

PLANUNGSBROSCHÜRE

HOLZRAHMENBAUWEISE IM GESCHOSSBAU

Fokus Bauphysik



Überreicht von

KNAUF

 **HOLZ
FORSCHUNG
AUSTRIA**

HERAUSGEBER
HOLZFORSCHUNG AUSTRIA
A-1030 Wien, Franz Grill-Straße 7
Tel. +43 1 798 26 23 - 0 (Fax DW - 50)
hfa@holzforschung.at
www.holzforschung.at

ISBN 978-3-9503707-3-7
Band 47 der HFA Schriftenreihe, Mai 2014

Die Holzforschung Austria ist Mitglied bei

 AUSTRIAN COOPERATIVE RESEARCH
KOOPERATION MIT KOMPETENZ

Holzrahmenbauweise im Geschößbau

Fokus Bauphysik

Planungsbroschüre

Autoren

Dr. Martin Teibinger

Dipl.-HTL-Ing.ⁱⁿ Irmgard Matzinger

Dr. Franz Dolezal

Projektmitarbeiter

Ing. Markus Novacek

Beteiligte Firmen und Ansprechpartner

Elk-Fertighaus GmbH, Ing. Bernd Höfferl MSc

Fermacell GmbH, Gerald Kern

Genböck Haus, Genböck und Mösenender GmbH, Zmst. Markus Einböck

Haas Fertighaus Holzbauwerke Ges.m.b.H. & Co KG, Bernd Ganster

Hartl Haus Holzindustrie Gesellschaft m.b.H., Bmst. Thomas Weiß

Knauf Gesellschaft m.b.H., Ing. Robert Stubits

Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, Dipl.-Ing.(FH) Jens Koch

Vario-Bau Fertighaus Ges.m.b.H., Ing. Christian Jeitler

Wolf Systembau Gesellschaft m.b.H., Christian Kohlmayr

Wien, Mai 2014

Vorwort

Mit den Änderungen der bautechnischen Gesetzgebungen in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts, setzte in Österreich eine Renaissance des mehrgeschoßigen Holzbaus ein. In Zusammenarbeit mit den Technischen Universitäten Wien und Graz sowie namhaften Prüfanstalten, konnten von der Holzforschung Austria Planungsunterlagen für den mehrgeschoßigen Holzbau in Rahmen-, Skelett- und Massivbauweise erarbeitet werden. Diese wurden von proHolz Österreich herausgegeben. Aufgrund aktueller Entwicklungen im Bereich der Forschung, erhöhter Anforderungen und vereinzelter Unsicherheiten bei Planern und Ausführenden, wurde die Erstellung einer bauphysikalischen Planungsbroschüre für den mehrgeschoßigen Holzrahmenbau erforderlich.

Die vorliegende Broschüre fasst Ergebnisse von Forschungsprojekten und baupraktische Erfahrungen zur Holzrahmenbauweise bis zur Gebäudeklasse 4 aus bauphysikalischer Sicht zusammen. An den angeführten Forschungsprojekten waren weitere Experten der Holzforschung Austria beteiligt.

Neben allgemeinen Grundsätzen zum Bauen mit Holz werden in der vorliegenden Planungsbroschüre die aktuellen, bauphysikalischen Anforderungen und Lösungen hinsichtlich Detailausbildungen und Aufbauten in Beispielen angeführt. Baupraktische Empfehlungen runden die Broschüre ab. Die angeführten Aufbauten und Detaildarstellungen stellen beispielhafte Lösungen und allgemeine Empfehlungen dar, bei entsprechender Nachweisführung sind Alternativen und firmenspezifische Sonderlösungen möglich. Die vorliegende Broschüre unterstützt bei der Realisierung von mehrgeschoßigen Holzbauten, kann allerdings eine bauphysikalische Planung und rechtliche Beratung nicht ersetzen. Da sich bei konkreten Bauvorhaben Abweichungen ergeben, kann von der Holzforschung Austria keine Haftung in irgendeiner Form übernommen werden.

Die Broschüre wurde im Rahmen einer Auftragsforschung der Firmen Elk-Fertighaus GmbH, Fermacell GmbH, Genböck Haus Genböck und Mösenender GmbH, Haas Fertighaus Holzbauwerke Ges.m.b.H. & Co KG, Hartl Haus Holzindustrie Gesellschaft m.b.H., Knauf Gesellschaft m.b.H., Saint-Gobain Rigips Austria, Vario-Bau Fertighaus Ges.m.b.H. und Wolf Systembau Gesellschaft m.b.H. erarbeitet.

An dieser Stelle sei allen Beteiligten für die gute und konstruktive Zusammenarbeit sowie die finanzielle und materielle Unterstützung gedankt.

Martin Teibinger

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Vorteile Holzbau generell	1
1.2	Holzbauweisen	2
1.2.1	Einteilung.....	2
1.2.2	Konstruktive Grundsätze der Holzrahmenbauweise.....	2
2	Vorfertigung	5
3	Brandschutztechnische Grundlagen	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Brandphasen.....	10
3.3	Brandverhalten von Baustoffen.....	11
3.4	Feuerwiderstand	13
3.4.1	Allgemeines.....	13
3.4.2	Bemessung der Tragfähigkeit R von Holzrahmenbauteilen.....	14
3.4.3	Bemessung des Raumabschlusses EI von Holzrahmenbauteile.....	15
3.5	Fassaden	17
3.6	Gesetzliche Anforderungen.....	17
3.6.1	Allgemeines.....	17
3.6.2	Brandabschnitte	18
3.6.3	Fassaden.....	20
3.6.4	Durchdringungen.....	22
3.7	Abweichungen	23
4	Schallschutztechnische Grundlagen	25
4.1	Allgemeines	25
4.1.1	Berechnungsgrundlagen in der Akustik.....	26
4.1.2	Bewertung in der Bauakustik.....	28
4.2	Luftschall.....	29
4.2.1	Luftschalldämmung einschaliger, massiver Bauteile	31
4.2.2	Luftschalldämmung einschaliger, massiver aber leichter Bauteile (Massivholzkonstruktionen).....	33
4.2.3	Luftschalldämmung mehrschaliger leichter Bauteile (Holzrahmenbau).....	33

4.3	Körperschall	38
4.3.1	Allgemeines	38
4.3.2	Reduktion von Körperschall	39
4.4	Flankenübertragung	42
4.5	Anforderungen	43
4.5.1	Anforderungen an Außenbauteile	43
4.5.2	Anforderungen an Innenbauteile	45
5	Wärmeschutztechnische Grundlagen	47
5.1	Allgemeines	47
5.2	Wärmeleitfähigkeit.....	47
5.3	U – Wert	49
5.4	Sommertauglichkeit	50
5.4.1	Lüftung	50
5.4.2	Energieeintrag und Beschattung	51
5.4.3	Bauweise	52
5.5	Anforderungen	53
6	Feuchteschutztechnische Grundlagen.....	55
6.1	Allgemeines	55
6.1.1	Wasserdampf-Sättigungsdruck	55
6.1.2	Wasserdampf-Partialdruck	55
6.1.3	Relative Luftfeuchtigkeit	56
6.1.4	Absolute Luftfeuchtigkeit	56
6.2	Diffusion	57
6.2.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	57
6.2.2	Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke	57
6.3	Konvektion	58
6.4	Nachweisführung	59
6.5	Anforderungen	60
7	Gängige Aufbauten in Holzrahmenbauweise.....	61
7.1	Außenwand	61
7.1.1	Beispielhafte Aufbauten	61
7.1.2	Konstruktive Regeln	64

7.1.3	Innenbekleidung / Installationsebene	66
7.2	Tragende Innenwand	68
7.2.1	Beispielhafter Aufbau	69
7.3	Trennwand	69
7.3.1	Beispielhafter Aufbau	69
7.3.2	Konstruktive Empfehlungen.....	70
7.4	Brandabschnittsbildende Wand	72
7.4.1	Beispielhafter Aufbau	72
7.5	Aufzugswände.....	74
7.6	Trenndecke.....	74
7.6.1	Beispielhafter Aufbau	75
7.6.2	Konstruktive Regeln	75
7.6.3	Konstruktive Empfehlungen.....	79
7.7	Steildach	82
7.7.1	Beispielhafter Aufbau	82
7.8	Flachgeneigte Dächer	83
7.8.1	Beispielhafter Aufbau	83
7.8.2	Konstruktive Regeln	84
7.8.3	Nachweismöglichkeiten für Foliendächer	87
8	Details	91
8.1	Sockel	91
8.1.1	Allgemeines.....	91
8.1.2	Konstruktive Regeln	94
8.2	Fenstereinbau	96
8.2.1	Allgemeines.....	96
8.2.2	Konstruktive Regeln	97
8.3	Außenwandecke	99
8.4	Gipsplattenanschlüsse.....	100
8.5	Trenndeckenaufleger	101
8.5.1	Allgemeines.....	101
8.5.2	Konstruktive Regeln	104
8.6	Anschlussdetails für brandabschnittsbildende Bauteile	106
8.6.1	Technische Grundregeln	106
8.6.2	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zu Außenwand	107

8.6.3	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trenndecke zu Außenwand	108
8.6.4	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zu Decke	110
8.6.5	Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zum Dach	111
8.7	Anschluss von Holzbauteilen an mineralische Bauteile	113
8.8	Abdichtungsmaßnahmen in Feuchträumen	113
8.9	Durchdringungen	115
8.9.1	Vertikale Verteilung	115
8.9.2	Horizontale Verteilung	121
8.9.3	Abschottungssysteme durch Brandabschnitte	121
8.10	Vorgehängte Fassaden	129
8.10.1	Wärme- und Feuchteschutz	129
8.10.2	Brandschutz	130
8.11	Detaillösungen für Fassaden mit Wärmedämmverbundsystemen	135
8.12	Balkone und Loggien	136
8.13	Terrassen	137
9	Abbildungsverzeichnis	139
10	Tabellenverzeichnis	143
11	Literaturverzeichnis	145
12	Normenverzeichnis	150

1 Einleitung

1.1 Vorteile Holzbau generell

Neben den Vorzügen der Behaglichkeit und des Raumklimas für die Bewohner sowie den bauphysikalischen Vorteilen des Holzbaus, bekommt ein vermehrter Einsatz von Holz im Hochbau sowohl ökologisch als auch volkswirtschaftlich einen hohen Stellenwert. Durch die Nutzung von Holz als Baustoff wird eine Kohlendioxidsenke geschaffen.

Die Bäume wandeln im Zuge der Photosynthese 0,9 t Kohlendioxid (CO₂), welches aus der Luft aufgenommen wird, mit 0,5 t Wasser und mit Hilfe von 9.500 MJ Sonnenenergie in 1 m³ Biomasse (Holz) um. Ein Kubikmeter Holz besteht zur Hälfte aus Kohlenstoff. Diese Zahlen unterstreichen die Bedeutung der Wälder als Kohlenstoffsinken. In Österreichs Wäldern befinden sich rund 1 Milliarde Kubikmeter Holz, wobei etwa alle 40 Sekunden die Menge Holz wächst, welche für ein Einfamilienhaus benötigt wird [Jörg 2010].

Wird das Holz der Bäume einer längerfristigen Nutzung zugeführt, so kann dieser Kohlenstoffgehalt über die Nutzungsdauer gespeichert werden. Zusätzlich ist mehr Energie gespeichert als für die Herstellung benötigt wird. Nach der Kaskadennutzung kann mehr als die Hälfte der gespeicherten Sonnenenergie des Holzes als Wärmeenergie oder Strom genutzt werden [Jörg 2010]. Während in den Einrichtungsgegenständen in einer 3-Zimmerwohnung rund 0,7 t Kohlenstoff gespeichert sind, werden bei einem modernen Einfamilienhaus in Holzbauweise 16 t gespeichert [Frühwald et al. 2001].

1.2 Holzbauweisen

1.2.1 Einteilung

Grundsätzlich lässt sich der Holzbau in die Skelett-, die Rahmen- und die Massivholzbauweise unterteilen, siehe Abbildung 1. In Mitteleuropa wird für den Einfamilienhausbau neben der Blockbauweise und der Brettsperrholzbauweise vorwiegend die Tafelbauweise mit vorgefertigten Elementen eingesetzt. Für den mehrgeschoßigen Holzbau hat sich der Einsatz vorgefertigter Elemente in Holzrahmenbauweise und in Massivholzbauweise, insbesondere der Brettsperrholzbauweise, etabliert.

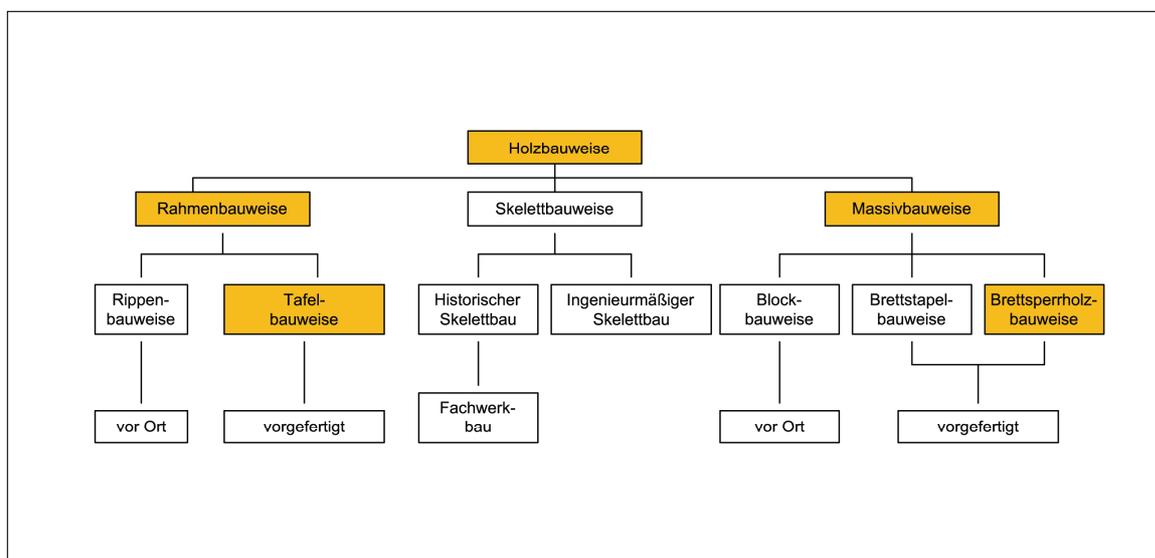


Abbildung 1: Einteilung der Holzbauweisen im Wohnbau, in Mitteleuropa gängigste farblich hinterlegt

Häufig werden auch Mischformen der beiden Bauweisen eingesetzt, welche sich sowohl aus bautechnischer als auch aus ökonomischer und ökologischer Sichtweise positiv herausstellen können. Die tragenden Wandschotten (Innenwände und Trennwände) sowie die Deckenelemente werden dabei beispielsweise in Brettsperrholzbauweise ausgeführt, während die Außenwände in Holzrahmenbauweise realisiert werden. Dadurch können die wärmeschutztechnischen Vorteile – schlankere Außenwand der vorgefertigten Rahmenbauweise - mit den statischen Vorteilen der Brettsperrholzbauweise ressourcenschonend kombiniert werden.

1.2.2 Konstruktive Grundsätze der Holzrahmenbauweise

Die Holzrahmenbauweise ist gekennzeichnet durch ein Raster aus Konstruktionshölzern (in der Regel in einem Abstand von 62,5 cm), welches mit Plattenwerkstoffen auf Holz- oder Gipsbasis beidseitig bekleidet wird. Die Bekleidung übernimmt unter anderem die horizontale Aussteifung. In der Ebene der Konstruktionshölzer werden Dämmstoffe eingebracht.

Innenseitig wird eine Dampfbremse (OSB oder Folie), welche in der Regel die luftdichte Ebene darstellt, angeordnet.

