsteigende Erdfeuchte aus Fundamenten, Erdaufschüttungen oder Erdberührung des Holzes in Hanglagen sind Gefahrenpunkte. Auch Feuchtigkeit von schadhafte Dächern und Dachrinnen oder von unsachgemäßen Zu- und Ableitungen führen zur Vermorschung des Holzes. An Stellen, wo Wasser stehen bleibt, wird sich auf Dauer Fäulnis ausbrei-

ten, so z.B. bei Balkonen oder auskragenden Balkenköpfen sowie in Fugen und Rissen an Türen und Fenstern.

In Räumen mit hoher Dampfwirkung (Feuchträume), unter dichten Putzschichten auf Holz oder außenseitigen Vormauerungen, hinter luftdichten Verkleidungen wie kunststoffbeschichteten Platten oder Dachpappe, unter dichten Farbanstrichen, Fußbodenbelägen aus PVC und Gummi bildet sich Schwitzwasser, das nicht mehr abtrocknen kann. Gefährdet durch Kondenswasser sind auch Balkenköpfe, die in stark wärmeleitenden Außenwänden aus Mauerwerk oder Beton einbinden. Mit zunehmender Vermorschung der Balkenköpfe reduziert sich die Tragfähigkeit der Balken.

Holzschutzmaßnahmen

Wenn durch Pilzbildung oder Insektenfraß bereits Schäden am Holz vorliegen, muss nicht mehr tragfähiges Holz durch Bohlen verstärkt oder gegen gesundes Holz ausgetauscht werden. Um weitere Schädigungen auszuschließen, müssen vor Einbau neuer Hölzer bereits alle Schadensherde und -quellen bereinigt sein.

Für geschädigte, aber noch tragfähige Hölzer ist bekämpfender Holzschutz die Regel. Holzschutzmittel enthalten giftige Wirkstoffe. Dennoch gibt es giftige und weniger giftige Mittel. Die Entscheidung, wann ein Holzschutzmittel und welche Wirkstoffe einzusetzen sind, sollte man, allein schon aus Gründen der Gewährleistung, Fachleuten überlassen. Das gilt auch für das Einbringen von Holzschutzmitteln (Desinfektionsbetrieb oder qualifizierte Zimmerei).

Bei Bauteilen, die mit der Innenraumluft in Verbindung stehen, sollte aus gesundheitlichen Gründen auf chemischen Holzschutz verzichtet werden. Liegt der Verdacht vor, dass Hölzer in früheren Zeiten mit Holzschutzmitteln behandelt wurden und nun die Raumluft belasten, kann man sich mit einer Materialprobe an die Interessengemeinschaft für Holzschutzmittelgeschädigte wenden (www.ihg-ev.de).

Heißluftverfahren

Ein wirksames, aber ungiftiges Verfahren zur Schädlingsbekämpfung vor allem in Dachstühlen ist das Heißluftverfahren. Es nutzt die Empfindlichkeit aller Holzschädlinge gegen hohe Temperaturen und Trockenheit. Mit speziellen Luftheizgeräten werden die gefährdeten Räume aufgeheizt. Der Heizprozess muss so lange anhalten, bis die Temperatur auch in den Holzkernen 60°C erreicht hat. Ein mit Heißluft behandeltes Holz entzieht den Schädlingen auch durch Austrocknen die Lebensgrundlage. Das Verfahren wird von qualifizierten Lizenzfirmen bereits seit Jahren erfolgreich durchgeführt. Es hat keine schädlichen Nachwirkungen, weder für Menschen noch für Bienen, Fledermäuse oder Vögel.

Konstruktiver Holzschutz

Vorbeugen ist besser als heilen. Wer beim Bauen mit Holz einige einfache Regeln beachtet, beugt Holzschäden vor und sichert auf lange Zeit die Wertigkeit des Holzes. Holzbawerke können Jahrhunderte überdauern, viele Zeugnisse alter Holzbaukunst befinden sich heute noch in tadellosem Zustand. Damit Sonne, Regen, Wind und Temperaturschwankungen der Holzkonstruktion nichts anhaben, sind die Wahl der richtigen Holzart sowie ein ausreichender Schutz vor dauerhafter Durchfeuchtung wesentliche Voraussetzungen.

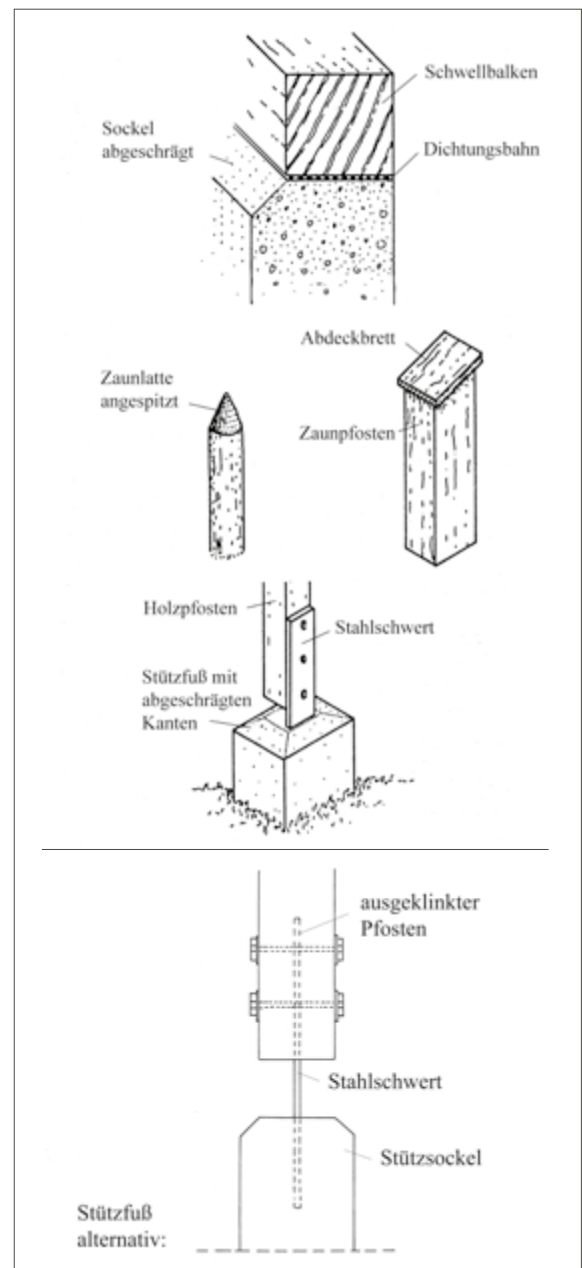
Konstruktiver Holzschutz beginnt mit der richtigen Konzeption des Gebäudes und des Holzeinsatzes. Die wichtigste Maßnahme besteht darin, stehendes Wasser in Holzbauteilen zu verhindern. Holz, das einmal nass geworden ist, soll rasch wieder austrocknen können. Holzbauteile, die häufiger nass werden, sollen in Holzarten ausgeführt werden, die gegen Witterungseinflüsse resistenter sind. Besonders wichtige Bauteile, beispielsweise des Tragwerkes, können mit schützenden und notfalls auswechselbaren Holzelementen abgedeckt werden.

Zu den konstruktiven Holzschutzmaßnahmen zählen:

- Geeignete, gut gelagerte Hölzer mit geringer Holzfeuchte (< 18 %) wählen. Hölzer mit einer höheren Feuchte bis zu 30 % sollten nur dort eingebaut werden, wo mit baldiger Austrocknung zu rechnen ist (etwa beim Dachstuhl).
- Niederschlagswasser rasch ableiten – am besten in Faserrichtung des Holzes.
- Freiliegende Hirnholzflächen wegen ihrer Wasseraufnahmefähigkeit mit Abdeckungen aus Metall schützen.
- Bei in Außenwänden eingebauten Holzteilen durch Hinterlüftung und den Einbau von Wärmedämmung der Gefahr von Tauwasserbildung entgegenwirken.
- Staunässe auf horizontalen Holzflächen durch Überdachung oder Schrägstellung vermeiden.
- Holzteile, die an Bauteile mit kapillarer Wasseraufnahme grenzen, mit Sperrschicht entkoppeln.
- Während der Bauzeit Holzbauteile durch geeignete provisorische Abdeckmaßnahmen schützen.
- Holzverkleidungen außen und in Nassräumen hinterlüften.
- Holzverkleidungen außen mindestens 30 cm über Bodenkante, d.h. außerhalb des Spritzwasserbereichs ansetzen.
- Die untere Kante senkrechter Holzverkleidungen als Tropfkante ausbilden.
- Holzstützen im Gelände auf Stützfüße stellen.
- Maßhaltige Bauteile wie Türen und Fenster außen mit einem wasserabweisenden Anstrich schützen.



Ein ausladendes Dach schützt das Holz vor Witterung.

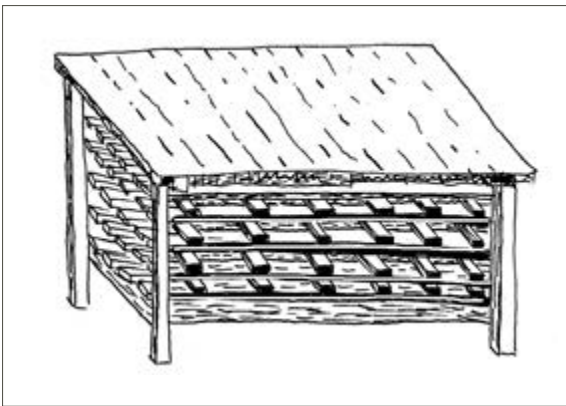


Konstruktive Holzschutzmaßnahmen

Holzeinschlag

Vorbeugender Holzschutz beginnt schon im Wald. Wer die Möglichkeit hat, Holz aus heimischen Wäldern zu beziehen, kann bereits im Vorfeld viel zur Qualitätserhaltung des Holzes beitragen. Bauholz sollte stets im Spätherbst oder Winter geschlagen werden. Dazu sollten nur wirklich reife Bäume mit möglichst engringigem Holz ausgewählt werden. Das Holz muss lange genug luftig und ohne Rinde gelagert werden. All diese Faktoren haben Einfluss auf die Härte, auf den Gehalt an Eiweiß und Vitamin B des Holzes und damit auf die mehr oder weniger günstigen Lebensbedingungen für Schädlinge.

Strittig ist, ob die alte Regel, Holz im Winter nur zu bestimmten Mondphasen zu schlagen, zu besserer Holzqualität führt. Zumindest konnten Forscher der Eidgenössischen Materialprüfanstalt in Zürich bis heute keinen schlüssigen Beweis für einen Zusammenhang zwischen Mondphasen und Holzqualität finden.



Bretter und Bohlen für Bauholz wurden früher mindestens zwei Jahre trocken und luftig gelagert. Heute wird Bauholz industriell in Trockenkammern getrocknet.



Nur wertvolle Hölzer für besondere Verwendungszwecke werden auch heute noch über einen längeren Zeitraum luftgetrocknet.



Holzsortierung

Schon beim Einkauf sollte man sich Holz sehr genau ansehen, damit es beim Verarbeiten hinterher keine bösen Überraschungen gibt. Ein häufig anzutreffender Mangel sind verdrehte oder verkrümmte Schnitthölzer. Wer schon einmal in Folie eingeschweißte Bretter oder Latten ausgepackt hat, dem ist vielleicht das eine oder andere unter Spannung stehende Holzteil förmlich entgegengesprungen. In den Regalen der Baumärkte lagern solche von aufmerksamen Kunden aussortierten Stücke oft Ewigkeiten, bis sich dann doch noch ein Vorbeieilender erbarmt.

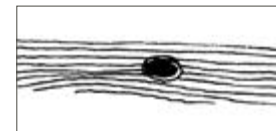
Beim Holzhändler wird Nadel-schnittholz (Kantholz, Bohlen, Latten) nach A- und B-Klasse sortiert. Holzware der A-Sortierung ist weitgehend frei von größeren Rissen, Durchfallästen, Dreh- oder Krümmwuchs. Auch Rothärte ist weitgehend ausgeschlossen. Rothärte ist zwar hart und widerstandsfähig, nur widersteht es auch jedem Versuch, einen Nagel einzuschlagen. Stark von Rothärte betroffenes Holz erkennt man u. a. an seinem höheren Gewicht. Äste stören besonders, wenn sie gehäuft auf engem Raum auftreten. Dann setzen sie die Tragfähigkeit und Biegefähigkeit des Holzes herab. Durchfalläste müssen entfernt und ergänzt werden.



Drehwüchsiger Baumstamm



Umwallter, gut ins Stammholz eingewachsener Ast



„Durchfallast“

11 HOLZFASSADEN

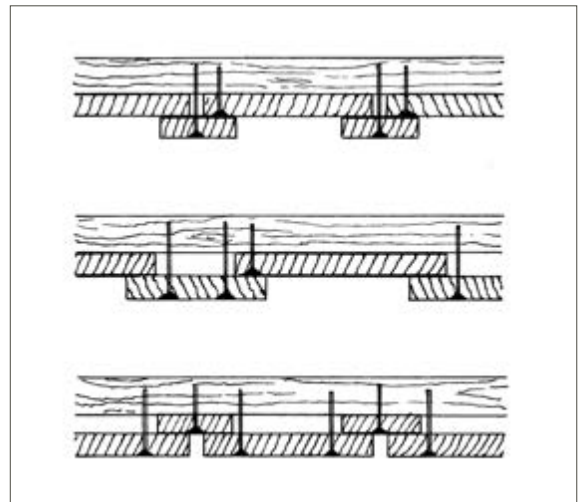
Die Bekleidung von Fassaden mit einer Holzverschalung hat eine lange Tradition. Eigenschaften wie Langlebigkeit, geringer Wartungsaufwand und zuverlässiger Schutz der Außenwände vor Witterungseinflüssen werden heute wie früher geschätzt. Mit der Vielfalt von neuen Holzprodukten haben sich die gestalterischen Möglichkeiten stark erweitert. Auch die moderne Architektur hat sich der Holzfassade angenommen, vorwiegend in Form von Lamellenbekleidungen. Hier dient die Holzverkleidung meist nicht mehr als Witterungsschutz, sondern eher als dekoratives Element.

Unterschiedliche Formen

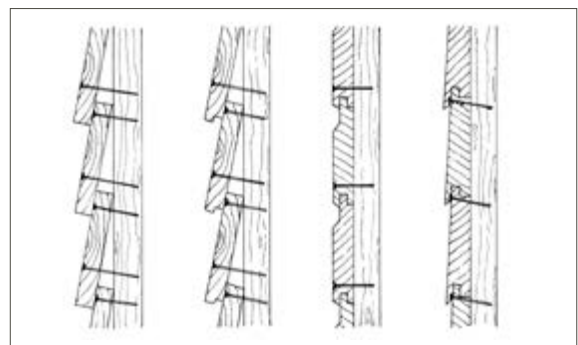
Glattkant- und Profilbretter

Die häufigste Verkleidungsart ist die mit sägerauen oder gehobelten Brettern. Wegen der Gefahr der Verwerfung wird eine maximale Brettbreite von 12 cm empfohlen. Die Dicke liegt zwischen 19 und 24 mm. Übliche Brettlängen sind 4 m, 4,5 m und 5 m. Sie haben die Wahl zwischen einfachen Glattkantbrettern und Profilbrettern.

Aus Sicht des konstruktiven Holzschutzes ist die senkrechte Anordnung der Bretter günstiger als die waagrechte. Bei der waagrechten Anordnung bildet sich an der unteren Brettkante stets eine Tropfnase, das Holz trocknet hier langsamer ab. Werden Profilbretter waagrecht verlegt, ist außerdem darauf zu achten, dass die Feder immer nach oben und die Nut immer nach unten zeigt. Nur so ist ein ausreichender Schutz vor Durchfeuchtung des Holzes gewährleistet.



Vertikale Holzfassade mit Boden-Deckel-Schalung



Horizontale Holzfassade mit Stülpschalung oder Profilbrettern



Holzfassade mit Boden-Deckel-Schalung

Holzschindeln

Schindeln werden aus Vollholz mit unterschiedlichen Abmessungen und Formen gespalten oder gesägt. Gespaltene Schindeln sind dabei witterungsresistenter als gesägte. Hergestellt werden die Schindeln in Längen von 120–800 mm, sie fallen in unregelmäßigen Breiten zwischen 50 und 350 mm an. Der Querschnitt ist meist keilförmig.



Historische Dachverkleidung mit Holzschindeln

Lamellenverkleidung

Im modernen Holzbau werden häufig auch Lamellenverkleidungen als äußerste Wandschicht eingesetzt. Sie dienen zumeist als Sonnen- und/oder Sichtschutz und sind oft großen Glasflächen vorgelagert. Sie bestehen aus waagrecht liegenden oder schräg montierten Brettern, Platten oder Leisten, die zum Teil auch aus mehrlagig verleimten Querschnitten zusammengesetzt sind.

Die Gliederung ist funktionsbedingt überwiegend horizontal. Als Unterkonstruktion kommen Holz, Aluminium oder verzinkter Stahl in Betracht. Die Lamellenverkleidung ist nicht wasserdicht, bietet also keinen Schutz vor Bewitterung, die dahinterliegende Wand muss daher wetterfest ausgeführt werden.



Waagrecht angeordnete Holzlamellenfassade an einem Neubau



Unbehandelte Holzverschalung mit vertikal verlaufenden Brettern

Resistenzklassen

Bleibt die Holzfassade auf Dauer ohne Oberflächenbehandlung, dann verändert sie allmählich ihre ursprüngliche Farbe und Oberflächenstruktur. Das Holz wird grau durch Abwitterung, Besiedelung mit Mikroorganismen und Verschmutzung. Dies gilt ohne Ausnahme für alle Holzarten. Die oberflächlichen Veränderungen beeinflussen jedoch die Festigkeit des Holzes nicht.



Verkleidung mit gesägten Holzschindeln

Für Fassaden eignen sich besonders diejenigen Holzarten, die eine geringe Saugfähigkeit für Wasser und eine zumindest mittlere Dimensionsstabilität aufweisen. An die natürliche Dauerhaftigkeit sind keine besonderen Anforderungen zu stellen, weil Fassadenbekleidungen gut durchlüftet sind, eher dünne Querschnitte haben und Hirnholzanschnitte geschützt sind (bzw. sein sollten).

Kardinalfrage: Fichte oder Lärche?

Unabhängig von der Holzart: Schon nach ca. zwei Jahren Wetterexposition sind unbehandelte Hölzer in nahezu gleichem Maße vergraut. Es lohnt sich daher nicht, angeblich „wetterresistente“ (und zumeist teure) Hölzer den bewährten einheimischen Nadelhölzern vorzuziehen, d. h. für Fassadenbekleidungen beispielsweise die (meist) importierte Lärche statt der heimischen Fichte einzusetzen.

Welche Holzart auch immer Sie wählen – wird die Fassade konstruktiv richtig ausgeführt, erreicht eine unbehandelte Holzfassade eine Lebensdauer von vielen Jahrzehnten.

RESISTENZKLASSEN NACH DIN 68364 (EN 350)

Holzart ¹	Natürliche Dauerhaftigkeit ²	Saugfähigkeit für Wasser	Dimensionsstabilität
Nadelhölzer			
Douglasie	3–4	sehr gering	mittel
Fichte	4	gering	mittel
Hemlock	4	mittel	mittel
Lärche	3–4	gering	mittel
Kiefer/Föhre	3–4	gering	mittel
Tanne (Weißtanne)	4	mittel	mittel
Redwood, kalifornisches	2	mittel	groß
Western Redcedar	2	gering-mittel	groß
Laubhölzer			
Buche	5	sehr groß	gering
Edelkastanie	2	gering	mittel
Eiche	2	gering	mittel
Esche	5	groß	gering
Robinie (falsche Akazie)	1–2	sehr gering	mittel

¹ Nur Kernholz.

² 1 = sehr dauerhaft, 2 = dauerhaft, 3 = mäßig dauerhaft, 4 = wenig dauerhaft, 5 = nicht dauerhaft.



Ehemalige Scheune zum Wohnhaus umgebaut: Die neue, mit Leisten überdeckte und naturbelassene Holzverschalung folgt dem alten Vorbild.

Konstruktionsdetails für Holzfassaden

Die Lebensdauer einer Holzfassade hängt ganz wesentlich von einer einwandfreien Planung, Konstruktion und handwerklichen Ausführung ab. Wichtigstes Kriterium ist, dass sämtliche Hölzer nach Befeuchtung rasch abtrocknen können. Gerade im Anschlussbereich von Fenstern, Türen oder Gebäudeecken dürfen keine Angriffspunkte entstehen, die über einen längeren Zeitraum durchfeuchtet sind. Sonst tritt Fäulnis ein. Durch holzerstörende Pilze verliert das Holz sei-

ne Festigkeit. Weder chemischer Holzschutz noch resistente Hölzer können diesen Prozess auf Dauer aufhalten.

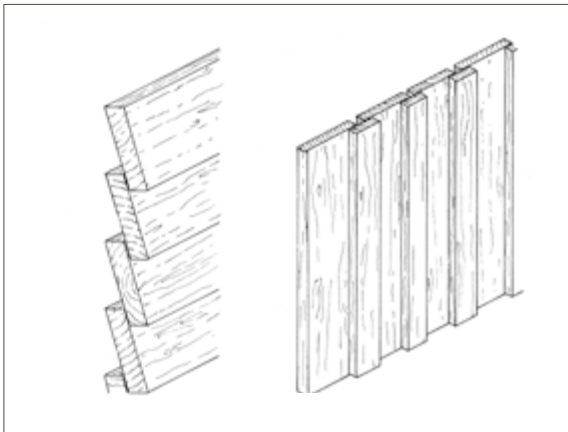
Der biogene Zersetzungsprozess ist nicht zu verwechseln mit dem Vergrauen des Holzes. Dies ist ein natürlicher Vorgang, der bei allen Hölzern im Freien auftritt, der aber keinen Einfluss auf die Festigkeit des Holzes hat und deshalb auch die Lebensdauer des Holzes nicht wesentlich beeinträchtigt.

Konstruktiver Holzschutz dagegen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer. Zu den konstruktiven Holzschutzmaßnahmen zählen:

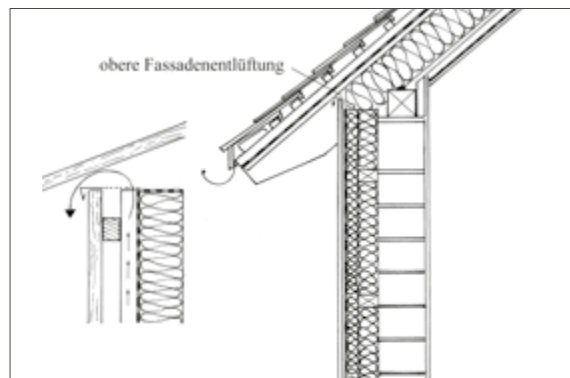
- genügend Dachüberstand einplanen (≥ 30 cm),
- Niederschlagswasser rasch ableiten, am besten in Faserichtung des Holzes,
- untere Kante senkrechter Holzverschalungen als Tropfkante ausbilden,
- bei vertikalen Stößen waagrechter Bretter mindestens 1 cm Fugenbreite einhalten,
- Holzfassaden gut hinterlüften, mit Lüftungsschlitzen unten und oben (auch an Fenster- und Türöffnungen),
- Holz aus Spritzwasserbereich heraushalten.



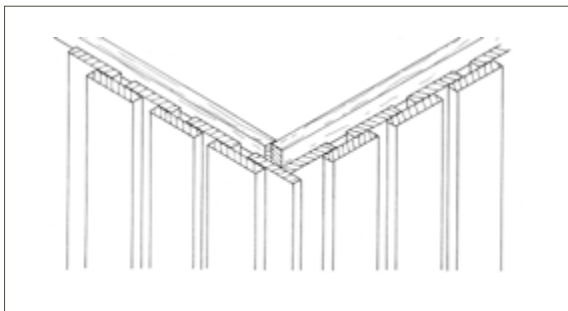
Belüftungsbleche im Sockelbereich: Stülpschalung in handwerklich sauberer Eckausbildung. So haben die Stirnseiten der Bretter Luft zum Trocknen.



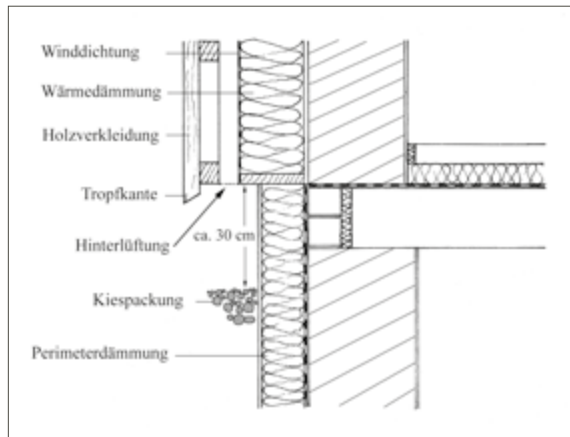
Natürlicher Holzschutz: Die vertikale Anordnung der Bretter sorgt für schnelleren Abfluss des Regenwassers und bessere Trocknung.



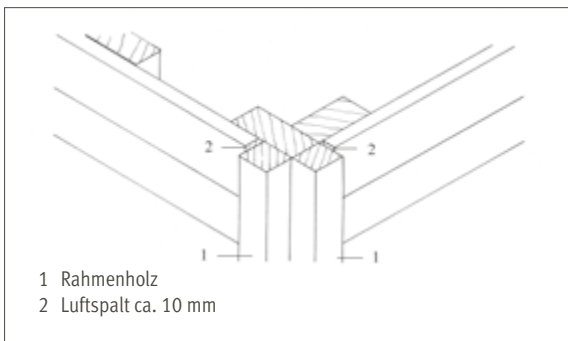
Dachanschluss mit Entlüftung



Eckausbildung bei vertikaler Holzverschalung



Spritzwasserbereich bei Kiesschüttung ca. 30 cm Höhe, bei glatten Böden und starker Bewitterung bis zu 50 cm Höhe



Eckausbildung bei waagrechter Holzverschalung



Farbige Akzente in naturbelassener Lärchenholzfassade, Fensterrahmen und Fensterläden deckend gestrichen



Holzlasuren gibt es in vielen Farbtönen.

Oberflächenbehandlung

Vorausgesetzt, die Konstruktion und handwerkliche Ausführung der Holzfassade sind einwandfrei und die Umgebungsbedingungen lassen eine längerfristige Durchfeuchtung nicht erwarten, ist eine Gefährdung des Holzes durch holzerstörende Pilze nicht zu erwarten. Chemischer Holzschutz ist damit überflüssig und, wenn man die Auswirkungen auf die Umwelt bedenkt, gänzlich unerwünscht.

Dem Wetter ausgesetzt, verliert eine unbehandelte Fassade schon innerhalb weniger Monate den Farbton frisch geschnittenen Holzes. Sie verfärbt sich je nach Exposition: Bräunung bei regengeschützten, Vergrauung bei beregneten Partien. Eine dunkler werdende und sich oftmals unregelmäßig verfärbende Fassade ist nicht jedermanns Geschmack. Dann muss zum Farbtopf gegriffen werden. Allerdings ist zu bedenken: Wer sich für einen Farbanstrich entscheidet, muss auch dabei bleiben, d. h., ohne laufenden Unterhalt geht es nicht. Bei lasierender Oberflächenbehandlung ist an direkt beanspruchten Süd- und Westseiten alle zwei bis vier Jahre ein Renovierungsanstrich nötig. Kommen auch noch Gerüstkosten zu den Anstricharbeiten hinzu, kann eine oberflächenbehandelte Holzfassade teuer werden. Unbehandelt belassene Holzfassaden benötigen dagegen praktisch keinen Unterhalt.

Lasuranstriche sollten als UV-Schutz pigmentiert sein. Ein hellerer Farbton ist günstiger als ein dunkler, zumal der Farbton von Anstrich zu Anstrich ohnehin etwas nachdunkelt. Zu dunkle Farbtöne sollten vermieden werden. Insbesondere an stark sonnenbeschienenen Fassaden bildet das Holz sonst schnell Risse. Für sämtliche Holzlacke und -lasuren gilt, dass stets auf vollständige Deklaration der Inhaltsstoffe zu achten ist.

Lasuranstriche sind transparent, d. h., die natürliche Holzmaserung bleibt erkennbar. Lasuren sind gut dampfdurchlässig und ermöglichen ein rasches Austrocknen des Holzes. Bei Lackfarben ist die Beschichtung deckend ausgeführt. Lackfarben müssen nicht so häufig erneuert werden wie Lasuren. Die Vorbereitungen für einen Erneuerungsanstrich sind jedoch aufwendiger. Aufgeplatzte und abblätternde Lack-schichten müssen entfernt, Risse ausgebessert und der alte Farbanstrich aufgeraut werden.

Was die Gewährleistung von Standzeiten betrifft, kann man von Herstellerseite nicht mit großen Versprechungen rechnen. Schließlich hängt die Haltbarkeit der Fassadenfarben von sehr vielen Faktoren ab – nicht zuletzt auch von der Qualität der Verarbeitung.

12 HOLZFENSTER

Bei der Sanierung von Gebäuden ist oftmals zu entscheiden, ob die Instandsetzung vorhandener Fenster noch lohnt oder ob ein Ersatz durch Neufenster sinnvoller ist. Stehen Aspekte des Wärmeschutzes im Vordergrund, genügen Fenster der Baujahre 1980 und älter längst nicht mehr den Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV). Sowohl bei der Verglasung sowie den Rahmenprofilen als auch bei der Luftdichtigkeit sind im Fensterbau große Fortschritte erzielt worden. Einfache Isolierglasfenster haben sich über die Jahre zu hochkomplexen technologischen Bausystemen entwickelt, die Funktionen wie Wärmeschutz, Schallschutz, Sonnenschutz, Brandschutz, Lichtdurchlässigkeit und Luftdichtigkeit gleichermaßen unter einen Hut bringen. Speziell für Passivhäuser wurden hochwärmegedämmte Fenster entwickelt, bei denen der Wärmegewinn im ganzjährigen Mittel die Wärmeverluste mehr als ausgleicht.

Doch bevor ein altes Fenster vorschnell ausgetauscht wird, muss die bauliche Situation vor Ort von einem Fachmann begutachtet werden. Denn oft ist bei Einbau neuer Fenster auch die Wärmedämmung der Außenwände zu verbessern, um Kondensatbildung bzw. Schimmelbildung an Innenwänden von vornherein auszuschließen.

Fenstersysteme

Was als Passivhausstandard für Fenster und Außentüren bereits eingeführt ist, wird in absehbarer Zukunft generell Stand der Technik im Neubau sein. Zu den technischen Standards zählen dann Dreischeibenverglasungen genauso wie wärmegedämmte Rahmenprofile. Passivhausfenster erreichen U-Werte $\leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Noch sieht die Energieeinsparverordnung für den Einbau neuer Fenster einen U_w -Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vor. Fenster, die älter als 30 Jahre sind, liegen in der Regel bei U_w -Werten $\geq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und sollten zur Verbesserung des Wärmeschutzes baldigst ausgetauscht werden.

Für baukulturell wertvolle ältere Fenster aus Holz bietet sich daneben die Möglichkeit, durch Überarbeiten und Einsatz neuer Fenstertechnologie sowohl Wärmedämmung als auch Schallschutz und Luftdichtigkeit zu verbessern.



Fenster sind ein wesentlicher Faktor für die Gestaltung der Fassade. Das Verhältnis der Fenster zu den Wandflächen muss ausgewogen sein. Insbesondere die Fensterteilung mit Sprossen soll sich in den Maßstab der Fassade einordnen.



Schnitt durch ein Passivhausfenster mit Holzrahmen (Sigg-Fenster): Dreifachverglasung, wärmegedämmte Rahmenprofile, zwei bis drei Dichtungsebenen und die Ausbildung des Scheibenrandverbundes als „warme Kante“ zeichnen ein Holzfenster von hoher Qualität aus.

U-WERTE VON FENSTERSYSTEMEN NACH BAUART UND BAUJAHR

Durchschnittliche U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$	4,20 (4,65–3,50)	2,55 (2,68–2,36)	1,50 (1,72–1,33)	1,15/0,80 (1,49–0,74)	
Fenster und Türen mit Holzrahmen	Bauart	Einfachverglasung	Doppelverglasung (Isolierverglasung)	Zweifach-Wärmeschutzverglasung	Dreifach-Wärmeschutzverglasung/Passivhausstandard
	Alter	vor 1977	vor 1984	1984 bis heute	heute im Niedrigenergiehaus/Passivhaus

Fensterkonstruktion

Man unterscheidet bei älteren Fenstern zwischen:

- Einfachfenster
- Verbundglasfenster
- Kastenfenster

Handelsüblich sind heute **Einfachfenster**, bei denen der Fensterflügel aus einem einzigen Rahmen besteht.

Bei **Verbundglasfenstern** werden zwei Rahmen aneinandergelinkt; man kann die beiden Rahmen beispielsweise zum Fensterputzen auseinandernehmen. Verbundglasfenster finden im modernen Fensterbau keine Anwendung mehr.

Kastenfenster bestehen aus zwei durch den Kastenrahmen getrennt voneinander angeordneten Fensterflügeln, dem Außen- und dem Innenflügel. Kastenfenster finden sich vor allem noch in denkmalgeschützten Gebäuden. Sie lassen sich meist mit wenig Aufwand instand setzen und können hervorragende Schallschutz- und Wärmeschutzwerte erreichen. Der Kastenrahmen aus Holz sorgt zudem für einen bauphysikalisch günstigen Bauteilanschluss im Laibungsbereich, was Bauschäden durch Feuchtigkeit und Schimmelbildung vorbeugt.

Art des Rahmens

Folgende Rahmenarten sind gebräuchlich:

- Holzrahmen
- Kunststoffrahmen (PVC)
- Metallrahmen (vorwiegen Aluminium)

Holzfenster haben gegenüber Kunststofffenstern zunehmend einen schweren Stand, denn Kunststofffenster sind langlebig und beanspruchen kaum Pflege. Trotzdem spricht viel für das Holzfenster: Es lässt sich selbst nach langjähriger Nutzung oder bei Beschädigung im Gegensatz zu Fenstern aus Kunststoff oder Metall leicht und vor allem wirtschaftlich reparieren bzw. restaurieren. Regelmäßige Pflege und Wartung sichern eine lange Lebensdauer. Abdeckungen aus Aluminium- oder PVC-Profilen an wetterexponierten Teilen wie z. B. Wetterschenkeln wirken zusätzlich lebensverlängernd. Hochwertige Lacke und Lasuren tragen überdies zum Schutz der Rahmen bei.

Geeignete Holzarten für Rahmenprofile sind Kiefer, Lärche und Fichte; für hochwertige Rahmen z.B. bei Brandschutzfenstern wird auch Eiche eingesetzt. Vorsicht bei Fenstern aus Tropenholz (Meranti, Mahagoni u.a.): Hier sollte zumindest ein FSC-Zertifikat vorliegen.

Art der Verglasung

Folgende Fensterverglasungen trifft man an:

- Einfachverglasung
- Zweifachverglasung mit Isolierverglasung oder Infrarotbeschichtung (Wärmeschutzverglasung)
- Dreifachverglasung mit Isolierverglasung oder Infrarotbeschichtung (Wärmeschutzverglasung)

Der Unterschied zwischen Isolierverglasung und Wärmeschutzverglasung lässt sich durch den Feuerzeugtest feststellen: Feuerzeug vor die Scheibe halten, sodass die Spiegelungen der Flamme in den Scheiben sichtbar werden. Es zeigen sich bei zwei Scheiben vier Spiegelbilder (jeweils auf der vorderen und hinteren Oberfläche beider Scheiben). Haben alle Spiegelbilder die gleiche Farbgebung, ist es Isolierglas. Zeigen sich ein oder zwei Flammenspiegelbilder mit Grün- oder Rotstich, handelt es sich um beschichtetes Glas. Beim Wärmedämmeffekt bringt die Infrarotbeschichtung eine wesentliche Verbesserung gegenüber normalem Isolierglas. Die sogenannte Wärmeschutzverglasung ist heute Stand der Technik.

ENEV-ANFORDERUNGEN AN FENSTER UND TÜREN

Erstmaliger Einbau oder Ersatz von Fenstern und Fenstertüren	Fenster $U_w \leq 1,3 W/(m^2 \cdot K)$
Ersatz der Verglasung	U_g -Glas $\leq 1,1 W/(m^2 \cdot K)$
Ersatz der Verglasung im Kasten- oder Verbundfenster	Einbau von Wärmeschutz-Isolierglas mit einer Emissivität $\epsilon_n \leq 0,2$ Für Sonderverglasungen (Schallschutz, Brandschutz, Einbruchhemmung) gelten gesonderte Anforderungen.
Ersatz der Außentür	$U \leq 1,8 W/(m^2 \cdot K)$

Quelle: EnEV 2014

Bei der Erneuerung von Außentüren dürfen nur Außentüren eingebaut werden, deren Türfläche einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $1,8 W/(m^2 \cdot K)$ nicht überschreitet. Satz 1 ist auf rahmenlose Türanlagen aus Glas, Karusselltüren und kraftbetätigte Türen nicht anzuwenden.

Fenstereinbau

Vor dem Fenstereinbau ist die Wandöffnung so weit vorzubereiten, dass im Bereich Bauteilanschluss ein Luftspalt von 1–2 cm verbleibt. Die Laibungsflächen werden mit dem Glättspachtel ausgeglichen. Auf den Fensterstock ist umlaufend ein vorkomprimiertes Dichtungsband aufzukleben. Nach dem Aufquellen dichtet dieses Band den Luftspalt ab. Verbleiben Hohlräume, werden diese mit Hanfwolle ausgestopft.



Bauschaum taugt nicht als Fugendichtung. Hohlräume lassen sich zur Füllung umweltfreundlich mit Hanf- oder Flachswolle ausstopfen. Zur Abdichtung der Baufuge dienen vorkomprimierte Dichtungsbänder und zum luftdichten Überbrücken der Anschlussfuge Klebebänder (siehe unten).



Abdichtung und Überbrückung von Bauteilanschlüssen mit speziellem Klebeband, das eingeputzt werden kann.

Beschichtung

Fenster sind extremen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Fenster aus Holz bestehen aus maßhaltigen Bauteilen, deren Schutz und Pflege unbedingt erforderlich ist. Sowohl für Lacke als auch für Lasuren stehen zertifizierte Beschichtungssysteme zur Auswahl. Die bewährte Lösung ist Weißlack. Dunkle Farben sollten vermieden werden. Unter Sonnenstrahlung heizt sich das Holz sonst stärker auf und reißt. Die Beschichtung soll die Holzbauteile nachhaltig schützen und eine langjährige Beständigkeit des Oberflächenschutzes garantieren. Daneben darf aber eine regelmäßige Pflege und Kontrolle der Fenster nicht vernachlässigt werden. Ratsam ist es, jährlich einmal, am besten vor Beginn der Heizperiode, einen prüfenden Blick auf den Witterungsschutz von Farbe oder Lasur zu werfen. Meist finden sich nur ein paar kleinere Stellen abgeplatzter oder schlecht sitzender Farbe, die sich leicht ausbessern lassen. Wartet man dagegen Jahre mit der Renovierung, sind aus den kleinen Schäden große geworden, weil Feuchtigkeit ins Holz gedrungen ist und nur noch schlecht oder gar nicht mehr herastrocknet. Dann wird ein noch junges Fenster schnell zum Sanierungsfall. Dabei waren schon unsere Vorfahren in der Lage, Holzfenster über viele Jahrzehnte und sogar Jahrhunderte zu erhalten.

Solche Schätze gilt es auch weiterhin zu pflegen und an die Nachwelt weiterzugeben. Es folgen Beispiele von Sanierung und Modernisierung historisch wertvoller Holzfenster.

Holzfenster aufarbeiten

Es ist in jedem Fall angeraten, zuerst eine Aufarbeitung der alten Holzfenster zu prüfen. Gut erhaltene Holzrahmen brauchen oft nur neue Scheiben. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt hier eine Isolierverglasung mit einem U_g -Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ vor. In Ausnahmefällen, z. B. wenn es technisch nicht anders realisierbar ist, kann der U_g -Wert auch $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ betragen. Da moderne Zweifach- und Dreifach-Isoliergläser wesentlich dicker sind als Einfachscheiben, müssen die Rahmen häufig ausgefräst und aufgedoppelt werden. In jedem Fall sollten auch Dichtungen zwischen Blendrahmen und Flügel nachgerüstet werden. Aufgeklebte Dichtungen aus dem Baumarkt halten nur sehr begrenzt. Wesentlich solider sind Falzdichtungen, die in die eingefräste Nut eingelegt werden. Bei Kastenfenstern werden nur die inneren Flügel mit Dichtungen versehen, damit der Kastenraum von außen durch Undichtigkeiten der Außenflügel belüftet bleibt.