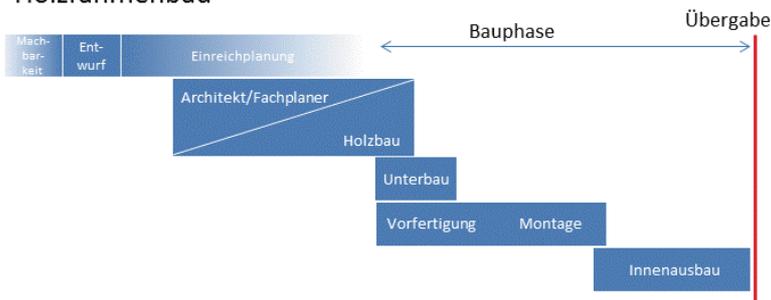
Die Holzrahmenbauweise bietet folgende konstruktive Vorteile:

- Durch die schlankeren Querschnitte der Bauteile bei gleichen bauphysikalischen Eigenschaften resultiert ein Gewinn an Nutzfläche in Gebäuden. Bei Einfamilienhäusern ergibt sich bei gleicher Grundfläche eine um 5 % bis 10 % höhere Wohnfläche. Bei Mehrfamilienhäusern oder einer Büronutzung beträgt der Flächengewinn ca. 5 m² je 60 m² bis 80 m² Nutzfläche [Tichelmann et al, 2007] siehe auch Abschnitt 0.
- Geringeres Gewicht der Konstruktion reduziert unter anderem die Kosten für den Unterbau.
- Ressourceneffizienter Materialeinsatz durch optimalen Einsatz der Baustoffe nach deren Eigenschaften wirkt sich ökologisch und ökonomisch aus.

2 Vorfertigung

Fertigbau ist für die Auftraggeber einfaches Bauen. Die gesamte Planung des Gebäudes, das Projektmanagement sowie die Koordination der Gewerke liegen in einer Hand. Ein hoher Vorfertigungsgrad bietet, infolge der witterungsunabhängigen Produktion und der kurzen Montagezeiten, bautechnische und wirtschaftliche Vorteile. Abhängig von den Rahmenbedingungen können 100 – 150 m² Nettonutzfläche pro Tag errichtet werden. Vorfertigung schließt individuelles Bauen nicht aus, nahezu jede architektonische Vorgabe ist realisierbar. Der Vorteil der Planer liegt darin, dass sie, je nach Anforderung, auf erprobte Wandaufbauten aus unterschiedlichen Materialien zurückgreifen können. Je nach Bedarf (Energiekennzahlen, bauphysikalischen Anforderungen, Erscheinungsbild etc.) kann mit diesen Systemen gearbeitet werden. Die kürzeren Montagezeiten verringern zusätzlich die Kosten der Baustelleneinrichtung. Durch den Vorfertigungsgrad mit eingebauten Fenstern und fertiggestellter Fassade kann witterungsunabhängig montiert werden. Bei Großbaustellen wird als Witterungsschutz der Deckenelemente das Aufbringen einer Flämmplatte oder einer robusten Folie auf den Rohdeckenelementen empfohlen. Eine hohe Vorfertigung bietet zusätzlich Vorteile in Bezug auf die Qualitätssicherung.

Holzrahmenbau



mineralische Bauweise

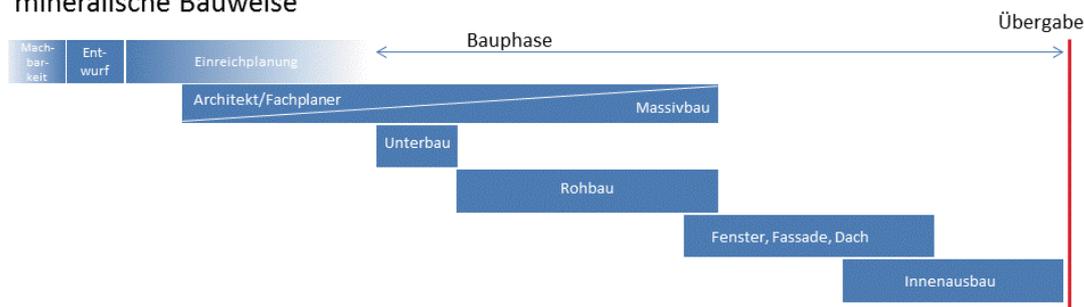
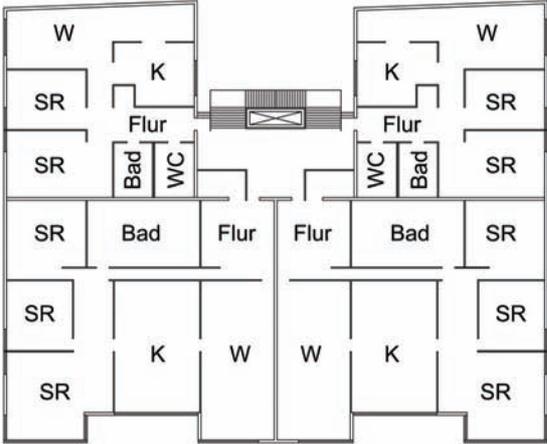
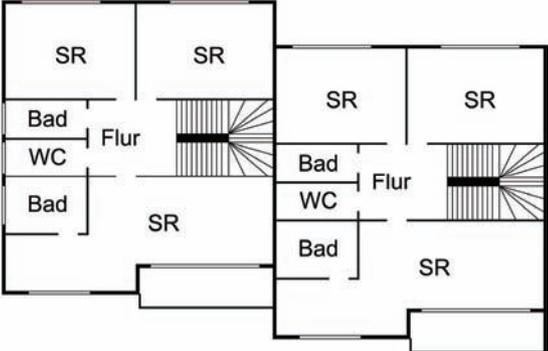


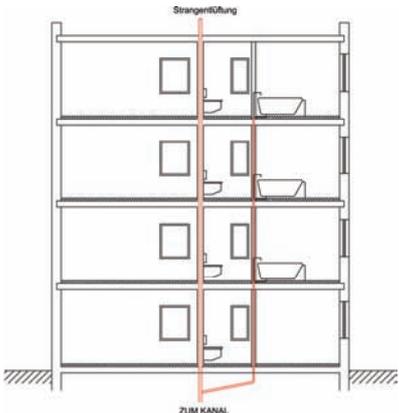
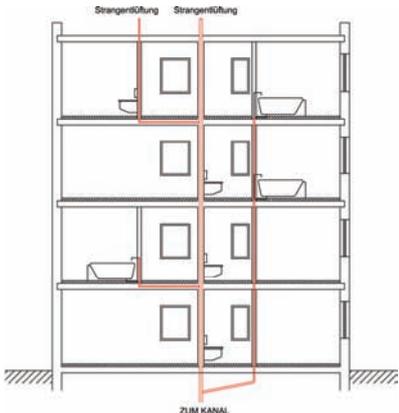
Abbildung 2: überblicksmäßige Gegenüberstellung der Planungs- und Bauabläufe der Holzrahmenbauweise und der mineralischen Bauweise

Die Vorfertigung bedingt allerdings auch eine Änderung des Planungsprozesses. Sämtliche Details sind mit allen Fachplanern im Vorfeld abzustimmen, nachträgliche Änderungen bzw. Vorortentscheidungen verteuern die Errichtungskosten. Bei den Ausschreibungen sollte die Möglichkeit gegeben sein, dass alternative Aufbauten bei Einhaltung der Leistungskriterien angeboten werden können. Dies ermöglicht den Unternehmen ihre geprüften

Standardaufbauten wirtschaftlich anbieten zu können. Tabelle 1 zeigt grundsätzliche Planungsregeln, die zu wirtschaftlichen Lösungen beitragen.

Tabelle 1: grundsätzliche Planungsregeln für wirtschaftliche Lösungen liefern, in Anlehnung an Architektenmappe der Firma Elk

Standardlösung	Sonderlösung
<p>Gebäudeform: Kompakte Baukörper, energetisch optimiert, kurze Montagezeiten</p> <p>Grundrissgestaltung: Sanitärinstallationstragende Bauteile grenzen an Nebenräume, Stiegenhaus grenzt an Nebenräume</p>  <p>Tragwerk: tragende Bauteile übereinander</p>  <p>Deckenspannweite: wirtschaftlich $\leq 4,5$ m</p>	<p>Gebäudeform: Verschachtelte Baukörper, ungünstiges Oberflächen-Volumen-Verhältnis, aufwändige Montage</p> <p>Grundrissgestaltung: Wohnräume grenzen an Stiegenhaus bzw. Nebenräume der Nachbarwohnung</p>  <p>Tragwerk: versetzte tragende Wände</p>  <p>Deckenspannweite: Sonderlösung $\geq 4,5$ m</p>

Standardlösung	Sonderlösung
<p>Gebäudeaussteifung: Klar strukturierte aussteifende Wandscheiben</p> <p>Raumhöhe / Elementabmessung: Standardwandhöhen: ca. 2,7 m Raumhöhe: $\geq 2,5$ m (Netto-Raumhöhe) Max. Wandhöhe: 3,05 m (Transport) entspricht Raumhöhe: 2,85 m</p> <p>Fensterhöhe: große Fenster nicht bis an die Unterkante der Rohdecke führen</p> <p>Feuchträume: Zur Minimierung von Versorgungs- und Abwasserleitungen sowie Schächten Feuchträume kompakt übereinander anordnen</p> 	<p>Gebäudeaussteifung: stark aufgelöste Strukturen, die Sonderlösungen (z.B. Stahlrahmen) erfordern</p> <p>Raumhöhe / Elementabmessung: Wandhöhe $> 3,05$ m (Raumhöhe $> 2,85$ m)</p> <p>Fensterhöhe. Bei großen Fenster, die bis an die Unterkante der Rohdecke geführt werden, sind aufwändige Überlager erforderlich</p> <p>Feuchträume: Verzüge und Etagierungen erhöhen Kosten und Risiko</p> 
<p>Balkone, Loggien, Terrassen: Vorgestellte Konstruktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Keine Durchdringungen Keine aufwendigen Abdichtungen 	<p>Balkone, Loggien, Terrassen: Dachterrassen und rückspringende Loggien bedingen aufwändige Abdichtungen</p> 

3 Brandschutztechnische Grundlagen

3.1 Allgemeines

Brandschutz:

- Brandtote sind in der Regel Rauchtote. Brandmelder (lt. OIB Richtlinie 2 in allen Aufenthaltsräumen ausgenommen Küchen gefordert) sichern Menschenleben.
- Gefahr der Toxizität der Verbrennungsprodukte durch Einrichtungsgegenstände (mobile Brandlast) insbesondere durch Matratzen, Sofa, Vorhänge etc. gegeben. 1 kg Schaumgummi verrauchte eine 100 m² Wohnung in ca. 6 min. (Czech, K.J. et al, 1999).
- Kein Zusammenhang zwischen Bauweise und Anzahl der Brandtoten gegeben. (Gieselbrecht, K. 2012)
- Nicht brennbare Bauweise ist brandschutztechnisch nicht sicherer.
- Vielzahl an geprüften Holzbaulösungen ist vorhanden (z.B. www.dataholz.com)
- Mangelhafte Anschlüsse und Durchdringungen stellen, unabhängig von der Bauweise, eine Gefahr dar.

Die Gewährleistung des Brandschutzes bei Verwendung brennbarer Bauweisen wird noch immer von Teilen der Bevölkerung als nicht oder nur schwer umsetzbar gesehen. Zu groß ist die entwicklungsgeschichtlich geprägte Angst vor Feuer bzw. das kollektive Gedächtnis historischer Brandkatastrophen. So stellten großflächige Feuerkatastrophen über Jahrhunderte eine Gefahr, vor allem in den Städten, dar. Wenn heute über diese Katastrophen gesprochen wird, so werden die knappe Bebauung innerhalb der Befestigungsanlagen, der sorglose Umgang mit offenem Feuer, die fehlenden bzw. einfachen brandbekämpfenden Maßnahmen und die brennbaren Dachdeckungen, die wesentlichen Gründe für die Entstehung und rasche Ausbreitung der Brände darstellten, kaum berücksichtigt. Von Seiten der Regierenden wurden Schritt für Schritt Vorgaben hinsichtlich des vorbeugenden Brandschutzes erstellt, um die Ursachen der Brandentstehung auszuschalten. Die ersten gesetzlichen Anforderungen gehen in Wien auf den Beginn des 14. Jh. mit der Forderung eines nicht brennbaren Kaminbaus zurück. Ab 1432 wurde die 2x jährliche Amtsbeschau durch Rauchfangkehrer eingefordert. Die Notwendigkeit von Forderungen hinsichtlich des bekämpfenden Brandschutzes wurde lange Zeit nicht erkannt. So wurde beispielsweise in Wien erst in der 2. Hälfte des 17. Jh. mit den 4 „Feuerknechten“ und der Zentralisierung der Löschgeräte der Grundstein für die Berufsfeuerwehr gelegt. Heute gewährleisten bauliche, organisatorische und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen brandschutztechnisch sichere Gebäude.

3.2 Brandphasen

Ein Brand kann grundsätzlich in zwei Phasen unterteilt werden, siehe Abbildung 3. In der Entstehungsbrandphase kommt es zu langsamen, geringen Temperaturanstiegen. Die Phase kann in Zünd- und Schwelbrandphase unterteilt werden. In dieser Phase ist das Brandverhalten der eingesetzten Bekleidungen und Beläge (Baustoffverhalten) entscheidend, da dieses zur Brandweiterleitung beitragen kann. Zum Zeitpunkt des sogenannten flash overs kommt es zu einem sprunghaften Temperaturanstieg. Sämtliche brennbaren Stoffe und Gase im Brandraum entzünden sich schlagartig. Mit einem flash over muss zwischen sieben und fünfzehn Minuten nach Brandentstehung gerechnet werden, wobei er von den Brandlasten und den Ventilationsbedingungen abhängt. Bei Naturbrandversuchen wurden unter „optimalen“ Bedingungen auch schon flash over nach 30 Sekunden erzeugt. Ab diesem Zeitpunkt spricht man von einem vollentwickelten Brand, der sich in die Erwärmungs- und die Abkühlphase einteilen lässt. In dieser Phase spricht man vom Bauteilverhalten. Es werden Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt.

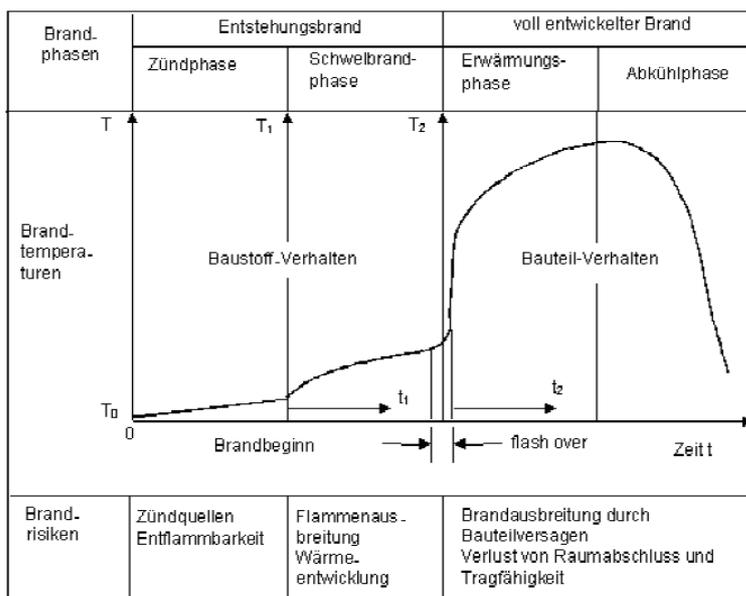


Abbildung 3: Brandphasen, Quelle: [Schneider 2009]

Eine Vermischung der Anforderungen beispielsweise R 30 oder A2 bedeutet, dass ein brennbarer Bauteil einen Feuerwiderstand von 30 Minuten aufweisen muss, während an einen nicht brennbaren Bauteil keine Anforderungen an den Feuerwiderstand gestellt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Schutzziele entsprechend der in Abbildung 3 dargestellten Brandphasen, ist diese Anforderung nicht zielführend.