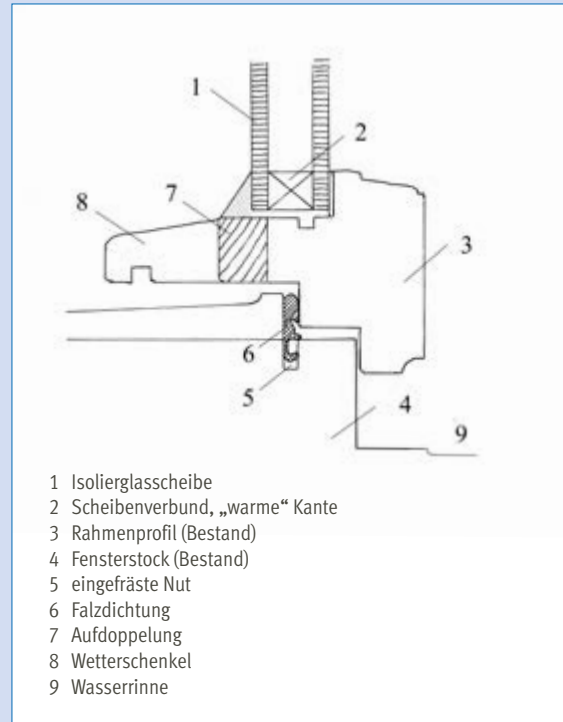
ANWENDUNGSBEISPIEL 1: EINSCHIEBENGLASFENSTER INSTANDSETZUNG UND THERMISCHE VERBESSERUNG

	U-Wert alt	U-Wert neu
Instandsetzung und thermische Verbesserung mit Zweifach-Wärmeschutzisolierverglasung	4,2 W/(m ² · K)	≥ 1,5 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Ausgangssituation: Die Fenster mit ihren sehr schmalen Profilen sind mit einer Einfachscheibe verglast.

Aufgabe und Ausführung: Erhaltung und energetische Verbesserung der historischen Holzfenster. Instandsetzen der Fenster und Beschläge, Dichtungseinbau, Aufdoppelung der Fensterflügel außenseitig für Isolierglasscheiben, Verglasung mit Dreieckfase, Beschichtungsarbeiten. Planung und Ausführung: Zoller & Prantl, Haiming, Tirol



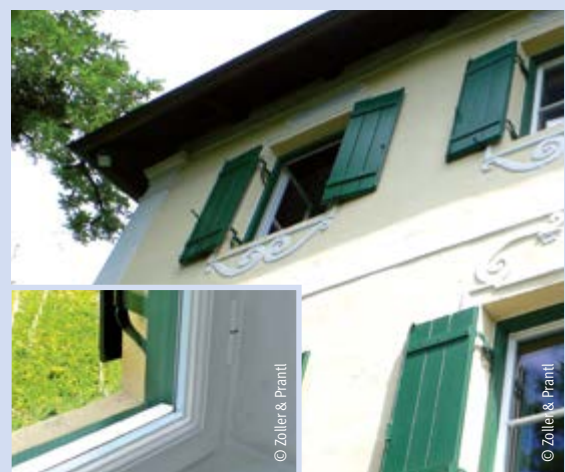
Thermische Verbesserung eines bestehenden Einfachglasfensters mit Isolierverglasung

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: VERBUNDFENSTER MIT SYSTEMUMBAU

	U-Wert alt	U-Wert neu
Renovieren der bestehenden Verbundfenster mit Systemumbau auf Isolierverglasung	3,5 W/(m ² · K)	≥ 1,4 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Aus zwei mach eins: Renovieren der bestehenden Verbundfenster mit Systemumbau auf Isolierverglasung. Durch diese Lösung wird ein Fensteraustausch verhindert, und die Fenster können inkl. Beschläge und Fensterläden vollständig erhalten werden. Die vorgeschriebenen Werte für die thermische Verbesserung der Fenster werden problemlos erreicht. Planung und Ausführung: Zoller & Prantl, Haiming, Tirol

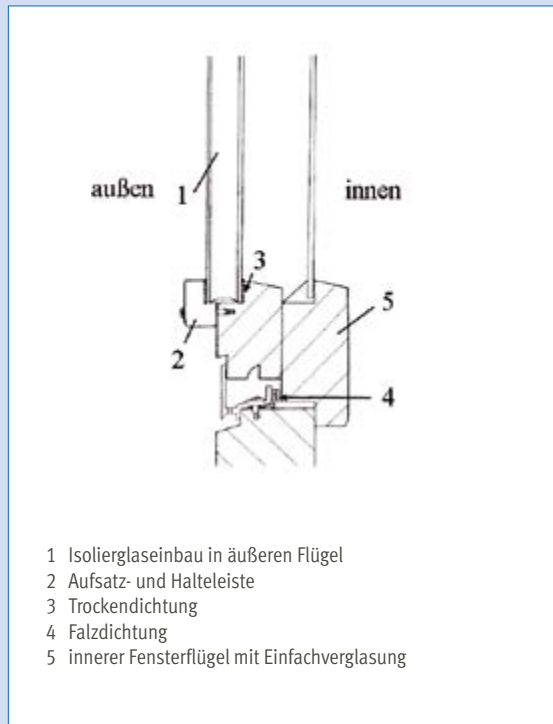


ANWENDUNGSBEISPIEL 3: VERBUNDFENSTER MIT ISOLIERGLASEINBAU

	U-Wert alt	U-Wert neu
Einbau eines Isolierglasfensters im äußeren Flügel	3,5 W/(m ² · K)	≥ 1,4 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Einbau eines Isolierglasfensters im äußeren Flügel des Verbundfensters. Die Halteleisten der neuen Scheibe dienen gleichzeitig als Aufdoppelung. Die innere Scheibe bleibt im Original als Einfachglas bestehen. Planung: Umweltzentrum Tübingen



Thermische Verbesserung durch außen liegende Isolierverglasung

ANWENDUNGSBEISPIEL 4: KASTENFENSTER INSTANDSETZUNG

	U-Wert alt	U-Wert neu
Instandsetzung Kastenfenster mit Wärmeschutz-Isolierglaseinbau, Dichtung, Wetterschutz	2,4 W/(m ² · K)	≥ 1,12 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Instandsetzung und Renovierung der Kastenfenster mit Isolierglaseinbau, Dichtung, Wetterschutz und Beschichtung. Fenster dieser Bauart erreichen hervorragende Wärmeschutz- und Schallschutzwerte. Planung und Ausführung: Zoller & Prantl, Haiming, Tirol



ANWENDUNGSBEISPIEL 5: KASTENFENSTER INSTANDSETZUNG

	U-Wert alt	U-Wert neu
Denkmalschutzgerechte Instandsetzung der Außenflügel und Fensterläden, Einbau von neuen Innenflügeln mit Isolierglaseinbau und Dichtung; Wetterschutz, Beschichtung	2,4 W/(m ² · K)	≥ 1,12 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Die bis auf die Barockzeit zurückweisenden Kastenfenster sind im Außenflügel denkmalschutzgerecht mit den Originalrahmen und -beschlägen restauriert und mit einem neuen Innenflügel aus Wärmeschutzglas mit Rahmendichtung und dicht schließenden Beschlägen modernisiert. Planung: Peter Schell, Plieningen



© P. Schell



© P. Schell

© P. Schell

ANWENDUNGSBEISPIEL 6: FENSTERRENOVIERUNG MIT ISOLIERVERGLASUNG UND FENSTERFLÜGEL-NACHBAU

	U-Wert alt	U-Wert neu
Thermische Fensterrenovierung mit Isolierverglasung und Fensterflügel-Nachbau	4,2 W/(m ² · K)	≥ 1,5 W/(m ² · K) (Rechenwert)

Beispiel

Sanierungskonzept: Erhaltung der alten Futterstöcke und Fensterläden, Nachbau von neuen Fensterflügeln in heimischer Lärche Natur geölt, Beibehaltung der alten Profile und Rahmenbreiten, Anschlag mit Fitschenbändern.

Ausführung: Instandsetzen der Futterstöcke, Dichtungseinbau, Verändern der Stockfälze und Wasserablaufprofile, Verglasung mit Dreiecksfase, Wärmeschutzisoliertes Glas-Außenscheibe mit welligem Goetheglas zur Erhaltung des alten Erscheinungsbildes. Planung und Ausführung: Zoller & Prantl, Haiming, Tirol



© Zoller & Prantl



© Zoller & Prantl

13 HOLZBÖDEN

Holz eignet sich ideal als Bodenbelag. Mit glatt geschliffener und natürlich behandelter Oberfläche sind Holzböden pflegeleicht, strapazierfähig und altersbeständig. Sie haben die Eigenschaft, Feuchtigkeit aus der Raumluft aufzunehmen und zu puffern. Bei zu trockener Raumluft wird die Feuchtigkeit aus dem Holz langsam wieder abgegeben.

Holzauswahl

Für Holzfußböden stehen sowohl Nadel- als auch Laubhölzer zur Wahl. Bei den Nadelhölzern sind Fichte, Kiefer und Lärche am gebräuchlichsten. Nadelhölzer werden vorwiegend für Dielenböden aus Nut- und Federbrettern eingesetzt. Harthölzer wie Eiche, Buche oder Ahorn sind die klassischen Hölzer für Parkettböden. Sie eignen sich z. B. für Verlegearten als Schiffsboden-, Fischgrät oder Mosaikparkett. Ein Auswahlkriterium für die Holzstärke ist der Brinell-Grad, je höher die Kennzahl, desto härter das Holz.

HÄRTEGRADE VON HOLZARTEN

Holzart	Härtegrad nach Brinell
Fichte/Tanne	1,2
Kiefer	1,8
Lärche	2,2
Birke	2,8
Erle	2,8
Ahorn (europäisch)	2,9
Eiche	3,4
Buche	3,5
Esche	3,7
Bergahorn (europäisch)	4,0
Robinie (Akazie)	4,2
Bambus	4,5

Nadelschnittholz wird nach A- und B-Klasse sortiert. Holzware der A-Sortierung ist weitgehend frei von Rissen, Durchfallästen und Dreh- oder Krümmwuchs. Gute Qualität zeichnet sich zudem durch einen geringen Astanteil aus.

Verlegearten

Dielenböden werden auf eine Unterkonstruktion aus Lagerhölzern genagelt oder geschraubt, wobei sich im Zeitalter des Akkuschraubers das Schrauben durchgesetzt hat. Wichtig ist das „Dichtholen“ der Bretter, um die Bretter fugenfrei anzuschließen. Auf Dauer lässt sich die Fugenbildung



Neu hergerichteter Holzdielenboden



Verlegung von Stabparkett

jedoch nie ganz vermeiden, weil das Holz infolge Feuchteschwankungen stets „arbeitet“.

Parkettböden werden in der Regel auf einem plattenförmigen Untergrund verlegt, entweder als Klebparkett oder als Nut- und Federsystem durch einfaches Aneinanderschließen der Parkettelemente (z.B. Klickparkett). Ob Dielenboden oder Parkett – Holzböden müssen immer schwimmend verlegt werden und dürfen, um Trittschallübertragung zu vermeiden, niemals mit der Rohdecke direkt verbunden sein.



Gut erhaltener und gepflegter Holzdielenboden: Fugenbildung und Ergänzungen gehören zu einem in Würde gealterten Dielenboden.

Holzböden in alten Häusern

Fußböden sind die am meisten beanspruchten Bauteile eines Hauses. Von vielen Füßen getreten, dem Schmutz und der Nässe ausgesetzt, sind sie in nicht unterkellerten Räumen auch noch von unten durch Fäulnis bedroht. Ein guter Unterbau ist deshalb sehr wichtig für die Langlebigkeit eines jeden Holzbodens. In alten Häusern liegen Holzböden nicht selten auf schwachen Lagerhölzern in einer Schüttung aus Kies oder Bauschutt. Die Lagerhölzer sind teilweise oder ganz vermorscht. Fehlt eine Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit und sind Holzböden zusätzlich mit Belägen aus Linoleum oder PVC abgedeckt, kann das feuchte Holz nicht mehr austrocknen. Modergeruch kündigt dann die unvermeidliche Holzerstörung an. Auch über alten Kellern und Gewölben sehen Holzböden häufig kaum besser aus, weil hier in der Regel ebenfalls keine Feuchtigkeitsdichtung von unten und keine ausreichende Unterlüftung vorhanden ist.

Zur Erneuerung des Bodens werden Dielen und Parkettböden, sofern noch brauchbar, möglichst zerstörungsfrei ausgebaut. Gesunde Bretter lagert man zur Wiederverwendung trocken und luftig. Alte Dielen- und Parkettböden stellen ein wertvolles Kulturgut dar und sollten nicht einfach entsorgt werden. Einzelne beschädigte Bretter lassen sich ergänzen. Der Hauptvorteil von Holzböden ist: Sie können abgeschlif-

fen werden und sind mit einer Oberflächenbehandlung aus Öl oder Wachs wieder über viele Jahre voll gebrauchsfähig.

Wärmeschutz, Schallschutz, Feuchteschutz

Je nach Lage im Gebäude müssen Holzböden mitsamt Unterbau auf die jeweilige bauliche Situation ausgerichtet werden. Im erdberührten Bereich sind neben wärmeschutztechnischen auch feuchtetechnische Gesichtspunkte zu beachten. Dies gilt auch für Holzböden in Bädern und auf obersten Geschossdecken. Bei Zwischendecken stehen schallschutztechnische Aspekte im Vordergrund. Hier liegt auch das Hauptproblem alter Holzbalkendecken. Balkendecken mit Bretterboden lassen sich in den Feldern zwischen den Sparren (Fehlboden) bis zu einem gewissen Grad gegen Luft- und Trittschall dämmen. Dabei sollen die Felder möglichst vollständig mit schallschluckendem Dämmstoff gefüllt werden. Auch ein Einschub aus Sand- oder Lehmschüttung (trocken) mindert die Schallübertragung. Sowohl verbesserte Schall- als auch Wärmedämmung erreicht man z. B. mit einer Hanf-Lehmschüttung.

Bei den Dämmmaßnahmen zwischen den Balken bleiben die Deckenbalken dennoch Schallbrücken. Steht genügend Raumhöhe zur Verfügung, kann auf der Deckenoberseite

eine zweite Bodenebene mit trittschalldämmender Zwischenschicht aufgebaut werden. Kann der Boden nicht wesentlich erhöht werden, muss er herausgenommen und neu auf Filzdämmstreifen aufgelagert werden. Die Maßnahme erhöht den Bodenaufbau um lediglich ca. 15 mm.

Am effektivsten werden Schallübertragungen von Holzbalkendecken durch eine abgehängte Decke reduziert. Diese Maßnahme setzt unterseitig genügend Raumhöhe voraus. Der Luftraum über der neuen Deckenverkleidung wird mit Schalldämmmatten z. B. aus Hanffaser ausgelegt. Auf Luftdichtigkeit der Konstruktion ist zu achten.

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Deckenkonstruktion, wenn außen liegende Wände mit einer Innendämmung versehen werden. Hier sollte, auch wenn keine Bodensanierung ansteht, der Raum zwischen den Sparren geöffnet und die Innendämmung an die untere und obere Dämmschicht hohlraumfrei angekoppelt werden. So lassen sich Wärmebrücken sicher ausschließen (siehe Bild unten).

Bei erdberührten Böden bewohnter Räume steht neben der Wärmedämmung die Abdichtung gegen Bodenfeuchte im Vordergrund. Hier muss, um erst einmal eine ausreichende Abschottung gegen das Erdreich zu gewährleisten, vor Neuverlegung des Bodens das Erdreich etwa einen halben Meter tief ausgehoben (ausgekoffert) werden. Die weiteren Schritte sind im Kapitel „Erdberührte Böden“ (S. 70) als Anwendungsbeispiele für Bodenaufbauten in beheizten Räumen aufgeführt. Hier werden auch verschiedene Dämmvarianten und für Risikofreudige Bodenaufbauten ohne Einbau einer Feuchtigkeitssperre vorgestellt.

Wird das Bodenniveau angehoben, bringt das meist auch Änderungen bei Anschlüssen zu benachbarten Räumen, bei Türschwellen, Türblättern und Türstöcken mit sich. Hier ist im Einzelfall abzuwägen, ob ein so großer Eingriff in das

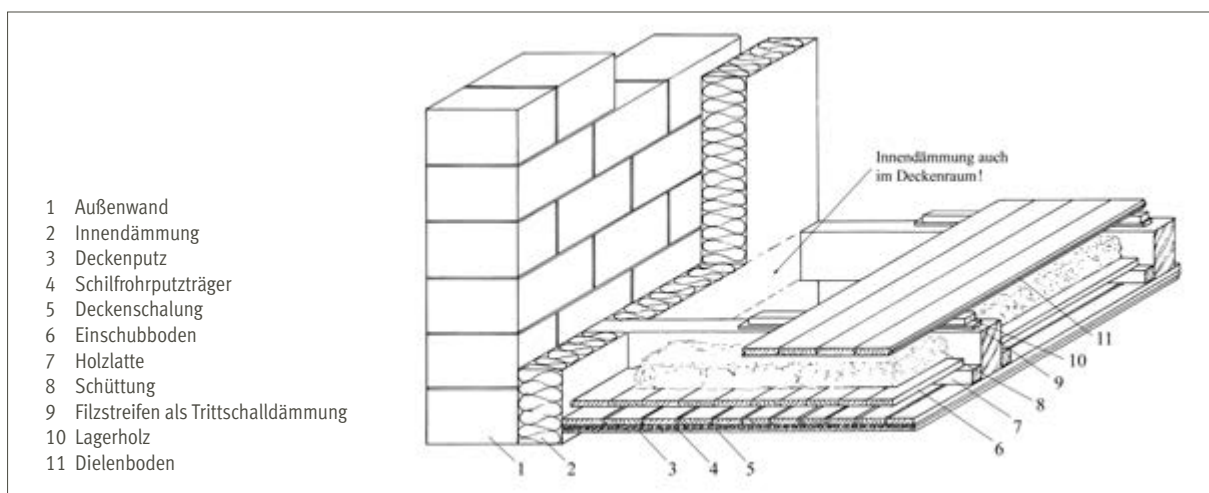
Raumgefüge überhaupt lohnt. Soll vor allem die Trittschalldämmung verbessert werden, kann man mit einem dicken Teppichboden manchmal mehr ausrichten als mit einer aufwendigen Schallentkoppelung. Auch lose ausgelegte Teppiche können schon weiterhelfen.



Hohlraumfüllung mit Lehm-Trockenschüttung



Hohlraumfüllung mit Perlite, Abdeckung mit OSB-Platten



Vermeidung von Wärmebrücken im Anschlussbereich der Holzbalkendecke



Der Autor beim Abschleifen eines Dielenbodens, der jahrzehntelang unter einem PVC-Boden begraben lag.



Auftrag von Fußbodenöl auf neuer Holzdielung

Holzböden renovieren

Weist der Holzboden keine irreparablen Schadstellen auf, kann er gegebenenfalls abgeschliffen und neu beschichtet werden. Fachmärkte verleihen Bodenschleifmaschinen, sodass man sich an das Abschleifen auch selbst wagen kann. Ein reines Vergnügen ist diese Arbeit allerdings nicht. Die beim Abschleifen freigesetzten Feinstäube lassen sich durch Absaugvorrichtungen nur bedingt einfangen. Buchen- und Eichenstaub stehen zudem im Verdacht, krebserregend zu sein. Atemschutz ist auf jeden Fall erforderlich. Zudem sollte man mit dem Streichen der Wände warten, bis der Boden fertig ist. Mit der Wandfarbe lassen sich dann die Staubablagerung an Wänden und Decken sicher binden.

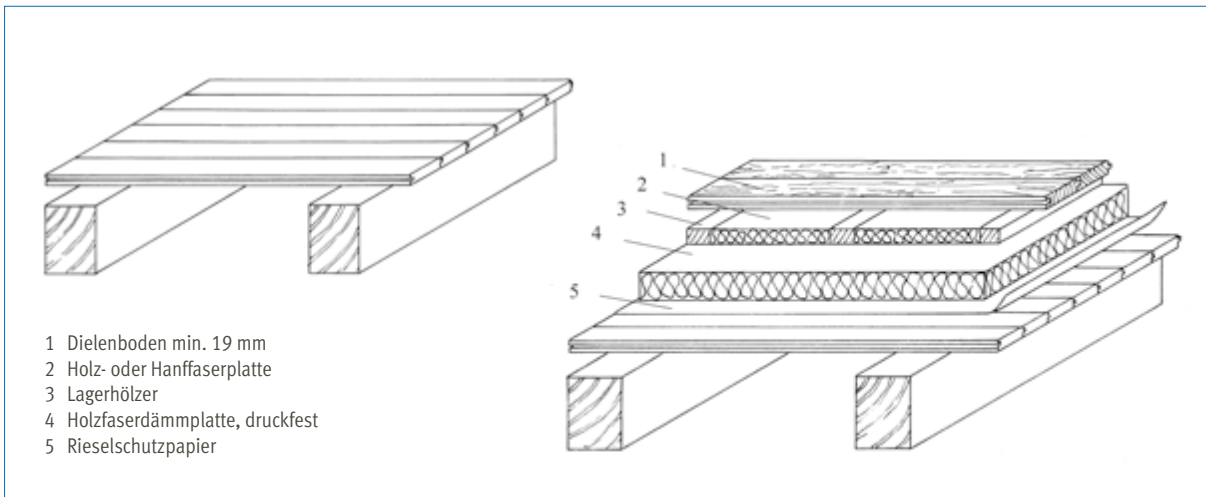
Oberflächenbeschichtung

Der fertig abgeschliffene Holzboden braucht Schutz, damit Flecken aus Wasser, Fett, Öl oder Wein und sonstiger Schmutz keine unschönen Spuren hinterlassen. Früher löste man das Problem mit Versiegelungslacken. Doch solche Lacke verschließen die Holzporen und machen damit die besonderen Eigenschaften von Holz zunichte. Selbst konventionelle Bodenleger arbeiten deshalb heute mit Ölen und Hartwachsen, die dem baubiologisch geschulten Renovierer schon lange bekannt sind. Geeignete Mittel bieten die Biofarben-Hersteller an, aber auch die konventionelle Farbenindustrie hat Hartwachs-Öle im Sortiment. Auf die vollständige Deklaration der Inhaltsstoffe sollten Sie in jedem Fall Wert legen.

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: HOLZBODEN AUF HOLZBALKENDECKE

Maßnahme:

Verbesserung von Wärmeschutz und Schallschutz



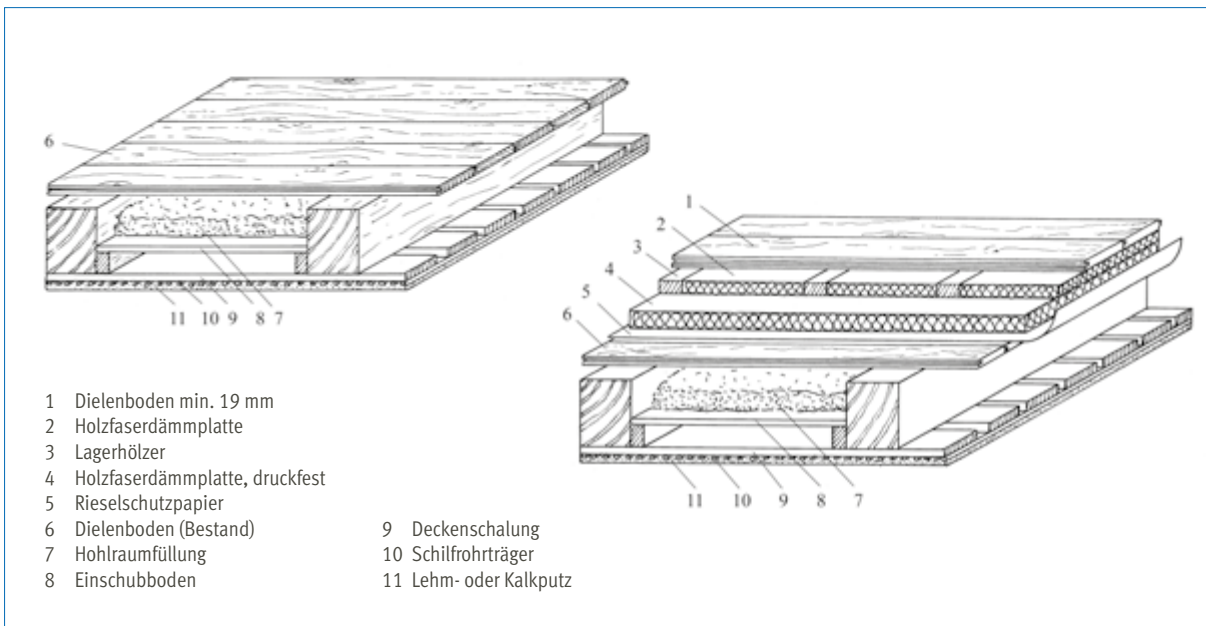
Rohboden: Holzbalkendecke mit Dielenboden (links)

Wärme- und schalltechnische Verbesserung auf der Deckenoberseite (rechts)

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: HOLZBODEN AUF HOLZBALKENDECKE

Maßnahme:

Verbesserung von Wärmeschutz und Schallschutz



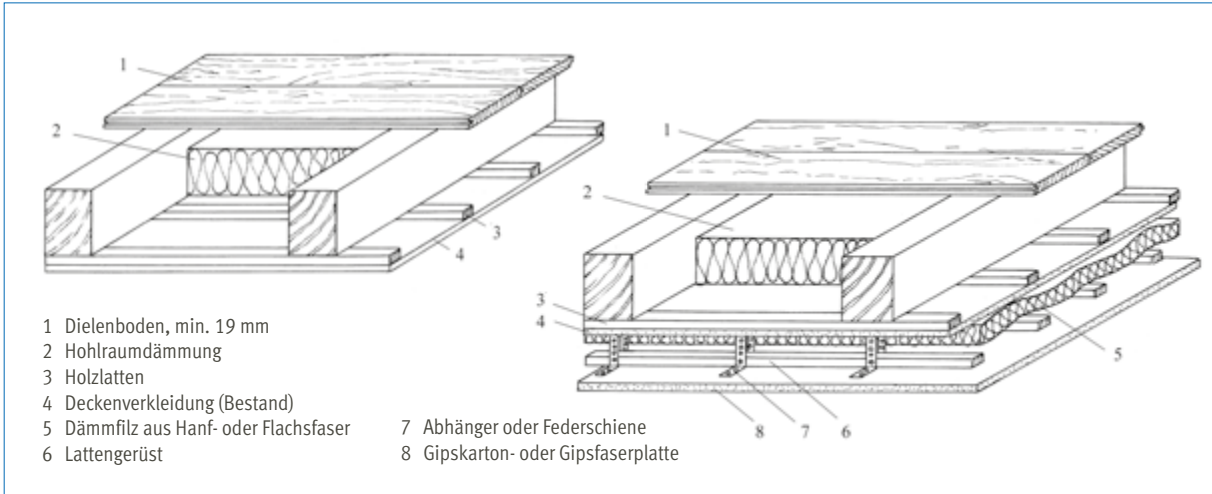
Rohboden: Holzbalkendecke mit Einschub und Deckenverkleidung (links)

Wärme- und schalltechnische Verbesserung auf der Deckenoberseite (rechts)

ANWENDUNGSBEISPIEL 3: HOLZBODEN AUF HOLZBALKENDECKE

Maßnahme:

Verbesserung von Wärmeschutz und Schallschutz

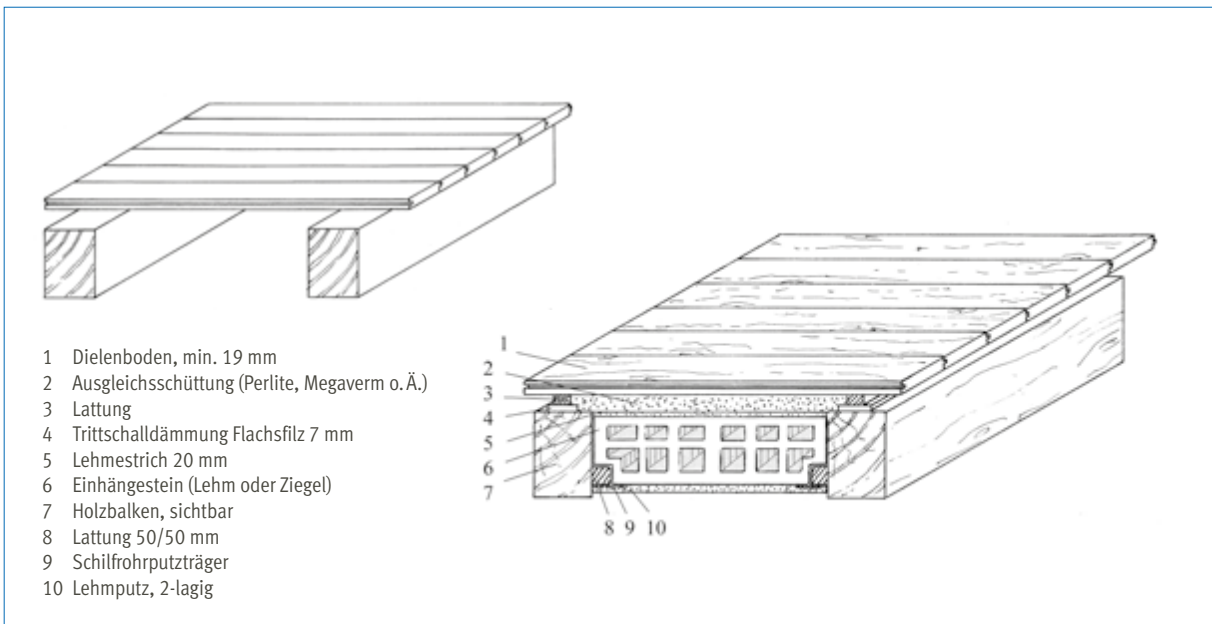


Rohboden: Holzbalkendecke mit Hohlraumdämmung und Gipskartondecke (links)
 Verbesserung von Schallschutz und Wärmeschutz auf der Deckenunterseite (rechts)

ANWENDUNGSBEISPIEL 4: HOLZBODEN AUF HOLZBALKENDECKE

Maßnahme:

Schalltechnische Verbesserung, Einbringen von Speichermasse

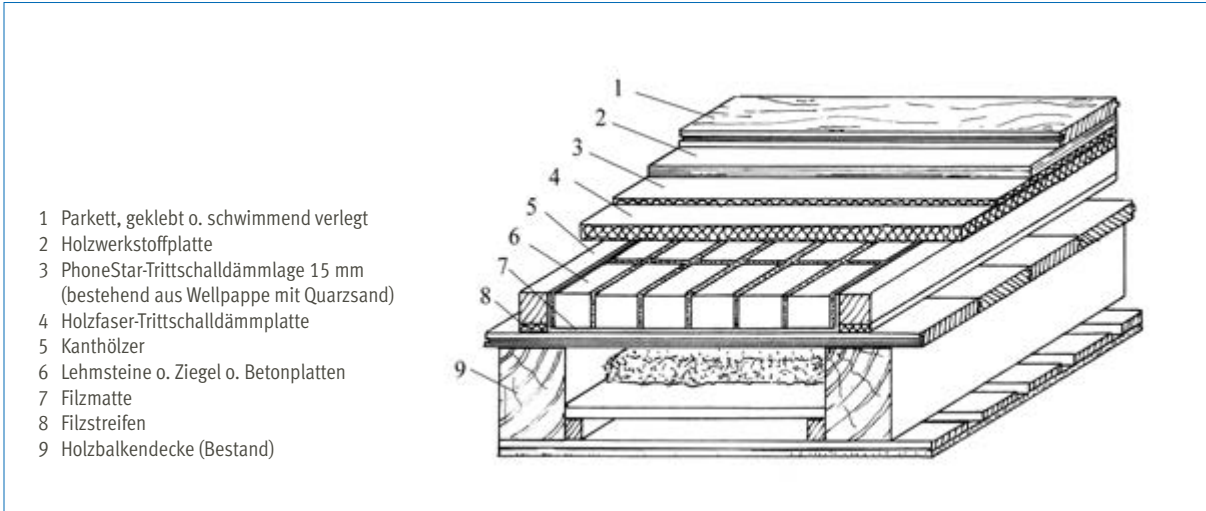


Rohboden: Holzbalkendecke mit Dielenboden (links)
 Schall- und wärmeschutztechnische Verbesserung mit Deckeneinhängesteinen aus Lehm oder Ziegel/Hourdis (rechts)

ANWENDUNGSBEISPIEL 5: HOLZBODEN AUF HOLZBALKENDECKE

Maßnahme:

Schall- und wärmeschutztechnische Verbesserung, Einbringen von Speichermasse



Verbesserung von Tritt- und Luftschallschutz, Einbringen von Speichermasse auf Deckenoberseite



Einbau der Lehmsteine auf Rieselschutzmatte, Fugenbreite ca. 5 mm



Einbau der Lehmsteine auf Hanffilzmatte (= schalltechnische Verbesserung)



Auffüllen der Fugen mit Quarzsand



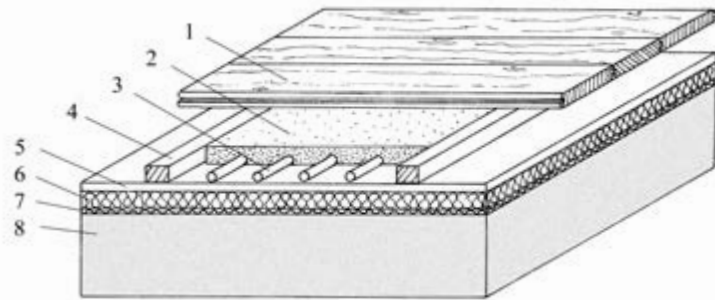
Dielenboden auf Lehmsteindecke

ANWENDUNGSBEISPIEL 6: HOLZBODEN AUF BETONDECKE

Maßnahme:

Holzboden mit Fußbodenheizung in Stampflehm auf Betondecke

- 1 Ulmenparkett 26 mm
- 2 Stampflehmschüttung 35 mm
- 3 Heizrohre PE-X Ø 15 mm
- 4 Lagerhölzer 35/50 mm
- 5 OSB-Platte 18 mm
- 6 Holzfaserdämmplatte 50 mm
- 7 PhoneStar-Trittschalldämmung 15 mm
(bestehend aus Wellpappe mit Quarzsand)
- 8 Stahlbetondecke 180 mm



Betondecke mit Fußbodenheizung und Parkettboden auf Lagerhölzern

Vorteile:

- Einsatz von Naturbaustoffen
- kurze Trocknungszeiten
- keine Abdichtungsfolie, kein zementhaltiger Nassestrich
- behagliches Raumklima

Der Stampflehm (z. B. Claytec, conluto), angeliefert im Big-bag, wird erdfeucht in die Bodengefache eingebracht und händisch verdichtet. Hohlraumbildung ist zu vermeiden. Zur optimalen Wärmeübertragung Lehmboden flächenbündig abziehen bis Unterkante Dielenboden. Architekt: Albrecht Weber, 88085 Langenargen



Ulmenmassivparkett auf Fußbodenheizung in Stampflehmbett

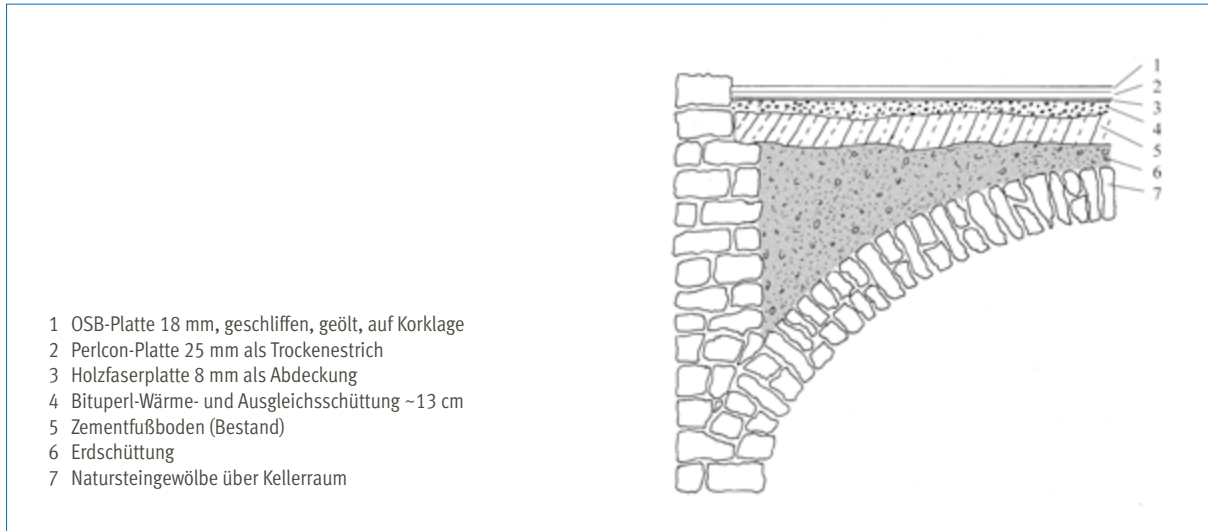


Bezugsfertig schon nach wenigen Tagen

ANWENDUNGSBEISPIEL 7: GEWÖLBEDECKE MIT HOLZBODEN

Maßnahme:

Verbesserung des Wärmeschutzes

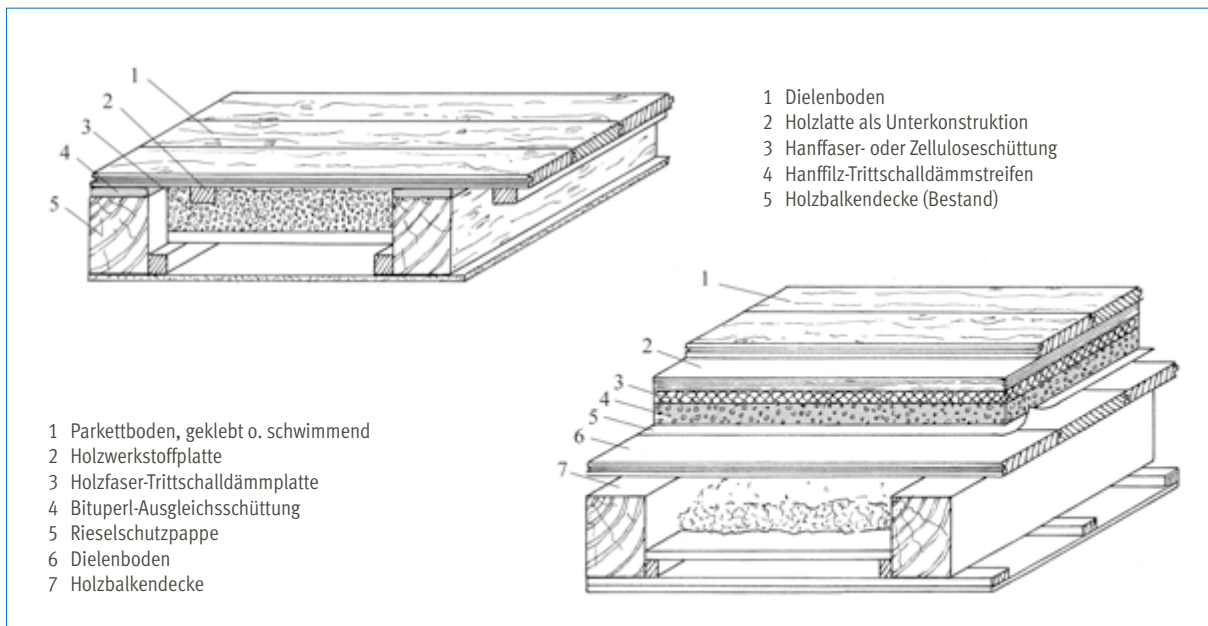


Holzboden über Kellergewölbe

ANWENDUNGSBEISPIEL 8: HOLZBALKENDECKE MIT HOLZBODEN

Maßnahme:

Bodenaufbau bei geringer Konstruktionshöhe oder unebener Holzbalkendecke



Schalltechnische Verbesserung mit Trittschalldämmstreifen als Holzbodenaufleger bei minimaler Konstruktionshöhe (links)
Niveausgleich mit Schüttdämmstoff (bis 60 mm) bei unebener Holzbalkendecke (rechts)

14 DACH UND DACHAUSBAU

Qualität und Zustand eines Daches bestimmen wesentlich den Wohnwert eines Hauses. Schäden am Dach haben immer Folgen für den ganzen Bau. Das Dach ist von allen Teilen des Gebäudes den stärksten Beanspruchungen durch Regen, Schnee und Wind ausgesetzt, es hat Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht von 60 °C und mehr auszuhalten. Das ist auch die Hauptursache für die Art der Schäden am Dach und für seine Schadenanfälligkeit. Dachschäden führen sehr schnell zu Durchfeuchtung und damit zu einer fortschreitenden Zerstörung der übrigen Baumasse. Die Dachsanierung muss deshalb Vorrang vor allen anderen Arbeiten haben. Aber auch ein intaktes Dach muss genau kontrolliert werden und bedarf der regelmäßigen Pflege.

In aller Regel besteht das geneigte Dach aus Dachtragwerk (Dachstuhl) und der Dachhaut (z. B. Ziegeldeckung auf Laternen oder Brettern). Bevor ein Dach ausgebaut wird, sollten alle Bestandteile des Daches auf Schäden und Mängel inspiziert werden. Für den Dachstuhl ist der Zimmermann zuständig, für die Dachhaut der Dachdecker.