3.3 Brandverhalten von Baustoffen

Wesentliche Eigenschaften zur Beurteilung von Baustoffen hinsichtlich des Brandverhaltens stellen die Entzündbarkeit, die Brennbarkeit, die Flammenausbreitung, die Rauchentwicklung sowie die Abbrandgeschwindigkeit dar. Da diese Eigenschaften von unzähligen Faktoren abhängen, werden zur Vergleichbarkeit des Brandverhaltens der einzelnen Baustoffe standardisierte Prüfungen durchgeführt. In Österreich erfolgte in der Vergangenheit die Einteilung der Baustoffe hinsichtlich ihrer Brennbarkeit gemäß [ÖNORM B 3800-1] in die beiden Brennbarkeitsklassen A (nicht brennbar) und B (brennbar), welche wie folgt noch weiter unterteilt wurden:

Tabelle 2: Einteilung der Brennbarkeit gemäß ÖNORM B 3800-1 (zurückgezogen am 01 07 2004)

Brennbarkeit		Qualmbildung		Tropfverhalten	
A	nicht brennbar	Q 1	schwachqualmend	Tr 1	nichttropfend
B1	schwer brennbar	Q 2	normalqualmend	Tr 2	tropfend
B2	normal brennbar	Q 3	starkqualmend	Tr 3	zündend tropfend
B3	leicht brennbar				

Die Norm wurde für Bauprodukte zurückgezogen und durch die [ÖNORM EN 13501-1] ersetzt, wobei in diversen Bundesgesetzen noch auf die Brennbarkeitsklassen nach [ÖNORM B 3800-1] verwiesen wird.

Die Einteilung von Baustoffen mit Ausnahme von Bodenbelägen erfolgt nach [ÖNORM EN 13501-1] folgendermaßen:

Tabelle 3: Einteilung der Brandverhaltensklassen gemäß ÖNORM EN 13501-1

Brandverhalten		Rauchentwicklung		Abtropfen und/oder Abfallen	
A 1, A 2	nicht brennbar	s 1	geringster Beitrag	d 1	kein brennendes Abtropfen/Abfallen
B, C, D, E, F	brennbar	s 2		d 2	kein fortdauerndes brennendes Abtropfen/Abfallen
		s 3		d 3	

Eine Zuordnung der früheren österreichischen Klassen zu den europäischen Klassen und umgekehrt, ist aufgrund der unterschiedlichen Prüfmethode nicht zulässig. Um den dadurch erforderlichen Prüf- und Klassifizierungsaufwand zu reduzieren, besteht seitens der

Europäischen Kommission die Möglichkeit, für Baustoffe mit bekanntem Brandverhalten und definierten Materialeigenschaften Klassifizierungen ohne zusätzliche Prüfungen (classification without further testing cwft) durchzuführen. In Übereinstimmung mit der Entscheidung der Europäischen Kommission 2003/43/EC ist Konstruktionsholz zur Verwendung als Wand-, Decken-, Dach- oder Sonderbauteile der Euroklasse D-s2-d0 nach [ÖNORM EN 13501-1] zuzuordnen.

Eine Zusammenfassung für Holz und Holzwerkstoffe kann unter www.holzforchung.at und die vollständige Auflistung unter www.eur-lex.europa.eu abgerufen werden. Tabelle 4 zeigt exemplarisch das Brandverhalten ausgewählter Baustoffe.

Tabelle 4: Brandverhalten ausgewählter Baustoffe

Baustoff	Produktnorm	Brandverhalten
Steinwolle	ÖNORM EN 13162	A1/A2*-s1, d0
Gipskartonplatte	ÖNORM EN 520	A2-s1, d0
Gipsfaserplatte	ÖNORM EN 15283-2	A1/A2*-s1, d0
Glaswolle	ÖNORM EN 13162	A1/A2*-s1, d0
Magnesitgebundene Holzwolle Dämmplatte	ÖNORM EN 13168	B-s1, d0
zementgebundene Spanplatte	ÖNORM EN 634-2	B-s1, d0
Konstruktionsvollholz	pr EN 15497	D-s2, d0
Brettschichtholz	ÖNORM EN 14080	D-s2, d0
Brettsperrholz	pr EN 16351	D-s2, d0
MDF	ÖNORM EN 622-5	D-s2, d0
OSB	ÖNORM EN 300	D-s2, d0
Spanplatte	ÖNORM EN 312	D-s2, d0
Expandierter Polystyrolschaum (EPS)	ÖNORM EN 13163	E-s2, d0

* abhängig vom Bindemittel der Mineralwolle bzw. Faseranteil bei Gipsfaserplatten

Brennbare Baustoffe werden zur Klassifizierung des Brandverhaltens nach dem sogenannten SBI-Test [ÖNORM EN 13823] geprüft. Für die Prüfung wird als Brandszenario ein in einer Raumecke stehender Papierkorb oder dergleichen angesehen. Bei der Prüfung werden die Produkte in einer Ecksituation unter den endgültigen Einbaubedingungen („end use conditions“) mit Anordnung eines Dreieckflächenbrenners geprüft. Für die Klassifizierung

werden der größte Anstieg der Wärmefreisetzungsrates während des Versuches (FIGRA-Index in W/s), die gesamte, während des Versuches freigesetzte Wärmemenge (THR_{600s} in MJ), die größte Geschwindigkeit der Rauchentwicklung (SMOGRA Index in m^2/s^2), die gesamte Menge der Rauchfreisetzung (TSP_{600s} in m^3) sowie das Herabfallen brennender Teile und Tropfen herangezogen. Weiters sind für die Klassifizierung Untersuchungen zur Entzündbarkeit der Baustoffe [EN ISO 11925-2] zur Ermittlung der Verbrennungswärme bzw. Nichtbrennbarkeitsprüfungen [ONORM EN 1182] erforderlich.

3.4 Feuerwiderstand

3.4.1 Allgemeines

Die Anforderungen an den Feuerwiderstand werden immer an den gesamten Bauteil gestellt. Eine Gipsbekleidung kann, für sich alleine betrachtet, in der Regel keinen ausreichenden Brandschutz erfüllen.

Bei den Feuerwiderstandsklassen REI kann, im Gegensatz zu den früheren Brandwiderständen (F-Klassen), zwischen tragenden und/oder brandabschnittsbildenden Bauteilen unterschieden werden.

Tabelle 5: Bezeichnungen für den Feuerwiderstand nach ÖNORM EN 13501-2 (Auszug) Abbildungen aus [Östman et al 2010]

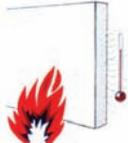
Kurzzeichen	Anforderung	Abbildung
R	Tragfähigkeit	
E	Raumabschluss	
I	Wärmedämmung	

Tabelle 6: Beispiele für die Bezeichnungen zum Feuerwiderstand

Bezeichnung	Anforderung	Bauteilbeispiel
R 30, R 60, R 90	tragender Bauteil	Stütze, Wand, Träger
EI 30, EI 60, EI 90	raumabschließender, wärmedämmender Bauteil	nichttragende Trennbauteile, Schachtwände, Abschottungen, Verglasungen
REI 30, REI 60, REI 90	tragender und raumabschließender wärmedämmender Bauteil	tragender Trennbauteil

Zur Nachweisführung können Klassifizierungsberichte gemäß [ÖNORM EN 13501-2] auf Basis von Prüfungen des Feuerwiderstandes gemäß der ÖNORMenreihen EN 1364 bzw. EN 1365 herangezogen werden.

Es besteht für Holzbauteile auch die Möglichkeit, Berechnungen nach [ÖNORM EN 1995-1-2], in Kombination mit den jeweiligen nationalen Anwendungsdokumenten durchzuführen. Berechnungsbeispiele für Holzbauteile können [Östman et al 2010] bzw. [Teibinger, M.; Chawart-Pessler, J.; Matzinger, I.] entnommen werden.

3.4.2 Bemessung der Tragfähigkeit R von Holzrahmenbauteilen

Die Bemessung von Holzkonstruktionen im Brandfall erfolgt nach ÖNORM EN 1995-1-2 in Kombination mit ÖNORM B 1995-1-2, wobei die Bemessung der Tragfähigkeit von Holzrahmenbauteilen nach den Anhängen C und D der ÖNORM EN 1995-1-2 durchgeführt werden kann. Die Regeln gelten bis zu einer maximalen Feuerwiderstandszeit von 60 Minuten unter Normbrandbelastung. Der Anhang C wird bei vollgedämmten (Mineralwolle) und der Anhang D bei nicht gedämmten Holzrahmenbauteilen herangezogen. Im Allgemeinen ist die rechnerische Tragfähigkeit einer Holzrahmenkonstruktion mit dem Abfall der Beplankung (Versagenszeit t_f bestimmbar nach ÖNORM B 1995-1-2) gleichzusetzen. Nur im Falle einer mit Steinwolle gedämmten Holzrahmenkonstruktion erlaubt Anhang C eine Berechnung eines Restholzquerschnittes und damit einen Nachweis der Tragfähigkeit. Allerdings muss sichergestellt sein, dass die Dämmung gegen ein Herausfallen gesichert ist, andernfalls darf selbst bei einer mit Steinwolle gedämmten Konstruktion nicht weitergerechnet werden. Ist die Steinwolle gegen ein Herausfallen nicht gesichert, muss ein Versagen des Bauteils mit dem Versagen der Beplankung angenommen werden.

Der Knicknachweis erfolgt um die starke Achse, also aus der Ebene heraus. Es wird davon ausgegangen, dass die Beplankung auf der brandabgekehrten Seite intakt und damit auch die aussteifende Wirkung erhalten bleibt, die ein Knicken um die schwache Achse hindert. Bei Außenwänden ist in diesem Zusammenhang gegebenenfalls die Festigkeit der äußeren Bekleidung (v.a. im Fall von direkt bekleideten Wärmedämmverbundsystemen) zu prüfen.

Details zu den Berechnungen des Feuerwiderstandes nach Norm und ein Ausblick zu möglichen Änderungen können [Östman et al. 2010] entnommen werden.

Bei Verwendung von alternativen Dämmstoffen in den Gefachen werden üblicherweise als Nachweis Klassifizierungsberichte der Produzenten bzw. www.dataholz.com herangezogen.

3.4.3 Bemessung des Raumabschlusses EI von Holzrahmenbauteile

Der Raumabschluss EI kann für Holzelemente entsprechend dem in [ÖNORM B 1995-1-2] angeführten Modell, welches von [Schleifer 2009] erarbeitet wurde, nachgewiesen werden. Das Modell bietet, im Gegensatz zum Berechnungsverfahren nach Anhang E [ÖNORM EN 1995-1-2], die Möglichkeit der Erweiterbarkeit mit anderen Materialien sowie eine breitere Palette an rechenbaren Aufbauten. Das Modell wurde für Feuerwiderstandsdauern bis zu 60 Minuten konzipiert und ist auch mit dieser Begrenzung in der Normung aufgenommen worden. Validierungsberechnungen mit im Rahmen von [Teibinger und Matzinger 2010] durchgeführten Großbrandversuchen zeigen, dass das Modell auch für 90 Minuten ingenieurmäßig angewendet werden kann.

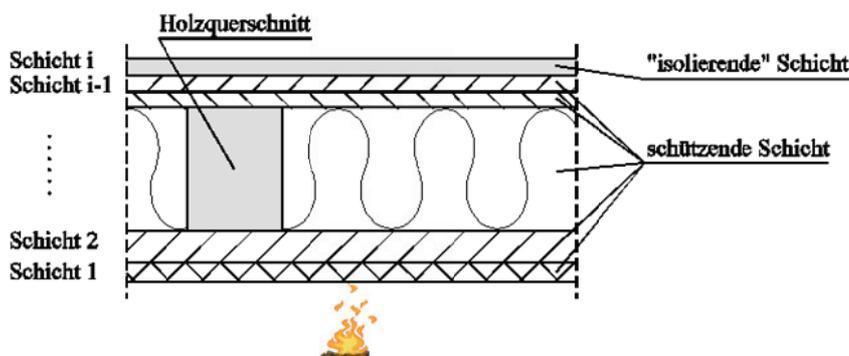


Abbildung 4: Einteilung der Baustoffschichten, Quelle: [Schleifer 2009]

Das Bauteil kann dabei beliebig aus den folgenden Platten und Dämmungen zusammengesetzt sowie mit einem Hohlraum ausgeführt sein, wobei es jederzeit bei Vorliegen der thermischen Eigenschaften unter ETK-Beanspruchung (Einheitstemperaturkurve) durch weitere Baustoffe ergänzt werden kann:

Platten (Befestigung gemäß Herstellerangaben):

- Massivholzplatten der Festigkeitsklasse C24 nach [ÖNORM EN 338]
- OSB-Platten nach [ÖNORM EN 300]
- Spanplatten nach [ÖNORM EN 309]
- Gipsplatten Typ A, Typ H, Typ F und Typ DF nach [ÖNORM EN 520]¹
- Gipsfaserplatten nach [ÖNORM EN 15283-2]

¹ Typ A gemäß ÖNORM EN 520 entspricht GKB gemäß ÖNORM B 3410;
Typ DF gemäß ÖNORM EN 520 entspricht GKF gemäß ÖNORM B 3410

Dämmung (Einbau mit Übermaß nach Herstellerangaben):

- Steinwolle nach [ÖNORM EN 13162]
- Glaswolle nach [ÖNORM EN 13162]

Die Dämmung muss gegen Herausfallen gesichert sein, andernfalls sollte die Dämmung in der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

In dem Modell wird, basierend auf Materialuntersuchungen und Simulationsberechnungen, die Einhaltung des Temperaturkriteriums I („Isolation“) nachgewiesen. Die Bauteile werden hierzu in schützende Bauteilschichten und in die isolierende Bauteilschicht (letzte Schicht auf der brandabgekehrten Seite) unterteilt. Es wird in dem Modell angenommen, dass die schützenden Schichten bei Temperaturen von 270 °C auf der feuerabgekehrten Seite versagen und abfallen. Für Holzwerkstoffe trifft diese Annahme zu. Bei Gipsplatten wird der verzögerte Abfallzeitpunkt mit Hilfe der Zeitdifferenz Δt_i berücksichtigt.

Die Zeit t_{ins} bis zum Verlust der raumabschließenden Funktion des Holzbauteiles ergibt sich aus der Summe der Schutzzeiten der einzelnen Bauteilschichten und der Isolationszeit der letzten Schicht.

Gleichung 3-1: $t_{ins} = \sum t_{prot,i-1} + t_{ins,i}$

t_{ins} : Zeit bis zum Versagen der raumabschließenden Funktion des gesamten Bauteils [min]

$t_{prot,i}$: Schutzzeit der Schicht i [min]

$t_{ins,i}$: Isolationszeit der Schicht i [min]

Die Schutzzeiten $t_{prot,i}$ und die Isolationszeiten $t_{ins,i}$ setzen sich zusammen aus einer baustoffabhängigen Grundzeit, den Positions- und den Fugenbeiwerten. Die Positionsbeiwerte berücksichtigen den Einfluss der davor- bzw. dahinterliegenden Baustoffe auf die Versagenszeit des betrachteten Baustoffes. Der Einfluss der davorliegenden Bauteilschicht wird durch $k_{pos,exp,i}$ und der Einfluss der dahinterliegenden Bauteilschicht durch $k_{pos,unexp,i}$ ausgedrückt. Die Fugenbeiwerte $k_{j,i}$ berücksichtigen den Einfluss der Fugenausbildung.

Gleichung 3-2: $t_{prot,i} = (t_{prot,0,i} \cdot k_{pos,exp,i} \cdot k_{pos,unexp,i} + \Delta t_i) \cdot k_{j,i}$

$t_{prot,i}$: Schutzzeit der Schicht i [min]

$k_{pos,exp,i}$: Positionsbeiwert für die untersuchte Schicht i, resultierend aus den davor liegenden Schichten [-]

$k_{pos,unexp,i}$: Positionsbeiwert für die untersuchte Schicht i, resultierend aus den dahinter liegenden Schichten [-]

$k_{j,i}$: Fugenbeiwert [-]

Gleichung 3-3: $t_{ins,i} = (t_{ins,0,i} \cdot k_{pos,exp,i} + \Delta t_i) \cdot k_{j,i}$

$t_{ins,i}$: Isolationszeit der Schicht i [min]

$k_{pos,exp,i}$: Positionsbeiwert für die untersuchte Schicht i, resultierend aus den davor liegenden Schichten [-]

Δt_i : Zeitdifferenz, die zur Isolations- bzw. Schutzzeit addiert wird [min]

$k_{j,i}$: Fugenbeiwert [-]

Die Kennwerte für die einzelnen Grundzeiten und Beiwerte können [ÖNORM B 1995-1-2] entnommen werden.