Dachklima

Früher dienten Dachräume lediglich als klimatische Pufferzone über den Wohnräumen. Heute bieten die großen, oft stützenfreien Dachräume großzügige Wohnmöglichkeiten, die eventuell auch gewinnbringend vermietet werden können. Damit werden ganz andere Ansprüche an den Dachraum gestellt. Winddichtigkeit, hohe Wärmedämmung, Heizmöglichkeiten für gleichbleibende Wohntemperaturen, dazu die hohe Dampfbildung in den bewohnten Räumen verändern das Dachklima grundlegend. Die gesamte Dachkonstruktion wird mit hohen Temperaturspannungen zwischen innen und außen belastet.

Dachausbau

Zur Wärmedämmung sollten nur sehr gut diffusionsfähige Dämmstoffe verwendet werden. Grobporiges Material ist in der Lage, aufgenommene Kondensfeuchte bei guter Belüftung schnell wieder abzugeben. Besonders geeignet sind Materialien aus Holz-, Hanf- oder Flachsfaser. Nicht geeignet sind offenporige Schaumdämmstoffe, sie nehmen die Kondensfeuchte wie ein Schwamm auf, ohne sie wieder abzugeben.

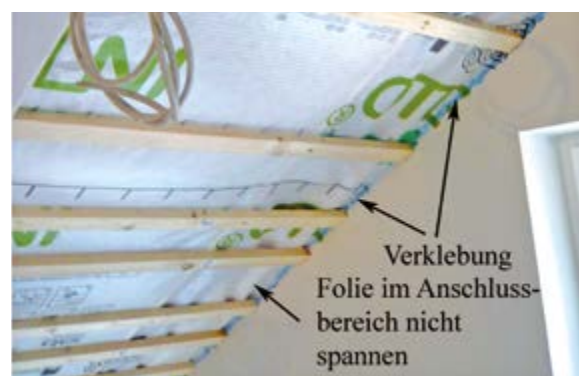
Unterm Dach immer wichtiger wird auch ein ausgeglichenes Wohnklima bei sommerlicher Hitze. Hier bieten wärmespeichernde Dämmstoffe wie die Holzweichfaserplatte

große Vorteile. Sie bremsen mit ihrer großen Masse den Durchfluss der Wärme weit besser ab als z. B. leichte Kunstschäume. Die tagsüber eingespeicherte Wärme wird über Nacht langsam wieder abgegeben, sodass das gefürchtete Barackenklima mit hohen Temperaturschwankungen, wie sie bei Dachräumen in Leichtbauweise sonst üblich sind, nicht aufkommen kann.

Für die Innenverkleidung sind alle Trockenbauweisen mit hohen Diffusionswerten wie Gipskarton- oder Leimbauplatten den Ausmauerungen vorzuziehen, die zu viel Nässe in den Dachraum bringen. Auch Putzarbeiten sollten sicherheitshalber nur ausgeführt werden, wenn gleichzeitig eine Wandflächenheizung geplant ist. Tapeten und Farben auf Plattenwänden müssen ebenfalls gut dampfdurchlässig sein. Sie dürfen keine plastifizierenden Zusätze enthalten.

Dampfbremse

Die Feuchtigkeitssperre (Dampfbremse, Dampfsperre) auf der Innenseite der Ausbauschale wird von vielen Handwerkern und Planern nach wie vor als unerlässlich angesehen. Eine Dampfsperre im Wohnbereich muss aber zu hoher Feuchtekonzentration und damit zu einem ungesunden Wohnklima führen. Feuchtepuffernde und zugleich wärmespeichernde Innenverkleidungen aus dicken Gipskarton- oder Leimbauplatten helfen beim Klimaausgleich. Eine ganz wesentliche Verbesserung gegenüber den Dampfsperren aus dicken Plastikfolien sind sogenannte intelligente Dampfbremsen (pro clima, Dörken, Ampack u. a.). Im Gegensatz zur Dampfsperre unterbinden sie die Dampfdiffusion nicht vollständig. Ähnlich wie die Membran für Funktionswäsche können sie ihre Dampfdurchlässigkeit in Abhängigkeit von der herrschenden Luftfeuchtigkeit ändern. Damit erschweren sie das Eindringen von Feuchtigkeit im Winter und begünstigen das Austrocknen im Sommer.



Dachdämmung mit Zellulose-Einblasdämmung und „intelligenter“ Dampfbremse. Bahnenstöße mit Klebeband abgeklebt und unter Dachlatten angeordnet. Luftdichter Anschluss der Bahnen an Gipskartonwand mit Systemkleber.



Raumseitiges Anbringen einer feuchteadaptiven („intelligenten“) Dampfbremse



Anschluss an Drempelwand



Einputzen des Dichtungsbandes



Befestigung einer Unterspannbahn auf der Außenseite der Sparren

Wie bei allen Leichtbaukonstruktionen kommt der richtigen Anordnung der Dampfbremse und deren luftdichtem Einbau größte Bedeutung zu. Zunächst die Anordnung: Eine Dampfbremse liegt grundsätzlich auf der warmen Seite der Dämmschicht. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Unterspannbahn. Diese wird generell diffusionsoffener als die Dampfbremse ausgeführt und liegt auf der kalten Seite der Dämmkonstruktion. Die Unterspannbahn dient gleichzeitig als Notdach zum Schutz der Wärmedämmschicht vor Witterungseinflüssen, z. B. vor auskühlenden Winden oder Flugschnee. Werden Holzfaserdämmplatten gleichzeitig als Unterdach eingesetzt, entfällt die Unterspannbahn, weil diese Dämmplatten bereits eine spezielle wasserabweisende Beschichtung aufweisen.

Dampfbremsen müssen mit größter Sorgfalt eingebaut werden. Sämtliche Bauteilanschlüsse an Wänden, Durchdringungen, Dachfenstern etc. sind luftdicht auszuführen. Kann warme Luft in die Dämmkonstruktion eindringen, kondensiert sie an kalten Stellen. Auf Dauer führt der Kondenswasseranfall zu Schimmelbildung und Bauschäden an tragenden Holzteilen. Ob dem Laien auf Anhieb die mängelfreie Ausführung der Dampfbremsschicht gelingt, ist fraglich. Zumindest sollten Kenntnisse der Dichtungsmittel und ihrer Anwendung vorhanden sein. Es muss auch berücksichtigt werden, dass Holzdachstühle keine starren Bauteile sind und deshalb immer etwas Bewegungsspielraum bei den Dichtungsanschlüssen mit einzuplanen ist.

Nachträgliche Wärmedämmung

Bei bewohnten Dachräumen ist verstärkter Wärmeschutz besonders effektiv, da hier die Energieverluste, gemessen an der Gesamthülle des Hauses, mit 40 % am größten sind. Wärmedämmung lässt sich nachträglich von außen oder von innen einbauen. Dämmarbeiten von außen sind wesentlich aufwendiger, weil das Dach abgedeckt und ein Arbeitsgerüst aufgestellt werden muss. Sie rentieren sich dann, wenn beispielsweise die Dacheindeckung erneuert wird, Schäden am Dachstuhl zu reparieren sind oder unter und zwischen den Sparren wenig Dämmraum vorhanden ist. Die Dämmung von außen ermöglicht eine solidere, dichtere und dauerhaftere Dämmhülle als die Dämmung von innen. Verschiedene Dämmvarianten sind dabei möglich:

- nur Aufsparrendämmung, wobei der Dachstuhl von innen sichtbar bleibt,
- Kombination mit Zwischensparrendämmung,
- Kombination mit Zwischensparrendämmung und Untersparrendämmung.

Wesentlich weniger aufwendig lassen sich nachträgliche Dämmarbeiten am Dach von innen ausführen. Gedämmt wird zwischen den Sparren. Falls der Dämmraum für den nötigen Dämmwert von $U \leq 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ nicht ausreicht (was im Altbau häufig vorkommt), kann z. B. unterhalb der Sparren eine weitere Dämmebene eingezogen werden. Diese Dämmschicht dient gleichzeitig als Installationsebene. Sie reduziert zudem die Wärmebrückeneffekte der Dachsparren.

Wie dick die Dämmschicht ausfallen soll, richtet sich im Wesentlichen nach der baulichen Situation vor Ort und der Wärmeleitgruppe des gewählten Dämmstoffes. Falls Sie unter den nachfolgenden Anwendungsbeispielen für Ihr Anliegen kein vergleichbares Beispiel finden, können Sie auf der Internetseite www.u-wert.net mit einer großen Auswahl an natürlichen Dämmstoffen reale Dämmvarianten durchspielen. Was der Gesetzgeber an U-Werten für die Dachdämmung fordert, finden Sie aktuell im Internet unter:

www.enev-online.de

ENEV-ANFORDERUNGEN AN EINZELMASSNAHMEN BEI ENERGETISCHER SANIERUNG AN BESTEHENDEN GEBÄUDEN¹

Bauteile	EnEV 2014	KfW-Einzelmaßnahmen ²
	U-Wert des Bauteils in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
Schrägdächer	$\leq 0,24$	$\leq 0,14$
Oberste Geschossdecke (bei Kaltdach, d. h. nicht gedämmt)	$\leq 0,24$	$\leq 0,14$
Flachdächer	$\leq 0,20$	$\leq 0,14$

¹ Auszüge aus der Energieeinsparverordnung von 2014.

² Auszüge aus dem KfW-Förderprogramm. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) fördert Sanierungsvorhaben bei Einhaltung festgelegter Kriterien.



Einblasen von Dämmstoff



Aufbringen einer Aufsparrendämmung



Dämmung der Zwischendecke mit Einblasdämmstoff



Einbau von flexiblem Dämmstoff von außen zwischen die Sparren



Ausfüllen der Installationsebene mit natürlichem Dämmstoff

Dämmstoffe

Die Dachdämmung gehört zu den klassischen Arbeiten für den Selberrmacher. Bevorzugtes Dämmmaterial: Stein- oder Glaswolle. Zum Klassiker Mineralwolle ist inzwischen eine Reihe von Dämmstoffen hinzugekommen, die sich von der Verarbeitung ebenso gut für die Dachdämmung eignen und noch dazu nicht hautreizend sind. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wie Hanf, Holz oder Flachs können als flexible Matten oder Platten zwischen die Sparren geklemmt werden, steife Holzfaserplatten eignen sich als begehbarer und wasserresistenter Dämmstoff für die Aufdachdämmung und als verputzbare Innenbekleidung. Einige der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen tragen das natureplus-Zertifikat (www.natureplus.org).

Zur Auswahl steht außerdem die Einblasdämmung mit Zellulose oder loser Holzfaser. Die Einblasdämmung wird zwar von Fachbetrieben ausgeführt, der versierte Selberrmacher kann jedoch den Dämmraum so weit vorbereiten, dass die Fasern nur noch eingeblasen werden müssen – was sich dann selbst bei großen Baustellen in wenigen Stunden erledigen lässt. Die Einblasdämmung wird immer beliebter, weil sie sich unter günstigen Voraussetzungen ohne größere Eingriffe in die Dachkonstruktion durchführen lässt.

Neben Zellulose und Holz wurde in jüngster Zeit als Einblasdämmung eine Holz-Lehm-Mischung (Jasmin-Holzlehm) entwickelt. Der Dämmstoff besteht aus Holzspänen und Lehmmehl und ist frei von jeglichen Zusätzen. Neben dem Wärmeschutz gewährleistet dieser Dämmstoff auch einen ausgezeichneten sommerlichen Hitzeschutz.

Anwendungsbeispiele für die Dachdämmung

Die nachfolgend vorgestellten Anwendungsbeispiele sind so ausgewählt, dass sie sich prinzipiell mit natürlichen Dämmstoffen durchführen lassen.

Für den Anwender entscheidend ist sicher, von welcher Einbauseite her er die nachträgliche Dachsanierung durchführt. Die Musterbeispiele nehmen deshalb in erster Linie auf diesen Aspekt Bezug. Wer partout auf eine Dampfbremse verzichten will: Die Herstellerfirmen der Naturfaserdämmstoffe halten für Anwender (neben telefonischer Beratung) entsprechende Kataloge mit Konstruktionsbeispielen bereit. Mit dem Simulationsrechner www.ubakus.de lässt sich auch ad hoc ein praxisnaher Feuchtenachweis führen.

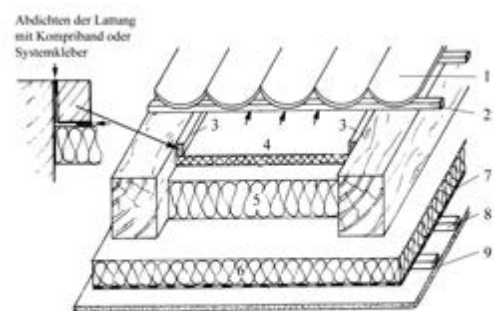
Die in den Tabellen aufgeführten U-Werte sowie Angaben zum Hitzeschutz verstehen sich, wie immer, als grobe Anhaltspunkte, die im Praxisfall vor Ort durch einen Fachmann zu überprüfen sind. Für den exakten rechnerischen Nachweis des Tauwasserschutzes müssen sämtliche Daten der bestehenden Dachkonstruktion erfasst werden. Dies betrifft auch den Holzanteil. In den Anwendungsbeispielen wurde der Holzanteil mit 10 % angenommen (Ausnahme Aufsparndämmung).

ANWENDUNGSBEISPIEL 1: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + UNTERSPPARRENDÄMMUNG (SANIERUNG VON INNEN)

	Zwischensparrendämmung flexible Dämmung aus Hanf, Flachs, Holzfaser o. Ä. WLG 040 Dicke in mm	Untersparrendämmung Holzfaserdämmplatte WLG 045 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
35 mm Holzfaserdämmplatte als Unterdach WLG 046	80	20	0,31	7,5
	100	20	0,28	8,0
	120	20	0,25	8,5
	80	40	0,28	8,5
	100	40	0,25	9,0
	120	40	0,22	9,5
	80	60	0,25	9,7
	100	60	0,22	10,2
	120	60	0,20	10,3

Dachdämmung von innen, Einbau eines Unterdaches unter Aufrechterhaltung der Dachbelüftung.

Ausgangssituation: gut durchlüftetes Kaltdach, einfacher Dachaufbau; weder Unterdach aus Holzschalung noch Bitumenunterdach noch Unterspannbahn vorhanden.



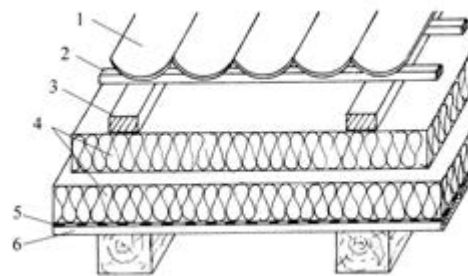
- 1 Dacheindeckung (Bestand)
- 2 Ziegellattung (Bestand)
- 3 Lattung an Sparren mit Luftdichtung
- 4 Holzfaserdämmplatte als Unterdach
- 5 Dämmstoffplatte Hanf, Flachs, Holzfaser (flexibel) o. Ä.
- 6 Holzfaserdämmplatte
- 7 Dampfbremse
- 8 Lattung (Dämm- oder Installationsebene)
- 9 Gipskartonplatte

Ergänzung mit vollflächiger Untersparrendämmung zur Minimierung von Wärmebrücken

ANWENDUNGSBEISPIEL 2: AUFSPARRENDÄMMUNG (SANIERUNG VON AUSSEN)

Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte WLK 045 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
120	0,33	9,3
140	0,29	10,7
160	0,25	11,8
180	0,23	13,2
200	0,21	14,3
220	0,19	15,7
240	0,18	16,8
260	0,16	18,0
280	0,15	19,3

Vorteile: homogene Dämmschicht, lückenloser Wärme-, Hitze- und Schallschutz



- 1 Dacheindeckung
- 2 Ziegellattung
- 3 Konterlattung
- 4 Holzfaserdämmplatte
- 5 Dampfbremse
- 6 Sichtschalung

ANWENDUNGSBEISPIEL 3: ZWISCHENSPPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG (SANIERUNG VON INNEN)

Zwischensparrendämmung Naturfaserdämmstoff ¹ WLG 040 Dicke in mm	Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte ² WLG 045 Dicke in mm	U-Wert in W/(m ² · K)	Hitzeschutz in Std.
120	60	0,25	9,8
140	60	0,23	10,5
160	60	0,21	11,2
120	80	0,22	11,2
140	80	0,20	11,8
160	80	0,19	12,5
120	100	0,20	12,5
140	100	0,19	13,2
160	100	0,17	13,8

¹ Hanf, Flachs, Holzfaser flexibel, Zellulose-Einblasdämmung o. Ä.

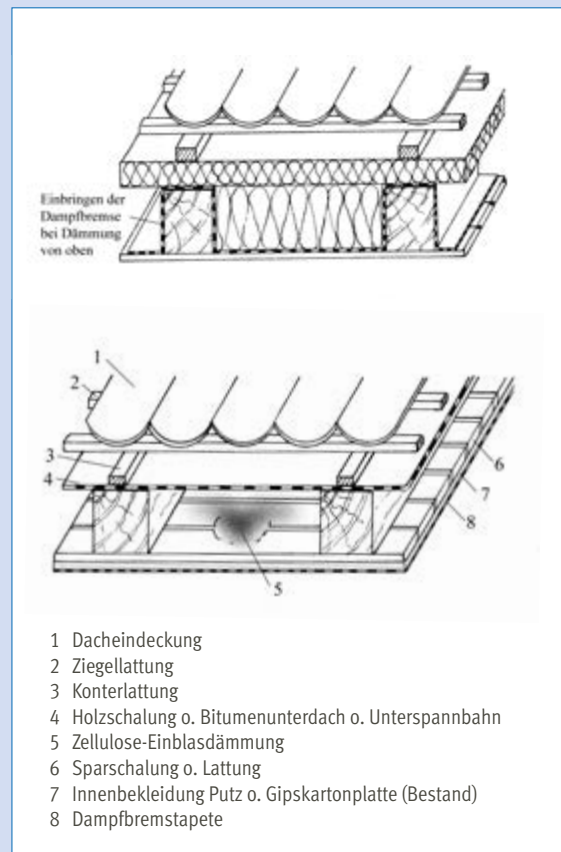
² Unterdach wetterfest.

Nachträglicher Einbau einer Dampfbremse bei Dämmung von oben

Bei vielen älteren Dachkonstruktionen wurde auf eine Dampfbremse verzichtet. Sollen diese Dächer heute nach EnEV gedämmt werden, wird eine Dampfbremse auf der Innenseite der Dämmung meist notwendig. Um eine bereits vorhandene Innenverkleidung nicht abnehmen zu müssen, wird die Dampfbremse gelegentlich von außen über die Sparren auf die Innenverkleidung gelegt. Die Dampfbremse verläuft dann außerhalb der Sparren, aber innerhalb der Dämmung.

Nachträgliche Zwischensparrendämmung ohne Eingriff in die Dachkonstruktion

Voraussetzung: Unterdach aus Holzschalung, Bitumenunterdach oder Unterspannbahn. Ausdämmen der Hohlräume mit Zellulose-Einblasdämmung. Bei fehlender Dampfbremse PE-beschichtete Dampfbremstapete glatt oder in Raufaseroptik (z. B. pro clima Santa) von unten auf Innenbekleidung anbringen.



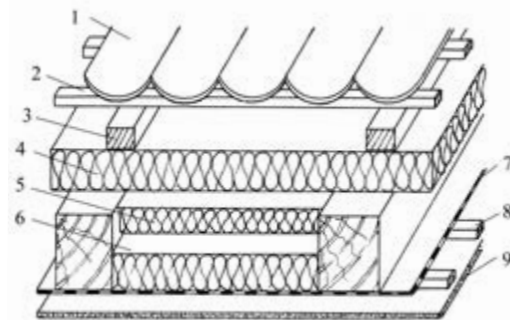
ANWENDUNGSBEISPIEL 4: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG (SANIERUNG VON AUSSEN)

	Zwischensparrendämmung Naturfaserdämmstoff ¹ WLG 040 Dicke in mm	Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte ² WLG 045 Dicke in mm	U-Wert in W/(m ² · K)	Hitzeschutz in Std.
+ Bestand 80 mm alukaschierte Mineralwolle WLG 040	40	0	0,34	4,8
	60	0	0,29	5,5
	80	0	0,25	6,0
	40	60	0,23	8,5
	60	60	0,21	9,0
	80	60	0,19	9,5
	40	100	0,19	11,2
	60	100	0,18	11,7
	80	100	0,16	12,2

¹ Hanf, Flachs, Holzfaser flexibel, Schafwolle o. Ä.

² Unterdach wetterfest.