3.5 Fassaden

Bei Fassadenbränden sind unterschiedliche Entstehungsursachen zu betrachten, z.B. innerhalb eines Gebäudes mit einer Öffnung nach außen (Brandüberschlag durch flash over) bzw. ein Brand außerhalb eines Gebäudes unmittelbar vor der Fassade oder eines benachbarten Gebäudes (Brandweiterleitung). Bei einem Brand an einer Fassade ab der Gebäudeklasse 4 ist dabei das definierte Schutzziel zu beachten. Die Untersuchung des Brandverhaltens von Fassaden unter der Annahme eines Fensterausbrandes stellt gleichermaßen eine Untersuchung der Brennbarkeit sowie des Feuerwiderstandes dar und wird gemäß [ÖNORM B 3800-5] geprüft.

Mit den Behörden wurde folgendes Schutzziel definiert:

„Das baurechtliche Brandschutzziel an der Gebäudeaußenwand muss darin bestehen, eine Brandausbreitung über mehr als ein Geschoß oberhalb der Brandausbruchstelle zu verhindern. Eine Gefährdung der Flüchtenden und Rettungskräfte durch großflächig abstürzende Fassadenteile ist auszuschließen.“

3.6 Gesetzliche Anforderungen

3.6.1 Allgemeines

Das Österreichische Institut für Bautechnik (OIB) hat in OIB-Richtlinie 2, in Verbindung mit den Richtlinien 2.1, 2.2 und 2.3, Anforderungen an den Brandschutz als Harmonisierungsgrundlage erarbeitet [OIB Richtlinie 2 2011]. Aktuell haben die Bundesländer Burgenland, Kärnten, Oberösterreich, Steiermark, Tirol, Vorarlberg und Wien die Anforderungen in die jeweiligen Landesbaugesetze übernommen. Grafische Aufbereitungen der Anforderungen in Abhängigkeit der Gebäudeklassen können [Teibinger 2011] entnommen werden. Grundsätzlich ermöglicht die OIB-Richtlinie Holzbauten mit bis zu vier Geschoßen. Dabei wird generell ein Feuerwiderstand der Bauteile von 60 Minuten gefordert. Brandabschnittsbildende Bauteile müssen einen Feuerwiderstand von 90 Minuten

und die Bauteile des obersten Geschoßes einen Feuerwiderstand von 30 Minuten aufweisen.

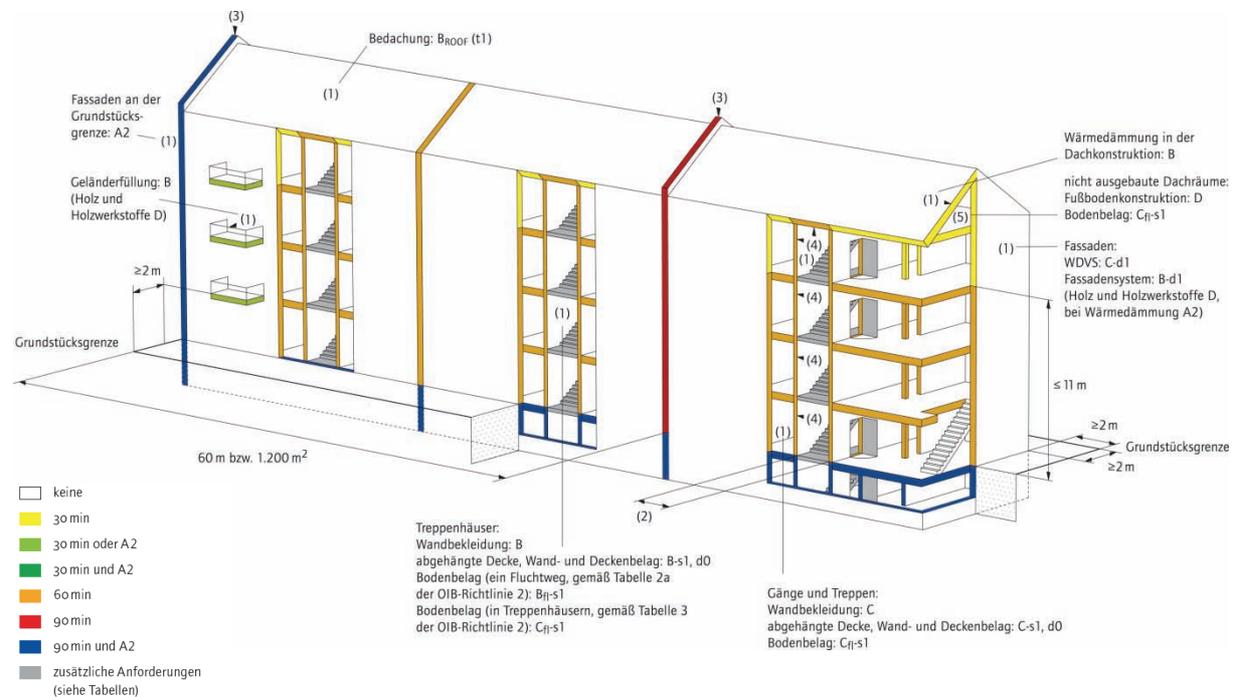


Abbildung 5: Anforderungen an den Feuerwiderstand und das Brandverhalten bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4, Quelle: [Teibinger 2011]

3.6.2 Brandabschnitte

Die OIB-Richtlinie 2 definiert zur wirksamen Einschränkung von Feuer und Rauch innerhalb von Bauwerken maximale Brandabschnittsflächen in oberirdischen Geschoßen von 1.200 m² (für Wohnnutzung) und 1.600 m² (für Büronutzung) bei einer maximalen Längsausdehnung von 60 m. Die Brandabschnitte dürfen nicht über mehr als vier Geschoße reichen. Bis zur Gebäudeklasse 4 (maximales Fluchtniveau 11 m; maximal 4 oberirdische Geschoße) können die brandabschnittsbildenden Bauteile aus Holz mit einem Feuerwiderstand von 90 Minuten errichtet werden.

Öffnungen in Außenwänden, welche an brandabschnittsbildende Wände anschließen, müssen von deren Mitte mindestens 0,5 m entfernt sein. Dieser Abstand ist auf mindestens 3 m zu erhöhen, wenn die Außenwände an der brandabschnittsbildenden Wand einen Winkel von weniger als 135° aufweisen. Die erforderlichen Abstände können verringert werden, sofern die horizontale Brandübertragung durch gleichwertige Maßnahmen begrenzt werden kann.

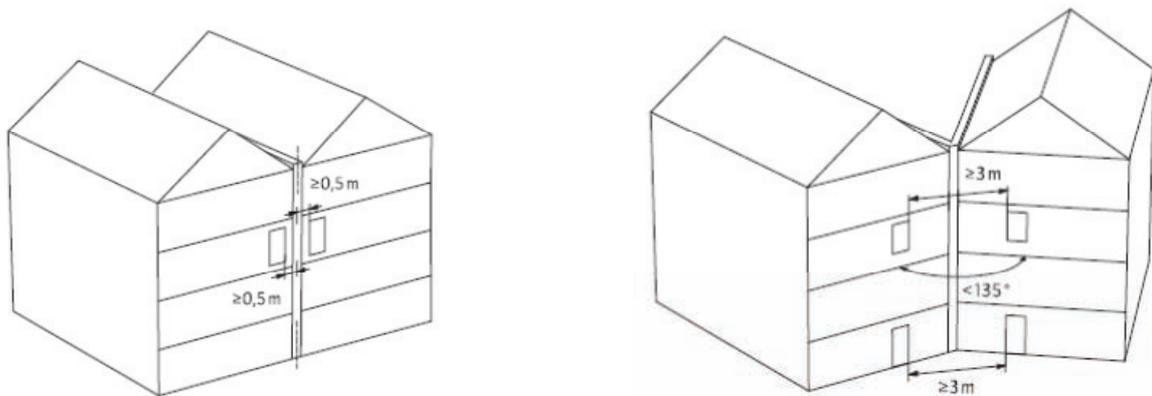


Abbildung 6: Abstand von Öffnungen in Außenwänden zu brandabschnittsbildenden Wänden

Dachöffnungen, wie z.B. Dachschrägenfenster, Dachgauben müssen, sofern keine gleichwertigen Maßnahmen zur Einschränkung der Brandübertragung getroffen werden, horizontal gemessen mindestens 1 m von der Mitte der brandabschnittsbildenden Wand entfernt sein.

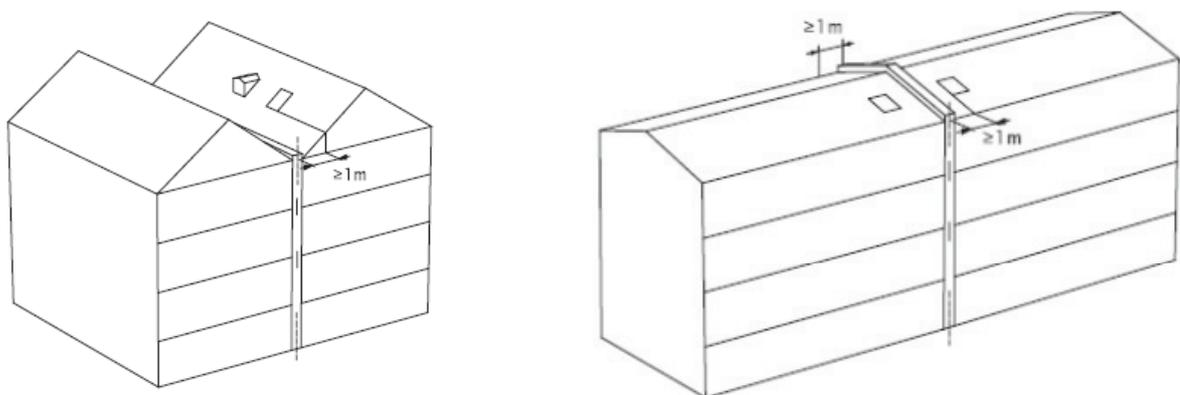


Abbildung 7: Abstand von Dachöffnungen zu brandabschnittsbildenden Wänden

Brandabschnittsbildende Wände müssen einen Feuerwiderstand von 90 Minuten aufweisen und sind mindestens 15 cm über Dach zu führen, sofern keine anderen Maßnahmen die Brandausbreitung einschränken.

Bei brandabschnittsbildenden Decken ist entweder ein deckenübergreifender Außenwandstreifen von mindestens 1,2 m Höhe in der Feuerwiderstandsklasse EI 90 auszuführen oder die brandabschnittsbildende Decke muss mit einem mindestens 0,8 m horizontal auskragenden Bauteil, welcher den selben Feuerwiderstand hat, verlängert werden. Details können Abschnitt 8.6 entnommen werden.

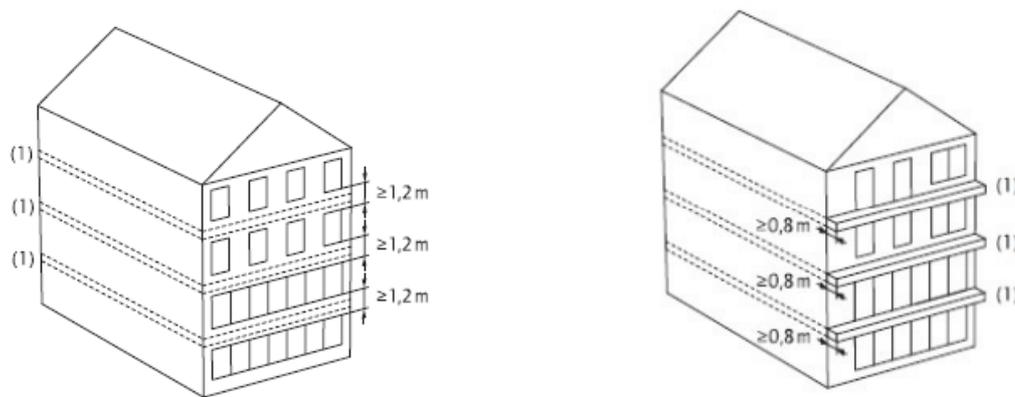


Abbildung 8: Maßnahmen zur Begrenzung der vertikalen Brandausbreitung bei brandabschnittsbildenden Decken

3.6.3 Fassaden

OIB Richtlinie 2 „Brandschutz“ Ausgabe 2011 fordert bei Gebäuden ab Gebäudeklasse 4, dass Fassaden so auszuführen sind, dass eine Brandweiterleitung über die Fassadenoberfläche innerhalb von 30 Minuten auf das zweite, über dem Brandherd liegende Geschöß, das Herabfallen großer Fassadenteile sowie eine Gefährdung von Personen wirksam eingeschränkt wird. In Deutschland und der Schweiz liegt die Grenze um ein Geschöß höher und der Zeitraum ist auf 20 Minuten beschränkt, siehe Abbildung 9. Vorgehängte Fassaden können hinterlüftet, belüftet oder nicht hinterlüftet ausgeführt werden. Ab der Gebäudeklasse 4 ist ein Nachweis zu erbringen, ob die Konstruktion den Schutzziele entspricht. Nachweisfreie Konstruktionen für Gebäude ab der Gebäudeklasse 4 sind jene, die zwischen den Geschößen eine mindestens 20 cm auskragende Brandschutzabschottung aus einem durchgehenden Profil aus Stahlblech (Mindestdicke 1 mm) oder brandschutztechnisch Gleichwertigem aufweisen.

Aus diesem Grund sind in Österreich bei hinterlüfteten und belüfteten Fassaden strengere konstruktive Maßnahmen zur Erfüllung der Schutzziele erforderlich, siehe Abschnitt 8.10.2.



Abbildung 9: Vergleich des Schutzziels Österreichs (durchgezogene Linie) mit dem Schutzziel der Schweiz bzw. Deutschlands (strichlierte Linie) an Hand des Schadensbildes nach dem Naturbrandversuch in Merkers, bei welchem der Brand von *selbst ausgegangen* ist (!) [Quelle: Kotthoff et al]

Bei Außenwand-Wärmedämmverbundsystemen mit einer Dämmung von maximal 10 cm EPS oder aus Baustoffen der Klasse A2 gilt dies laut OIB-Richtlinie als erfüllt. Bei Außenwand-Wärmedämmverbundsystemen mit einem Dämmstoff der Klasse E von mehr als 10 cm sind für nachweisfreie Ausführungen in jedem Geschöß im Bereich der Decke umlaufende Brandschutzschotte aus Mineralwolle mit einer Höhe von 20 cm oder im Sturzbereich der Fenster und Fenstertüren Brandschutzschotte aus Mineralwolle mit einem seitlichen Übergriff von 30 cm und einer Höhe von 20 cm verklebt und verdübelt auszuführen. Darüber hinaus gelten zusätzliche Anforderungen in den Bereichen von Durchgängen, Durchfahrten und Laubengängen.

Zusätzlich regelt die OIB-Richtlinie 2 Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe von Fassaden.

Tabelle 7: Anforderungen an das Brandverhalten von Fassaden gemäß [OIB Richtlinie 2 2011]

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
1 Fassaden					
1.1 Außenwandwärmedämmverbundsystem	E	D	D	C-d1	C-d1
1.2 Fassadensysteme, vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete					
1.2.1 Klassifiziertes Gesamtsystem oder	E	D	D-d1	B-d1 ⁽¹⁾	B-d1 ⁽²⁾
1.2.2 Klassifizierte Einzelkomponenten					
Außenschicht	E	D	D	A2-d1 ⁽³⁾	A2-d1 ⁽⁴⁾
Unterkonstruktion stab- / punktförmig	E / E	D / D	D / A2	D / A2	D / A2
Dämmschicht bzw. Wärmedämmung	E	D	D	B ⁽³⁾	B ⁽⁴⁾
1.3 Sonstige Außenwandbekleidungen /-beläge	E	D-d1	D-d1	B-d1 ⁽⁵⁾	B-d1 ⁽⁶⁾
1.4 Geländerfüllungen bei Balkonen, Loggien u ä.	--			B ⁽⁵⁾	B ⁽⁶⁾

- (1) Es sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig, wenn das klassifizierte Gesamtsystem die Klasse D-d0 erfüllt.
- (2) Bei Gebäuden mit nicht mehr als fünf oberirdischen Geschößen und einem Fluchtniveau von nicht mehr als 13 m sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig, wenn das klassifizierte Gesamtsystem die Klasse D-d0 erfüllt.
- (3) Bei einer Dämmschicht/Wärmedämmung in A2 ist eine Außenschicht in B-d1 oder aus Holz und Holzwerkstoffen in D zulässig.
- (4) Bei einer Dämmschicht/Wärmedämmung in A2 ist eine Außenschicht in B-d1 zulässig; bei Gebäuden mit nicht mehr als fünf oberirdischen Geschößen und einem Fluchtniveau von nicht mehr als 13 m sind bei einer Dämmschicht/Wärmedämmung in A2 auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig.
- (5) Es sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig.
- (6) Bei Gebäuden mit nicht mehr als fünf oberirdischen Geschößen und einem Fluchtniveau von nicht mehr als 13 m sind auch Holz und Holzwerkstoffe in D zulässig.

3.6.4 Durchdringungen

Hinsichtlich der Anforderungen an Durchdringungen in Bauteilen fordert Abschnitt 3.4 der [OIB Richtlinie 2 2011]:

Sofern Schächte, Kanäle, Leitungen und sonstige Einbauten in Wänden bzw. Decken liegen oder diese durchdringen, ist durch geeignete Maßnahmen (z.B. Abschottung, Ummantelung) sicherzustellen, dass die Feuerwiderstandsklasse dieser Bauteile nicht beeinträchtigt bzw. eine Übertragung von Feuer und Rauch über die entsprechende Feuerwiderstandsdauer wirksam eingeschränkt wird.

Die eingesetzten Abschottungen von Durchdringungen müssen somit dieselbe Feuerwiderstandsdauer wie die Bauteile erfüllen.

Tabelle 8: Anforderungen an die Abschottungen in oberirdischen Geschoßen nach [OIB Richtlinie 2 2011]

Gebäudeklasse (GK)	Anforderung an den Feuerwiderstand
GK 2	30 Minuten
GK 2 zwischen Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in Reihenhäusern	60 Minuten
GK 3 und GK 4	60 Minuten
GK 2, GK 3 und GK 4 brandabschnittsbildende Bauteile	90 Minuten

3.7 Abweichungen

Von den angeführten Anforderungen der OIB-Richtlinie kann abgewichen werden, sofern durch ein Brandschutzkonzept, welches gemäß OIB Leitfaden zu erstellen ist, nachgewiesen wird, dass die Schutzziele auf gleichem Niveau wie bei Erfüllung der Anforderungen der Richtlinie eingehalten werden. Es empfiehlt sich, die Kompensationsmaßnahmen im Vorfeld mit der zuständigen Baubehörde abzuklären. Brandschutzkonzepte dürfen nur von Sachverständigen mit brandschutztechnischer Ausbildung und Erfahrung erstellt werden. Als Kompensationsmaßnahmen können Verringerungen der Brandabschnitte, bauliche Maßnahmen, wie z.B. Kapselungen der Holzkonstruktionen sowie anlagentechnische Maßnahmen, wie z.B. Brandmeldeanlagen oder Löscheinrichtungen eingesetzt werden.

4 Schallschutztechnische Grundlagen

4.1 Allgemeines

Schallschutz:

- Unzureichender Schallschutz und Beeinträchtigung durch Lärm kann negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben.
- Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs ist frequenzabhängig, wobei das Gehör die höchste Sensibilität bei etwa 4000 Hz aufweist.
- Da das menschliche Ohr die Lautstärke nicht linear zum Schalldruck wahrnimmt, wird der Schalldruckpegel proportional zum dekadischen Logarithmus des Schalldruckes definiert.
- Pegelverdopplung bzw. zwei Schallquellen mit gleichem Emissionspegel führen zu einer Erhöhung um 3 dB ($50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 53 \text{ dB}$).
- Eine Erhöhung um 10 dB wird von 10 Schallquellen mit gleichem Pegel verursacht ($50 \text{ dB} + 50 \text{ dB} = 60 \text{ dB}$).
- Schallübertragung durch flankierende Bauteile berücksichtigen, gegebenenfalls sind Entkoppelungen bzw. elastische Zwischenschichten zu verwenden.
- Der Holzbau erfüllt die Anforderungen an den Schallschutz. Es liegt eine Vielzahl an geprüften Lösungen (z.B. www.dataholz.com) vor.

Schall ist definiert als mechanische Schwingungen, die sich in elastischen Medien durch Schwingung der Masseteilchen um ihre Ruhelage ausbreiten, wodurch Verdichtungen und Verdünnungen im Medium entstehen. Während sich Schallwellen in Luft nur als sogenannte Longitudinalwellen ausbreiten (Verdichtungen in Ausbreitungsrichtung), tritt Schall in festen Körpern in den unterschiedlichsten Wellenformen auf. Dabei sind vor allem die Transversal- bzw. Rayleighwellen, bei welchen Schubspannungen durch Schwingung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung entstehen und die Biegewellen zu erwähnen, die auf Biegebewegungen und die damit verbundene Kompression und Expansion in Ausbreitungsrichtung zurückzuführen sind. Biegewellen haben bauakustisch die größte Bedeutung, da sie eine hohe Luftschallabstrahlung aufweisen.

Als Lärm wird störender Schall bezeichnet, der verschiedene Ursachen haben und sogar gesundheitsschädlich sein kann. Die Aufgabe der Bauphysik besteht nun darin, durch die Schalldämmung diesen unerwünschten Schall auf ein erträgliches Maß zu reduzieren. Dies setzt entsprechende Kenntnisse über die schalltechnischen Eigenschaften von Bauteilen,

der physikalischen Natur und des relevanten Frequenzbereichs des Schalls voraus, siehe Abbildung 10.

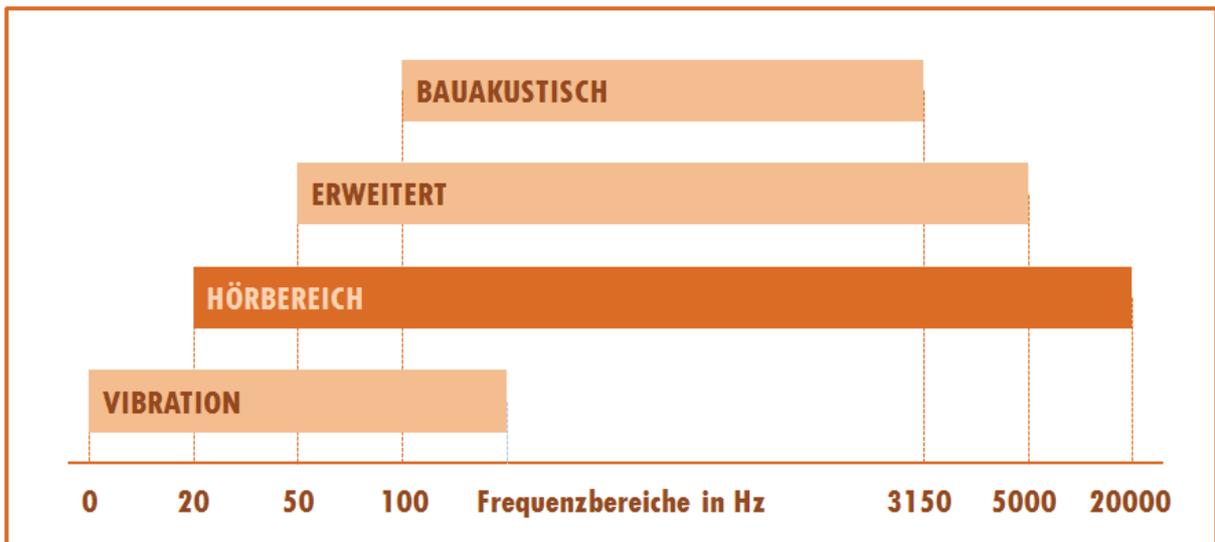


Abbildung 10: relevante Frequenzbereiche in der Bauakustik

Dabei ist zu beachten, dass die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs frequenzabhängig ist. Die höchste Sensibilität weist das Gehör bei etwa 4000 Hz auf. Gegen tiefere und höhere Frequenzen nimmt die Empfindlichkeit stark ab, weshalb für das gleiche Lautstärkeempfinden bei sehr tiefen bzw. sehr hohen Frequenzen ein Vielfaches des Schalldruckpegels erforderlich ist. Dies ist sehr gut in den Kurven gleicher Lautstärke ersichtlich, siehe Abbildung 11.

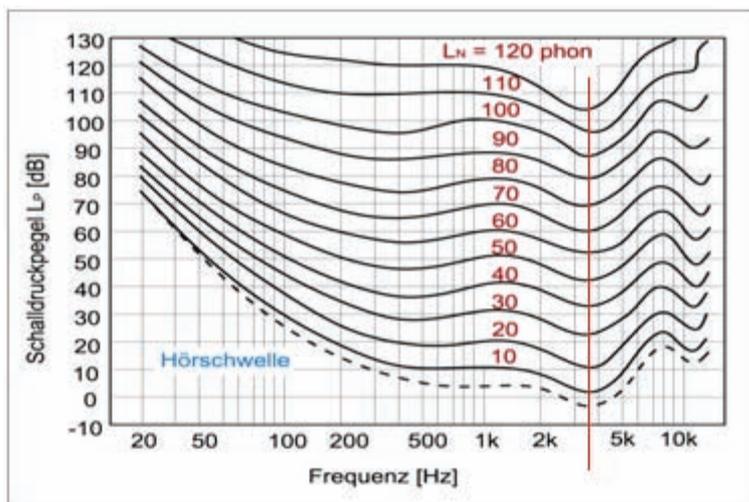


Abbildung 11: Kurven gleicher Lautstärke [Fasold et al. 2003]

4.1.1 Berechnungsgrundlagen in der Akustik

Auf Grund der außergewöhnlichen akustischen Eigenschaften des menschlichen Ohres und der begrenzten Darstellungsmöglichkeit auf Papier von Wertebereichen die mehrere

Zehnerpotenzen umfassen, werden Schalldrücke üblicherweise für ihre Darstellung nach Gleichung 4-1 in Pegel umgerechnet.

Gleichung 4-1: $L = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \text{ Pa}$

L: Schallpegel [dB]

p: Schalldruck [Pa]

p₀: Hörschwelle [Pa]

Der Schalldruckbereich ist, im Vergleich zum atmosphärischen Druck von ca. 100 kPa, eine extrem kleine Druckschwankung, die in den Größenordnungen der Hörschwelle mit 20 µPa und der Schmerzgrenze mit ca. 20 Pa zu finden ist. Diese Pegeldarstellung hat zur Folge, dass Schallereignisse nicht mehr einfach addiert werden können, sondern vor der Addition in Schalldrücke nach Gleichung 4-2 umgerechnet werden müssen. Dabei ist L_{ges} der Schallpegel in dB und p_{ges} der Schalldruck in Pa, jeweils resultierend aus beiden Schallquellen.

Beispiel:

30 dB + 30 dB ≠ 60 dB, sondern:

Gleichung 4-2: $L_{ges} = 10 \log \frac{p_{ges}^2}{p_0^2} = 10 \log \left(2 \cdot 10^{\frac{30}{10}} \right) = 10 \log \left(10^{\frac{30}{10}} \right) + 10 \log (2)$

30 dB + 30 dB = 33 dB

Pegelverdopplung bzw. zwei Schallquellen mit gleichem Emissionspegel wie in Gleichung 4-2, führen also zu einer Erhöhung um 3 dB.

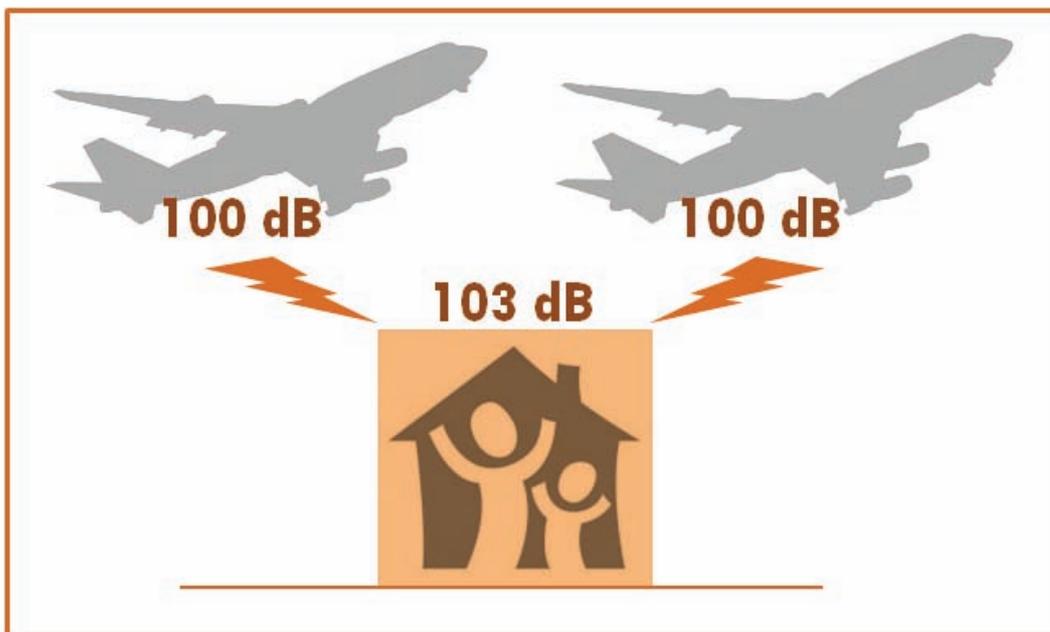


Abbildung 12: Pegelverdopplung führt zu einem um 3 dB höheren Gesamtschallpegel

4.1.2 Bewertung in der Bauakustik

Die Schalldämmung von Bauteilen wird über den interessierenden Frequenzbereich bestimmt. Für eine vereinfachte Darstellung erfolgt eine Bewertung, was zu einem Ergebnis in Form einer Zahl führt. Diese sogenannte Einzahlbewertung wird nach [ÖNORM EN ISO 717-1] für den Luftschall und [ÖNORM EN ISO 717-2] für den Trittschall durchgeführt. Dabei wird eine Bezugskurve so lange verschoben, bis die Über- bzw. Unterschreitungen durch die Messkurve im Mittel 2 dB pro Terz² bzw. in Summe maximal 32 dB betragen. Der Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz gibt den gesuchten Einzahlwert an (siehe hierzu auch Abbildung 12). Der Frequenzbereich, in dem sich die ungünstigen Abweichungen befinden, deutet auf den jeweiligen Schwachpunkt der Konstruktion hin. Sogenannte Spektrumanpassungswerte (C , C_{tr} , C_i , etc.) ergänzen den Informationsgehalt der Einzahlangaben durch abweichende Bewertungskurven und z.T. Frequenzbereiche und ermöglichen so zusätzliche Aussagen zum Pegelverlauf über die Frequenz und präzisere Determinierung von Stärken und Schwächen der Konstruktion.

Das Ergebnis der Bewertung ist ein Einzahlwert mit Spektrumanpassungswerte(n) in Klammer, die dem Einzahlwert hinzugezählt werden. Der akustische Parameter selbst signalisiert (im Gegensatz zum Frequenzverlauf) durch ein tiefgestelltes w (eng. weighted), dass es sich um ein bewertetes Ergebnis handelt.

Beispiel: $R_w (C, C_{tr}) = 45 (0, -2)$ dB

Im Beispiel ist das bewertete Schalldämm-Maß 45 dB, der Spektrumanpassungswert $C = 0$ dB, $R_w + C$ ist daher ebenfalls 45 dB, der Spektrumanpassungswert C_{tr} ist -2 dB, $R_w + C_{tr}$ ist daher 43 dB.