Sanierung von außen bei Bestand mit alukaschierte Zwischensparrendämmung



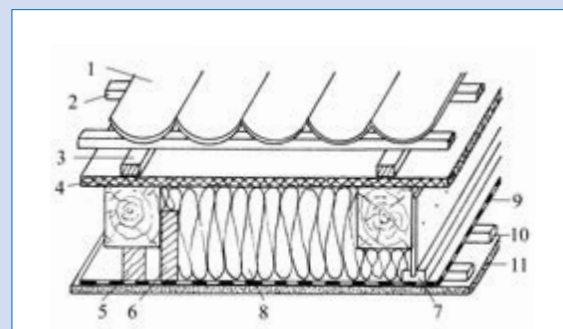
- 1 Dacheindeckung
- 2 Ziegellattung
- 3 Konterlattung
- 4 Holzfaserdämmplatte Unterdach
- 5 Naturfaserdämmstoff
- 6 Mineralfaser (Bestand)
- 7 Dampfsperre (bei Bedarf)
- 8 Unterkonstruktion (Installationsebene)
evtl. Zusatzdämmung
- 9 Innenbekleidung Gipskartonplatte o. Ä.

Gegebenenfalls Luftdichtigkeit der Randleistenmatten durch Abkleben sicherstellen.

ANWENDUNGSBEISPIEL 5: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG (SANIERUNG VON INNEN UND AUSSEN)

Zwischensparrendämmung Zellulose-Einblasdämmung WLG 040 Dicke in mm	Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte Unterdach WLG 045 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
180	0	0,25	8,3
200	0	0,23	9,0
220	0	0,21	9,7
180	60	0,18	10,5
200	60	0,17	11,2
220	60	0,16	12,0
180	100	0,15	12,0
200	100	0,14	12,8
220	100	0,14	13,3

Sanierung mit Erweiterung des Dämmraumes durch Aufdoppelung der Sparren



- 1 Dacheindeckung
- 2 Ziegellattung
- 3 Konterlattung
- 4 Holzfaserdämmplatte Unterdach
- 5 Aufdoppelung mit Kantholz
- 6 alternativ: Aufdoppelung mit seitlicher Bohle
- 7 alternativ: Aufdoppelung mit Leichtbauträger
- 8 Zellulose-Einblasdämmung
- 9 Dampfbremse faserverstärkt, feuchteadaptiv
- 10 Unterkonstruktion
- 11 Innenbekleidung Gipskartonplatte o. Ä.

Um bei Aufdoppelung der Sparren eine lückenlose Dämmung zu erreichen, ist eine Einblasdämmung von Vorteil.

Während die ersten fünf Anwendungsbeispiele die allgemeinen und technisch möglichen Verbesserungen bei der Sanierung eines Daches darstellten, zeigen die folgenden vier Beispiele die Umsetzung der Theorie an konkreten praktischen Baubeispielen mit nachwachsenden Rohstoffen.

ANWENDUNGSBEISPIEL 6: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG

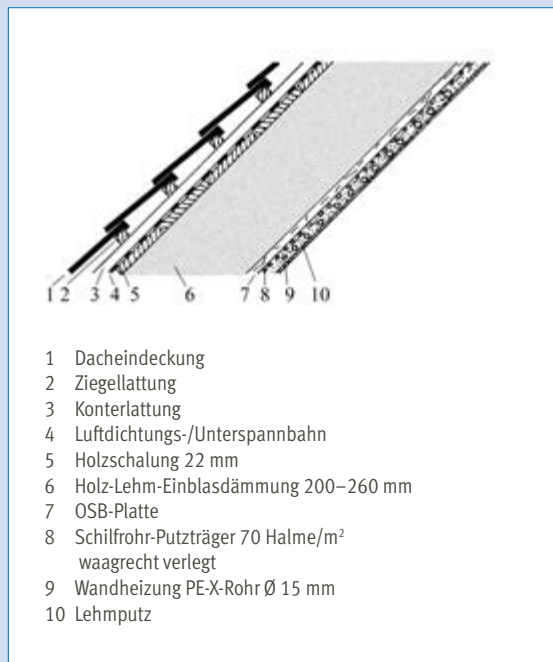
Zwischensparrendämmung Holz-Lehm-Einblasdämmung WLK 045 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
120	0,36	9,3
140	0,32	10,5
160	0,28	11,5
200	0,23	13,5
260	0,19	16,7

Baustoffdaten Holz-Lehm-Dämmstoff Jasmin:

- Zusammensetzung: 75 % Fichtenholz, 25 % Lehm-mehl
- WLK 045
- Dampfdiffusions-Widerstandszahl $\mu = 3$
- spez. Wärmekapazität $c (J/kg \cdot K) = 2150$
- Baustoffklasse B 2 (normal entflammbar)
- Rohdichte = 110 kg/m^3

Beispiel

Biohotel Amtshof in Langenargen: Umbau eines Baudenkmals mit natürlichen Baustoffen; Dachsanierung mit Holz-Lehm-Einblasdämmung, Wandheizung und Lehmputz; Architekt: Albrecht Weber, Langenargen

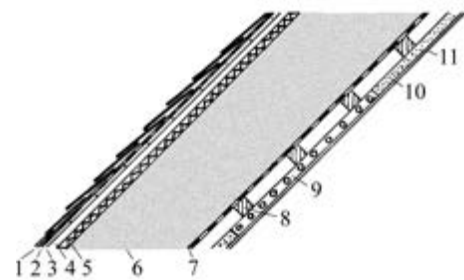


ANWENDUNGSBEISPIEL 7: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG

Zwischensparrendämmung Zellulose-Einblasdämmung WLG 040 Dicke in mm	Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte WLG 040 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
140	22	0,27	6,8
180	22	0,22	8,3
220	22	0,19	9,7
140	35	0,25	7,5
180	35	0,21	9,0
220	35	0,18	10,3
140	60	0,21	8,8
180	60	0,18	10,2
220	60	0,15	11,7

Beispiel

Ehemaliges Floßherrenhaus in Koblenz am Rhein (erbaut 1679–1681): Dachsanierung mit Zollosedämmung, Wandheizung und Lehmputz; Planung und Ausführung: Gerd Meurer, Natürliches Bauen, Koblenz



- 1 Naturschiefer-Dacheindeckung
- 2 Bitumenpappe besandet
- 3 Schalung Rauspund 22 mm
- 4 Lattung 22/48 mm
- 5 Holzweichfaserplatte WLG 040 22 mm
- 6 Zellulose-Einblasdämmung 220 mm
- 7 Dampfbremspappe $s_d = 3,0$ m
- 8 Lattung 48/24 mm
- 9 Wandheizung WEM-Klimaelement 25 mm
- 10 WEM-Lehmputzplatte als Ausgleich 25 mm
- 11 Lehmputz 5 mm

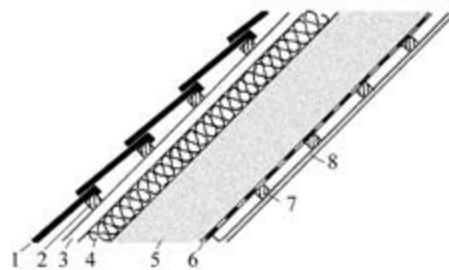


ANWENDUNGSBEISPIEL 8: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG

Zwischensparrendämmung Zellulose-Einblasdämmung WLG 040 Dicke in mm	Aufsparrendämmung Holzfaserdämmplatte WLG 045 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
120	60	0,25	9,8
140	60	0,23	10,5
160	60	0,21	11,2
120	80	0,22	11,2
140	80	0,20	11,8
160	80	0,19	12,5
120	100	0,20	12,5
140	100	0,19	13,2
160	100	0,17	13,8

Beispiel

Dachausbau mit Holzfaserplatten und Zellulose-Einblasdämmung. Planung und Ausführung: Bernhard Kolb



- 1 Dacheindeckung
- 2 Ziegellattung
- 3 Konterlattung
- 4 Holzweichfaserplatte 60 mm
- 5 Zellulose-Einblasdämmung 160 mm
- 6 Dampfbremse faserarmiert, feuchteadaptiv
- 7 Lattung
- 8 Gipskartonplatte 12,5 mm



ANWENDUNGSBEISPIEL 9: ZWISCHENSPARRENDÄMMUNG + AUFSPARRENDÄMMUNG

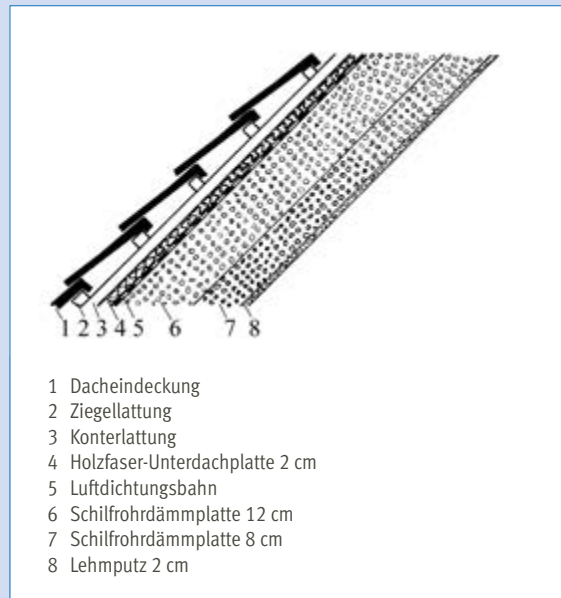
	Aufsparrendämmung Schilfrohrdämmplatten WLG 055 Dicke in mm	Zwischensparrendämmung Schilfrohrdämmplatten WLG 055 Dicke in mm	U-Wert in $W/(m^2 \cdot K)$	Hitzeschutz in Std.
mit Unterdach/20 mm Holzfaserdämmplatte WLG 045	120	0	0,35	7,5
	160	0	0,28	9,5
	200	0	0,23	11,5
	120	80	0,24	11,7
	160	80	0,20	13,7
	200	80	0,18	15,7

Beispiel

Altes Schulhaus in Murrhardt-Murrhäre: Dachdämmung mit Schilfrohrplatten, Innenputz mit Lehm; umlaufende Sockelheizung im Dachgeschoss; Planung: Rolf Canters, Murrhardt-Murrhäre



Einblasdämmung mit Zellulose



80 mm Schilfrohrplatten als Zwischensparrendämmung und Putzträger für Lehmputz (der zugleich als Brandschutz dient)



Dacheindeckung mit naturroten Falzziegeln



Gaubeneindeckung mit Edelstahlblech

Dacheindeckung

Für die Dacheindeckung steht eine große Anzahl an Materialien zur Auswahl:

- Tonziegel
- Betonsteine
- Faserzementplatten
- Metallbleche
- Pappen, Folien

Dazu kommen Rohmaterialien aus der Natur wie:

- Holzschindeln
- Reet, Stroh
- Natursteinplatten (Schiefer, Kalk, Granit etc.)

Bei einer Dacherneuerung kommen in der Regel wieder die bereits verlegten Materialien zum Einsatz. Sind bei einem Ziegeldach nur einzelne Platten beschädigt, lassen sich diese austauschen, ohne dass gleich das ganze Dach entsorgt werden muss. Für nahezu jedes Plattenformat findet sich beim Baustoffhändler adäquater Ersatz.

Ziegeldach

Klassisches Eindeckungsmaterial für ältere Bauwerke sind Biberschwanzdachziegel. Weil für deren Verlegung eine Dachneigung von mindestens 40° erforderlich ist, wurden Falzziegel entwickelt, die auch bei 18° Dachneigungen noch ein dichtes Dach ergeben.

Neben Dachziegeln aus gebranntem Ton haben sich Dachplatten aus Beton durchgesetzt. Sie sind ähnlich lange haltbar wie Tonziegel und auch ästhetisch kaum noch von Tonziegeln zu unterscheiden. Und es gibt sowohl für Tonziegel als auch für Betondachsteine Platten mit natureplus-Zertifikat.

Entscheidend für eine lange Lebensdauer von Platteneindeckungen ist eine gute Hinterlüftung. Seit Dachräume unter Satteldächern ausgebaut und gedämmt werden, ist die natürliche Belüftung der Dachhaut von innen stark eingeschränkt. Der Belüftungsraum hat sich auf den schmalen Spalt zwischen Unterdach (Unterspannbahn) und Dachhaut reduziert, gebildet aus Lattung und Konterlattung. Für eine funktionierende Belüftung müssen dann Öffnungen an der

Traufe sorgen, versehen mit Insektengitter als Schutz gegen unliebsame Gäste. Ebenso sind am First entsprechend ausgeformte Bauteile für den Luftauslass anzubringen.

Dächer sind der Bewitterung ausgesetzt und das sieht man ihnen mit der Zeit an. Tonziegel werden vor allem von der Schwarzalge heimgesucht, Betondachsteine von Flechten und Moos. Vielen Bauherren ist ein schönes, stets geschneigelt und gestriegelt aussehendes Dach sehr wichtig. Im Internet finden sich deshalb seitenweise gut gemeinte Tipps und Tricks, wie ein Dach mit Chemikalien und Dampfstrahler attackiert, oder schlimmer noch mit Lacken beschichtet und auf Hochglanz gebracht werden kann. Der Umwelt tut dies nicht gut, und von großer Dauer ist die Verschönerungsaktion auch nicht.

Pfiffige Hersteller bieten engobierte oder glasierte Ziegel an, die optisch immer wie neu aussehen sollen. Doch diese Oberflächenbeschichtungen können sich auf das Feuchteverhalten des Ziegels negativ auswirken, bauphysikalisch funktionieren sie wie eine Dampfbremse – und das auf der Außenseite, also der falschen Seite des Bauteils. Typische Frostschäden wie Abplatzungen sind dann die Folge. Deshalb sollte man besser der Natur ihren Lauf lassen, d.h. den naturroten Tonziegel ohne Beschichtung bevorzugen und in Würde altern lassen.

Blecheindeckung

Bleche finden sich an nahezu jedem Dach in Form von Blechanschlüssen an Gauben, Giebeln, Kaminen sowie Schutzüberzug von Giebel- und Traufbrettern und für Dachwasserabläufe. Wegen seiner Haltbarkeit gilt Kupferblech als altbewährtes Material, daneben Zinkblech. Beide Materialien geben an das Dachablaufwasser Metallionen ab, die sich dann in der Umwelt anreichern. Vor allem Kupferionen werden von den Gesundheitsbehörden nicht gern im Trinkwasser gesehen. Wesentlich neutraler verhält sich Blech aus Edelstahl. Mit einem hauchdünnen Zinnüberzug versehen wird es für Dacheindeckungen und -abläufe unter der Markenbezeichnung „Uginox“ angeboten. Der Zinnüberzug nimmt dem Edelstahl seinen aufdringlichen Glanz und verhilft dem Metall rasch zu einer silbergrauen Patina, weshalb Uginox zunehmend auch von Denkmalschützern akzeptiert wird.

15 WISSENSWERTES

Historische Baumaterialien und ihre Weiterentwicklung

In viel stärkerem Maße als heute wurden bei historischen Bauten örtlich vorhandene, bodenständige Materialien verwendet. Allein schon aus Kostengründen schieden Baustoffe aus entfernten Gegenden wegen der langen Transportwege aus. Nur Betuchte konnten sich beispielsweise Marmor aus Italien leisten. Mit den lokal verfügbaren Baustoffen und dem tradierten Fachwissen der ansässigen Handwerker entstanden den örtlichen Gegebenheiten angepasste Baukörper. Heute ist dieses Wissen zum Teil verloren gegangen, neu entwickelte Bautechniken mit neu kreierten Baustoffen treten an die Stelle traditioneller Bauweisen. Sollen alte Bauweisen nun wiederbelebt oder ergänzt oder Bauteile materialgerecht ausgebessert werden, sind Kenntnisse im Umgang mit den tradierten Bauweisen und Baumaterialien erforderlich.

Naturstein

Natursteine wie z.B. Granit, Bims, Sandstein oder Kalkstein wurde für Fundamente, Sockel, Keller und Formsteine verwendet; auch Außenmauern, Treppen und Bodenbeläge wurden daraus hergestellt. Natursteine sind massiv, d.h., sie haben eine hohe Rohdichte, sind gute Wärmespeicher, aber auch gute Wärmeleiter, sodass gegen den Außenbereich wärmeschutztechnische Maßnahmen erforderlich sind.

Fast alle Natursteine, mit Ausnahme von Basalten, sind der Zerstörung durch Umwelteinflüsse und Verschmutzungen mehr ausgesetzt als jedes andere Baumaterial. Die natürlichen Bausteine werden nach ihrer Entstehung eingeteilt.



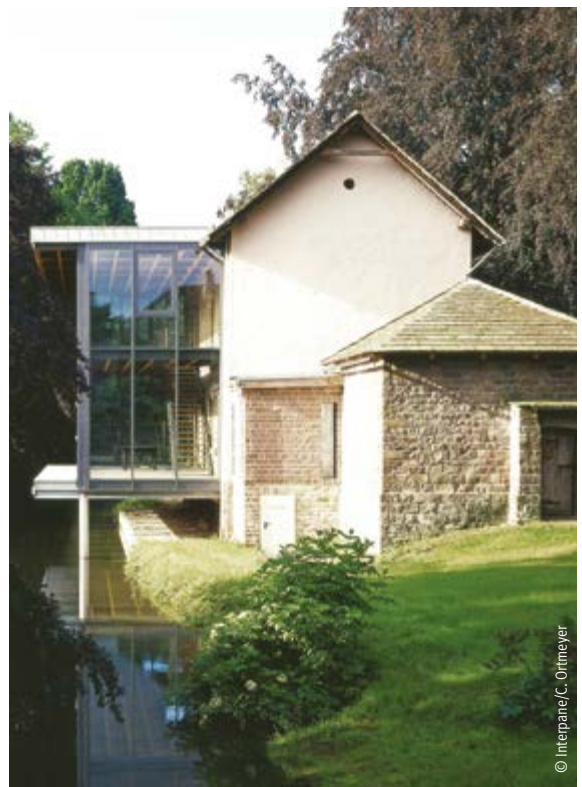
Marmorsteinbruch



Bruchsteinwand



Mauerwerk aus Tuffstein, Fenster- und Türstürze aus gebranntem Ziegel



Natursteinmauerwerk, teilweise verputzt; Dacheindeckung in Buntsandstein



Lehmauftrag auf Wandheizung

Lehm

Als Ton bezeichnet man die Verwitterungsrückstände tonerhaltiger Silikate, besonders der Feldspate. Lehm ist ein durch Eisenverbindungen gelb bis braun gefärbter sandhaltiger Ton.

Ungebrannter Lehm wurde als natürlicher Baustoff in vielen Kulturen verwendet. Er war in Mitteleuropa bis ins 19. Jahrhundert noch ein weit verbreiteter Baustoff. Zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Lehmbauweise endgültig durch Mauerwerks- und Betonbau verdrängt. Die traditionelle Lehmbauweise ist heute auf wenige Bauten (z. B. Denkmalschutz) beschränkt oder wird mit neuen Techniken ausgeführt. Historische Anwendungsbereiche für Lehmstoffe sind:

- Lehmsteinbau, Lehmstampfbau, Mauerwerk mit Lehmörtel;
- Ausfachung von Holzfachwerk;
- Füllungen in Holzbalkendecken und Dächern;
- Lehmputz, Lehmörtel.

Faserlehm oder Strohlehm (Rohdichte 1.200–1.700 kg/m³) ist für vorgefertigte Bauteile geeignet, wie z. B. Lehmsteine, Lehmbohlen, Geschossdecken.

Leichtlehm (Rohdichte 300–1.200 kg/m³) ist ein Gemisch aus Lehm und leichten Gesteinskörnungen (Blähglas, Blähglimmer, Blähperlit, Blähton, Naturbims) mit anderen Beigaben und wird heute für unbelastete Wände oder Decken sowie Skelettbauten eingesetzt.

Lehmstroh (Rohdichte 150–300 kg/m³) kann für dämmende Ausfachungen (Fachwerkbau) eingesetzt werden. Lehmstoffe mit natureplus-Siegel (www.natureplus.org) sind verfügbar.

Stroh

Stroh fällt bei der Getreideverarbeitung in Form von gepressten Ballen als Abfallprodukt an. Wachsende Bedeutung erlangen Strohballen als preiswertes Dämmmaterial vor allem bei der Wand- und Deckendämmung im Hallenbau. Hier können die Strohballen einfach in vorbereitete Hohlräume geschichtet werden und erreichen Dämmwerte auf dem Niveau eines Passivhauses.



Reetdachdecker bei der Arbeit



Innendämmung mit Schilfrohr-Dämmplatten

Schilfgras, Reet

Seit alters finden mit Draht geflochtene Schilfrohrmatten als Putzträger für leichte Wand- und Deckenkonstruktionen Anwendung. Wiederbelebt wird Schilfgras auch als Dacheindeckung vor allem im Norden Deutschlands, wo es in einer langen Tradition das typische Reetdachhaus prägt. Insbesondere bei der ökologischen Altbausanierung werden zu 2 und 5 cm Dicke gebündelte Schilfrohrplatten eingesetzt. Die Platten können im Außen- und Innenbereich als Wärmedämmstoff verwendet werden und dienen gleichzeitig als Putzträger.