² Eine Terz ist ein Frequenzintervall (1:1,28) zur Einteilung des Hörbereichs. Sie entspricht einer Drittel Oktave welche ein Frequenzverhältnis von 1:2 aufweist und somit eine Verdopplung bzw. Halbierung der Frequenz darstellt.

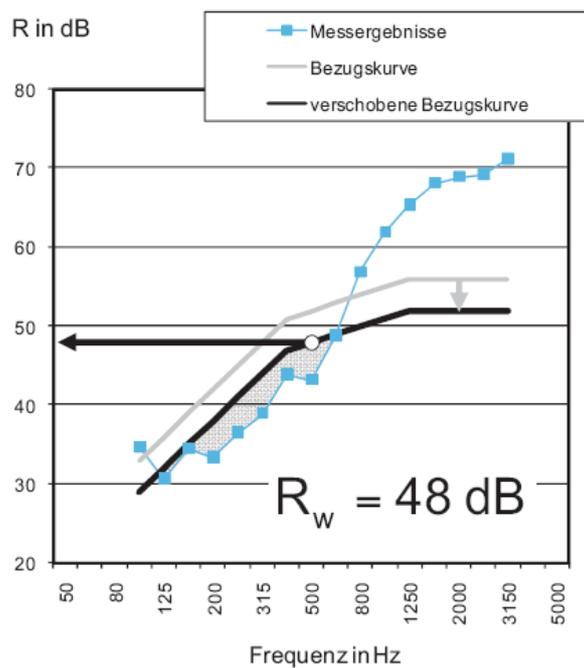


Abbildung 13: Von R zu R_w – Vorgang der Einzahlbewertung des Schalldämm-Maßes [Riccabona et al. 2010]

4.2 Luftschall

Prinzipiell wird ein Bauteil durch Luft- bzw. Körperschall angeregt, was in angrenzenden Räumen zu Abstrahlung von Luftschall führt. Bei der Luftschalldämmung erfolgt die Anregung des Bauteils durch Luftschallwellen. Angegeben wird sie durch das Schalldämm-Maß R . Dieses ist definiert als der zehnfache dekadische Logarithmus der auftreffenden Schallleistung P_1 zur abgestrahlten Schallleistung P_2 (Gleichung 4-3).

$$\text{Gleichung 4-3: } R = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \text{ dB}$$

R : Schalldämm-Maß [dB]

P_1 : auftreffenden Schallleistung [W]

P_2 : abgestrahlten Schallleistung [W]

Das Schalldämm-Maß R ist jene Größe, die auch zur Beschreibung der Schalldämmeigenschaften von Bauteilen herangezogen wird.

Für die Beschreibung der Schalldämmung am Bau werden noch weitere Größen verwendet, welche auch noch eine Schallübertragung über Nebenwege beinhalten. Eine Übersicht hierzu ist in Abbildung 14 dargestellt.

Das Schalldämm-Maß R wird auf die Bauteilfläche S normiert und weist im Falle mit Strich darauf hin, dass es sich um ein Bauschalldämm-Maß (R') handelt, in dem auch die Nebenwegsübertragung inkludiert ist. Die österreichischen Normanforderungen für

Innenbauteile werden für die Bausituation im Gebäude über die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (Gleichung 4-4) definiert, welche auf eine Bezugs-Nachhallzeit T_0 für Wohnungen im Empfangsraum von 0,5 s normiert wird. Dies entspricht am ehesten den Gegebenheiten in Wohnräumen und wird daher gegenüber der auf eine Bezugs-Absorptionsfläche von 10 m² bezogene bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ präferiert.

Gleichung 4-4: $D_{nT} = L_S - L_E + 10 \log \frac{T}{T_0}$ dB

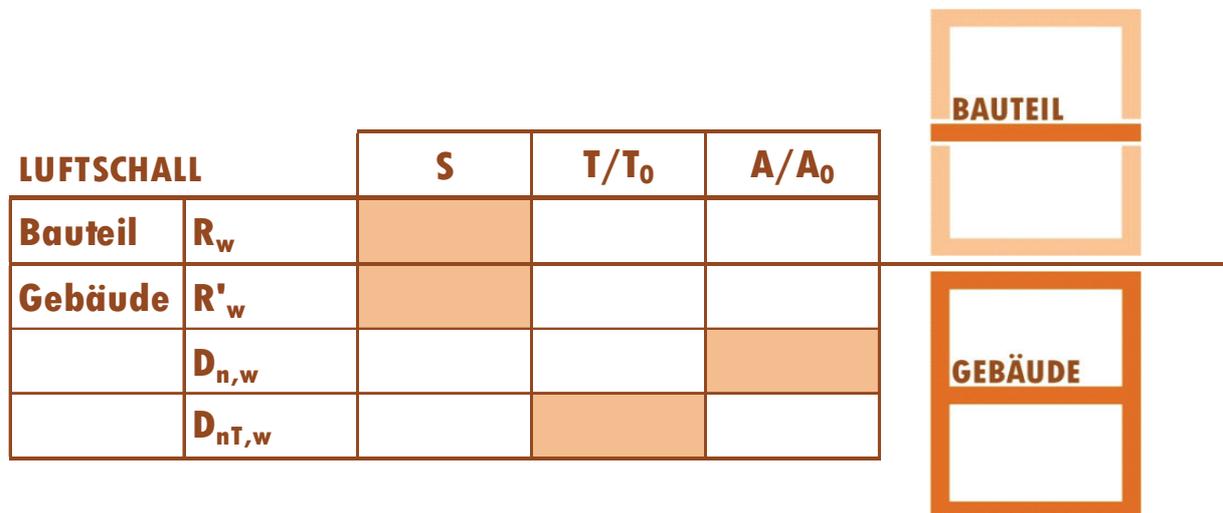
D_{nT} : Standard Schallpegeldifferenz [dB]

L_S : Schallpegel im Senderaum [dB]

L_E : Schallpegel im Empfangsraum [dB]

T: Nachhallzeit [s]

T_0 : Bezugsnachhallzeit [s], i.a. 0,5 s



R_w : bewertetes Schalldämm-Maß [dB]

R'_w : bewertetes Bauschalldämm-Maß [dB]

$D_{n,w}$: bewertete Norm-Schallpegeldifferenz [dB]

$D_{nT,w}$: bewertete Standard-Schallpegeldifferenz [dB]

S: Fläche des Trennbauteils [m²]

T: Nachhallzeit [s]

T_0 : Bezugsnachhallzeit [s], i.a. 0,5 s

A: äquivalente Schallabsorptionsfläche [m²]

A_0 : Bezugsabsorptionsfläche [m²], i.a. 10 m²

Abbildung 14: Bewertete bauakustische Kenngrößen Luftschall, deren Anwendung und Normierung

Diese bauakustischen Kenngrößen, auch Deskriptoren genannt, können auch ineinander umgerechnet werden, da sie über die Raumgeometrie, unter Zugrundelegung der „Sabinschen Formel“, zusammenhängen.

Gleichung 4-5: $T = 0,163 \cdot \frac{V}{A}$ in s

T: Nachhallzeit [s]

V: Raumvolumen [m³]

A: äquivalente Schallabsorptionsfläche [m²]

Nähere Informationen hierzu können, bei Bedarf, der einschlägigen Literatur entnommen werden.

Einen Sonderfall stellt das bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ dar. Angewendet wird es auf Fassaden, unter Berücksichtigung der Flächenanteile und der Schalldämm-Maße der Einzelkomponenten, wie etwa Wände und Fenster. Es ist in Abhängigkeit vom standortbezogenen und gegebenenfalls bauteillagebezogenen Außenlärmpegel, getrennt für Tag und Nacht zu dimensionieren.

Gleichung 4-7: $R'_{res,w} = -10 \log \left[\frac{1}{S_g} \cdot \sum_i S_i \cdot 10^{\frac{-R_i}{10}} \right]$

in dB

$R'_{res,w}$: bewertetes resultierendes Bauschalldämm-Maß [dB]

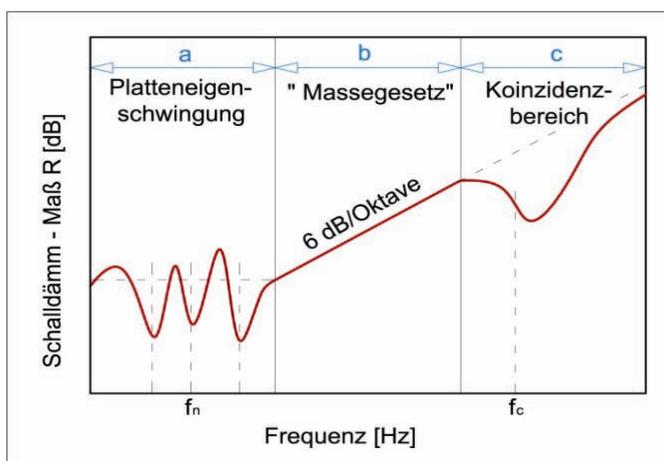
S_g : Gesamtfläche aller Bauteile [m²]

S_i : Fläche der Einzelbauteile [m²]

R'_i : Bauschalldämm-Maß der Einzelbauteile [dB]

4.2.1 Luftschalldämmung einschaliger, massiver Bauteile

Die Luftschalldämmung einschaliger, massiver Bauteile folgt dem in Abbildung 15 dargestellten Frequenzverlauf, aus dem drei unterschiedliche charakteristische Abschnitte erkennbar sind.



f_n : Platteneigenfrequenzen [Hz]

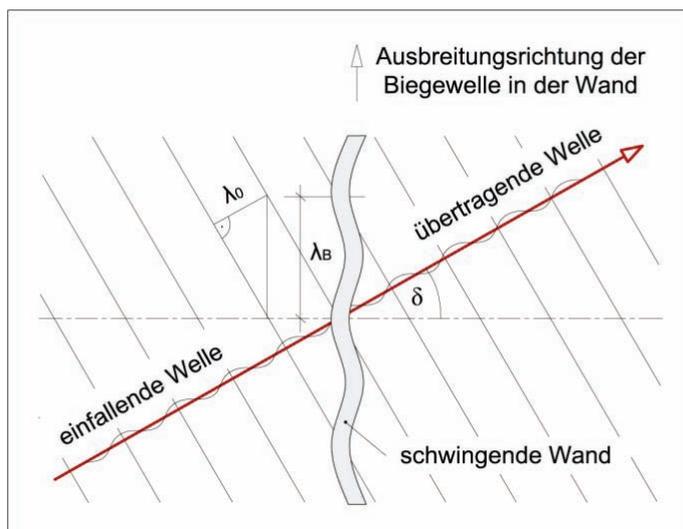
f_c : Koinzidenzgrenzfrequenz [Hz]

Abbildung 15: charakteristische Abschnitte der Luftschalldämmung einschaliger Bauteile [Fasold et al. 2003]

Die Eigenresonanzen der Bauteile spielen in der Praxis nur eine untergeordnete Rolle, da sie aufgrund der in Gebäuden üblichen Raumabmessungen nur bei sehr tiefen Frequenzen zu finden sind.

Schon vor mehr als 100 Jahren wurde erkannt, dass mit steigender Masse auch die Schalldämmung von Bauteilen zunimmt. Diese Zunahme wird mit der sogenannten Masseformel definiert und bedeutet eine Zunahme des Schalldämm-Maßes um 6 dB sowohl bei Frequenzerhöhung um eine Oktave (ein Frequenzintervall von 1:2) als auch bei Verdopplung der Masse. Vereinfachte, und für die Praxis gut geeignete Varianten dieser Formel sind in der ÖNORM B 8115-4 und der ÖNORM EN 12354-1 zu finden. Vorsicht ist bei deren Anwendung im Massivholzbau geboten, da alle vereinfachten Masseformeln für deren Geltung mindestflächenbezogene Masse erfordern.

Prinzipiell erzeugt der auf eine Platte auftreffende Luftschall auf der Platte erzwungene BiegeWellen. Gleichet nun die Wellenlänge der vom Luftschallfeld erzwungenen BiegeWellen jener der freien BiegeWellen der Platte, ist sie also koinzident, so kommt es zu einer Kopplung der Wellenfelder, siehe Abbildung 16.



λ_0 : Wellenlänge des Luftschallfeldes [m]

λ_B : Wellenlänge der BiegeWelle der Platte [m]

δ : Schalleinfallswinkel

Abbildung 16: Koinzidenz [Fasold et al. 2003]

Dies führt zu einer Resonanz, die eine geringere Schalldämmung zur Folge hat. Demnach versteht man unter Koinzidenz die zeitliche und räumliche Übereinstimmung der Wellenform auf der Platte und in der Luft vor der Platte. Dabei ist zu beachten, dass die Geschwindigkeit der BiegeWellen frequenzabhängig ist, was wiederum dazu führt, dass Koinzidenz erst ab einer gewissen Koinzidenz-Grenzfrequenz f_c auftritt. Die Stärke des Einbruches der Schalldämmung bei der Koinzidenzfrequenz wird in der Praxis durch den Verlustfaktor η begrenzt, wodurch sich üblicherweise nur ein horizontales Plateau im Frequenzverlauf ausbildet. Im Frequenzbereich über der Koinzidenzfrequenz steigt die Schalldämmung wieder mit den bekannten 6 dB pro Oktave an.

4.2.2 Luftschalldämmung einschaliger, massiver aber leichter Bauteile (Massivholzkonstruktionen)

Massivholzkonstruktionen stellen nun insofern eine Besonderheit dar, als sie weder den schweren, massiven Bauteilen, noch den leichten, mehrschaligen zugerechnet werden können. Während bei schweren, massiven Bauteilen die schallschutztechnischen Anforderungen über deren Masse und beim Holzrahmenbau mit biegeweichen Beplankungen erfüllt werden, stellen Massivholzplatten weder eine biegeweiche noch eine biegesteife Konstruktion dar [Bednar et al. 2000].

Wie bereits erläutert, kommt es zu einem Einbruch der Schalldämmung rund um die Koinzidenzfrequenz. Diese ist bei schweren Bauteilen im sehr tiefen und bei leichten mehrschaligen Bauteilen im sehr hohen Frequenzbereich zu finden, vergleiche Abbildung 15. In beiden Fällen außerhalb des bauakustisch wichtigen Frequenzspektrums. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, liegt die Koinzidenz bei üblichen Konstruktionsstärken im Bereich von 250 bis 500 Hz und somit genau im praxisrelevanten Frequenzbereich. Eine Tatsache, auf die bei der Planung des gesamten Bauteilaufbaus besondere Rücksicht genommen werden muss.

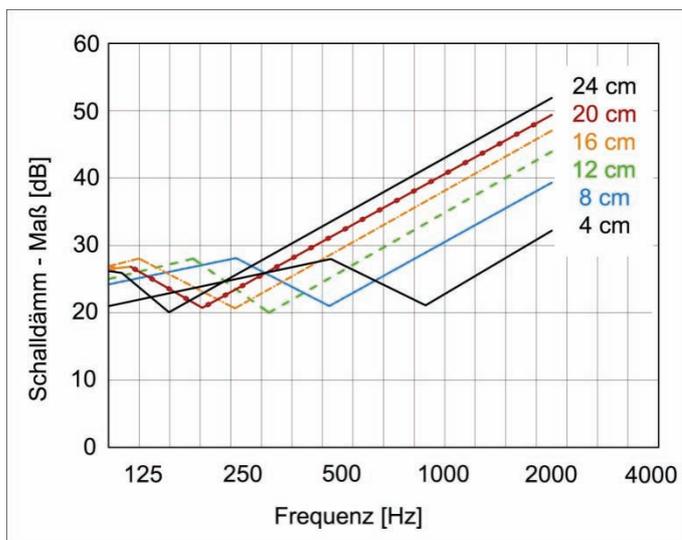
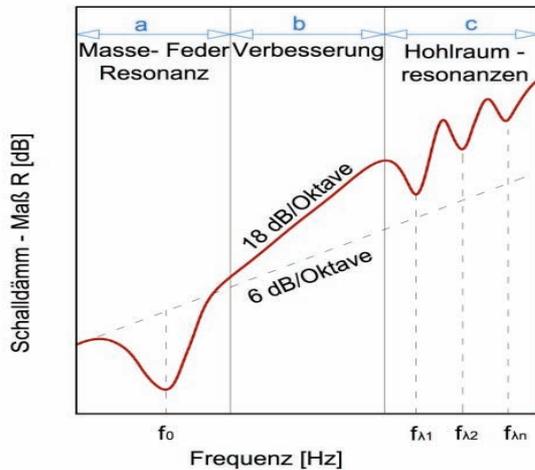


Abbildung 17: Berechnetes Schalldämm-Maß von fugenlosen Massivholzplatten in Abhängigkeit von deren Stärke, Quelle: [Bednar et al. 2000]

4.2.3 Luftschalldämmung mehrschaliger leichter Bauteile (Holzrahmenbau)

Eine mehrschalige Konstruktion stellt ein Schwingungssystem von zwei oder mehreren Massen dar, die mit einer Feder, welche durch die dynamische Steifigkeit s' charakterisiert wird, verbunden sind. Als Feder wirken dabei Hohlräume oder elastische Zwischenschichten. Ein wesentlicher Faktor für die Schalldämmung einer derartigen Konstruktion ist die Kopplung der Schalen. Je geringer die Kopplung, umso weniger Energie kann von einer

Schale auf die andere übertragen werden und umso höher ist die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion. Abbildung 18 zeigt den typischen Frequenzverlauf des Schalldämm-Maßes von mehrschaligen Bauteilen mit drei charakteristischen Abschnitten.



f_n : Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Systems [Hz]

f_λ : Eigenfrequenzen des Luftzwischenraumes [Hz]

Abbildung 18: Schalldämm-Maß zweischaliger Bauteile [Fasold et al. 2003]

Derartige Systeme weisen eine Resonanzfrequenz mit einer maximalen Amplitude, welche durch die Masse, die Feder, den Abstand zwischen den Massen und die Reibung (Dämpfung) bestimmt wird, auf. Im Bereich dieser Resonanzfrequenz tritt eine massive Verschlechterung der Schalldämmung auf. Dies hat zur Folge, dass im tiefen Frequenzbereich die Schalldämmung sogar unter jene einer Einfachwand gleicher Masse fällt. Oberhalb der Feder-Masse-Resonanz nimmt die Schalldämmung zu.

Gleichung 4-6: $f_0 = 75 \cdot \sqrt{\frac{1}{m \cdot d_s}}$ Hz

m : flächenbezogene Masse einer Schalenseite [kg/m²]

d_s : Abstand der beiden Schalen [m]

f_0 : Resonanzfrequenz des Masse-Feder-Masse-Systems [Hz]

Tabelle 9: Berechnungsbeispiel zu Feder-Masse-Resonanz

Schalenabstand	Gipskartonplatte			Resonanzfrequenz
d_s [m]	Dicke [mm]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	m [kg/m ²]	f_0 [Hz]
0,05	12,5	800	10	106
0,1	2 x 12,5	800	20	53

Die Gleichung 4-7 zeigt, dass sich bei Holzrahmenbauteilen grundsätzlich folgende Materialeigenschaften der Bekleidungen auf die aus der Masse-Feder-Resonanz resultierende Schalldämmung auswirken.

Tabelle 10: Einfluss der Resonanzfrequenz des Feder-Masse-Systems (f_0) auf die Schalldämmung bei Holzrahmenbauteilen

Eigenschaft		Resonanzfrequenz f_0	Auswirkung
Dichte	hoch	tief	+
	gering	hoch	-
Schalenabstand	hoch	tief	+
	gering	hoch	-

Bei höheren Frequenzen treten Hohlraumresonanzen auf, die auf stehende Wellen im Hohlraum zurückzuführen sind und ebenfalls die Schalldämmung verringern. Deren Einfluss ist jedoch gering, wenn der Hohlraum mit schallabsorbierendem Material gefüllt wird [Fasold und Veres 2003].

Bei mehrschaligen Bauteilen tritt der Spuranpassungseffekt (Koinzidenz) aufgrund der wesentlich geringeren Biegesteifigkeit B' der gängigen Beplankungsmaterialien erst bei höheren Frequenzen auf. Aufgrund der üblicherweise bereits recht hohen Schalldämmung mehrschaliger, leichter Bauteile in diesem Frequenzbereich, zeigt der Einbruch der Schalldämmung rund um die Koinzidenzgrenzfrequenz f_g gewöhnlich keine großen Auswirkungen auf das Gesamtergebnis.

Gleichung 4-8: $f_g = 64 \cdot \frac{1}{d} \sqrt{\frac{\rho}{E}}$ Hz

f_g : Koinzidenz-Grenzfrequenz [Hz]

d : Dicke der Platte [m]

ρ : Dichte der Platte [kg/m³]

E : Dynam. Biegeelastizitätsmodul [MN/m²]

Tabelle 11: Berechnungsbeispiel zu Koinzidenz-Grenzfrequenz (f_g)

Material	Materialeigenschaften			Koinzidenz-Grenzfrequenz
	Dicke [mm]	Rohdichte ρ [kg/m ³]	dynamischer Biege-E-Modul	f_g [Hz]
Gipskartonplatte	12,5	800	2800	2737
Gipsfaserplatte	12,5	1150	3800	2817

Die Gleichung 4-8 zeigt, dass sich bei Holzrahmenbauteilen grundsätzlich folgende Materialeigenschaften der Bekleidungen auf die aus der Koinzidenz-Grenzfrequenz resultierende Schalldämmung auswirken.

Tabelle 11 a: Einfluss der Koinzidenz-Grenzfrequenz (f_g) auf die Schalldämmung bei Holzrahmenbauteilen

Eigenschaft		Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g	Auswirkung
Dicke der Platte	dünn	hoch	+
	dick	tief	-
Dynamischer Biege E-Modul	gering (weiche Platte)	hoch	+
	hoch (harte Platte)	tief	-
Dichte	hoch	hoch	+
	gering	tief	-

Als biegeweiche Schalen zur Herstellung von zweischaligen Bauteilen oder von Vorsatzschalen gelten laut ÖNORM B 8115-4 meist plattenförmige Elemente mit einer Koinzidenz-Grenzfrequenz $f_g > 2500$ Hz.

Typische Werte für den dynamischen Biege-Elastizitätsmodul und Rohdichte gängiger Beplankungen zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12: Technische Daten üblicher Beplankungsmaterialien

Material	Dynamischer Biege-Elastizitätsmodul [MN/m ²]	Rohdichte [kg/m ³]
Gipskartonplatten	2800	800
Gipsfaserplatten	3800	1150 +/- 50
Leichtbetonbauplatte powerpanel h2o	5500	1000
Leichtbetonbauplatte powerpanel HD	4500 +/- 500	1000

Tabelle 13: Beispiele für biegeweiche Schalen nach ÖNORM B 8115-4

Material	Biegeweich bei maximaler Stärke von [mm]
Stahlblechplatten	2
Gipskartonplatten	15
Gipsfaserplatten	15
Faserzementplatten	6
Holzspanplatten	20
Sperrholzplatten	5
Glas	4
Holzwohle-Dämmplatten mit Verputz	Putzstärke max. 15 mm
Verputzschichten	25
Deckschichten von Wärmedämm-Verbundsystemen	
Schwimmende Estriche (akustisch einer biegeweichen Schale gleichwertig)	

4.2.3.1 Vorsatzschalen zur akustischen Verbesserung von Bauteilen

Die oben genannten Eigenschaften von Leichtkonstruktionen, beruhend auf dem Feder-Masse Prinzip, führen dazu, dass Bauteile mit derartigen Konstruktionen in Form von elastischen Vorsatzschalen akustisch verbessert werden. Sie bestehen aus einer möglichst biegeweichen Beplankung (Masse), einer möglichst geringen Kopplung (Feder) mit dem Grundbauteil und einer Hohlraumbedämpfung aus faserigem Dämmstoff. In Abhängigkeit verschiedener Parameter (v.a. Abstand, Koppelung und Masse) ergibt sich eine unterschiedliche Resonanzfrequenz f_0 bei der die Vorsatzschale zu wirken beginnt (vgl. hierzu Abbildung 18). Je tiefer diese ist, umso größer ist der von der Verbesserung betroffene Frequenzbereich. Wirksame Maßnahmen zur Verringerung der Resonanzfrequenz sind die Erhöhung der schwingenden Masse und die Vergrößerung deren Abstandes.

Der Ausführung von Vorsatzschalen mit sehr tiefen Resonanzfrequenzen (unter 50 Hz) sind baupraktische Grenzen gesetzt. Aus diesem Grund kann es bei der Anwendung von Vorsatzschalen, trotz Verbesserung der bewerteten Einzahlangabe, für den Frequenzbereich unterhalb der Resonanz zu höheren Schallpegeln kommen [Dolezal 2013].

Holzrahmenbauteile weisen generell gute Schalldämmungen im hohen Frequenzbereich mit einem Anstieg von 12 dB pro Oktave (Abbildung 18) gegenüber nur 6 dB pro Oktave

(Abbildung 15) bei Massivbauteilen auf. Versucht man nun einen Leichtbauteil mit einer Vorsatzschale zu verbessern, so muss berücksichtigt werden, dass Verbesserungen, da schon von einem höheren Niveau ausgegangen wird, geringer ausfallen werden.

Generell ist bezüglich Vorsatzschalen darauf hinzuweisen, dass deren schalltechnische Verbesserung von der akustischen Qualität des Grundbauteils abhängig ist. Wobei die Einzahlangabe hier wohl als Richtwert dienen kann (je geringer R_w des Grundbauteils umso größer die Verbesserung), vor allem aber Konstruktionen mit Defiziten im hohen Frequenzbereich verbessert werden.

4.2.3.2 Holzrahmenbau und tiefe Frequenzen

Wie bereits erwähnt, wird die Wirksamkeit der Schalldämmung von baupraktisch üblichen Leichtkonstruktionen physikalisch limitiert. Dennoch wurden verschiedene Ansätze zur tieffrequenten Optimierung untersucht. Seit Jahren auf dem Markt sind als Hohlkastenelemente ausgebildete Holz-Fertigdeckensysteme, die in den Hohlräumen auf ihre Resonanzfrequenz abgestimmte Dämpfungselemente (Kalksandsteine auf Trittschalldämmplatten) aufweisen. Messungen der Holzforschung Austria, durchgeführt im Rahmen des Forschungsprojekts „Urbanes Bauen in Holz- und Holzgemischbauweise“, zeigen hier eine beachtliche Wirksamkeit dieser Rohdeckensysteme im Vergleich zur ungedämmten Ausführung. Untersuchungen wurden auch von Rabold an der FH Rosenheim durchgeführt. In [Rabold 2005] wird anhand einer Gebäudetrennwand in Holzrahmenbauweise durch Halbierung des Ständerrasters und Vergrößerung der Trennfugenbreite demonstriert, wie sich die Schalldämmung im tiefen Frequenzbereich verbessert. Beide Maßnahmen zusammen führten zu einer signifikanten Erhöhung der Schalldämmung unter 100 Hz, allerdings auch zu einer Verringerung des Schalldämm-Maßes R_w um 2 dB.

4.3 Körperschall

4.3.1 Allgemeines

Körperschall wird in einem Bauteil durch mechanische Anregung induziert. Auch Körperschall wird im Empfangsraum als Luftschall abgestrahlt. Der Trittschall stellt eine Sonderform des Körperschalls dar, der durch das Begehen des Bauteils sowie durch wohnübliche Nutzung, wie etwa Möbelrücken, hervorgerufen wird. Im Gegensatz zur Luftschalldämmung wird hier von einer definierten Trittschallanregung (durch das Normhammerwerk) ausgegangen und nicht eine Schallpegeldifferenz, sondern ein maximaler Schallpegel im Empfangsraum L_2 festgelegt.

Angegeben wird die Trittschalldämmung eines Bauteils durch den auf die Bezugsabsorptionsfläche bezogenen Norm-Trittschallpegel L_n . Die Bausituation wird auch hier durch einen Strich indiziert, was erkennen lässt, dass es sich um einen Trittschallpegel in situ handelt. Die Normanforderungen werden über den bewerteten Standard-

Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ (Gleichung 4-9) definiert, welcher sich ebenso wie die Standard-Schallpegeldifferenz auf die Bezugs-Nachhallzeit T_0 bezieht.

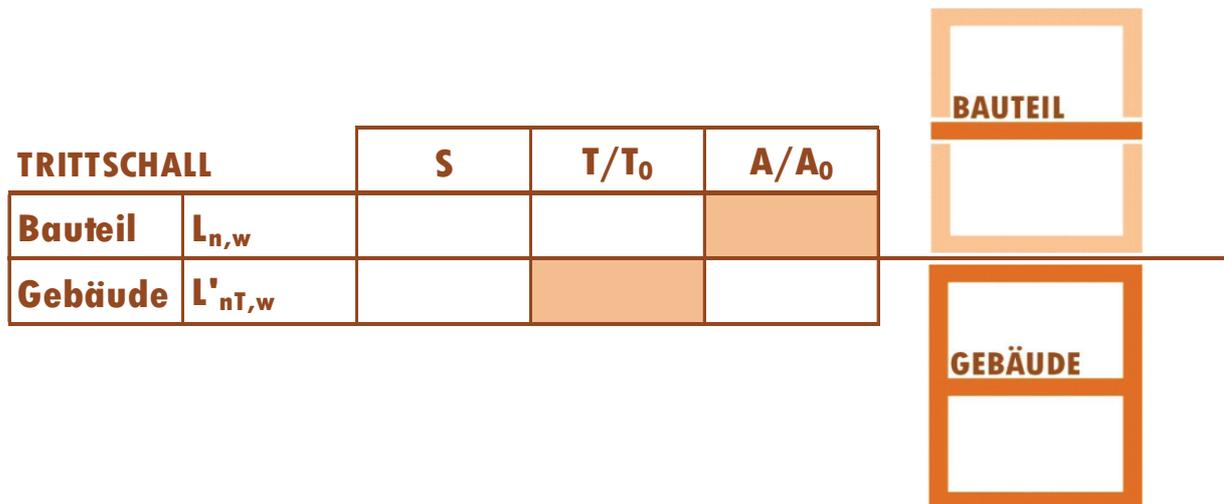
Gleichung 4-9: $L'_{nT} = L_E - 10 \log \frac{T}{T_0}$ dB

L'_{nT} : Standard-Trittschallpegel in situ [dB]

L_E : Schallpegel im Empfangsraum [dB]

T: Nachhallzeit [s]

T_0 : Bezugsnachhallzeit [s], i.a. 0,5 s



$L_{n,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel [dB]

S: Fläche des Trennbauteils [m²]

$L'_{nT,w}$: bewerteter Standard-Trittschallpegel [dB]

T: Nachhallzeit [s]

T_0 : Bezugsnachhallzeit [s], i.a. 0,5 s

A: äquivalente Schallabsorptionsfläche [m²]

A_0 : Bezugsabsorptionsfläche [m²], i.a. 10 m²

Abbildung 19: Bewertete bauakustische Kenngrößen Trittschall, deren Anwendung und Normierung

4.3.2 Reduktion von Körperschall

Im Wesentlichen wird versucht, die Einleitung von Trittschall in die Konstruktion, die Weiterleitung und die Abstrahlung als Luftschall zu verhindern bzw. zu minimieren. Konstruktiv wird die Einleitung von Trittschall im Gebäude üblicherweise durch entsprechende Deckenauflagen, wie etwa einen schwimmenden Estrich und die Weiterleitung durch Unstetigkeiten in Material und Bauform, wie etwa die Lagerung auf elastischen Zwischenschichten und durch den Einbau von Dämpfungsschichten

unterbunden. Die Abstrahlung in den Empfangsraum kann durch Vorsatzschalen bzw. generell durch biegeeweiche Beplankungen verringert werden, siehe Abbildung 20.