Wegen der relativ hohen Brandgefahr wurde die Reetdeckung von der Ziegeldeckung verdrängt. Neuere Forschungen haben jedoch zu Imprägniermitteln geführt, die die Brennbarkeit von Schilfrohr sehr stark herabsetzen, ohne optisch in Erscheinung zu treten.

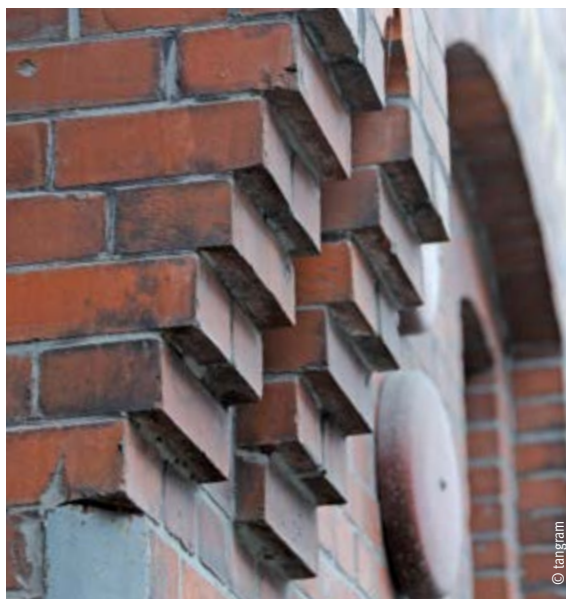
Ziegel

Gebannter Ton ist der älteste künstlich hergestellte Werkstoff (erste Ziegel in ägyptischen Bauwerken ca. 3.500 v. Chr.). Im deutschsprachigen Raum wurde der Ziegelbau von den Römern eingeführt. Er verdrängte seither nach und nach die ursprüngliche Holz- bzw. Holz-Lehm-Bauweise. Der Einsatz des Ziegels als Wand- und Dachbaustoff ist lokal unterschiedlich durch das Rohstoffvorkommen geprägt. So wird im gesamten norddeutschen Raum, sofern sich kein Natursteinvorkommen findet, der Ziegel als universeller Wandbaustoff und als Deckungsmaterial eingesetzt.

Ziegel werden aus Ton, Lehm oder tonigen Massen mit oder ohne Zusatzstoffe geformt, getrocknet und gebrannt. Dabei beeinflusst die Brenntemperatur die Eigenschaften des Ziegels. Klinker wird bis zur Sintergrenze gebrannt, wodurch eine glasartige Struktur entsteht. Damit ist die Wasseraufnahme des Steines deutlich reduziert. Klinker eignen sich deshalb bevorzugt als Vorsatzschale gegen Schlagregen. In regenreichen Gebieten prägen daher Klinkerfassaden heute noch das städtebauliche Erscheinungsbild. Aufgrund der geringen Wärmedämmeigenschaften verschwinden Klinkerfassaden in den letzten Jahren zunehmend unter einem uniformen Dämmmantel.



Verschiedene Ziegelformate



Detail eines Ziegelmauerwerks

Porosierter Ziegel

Porosierter Mauerziegel sind Leichtziegel und werden durch Zugabe von Porosierungsmitteln hergestellt. Sie besitzen gegenüber Mauerziegeln verbesserte Wärmedämmeigenschaften und können den Anforderungen an die Wärmedämmung auch bei einschaligen Außenwänden Rechnung tragen.

In der Vergangenheit standen die Porosierungsmittel vielfach in der Kritik. Als Porenbildner beim Ziegelbrand kommen Polystyrolkugeln, Holzfasern, Sägemehl und/oder Papierfasern zum Einsatz. Sie bilden Hohlräume, was zur verbesserten Wärmedämmung der Ziegel führt. Rückstände aus der Verbrennung sind im Ziegel nicht nachweisbar. Eine Reihe porosierter Ziegel tragen das Label anerkannter Baustoffzertifizierer, u. a. das natureplus-Zeichen.

Kalksandstein

Kalksandsteine werden aus den Rohstoffen Kalk und Sand hergestellt, unter Wasserzusatz nach intensivem Mischen verdichtet, geformt und unter Dampfdruck gehärtet. Kalksandsteine weisen ein geringes Wärmedämmvermögen (hohe Wärmeleitfähigkeit) auf. Eine Ausnahme ist Kalksand-Leichtstein. Wesentliche Bedeutung kommt den KS-Steinen wegen des guten Schallschutzes und der hohen Wärmespeicherkapazität zu.

Porenbetonstein

Rohmaterialien sind quarzhaltiger Sand, Kalk und Zement. Die Ausgangsstoffe werden geschäumt und unter Dampfdruck gehärtet. Die leichten Steine und Platten lassen sich auch vom versierten Laien verarbeiten und sind im Altbau u. a. als ergänzender Wärmeschutz bei der Innendämmung einsetzbar. Einige Porenbetonprodukte tragen das natureplus-Siegel.

Beton

Beton ist einer der ältesten Baustoffe der Welt. Schon die Römer errichteten daraus beeindruckende Bauwerke, wie z. B. Viadukte und Kuppeln. Sie fertigten ihren Beton aus gebranntem Kalk, Wasser und Sand. Heute wird Beton aus Zement, Kies, Sand und Wasser hergestellt. Hierzulande gehört Beton zu den jüngeren Baustoffen. Seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert findet er sich im Wohnungsbau vor allem in Fundamenten, Bodenplatten und Geschossdecken. Die Stahlbetondecke löste u. a. die traditionelle Holzbalkendecke ab.

Beton verdankt seinen schlechten Ruf seiner grauen, kalten Anmutung. Doch Beton ist ein so vielseitiger Werkstoff, dass sich Nachteile durch technische und ästhetische Gestaltungsmittel jederzeit ausgleichen lassen. Nicht leugnen lässt sich hingegen die Tatsache, dass die Beton- bzw. die Zementherstellung weltweit zu den größten Erzeugern von Treibhausgasen zählt. Für 5–7 % aller CO₂-Emissionen ist die Zementproduktion verantwortlich. Damit sind Zementfabriken nach Kraftwerken und Fahrzeugen drittgrößter

CO₂-Emittent der Welt. Hauptsächlich stammt das Kohlendioxid aus dem Kalkstein selbst (beim Erhitzen entweicht CO₂ = Dekarbonatisierung), der Rest kommt aus dem Schornstein (aus Brennstoffen). Zur Minderung der CO₂-Emissionen sowie zur Schonung der Ressourcen sind also dringend Alternativen gefragt.

Betonsparende Bauweisen

Betonbauteile sind häufig überdimensioniert, weil exakte statische Berechnungen fehlen. Auch Zusatzstoffe und Zusatzmittel zur Qualitätsverbesserung des Betons können Masse einsparen. Eine noch junge Technologie „streckt“ den Beton mit Hohlräumen aus Recyclingkunststoff (www.cobiax.ch). Das spart nicht nur Betonmasse, sondern auch Baustahl. Betone für Außen- und Innenwände können durch Mauerwerk oder besser noch durch Holzbauweisen ersetzt werden. Zementestrich lässt sich durch Trockenbauelemente aus natürlichen und nachwachsenden Rohstoffen ersetzen.

Nicht selten fallen alte, noch funktionsfähige Holzbalkendecken dem Abbruch zum Opfer und werden durch zeitgemäße Betondecken ersetzt. Dabei können auch Holzbalkendecken so aufgewertet werden, dass sie schall- und brandschutztechnisch hohen Anforderungen entsprechen.

Nicht ersetzen lässt sich Beton dagegen bei Gründungen, Fundamenten und Bodenplatten. Hier, wie immer wieder zu hören, aus ökologischen Gründen Beton z. B. durch Ziegel zu ersetzen, ist kontraproduktiv und zieht eher Bauschäden nach sich, als dass es dem Bauwerk oder der Ökologie nützt.

Öko-Beton

Bei der Herstellung von sogenanntem Öko-Beton wird der Zementanteil im Beton durch Ersatzstoffe so weit wie möglich reduziert. Mit hydraulischen Grundkomponenten wie Hüttensand und Flugasche können bis zu 90 % des Zementanteils substituiert werden. Zudem werden dadurch Ressourcen geschont, da diese Ersatzstoffe bei der Stahlerzeugung bzw. der Rauchgasentschwefelung quasi als Abfallprodukte anfallen. Eine weitere Alternative zum herkömmlichen Zement ist sogenannter Öko-Zement.

Ökozement-Beton

Gegenüber herkömmlichem Zement können die CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Öko-Zement erheblich gesenkt werden. Das neuartige Bindemittel Celitement® funktioniert auf dieselbe Weise wie bisher bekannte Zemente: Es verbindet Kies, Sand und Wasser zu einem qualitativ hochwertigen Zement. Bei seiner Herstellung können die CO₂-Emissionen um bis zu 50 % gesenkt werden. Dank der kalkarmen Celimente haben Betone einen niedrigen pH-Wert. Das erlaubt es möglicherweise, den teuren Rohstoff Stahl, der bisher zur Stabilisierung des Betons notwendig ist, zumindest teilweise durch nachwachsende Rohstoffe wie z. B. Zellulosefasern zu ersetzen.

Bio-Beton/Kalk-Beton

Hier dient als Zuschlagmaterial gebrochener Kalkstein anstelle von Quarzkies. Insbesondere der gelbe Jurakalk erfreut sich bei den Radiästheten einer großen Beliebtheit. Nach deren Ansicht hat er eine für Mensch und Tier viel angenehmere Eigenstrahlung.

Recycling-Beton

Mit dem Abbau von Kies und Sand für die Betonherstellung ist ein großer Landschafts- und Ressourcenverbrauch verbunden. Vielerorts grenzen Kies- und Sandgruben an schützenswerte Landschaften, eine Erweiterung der Abbauflächen bereitet Probleme. Andererseits fallen jährlich Hunderttausende Tonnen Beton- und Mauerwerksabbruch an. Da liegt es nahe – allein schon zur Entlastung der überquellenden Bauschuttdeponien – den Abbruch als Ersatz für Naturkies zu nutzen. Sowohl aus reinem Betongranulat als auch aus Granulat aus Mischabbruch (Mauersteine, Mörtel, Putz etc.) lassen sich Betone für nahezu alle Anwendungen im Hochbau herstellen.

Zement

Zement wird durch Brennen aus Kalkstein und Ton hergestellt. Anwendung findet er vor allem zur Herstellung von Beton, Zementmörtel und Zementputz. Zementmörtel besitzt eine hohe Festigkeit und Witterungsbeständigkeit. Anwendungsbereiche sind vor allem Fundamentmauern und Sockel. Hier bietet Zement den Vorteil, selbst unter Wasser zu erhärten und fest zu bleiben. Ansonsten sorgt Zement auch in Kalkzementmörteln und -putzen für mehr Festigkeit.

Kalk (Baukalk)

Er kann aus Luftkalk oder hydraulischen Kalken hergestellt werden. Luftkalk wird aus Kalkstein gewonnen, der bei 900°C gebrannt wird. Beim Brennen entweicht Kohlendioxid, man erhält Calciumoxid. Beim Löschen mit Wasser entsteht Sumpfkalk (Calciumhydroxid). Luftkalk erhärtet, in-

dem er sich mit dem Kohlendioxid aus der Luft verbindet. Was die CO₂-Abgabe beim Brennen und die CO₂-Aufnahme beim Erhärten anbelangt, ist die CO₂-Bilanz bei Luftkalk ausgeglichen. Luftkalk lässt sich somit umweltverträglicher herstellen als Zement und hydraulischer Kalk.

Gips

Rohstoffbasis für Gipsprodukte ist Naturgips oder REA-Gips. Zur Schonung der natürlichen Gipsressourcen bzw. der schützenswerten Gipskarstlandschaften sollte REA-Gips bevorzugt werden. Wie wissenschaftliche Untersuchungen beweisen, gibt es keine Vorbehalte bezüglich der Reinheit von REA-Gips. Leider erhält der Verbraucher keinen Hinweis, aus welchen Quellen der Rohstoff des jeweiligen Gipsproduktes stammt. Angebotene Zertifizierungen für REA-Gips haben die Hersteller bislang ausgeschlagen, um Naturgipsprodukte nicht zu diskreditieren.

Gips findet eine breit gefächerte Anwendung in Bauprodukten, z. B. als Putzgips, Stuckgips, Ansetzgips, Estrichgips, Fugen- und Spachtelgips sowie für Gipskartonplatten/ Gipsfaserplatten und Wandbauplatten. Vermeiden sollte man die Anwendung von Gipsprodukten in Bereichen, die von Durchfeuchtung bedroht sind. Zu beachten ist: Gips hat zwar feuchtigkeitsausgleichende Eigenschaften, bei zu viel Feuchtezufuhr „ersäuft“ er jedoch.



Mit reinem Kalkmörtel verputzte Fassade



Gips wird mit einer Zahnkelle aufgetragen.



Holz im Außenbereich als Terrassenbelag und Gebäudeverschalung

Holz

Holz ist ein vielseitiger und seit Jahrhunderten eingesetzter Baustoff. Traditionell verwendet als Konstruktionsbaustoff wird Holz vor allem als Tragwerk bei Dächern und Decken sowie im Fachwerkbau. Im Innenausbau, bei Fenstern und als Wand- und Deckenverkleidung sowie bei Bodenbelägen bewährt sich Holz ebenfalls seit alters und kann sich, auch dank moderner Verarbeitungstechniken, weiterhin ungebrochen am Markt behaupten.

Neben der leichten Verarbeitbarkeit, dem geringen Gewicht und der guten Tragfähigkeit (Druck, Zug, Biegung) besitzt Holz relativ gute Wärmedämmeigenschaften und eine gute Dampfdiffusionsfähigkeit. Allerdings ist Holz anfällig für Fäulnis, Pilzbefall und Schädlinge und erfordert deshalb einen konstruktiv einwandfreien Einbau, bei dem ein möglichst ungehinderter Luftaustausch stattfinden kann („konstruktiver Holzschutz“).



Holz im Boden- und Deckenbereich

ÜBERSICHT ZU VERSCHIEDENEN AM BAU VERWENDBAREN MATERIALIEN

Material	Zusammensetzung und Entstehung	Anwendungsbereich	Bauphysikalische Eigenschaften
Naturstein Erstarrungsgestein <i>(erstarrtes schmelzflüssiges Magma):</i> <ul style="list-style-type: none"> Granit, Syenit 	<ul style="list-style-type: none"> langsame Abkühlung, körnig bzw. grobkörnig, keine Schichtung 	<ul style="list-style-type: none"> Gründungen Mauerwerk Gewölbe und Bögen Werksteinteile wie Gewände, Stützen, Säulen, Stufen u. a. Bodenbeläge, Pflaster, Deckenschüttungen 	differierend je nach Entstehungsart: <ul style="list-style-type: none"> Wärmeleiter langsame Austrocknung nach Wasseraufnahme Wärmespeicher
<ul style="list-style-type: none"> Basalt, Bimsstein, Tuffstein 	<ul style="list-style-type: none"> schnelle Abkühlung, feinkörnig oder glasiert, auch Lockerprodukte 		
Naturstein Sedimentgestein <i>(Ablagerung an der Erdoberfläche aus Zerstörung anderer Gesteine):</i> <ul style="list-style-type: none"> Sandsteine, Tonschiefer, Ton, Lehm, Schotter, Kies 	<ul style="list-style-type: none"> Verwitterungsrestbildungen, Trümmergestein (physikalische Zerstörung, Zerkleinerung) 	<ul style="list-style-type: none"> Gründungen Mauern Gewölbe, Bögen Werksteinteile Dachdeckung Bodenbeläge, Platten Wand- und Deckenfüllungen 	
<ul style="list-style-type: none"> Kalkstein, Dolomit, Anhydrit, Gips, Bitumen, Harze 	<ul style="list-style-type: none"> Verwitterungsneubildungen (chem. Zersetzung und Umwandlung mit teilweise hohem Gehalt an Organismen) 	<ul style="list-style-type: none"> Putz, Stuck Anstriche 	<ul style="list-style-type: none"> z. T. hygroskopisch
Naturstein Umwandlungsgestein	<ul style="list-style-type: none"> Umwandlung von Gefüge oder Mineralbestand durch Temperatur- oder Druckveränderung in der Erdkruste 	<ul style="list-style-type: none"> Dachdeckung Bodenbeläge Wandverkleidungen 	differierend je nach Entstehungsart: <ul style="list-style-type: none"> Wärmeleiter langsame Austrocknung nach Wasseraufnahme Wärmespeicher
Lehm	<ul style="list-style-type: none"> magerer, sandhaltiger Ton Verwitterungsrückstand tonerdehaltiger Silikate durch Eisenverbindungen gelb bis braun gefärbt 	<ul style="list-style-type: none"> Lehmsteine Lehmwände (Stampflehm) Lehmbewurf bei Fachwerkausfachungen Strohhäcksel-Lehm-Gemisch) Lehmschlag bei Holzbalkendecken Lehmestrich als Fußboden in Keller, Küche, Stall und Nebenräumen Lehmbauplatten Lehmputz 	<ul style="list-style-type: none"> gute Schalldämmung dampfdiffusionsfähig kapillaraktiv nicht brennbar Wärmeleitfähigkeit λ : Leichtlehm <ul style="list-style-type: none"> 0,17 W/(m · K) (bei $\leq 600 \text{ kg/m}^3$) 0,47 W/(m · K) (bei $\leq 1.200 \text{ kg/m}^3$) Strohlehm <ul style="list-style-type: none"> 0,59 W/(m · K) (bei $\leq 1.400 \text{ kg/m}^3$) 0,73 W/(m · K) (bei $\leq 1.600 \text{ kg/m}^3$) Massivlehm <ul style="list-style-type: none"> 0,91 W/(m · K) (bei $\leq 1.800 \text{ kg/m}^3$) 1,13 W/(m · K) (bei $\leq 2.000 \text{ kg/m}^3$)
Ziegel	<ul style="list-style-type: none"> Ton, Lehm oder tonige Massen mit oder ohne Zusatzstoffe (abhängig von lokalen Gegebenheiten) Brenntemperatur 950–980 °C 	<ul style="list-style-type: none"> tragendes und nicht tragendes Mauerwerk (Außen- und Innenwände) Gewölbedecken Ziegeldecken Dachdeckungen Pflasterungen 	<ul style="list-style-type: none"> witterungsbeständig diffusionsfähig gute Austrocknung gute Wärmespeicherung schalldämmend nicht brennbar

	Baubiologische Bewertung	Besonderheiten	Auf tretende Schäden
	<ul style="list-style-type: none"> • geringe oder gar keine Dampfdiffusion • kühles, zum Teil feuchtes Raumklima ohne kurzzeitige Schwankungen • je nach Gesteinsart und Herkunft teilweise radioaktiv (z. B. Granit, Basalt, Bims, Tuff) 	<ul style="list-style-type: none"> • Witterungsschäden (Frostsprengung, Winderosion) • Wasserschäden (Bindemittelerweichung, Ausblühung) • Bildung von Mauersalpeter u. a. bei kalkhaltigen Gesteinen durch Ammoniak und Humussäuren • Ausblühungen und Zerstörung des Steingefüges (vor allem bei Kalkstein, daneben bei vielen Sandsteinarten) durch schwefelsäurehaltigen Niederschlag aus Rauchgasen • Brandeinwirkung • Sprengwirkung durch rostende Dübel oder Klammern • Absprengungen durch ungeeignete Mörtel und Putze 	
	<ul style="list-style-type: none"> • diffusionsfähig • entgiftende, luftreinigende Wirkung • geringer Herstellungsenergiebedarf • nicht radioaktiv • elektrisch neutral 	<ul style="list-style-type: none"> • in ungeschützter Form nicht witterungsbeständig • schrumpft bei Austrocknungsprozess nach Verarbeitung (je tonhaltiger, desto stärker) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufquellen bis zur Auflösung bei Feuchtigkeitsanfall • mechanisch leicht zu beschädigen • Feuchtigkeitsschäden unter nicht ausreichend diffusionsfähigen Putzen und Anstrichen • in feuchtem Zustand frostempfindlich
	<ul style="list-style-type: none"> • elektrisch neutral • diffusionsfähig • wärmespeichernd • gute Austrocknung • schalldämmend • gutes Raumklima 	<ul style="list-style-type: none"> • bei Mauerziegeln wegen Kapillarität Schutz vor Durchfeuchtung erforderlich • historischer Dachziegel (Handstrichziegel) häufig sehr lange Gebrauchsdauer 	<p>historischer Ziegel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brennfehler (Schwachbrand, Risse, Deformierung) • Ausblühungen, Absprengungen durch schädliche Beimengungen (Kalkknollen) oder nachträgliches Einspülen von Kalk (aus Mörtel), Salzen

Material	Zusammensetzung und Entstehung	Anwendungsbereich	Bauphysikalische Eigenschaften
Klinker	<ul style="list-style-type: none"> Brenntemperatur 1.150–1.300 °C 	<ul style="list-style-type: none"> Vormauerungen Sichtmauerwerk hochbeanspruchte Wände Pflasterungen 	<ul style="list-style-type: none"> frostbeständig unempfindlich gegen Schlagregen gering diffusionsfähig geringe Wasseraufnahmefähigkeit schalldämmend nicht brennbar
Porosierter Ziegel	<ul style="list-style-type: none"> Ton, Lehm, Mergel Porosierungsmittel als Zusätze 	<ul style="list-style-type: none"> tragendes und nicht tragendes Mauerwerk (vorwiegend Außenwände) Ziegeldecken 	<ul style="list-style-type: none"> gute Wärmedämmung gute Wärmespeicherung schalldämmend nicht brennbar
Kalksandstein (KS)	<ul style="list-style-type: none"> Quarzsand, Kalk und Wasser, unter Dampfdruck bei 160–220 °C gehärtet 		<ul style="list-style-type: none"> elektrostatisch neutral gering diffusionsfähig feuchteunempfindlich wärmedämmend schalldämmend gering wärmedämmend (Ausnahme: Kalksand-Leichtstein) nicht brennbar
Porenbetonstein (Markennamen Hebel, Ytong, Porit u. a.)	<ul style="list-style-type: none"> quarzhaltiger Sand, Kalk, Zement und Wasser, mit Porosierungsmittel geschäumt und bei 180–200 °C gehärtet 		<ul style="list-style-type: none"> gute Wärmedämmung eher geringer Schallschutz wegen geschlossenzelliger Struktur großes Wasseraufnahmevermögen, aber geringes Feuchtigkeitsabgabevermögen Druckfestigkeit vergleichsweise gering hoher Brandschutz
Beton	<ul style="list-style-type: none"> Sand/Kies, Zement und Wasser, Erhärtung durch Hydratation 		<ul style="list-style-type: none"> gute Wärmespeicherung guter Schallschutz hohe Druckfestigkeit geringes Wasseraufnahmevermögen geringes Feuchtigkeitsabgabevermögen gering wärmedämmend nicht brennbar
Zement	<ul style="list-style-type: none"> hergestellt durch Brennen von Kalkstein und Ton 		<ul style="list-style-type: none"> hohe Festigkeit hohe Witterungsbeständigkeit
Kalk	<ul style="list-style-type: none"> hergestellt aus Kalkstein/Kalkmergel 		<ul style="list-style-type: none"> feuchteregulierend desinfizierend
Gips	<ul style="list-style-type: none"> hergestellt aus Naturgips oder REA-Gips (Gips aus Rauchgasentschwefelungs-Anlagen der Kohlekraftwerke) 		<ul style="list-style-type: none"> kapillar-intensiv hohe Wasseraufnahme schnelle Feuchtigkeitsabgabe

	Baubiologische Bewertung	Besonderheiten	Auf tretende Schäden
	<ul style="list-style-type: none"> • elektrisch neutral • wärmespeichernd • schalldämmend 	<ul style="list-style-type: none"> • frostbeständig und schlagregenfest 	historischer Ziegel: <ul style="list-style-type: none"> • Brennfehler (Schwachbrand, Risse, Deformierung) • Ausblühungen, Absprengungen durch schädliche Beimengungen (Kalkknollen) oder nachträgliches Einspülen von Kalk (aus Mörtel), Salzen
	<ul style="list-style-type: none"> • elektrisch neutral • diffusionsfähig • wärmedämmend • wärmespeichernd • gutes Raumklima 	<ul style="list-style-type: none"> • verbesserte Wärmedämmeigenschaften • wegen Kapillarität Schutz vor Durchfeuchtung erforderlich • Niedrigenergiebauweise ohne Zusatzdämmung möglich 	
	<ul style="list-style-type: none"> • aus natürlichen Rohstoffen • elektrostatisch neutral • fäulnisresistent • feuchteregulierend • kalte Oberfläche • Radon-Exhalationsrate unbedenklich • lange Nutzungsdauer 	<ul style="list-style-type: none"> • für Außenwände nach dem Prinzip Funktionstrennung zusätzliche Wärmeschutzmaßnahmen erforderlich 	
	<ul style="list-style-type: none"> • warme Oberfläche • Radon-Exhalationsrate unbedenklich 	<ul style="list-style-type: none"> • geringes Gewicht • Niedrigenergiebauweise ohne zusätzliche Dämmmaßnahmen möglich • Außenwände unverputzt nicht witterungsbeständig • für Feuchträume nur bedingt geeignet 	
	<ul style="list-style-type: none"> • kalte Oberfläche • gering diffusionsfähig • hohe CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Zement 	<ul style="list-style-type: none"> • für Außenbauteile nach dem Prinzip Funktionstrennung zusätzliche Wärmeschutzmaßnahmen erforderlich • unverzichtbar für Bauteile unter Erde 	
	<ul style="list-style-type: none"> • hohe CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Zement 	<ul style="list-style-type: none"> • Zementputz: Schäden bei falschem Putzaufbau von hart nach weich 	
	<ul style="list-style-type: none"> • diffusionsfähig • feuchtigkeitsregulierend • wärmeregulierend • geruchsabsorbierend • desinfizierend • Luftkalk: CO₂-Herstellungsbilanz günstiger als bei Wasserkalk/Zement 	<ul style="list-style-type: none"> • als Kalkstein, Marmor (für Mauersteine, Bodenbeläge etc.): nicht genügend frostbeständig • Luftkalk, Kalkhydrat: ausgewaschene Fugen vor allem bei Fundamenten und Sockelmauerwerk durch Grundfeuchte und Oberflächenwasser 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Pufferwirkung zum Ausgleich der Raumluftfeuchte • bei chemisch hergestelltem Gips Radioaktivität • sehr gute Brandschutzeigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Anwendung im Außenbereich • nicht in Bereichen mit starker Dauerfeuchtaufnahme z. B. bei aufsteigender Grundfeuchte oder Schlagregendurchfeuchtung (Zerfall) • keine Eisen- oder Stahlverbindungen (wegen Rostbildung) 	

Material	Zusammensetzung und Entstehung	Anwendungsbereich	Bauphysikalische Eigenschaften
Holz	<ul style="list-style-type: none"> • Zellulose als Gerüst, Lignin als Kittsubstanz, Farb-, Gerb- und Imprägnierstoffe (Wachse, Harze) 		<ul style="list-style-type: none"> • wärmedämmend • diffusionsfähig • schalldämpfend
Weichholz z. B. Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche	<ul style="list-style-type: none"> • in der Regel schnellwüchsige Nadelhölzer 	<ul style="list-style-type: none"> • Dachkonstruktionen • Balkendecken • Fußbodendielen • Wandverkleidungen außen und innen • Dachdeckungsmaterial • Blockbauten • Bohlenständerbauten • Holzrahmenbauten • Fenster und Türen • Holzbauplatten • Wärmedämmstoffe 	
Hartholz z. B. Eiche, Buche, Ahorn	<ul style="list-style-type: none"> • meist Laubhölzer, oft enge Jahresringe (langsamer Wuchs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwerkkonstruktionen und Balkendecken (Eiche) • Dachstühle • Treppen • Parkett • Fenster 	
Stroh (langstielig oder als Strohhäcksel)	<ul style="list-style-type: none"> • trockene, fruchtentleerte Stängel des Getreides • Abfallprodukt des Getreideanbaus 	<ul style="list-style-type: none"> • Dachdeckung (nur noch selten) • als Strohhäcksel für Lehmbauweisen • als Strohwickel für Lehmfüllungen in Holzbalkendecken • Strohballen als Wärmedämmstoff 	<ul style="list-style-type: none"> • gute Wärme- und Schallisolierung • hohe Dampfdiffusionsfähigkeit
Schilfgras (Reet)	<ul style="list-style-type: none"> • getrocknete Schilfgrashalme von Gewässerrandzonen 	<ul style="list-style-type: none"> • Dachdeckungsmaterial • Schilfrohmatten als Putzträger • Schilfrohrplatten als Wärmedämmstoff 	

Quelle: Rau, O.; Braune, U.: Der Altbau

	Baubiologische Bewertung	Besonderheiten	Auf tretende Schäden
	<ul style="list-style-type: none"> • Feuchtigkeitspuffer • wärmedämmend • diffusionsfähig • frei von schädlichen Ausdünstungen (unbehandelt) • geringer Herstellungsenergieaufwand • elektrisch neutral • CO₂-neutral 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionsänderungen durch Wärme- und Feuchtigkeitseinfluss • Feuerwiderstand je nach Querschnittsstärke • gute Witterungsbeständigkeit bei konstruktivem Holzschutz • hohe Biegezugfestigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Fäulnis • Pilzbefall (Hausschwamm, Bläuepilze etc.) • Insektenbefall (Bockkäfer, Nagekäfer, Ameisen)
	<ul style="list-style-type: none"> • elektrisch neutral • diffusionsfähig • wärmedämmend 	<ul style="list-style-type: none"> • Lebensdauer ca. 25–30 Jahre <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Lebensdauer ca. 30–60 Jahre 	als Dachdeckungsmaterial: <ul style="list-style-type: none"> • Fäulnis • Bemoosung • Durchfeuchtung • evtl. Mäusefraß

16 ANHANG

Literatur- und Quellenverzeichnis

- AGÖF:** Ökologisches Bauen. Tagungsband der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V., Bremen 1999.
- AGÖF:** Umwelt, Gebäude & Gesundheit. Tagungsband der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V., Nürnberg 2001.
- Ahnert, R.; Krause, K. H.:** Typische Baukonstruktionen von 1860–1960. Band 1–3. Berlin: Verlag Bauwesen, 2000–2002.
- Balay, F. et al.:** Fachkunde Bau (mit CD-ROM). Für Maurer/-innen, Beton- und Stahlbauer/-innen, Zimmerer/-innen und Bauleiter/-innen. München: C. H. Beck, 2001.
- Brändle, E.:** Bauernhaussanierung. München; Wien; Zürich: BLV-Verlagsgesellschaft, 1988.
- Bruckner, H.; Schneider, U.:** Naturbaustoffe. Düsseldorf: Werner Verlag, 1998.
- Bruyere, C.; Inwood, R.:** Bauen mit der Natur. Frankfurt a. M.: Verlag Dieter Fricke GmbH, 1983.
- dena – Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.):** Modernisierungsratgeber Energie. Berlin 2010.
- Deutsches Fachwerکزentrum Quedlinburg e. V.:** Hilfe, ich hab ein Fachwerkhäus – Leitfaden für Bauherren und am Fachwerk Interessierte. Quedlinburg 2009.
- Drexel, T.:** Alte Häuser sanieren. München: Verlag Callwey, 1998.
- Dreyer, J. (Hrsg.):** Nachhaltige Instandsetzung. WTA-Schriftenreihe, Heft 20. Freiburg; Zürich: Aedificatio Verlag, 1999.
- Feist, W. (Hrsg.):** Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung. Protokollband Nr. 24, Darmstadt: Passivhaus Institut, 2003.
- Feist, W. (Hrsg.):** Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung. Protokollband Nr. 32, Darmstadt: Passivhaus Institut, 2005.
- Gabriel, I.; Ladener, H. (Hrsg.):** Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus- und Passivhaus. Staufen: ökobuch Verlag, 2008.
- Gänßmantel, J. (Hrsg.):** Ökologie und Bauinstandsetzen. WTA-Schriftenreihe, Heft 21. Freiburg; Zürich: Aedificatio Verlag, 2000.
- Gerner, M.:** Fachwerk; Entwicklung, Gefüge, Instandsetzung. München: DVA, 1998.
- Haas-Arndt, D.; Ranft, F.:** Altbauten sanieren – Energie sparen. Karlsruhe: Fraunhofer IRB Verlag, 2009.
- Häfele, G.; Oed, W.; Sabel, L.:** Hauserneuerung. Staufen: ökobuch-Verlag, 2008.
- Häfele, G.; Oed, W.; Sambeth, B. M. (Hrsg.):** Baustoffe und Ökologie. Tübingen; Berlin: Ernst Wasmuth Verlag, 1996.
- Hauser, G.; Höttges, K.; Otto, F.; Stiegel, H.:** Energieeinsparung im Gebäudebestand. Bauliche und anlagentechnische Lösungen. Hrsg.: Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V., Böhl-Iggelheim: Baucom Verlag für Marketing und Kommunikation, 2002.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.):** Wärmedämmung von Außenwänden mit der Innendämmung. Wissenswertes über die nachträgliche Dämmung bei Altbauten. Ausgabe 06/2005, Überarbeitung 11/2012, Wiesbaden 2012.
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie:** Ökologie der Dämmstoffe. Wien; New York: Springer Verlag, 2000.
- IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie:** Ökologischer Bauteilkatalog. Wien; New York: Springer Verlag, 2000.
- IHG – Interessengemeinschaft der Holzschutzmittelgeschädigten e. V.:** Sanierungsmaßnahmen in formaldehyd- und holzschutzmittelverseuchten Wohnungen und Häusern. Engelskirchen: Selbstverlag, 1991.
- Institut Wohnen und Umwelt GmbH:** Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, 2. Auflage, Dezember 2003.
- Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien; Tuschinski M.:** EnEV-online. <http://www.enev-online.de/>
- Katalyse e. V.:** Das Umweltlexikon. Köln: Verlag Kiepenheuer & Witsch, 1985.
- Keppler, M.; Lemcke, T.:** Mit Lehm gebaut. München: Blok Verlag, 1986.
- Kohl A.; Bastian K.; Neizel E.:** Baufachkunde 1. Grundfachkunde Bau. Stuttgart: B. G.Teubner Verlag, 1976.
- Kohl A.; Bastian K.; Neizel E.:** Baufachkunde 2. Fachkunde für Maurer Teil 1. Stuttgart: B. G.Teubner Verlag, 1976.
- Kolb, B.:** Handbuch für Natürliches Bauen. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller, 1984.
- Kolb, B.:** Beispiel Biohaus. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller, 1985.
- Kolb, B.:** 1.000 Tipps zum Bauen und Wohnen. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller, 1988.
- Kolb, B. (Hrsg.):** Bauen und Sanieren mit natürlichen Baustoffen. Kissing: Weka Baufachverlage, 1989.
- Kolb, B.:** Sonnenklar Solar. München: Blok Verlag, 1991.
- Kolb, B. (Hrsg.):** Wintergärten und Glasanbauten im Detail. Augsburg: Weka Baufachverlage, 1994.
- Kolb, B. (Hrsg.):** Aktueller Praxisratgeber für umweltverträgliches Bauen. Loseblattsammlung. Augsburg: Weka Baufachverlage, 1991–2001.
- Kolb, B.:** Nachhaltiges Bauen in der Praxis. München: Blok Verlag, 2004.
- Kolb, B.:** Zukunft Bauen – Altbauten fit machen für morgen. München: Blok Verlag 2005.

König, H. et al.: Legep-Software, Werkzeug für die integrierte Lebenszyklusanalyse. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

König, H.: Wärmedämmung vom Keller bis zum Dach. Schriftenreihe der Verbraucherverbände. Bonn 1996.

König, H.: Das Dachgeschoss 4. Aufl., Staufen: ökobuch Verlag, 1998.

König, H.: Wege zum gesunden Bauen. Staufen: ökobuch Verlag, 1998.

König, H.; Weissenfeld, P.: Holzschutz ohne Gift. Staufen: ökobuch Verlag, 2001.

Künzel, H.: Dachdeckung und Dachbelüftung. Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für die Praxis, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 1996.

Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW: Bauteilkosten im ökologisch orientierten Bauen. Aachen 1992.

Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW: Umweltbewusste Bauteil- und Baustoffauswahl. Aachen 1992.

Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW: Baustoffe unter ökologischen Gesichtspunkten. Aachen 1993.

Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW: Kostengünstig ökologisch planen und bauen. Aachen 1997.

Lorenz-Ladener, C.: Naturkeller. Staufen: ökobuch Verlag, 1990.

Meyer-Bohe, W.: Baukonstruktionen im Hochbau. Wiesbaden; Berlin: Bauverlag, 1987.

Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr NRW (Hrsg.): Typische Schadenspunkte an Wohngebäuden. Düsseldorf 1987.

Minke, G.: Lehm-Handbuch. Staufen: ökobuch Verlag, 1999.

Mittag, M.: Baukonstruktionslehre. Braunschweig: Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, 2000.

Neufert, E.: Bauentwurfslehre. Braunschweig: Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, 2000.

Neufert, P.; Neff, L.: Gekonnt planen – richtig bauen. Braunschweig: Verlag Vieweg & Sohn, 1997.

Niemeyer, R.: Der Lehm-Bau. Staufen: ökobuch Verlag, 1982.

Rathmanner, J.: Altbau-Sanierung – Gebäude richtig und nachhaltig sanieren. Graz; Stuttgart: Leopold Stocker Verlag, 2011.

Rau, O.; Braune, U.: Der Altbau. 8. Aufl., Leinfelden-Echterdingen: Verlagsanstalt A. Koch, 2013.

RWE Energie (Hrsg.): Bau-Handbuch. Essen: Energie-Verlag, 2002.

Schober, K. P. et al.: Fassaden aus Holz. Wien: proHolz Austria, 2010.

Scholz W.: Baustoffkenntnis. Düsseldorf: Werner Verlag, 1995.

Stahel, H. P.: Baukunst & Gesundheit. Aarau: AT Verlag, 1990.

Stiftung Warentest: Wohnen ohne Gift. Verein für Konsumenteninformation. Wien 1995.

Volhard, F.: Leichtlehm-Bau. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller, 1983.

Volhard, F.; Röhlen, U.: Lehm-Bau Regeln. Dachverband Lehm e.V., 3. Aufl., Wiesbaden: Vieweg Verlag, 1998.

Wagner, A.: Energieeffiziente Fenster und Verglasungen. Köln: TÜV-Verlag, 2000.

Wendehorst R.: Baustoffkunde. Hannover: Curt R. Vincentz Verlag, 1975.

WTA-Merkblatt 4-7-02: Nachträgliche mechanische Horizontalsperre. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2000.

WTA-Merkblatt 2-7-01: Kalkputze in der Denkmalpflege. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2002.

WTA-Merkblatt 4-4-04: Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2004

WTA-Merkblatt 4-6-05: Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2005.

WTA-Merkblatt 8-5: Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmungen. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2008.

Zwiener, G.: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Karlsruhe: Verlag C. F. Müller, 2006.

Adressen

Fraunhofer-Institut für Holzforschung (WKI)

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

Fraunhoferstraße 10
83626 Valley

Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege Benediktbeuern

Don-Bosco-Straße 1
83671 Benediktbeuern

Fraunhofer IRB – Bauforschung

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat

Alt-Moabit 140
10557 Berlin

Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

An der Bornau 2
49090 Osnabrück

Deutsche Stiftung Denkmalschutz (DSD)

Schlegelstraße 1
53113 Bonn

Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit (IBN)

Erlenastraße 24
83022 Rosenheim

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)

Rheinstraße 65
64295 Darmstadt

Dachverband Lehm e. V. (DVL)

Postfach 1172
99409 Weimar

Verband Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen e. V. (VDNR)

Heinz-Fangman-Straße 2
42287 Wuppertal

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Deutsches Fachwerkzentrum Quedlinburg e. V.

Blasiistraße 11
06484 Quedlinburg

Vereinigung der Landesdenkmalpfleger c/o Landesamt für Denkmalpflege Hessen

Schloss Biebrich
65203 Wiesbaden

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA)

WTA – Geschäftsstelle
Ingolstädter Straße 102
85276 Pfaffenhofen

Danksagung

Ohne die Hilfe von Fachleuten, die in ständigem Austausch zu den vielschichtigen Themen des nachhaltigen Bauens stehen, wäre diese Broschüre nicht zustande gekommen.

Ein besonderer Dank gilt folgenden Personen, Institutionen und Firmen:

- arcana Baugesellschaft, Luckenwalde
- Architekturbüro Albrecht Weber, Langenargen
- Architekturbüro Richard Betz, Liebenau-Ersen
- Architekturbüro Brauner, Worms
- Architekturbüro Dr. Burkhard Schulze-Darup, Nürnberg
- Architekturbüro Herwig und Andrea Ronacher, Hermagor
- Deutsches Fachwerkzentrum Quedlinburg e. V.
- eza! Energie- und Umweltzentrum Allgäu
- Lehmbau Bernd Hepperle, Neidlingen
- Lehmbau Heinrich Neuhaus, Ronneburg
- Gerd Meurer, Natürliches Bauen, Koblenz
- Manuel Haus, Umweltzentrum Tübingen

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 662
FNR 2020