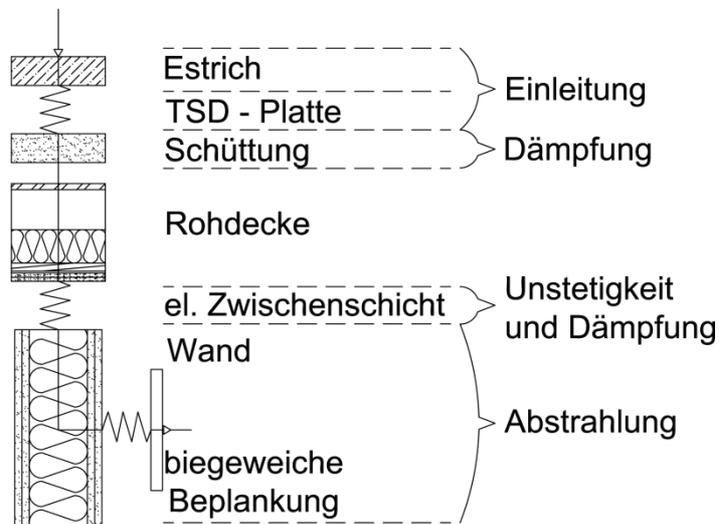


Abbildung 20: Reduktion von Körperschall

4.3.2.1 Schwimmender Estrich

Die Dämmwirkung eines Estrichs wird dadurch definiert, dass der Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ einer Decke frequenzabhängig, einmal ohne und einmal mit Estrich gemessen wird, wobei die Differenz als Verbesserung bzw. Trittschallminderung ΔL bezeichnet wird. Bewertet über den Frequenzbereich von 100 bis 3150 Hz ergibt sich daraus die bewertete Trittschallminderung ΔL_w .

Unmittelbar auf die Decke aufgebrachte Estriche bringen keine nennenswerte Verbesserung des Trittschallschutzes. Erst in Kombination mit einer weichfedernden Dämmschicht (Masse-Feder-Masse-System) wird eine große Dämmwirkung erreicht [Müller und Möser 2004]. Die Dämmung beginnt oberhalb der Resonanzfrequenz f_0 des Estrichs, die sich für sehr schwere Rohdecken nach Gleichung 4-10 berechnet. Für Estriche auf Holzdecken gilt dieser ideale Zusammenhang nicht mehr, da in diesem Fall die flächenbezogene Masse der Rohdecke oft geringer ist als die schwingende Masse des Estrichs m'_1 . Die Resonanzfrequenz ist demnach nach Gleichung 4-11 unter Berücksichtigung der flächenbezogenen Masse der Rohdecke m'_2 zu berechnen.

Gleichung 4-10:
$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'_1}} \text{ Hz}$$

f_0 : Resonanzfrequenz [Hz]

s' : dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung [MN/m³]

m' : flächenbezogene Masse [kg/m²]

$$\text{Gleichung 4-11: } f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz}$$

f_0 : Resonanzfrequenz [Hz]

s' : dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung [MN/m³]

m'_1 : flächenbezogene Masse Estrich [kg/m²]

m'_2 : flächenbezogene Masse Rohdecke [kg/m²]

Da die Resonanzfrequenz möglichst gering sein sollte, muss die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmung möglichst gering sein, bzw. die Massen m'_1 und m'_2 möglichst groß.

4.3.2.2 Dämpfung

Bei der Körperschalldämpfung wird die Körperschallenergie möglichst nahe der Quelle in Wärme umgewandelt. Dies geschieht durch Materialien mit hoher innerer Dämpfung oder Reibung an Kontaktflächen und wird durch den Verlustfaktor η charakterisiert.

Dämpfende Schichten stellen in den üblichen Holzdeckenkonstruktionen neben der Trittschalldämmung des schwimmenden Estrichs vor allem die hauptsächlich zur Erhöhung der Rohdeckenmasse eingesetzten Splittschüttungen dar. Körperschall wird vom angeregten schwimmenden Estrich in die Schüttung abgestrahlt und dort in Wärme umgewandelt. Aus diesem Grund werden bei Holzdeckenkonstruktionen bevorzugt ungebundene Schüttungen ausgeführt, da bei diesen, aufgrund der höheren Dämpfung gegenüber gebundenen Schüttungen, geringere Trittschallpegel gemessen werden. Bei Holzbalkendecken erfolgt die Bedämpfung des Gefachs durch schallabsorbierende Stoffe, wie etwa Mineralwolle. Diese sollten einen längenbezogenen Strömungswiderstand r in der Größenordnung von $3 \geq r \geq 35 \text{ kPa s/m}^2$ [Maak, 2008] aufweisen.

Schallenergie wird auch im Estrich selbst absorbiert, wobei Gussasphalt- und Trockenestriche eine höhere innere Dämpfung aufweisen als Zementestriche. Dadurch erreichen Gussasphaltestriche bei gleicher Masse und Trittschalldämmplatte bessere Trittschalldämmung. Zementestriche lassen sich aufgrund ihrer höheren Steifigkeit jedoch auf weicheren Trittschalldämmplatten einsetzen, wodurch bessere Ergebnisse erreichbar sind [Holtz et al. 1999a].

4.3.2.3 Kombination von Dämmung und Dämpfung

In der Praxis ist die Kombination von Dämmung und Dämpfung am wirksamsten. Vor allem im Bereich von Resonanzfrequenzen bewirkt eine Erhöhung des Verlustfaktors eine Körperschallpegelminderung. Liegen im angeregten Frequenzbereich keine Resonanzen, lässt sich durch zusätzliche Dämpfung keine Verbesserung erzielen, da die Körperschallpegel nur von Masse oder Steife bestimmt sind [Müller und Möser 2004]. In der Praxis bedeutet dies die Anordnung von elastischen Zwischenschichten und eine zusätzliche Dämpfung in Form einer Beschüttung im Bereich, in dem durch Mehrfachreflexionen die höchste Energiedichte herrscht, zwischen schwimmendem Estrich und Rohdecke.

4.4 Flankenübertragung

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen erfolgt über den Trennbauteil und über die Flanken. Im Falle der Geschoßdecke liegen Nebenwege vor allem in Form der flankierenden Wände, aber auch als indirekte Schallübertragung über Luftschall-Nebenwege wie etwa Kabelkanäle vor, siehe Abbildung 21. Dabei wird die Direktschallübertragung mit D und d und die Flankenschallübertragung mit F und f bezeichnet, wobei Groß- und Kleinbuchstaben auf Sende- und Empfangsseite hinweisen.

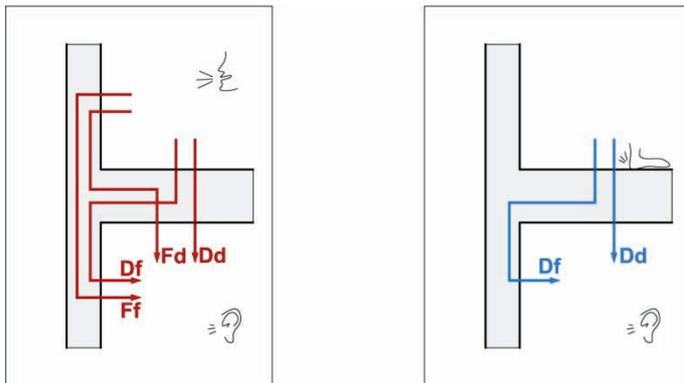


Abbildung 21: Luftschall- und Trittschallübertragungswege zwischen benachbarten Räumen

Dabei ist es nicht unüblich, dass die flankierenden Bauteile einen gleich hohen bzw. sogar höheren Schallpegel abstrahlen als der Trennbauteil. An dieser Stelle sei auf das Kapitel Berechnungsgrundlagen in der Akustik und die darin demonstrierte Pegeladdition verwiesen. Wie sich gezeigt hat, ist die Schalldämmung in ausschließlich aus Massivholzbauteilen konstruierten Gebäuden im Vergleich zur Holztafelbauweise oder mineralischen Massivbauweise niedrig, wenn keine Maßnahmen gegen die Flankenübertragung ausgeführt werden [Östman et al. 2008]. In Abschnitt 8.5 werden baupraktische Lösungen für die Entkopplung bei Einsatz von Holzrahmenbauteilen aufgezeigt.

Die Flankenübertragung kann entweder durch vollständige Entkopplung (sofern statisch möglich) oder durch die Anordnung von elastischen Zwischenschichten verringert werden. Die alleinige Unterbrechung der innenliegenden Beplankung ist für eine vollständige Entkopplung nicht ausreichend. Diesbezüglich ist sogar dem außenliegenden Vollwärmeschutz Beachtung zu schenken.

Die rege Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Schall-Längsleitung in den letzten Jahrzehnten hat zu einem allgemein akzeptierten Berechnungsmodell nach [ÖNORM EN 12354-1] für die Vorherbestimmung des Schallschutzes zwischen Räumen geführt. Diese Berechnungsmethode ist für Leichtbaukonstruktionen (z.B. Konstruktionen in Holzrahmenbauweise oder Gipskartonständerwände) derzeit allerdings nur eingeschränkt geeignet. Weber und Scholl sehen die Übereinstimmung von Rechenmodell und Messung aufgrund ihrer Untersuchung der Stoßstellendämmung von Leichtbauwänden aus Metallständerprofilen und Gipskartonplatten als unbefriedigend an [Weber und Scholl 2000].

Bei Leichtbauteilen entstehen aufgrund der hohen inneren Dämpfung keine diffusen Körperschallfelder, weshalb direkte Messungen der Stoßstellendämmung nicht einwandfrei möglich sind. Das Berechnungsverfahren nach [ÖNORM EN 12354-1] ist daher hinreichend genau nur für mineralische massive Konstruktionen und mit Abstrichen für Massivholzkonstruktionen anwendbar, für Leichtbauteile jedoch nur bedingt geeignet [Schoenwald et al. 2004]. Resultierend aus der europäischen COST-Action FP 0702 wurden bei der Euronoise 2012 in Prag Erweiterungen für die akustische Prognose von Leichtbauteilen nach [ÖNORM EN 12354-1] von Schoenwald, Mahn und Guigou-Carter vorgestellt. Vorschläge, die derzeit aber noch nicht Eingang in die europäische Normung gefunden haben und über die noch kein Konsens besteht.

4.5 Anforderungen

Die schallschutztechnischen Anforderungen an Außen- und Trennbauteile werden in [OIB Richtlinie 5 2011] und der [ÖNORM B 8115-2] geregelt. Zusätzlich werden in [ÖNORM B 8115-5] freiwillige Schallschutz-Klassen angeführt. Sofern im jeweiligen Bundesland die OIB Richtlinie 5 (noch) nicht übernommen wurde, sind auch die Anforderungen gemäß entsprechender Bauordnung bzw. Bautechnikverordnung zu beachten.

4.5.1 Anforderungen an Außenbauteile

Die Anforderungen an Außenbauteile sind entsprechend dem standortbezogenen und bauteillagebezogenen Außenlärmpegel zu ermitteln. Grundsätzlich ist ein bewertetes resultierendes Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ von mindestens 33 dB und ein bewertetes Schalldämm-Maß R_w der opaken Bauteile von mindestens 43 dB einzuhalten. Das bewertete Schalldämm-Maß R_w der opaken Außenbauteile muss jeweils um mindestens 5 dB höher sein als das jeweils erforderliche bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ der Außenbauteile.

Das resultierende Schalldämm-Maß wird vom schwächsten Bauteil der Außenfläche bestimmt, welches in der Regel das Fenster darstellt. Der Einfluss eines durchschnittlichen Fensters kann nicht mehr kompensiert werden. Der Fensterflächenanteil spielt in diesem Zusammenhang auch eine wesentliche Rolle. Gerade bei Fassaden mit einer hohen Außenlärmbelastung ist aus diesem Grund der Fensterflächenanteil kritisch zu betrachten und die Raumaufteilung zu berücksichtigen.

Tabelle 14: Anforderungen an das bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ für Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgeläude u.dgl. nach [OIB Richtlinie 5 2011]

Maßgeblicher Außenlärmpegel [dB]		bewertetes resultierendes Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ [dB]
Tag	Nacht	
51-60	41-50	38
61-70	51-60	38,5 + 0,5 dB je Erhöhung des maßgeblichen Außenlärmpegels um 1 dB
71-80	61-70	44 + 1 dB je Erhöhung des maßgeblichen Außenlärmpegels um 1 dB

Bei Verwaltungs- und Bürogebäuden gelten um 5 dB geringere Anforderungen für das erforderliche bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ als in Tabelle 14 angeführt.

Bei Decken und Wänden gegen Durchfahrten und Garagen ist ein bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w von mindestens 60 dB erforderlich. Gebäudetrennwände müssen ein bewertetes Bauschalldämm-Maß von mindestens 52 dB je Wand aufweisen.

4.5.2 Anforderungen an Innenbauteile

Die Anforderungen an Innenbauteile werden in Tabelle 15 und Tabelle 16 angeführt.

Tabelle 15: Anforderungen an die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nt,w}$ innerhalb von Gebäuden nach [OIB Richtlinie 5 2011]

	$D_{nt,w}$ ohne Verbindung durch Türen [dB]	$D_{nt,w}$ mit Verbindung durch Türen [dB]
Aufenthaltsräume aus Räumen anderer Nutzungseinheiten und allgemein zugängliche Bereiche	55	50
Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen aus Räumen der selben Kategorie	55	50
Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen aus allgemein zugänglichen Bereichen	55	38
zu Nebenräumen aus Räumen anderer Nutzungseinheiten und allgemein zugängliche Bereiche	50	35
zu Hotel-, Klassen-, Krankenzimmern oder Wohnräumen in Heimen aus Nebenräumen	50	35

Tabelle 16: Anforderungen an den bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nt,w}$ in Gebäuden nach OIB Richtlinie 5 [OIB Richtlinie 5 2011]

	$L'_{nt,w}$ zu Aufenthaltsräumen [dB]
aus Räumen angrenzender Nutzungseinheiten (Wohnungen, Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern, Hotels, Heimen, Verwaltungs- und Bürogebäude und vergleichbarer Nutzungen sowie aus allgemein zugänglichen Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden)	48
aus allgemein zugänglichen Bereichen (z.B. Treppenhäuser, Laubengängen)	50
aus nutzbaren Terrassen, Dachgärten, Balkonen, Loggien und Dachböden	53

Zu Nebenräumen kann der bewertete Standard-Trittschallpegel um 5 dB erhöht werden.

5 Wärmeschutztechnische Grundlagen

5.1 Allgemeines

Wärmeschutz:

- Holz hat von allen tragenden Baustoffen die geringste Wärmeleitfähigkeit.
- Holz stellt eine geringe Wärmebrücke dar.
- Die geringeren Wandstärken der Holzaußenwände ermöglichen einen Gewinn an Nutzfläche.

Ziel des Wärmeschutzes ist es, den Energieverbrauch zur Aufrechterhaltung der thermischen Behaglichkeit in einem Gebäude gering zu halten sowie die Innenoberflächen der Außenbauteile möglichst nahe an der Raumtemperatur zu halten und diese vor Schimmelbefall und Kondensat zu schützen.

5.2 Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m.K)] ist eine Materialeigenschaft, welche angibt, wie viel Wärmemenge durch einen Stoff mit einem Meter Dicke pro m^2 und einem Kelvin Temperaturunterschied dringt. Je größer dieser Kennwert, desto weniger ist der Stoff für Wärmedämmzwecke geeignet. Tabelle 17 fasst Richtwerte der Wärmeleitfähigkeit ausgewählter Baustoffe zusammen.

Tabelle 17: Wärmeleitfähigkeit ausgesuchter Baumaterialien, Quellen: [ÖNORM EN 12524]¹⁾ und Vorschlag [ÖNORM B 8110-7]²⁾

Material	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ in W/(m.K)
Beton (armiert mit 1 % Stahl) Rohdichte 2300 kg/m ³	2,3 ¹⁾
Holz und Brettspertholz Rohdichte 500 kg/m ³	0,13 ¹⁾
Holzwohle (WW) Rohdichte 350 kg/m ³	0,11 ²⁾
Holzfaserdämmstoffe (WF-W) Rohdichte 50 kg/m ³	0,042 ²⁾
Mineralwohle MW (SW)-W Rohdichte 30 kg/m ³	0,042 ²⁾
Mineralwohle MW (GW)-W Rohdichte 15 kg/m ³	0,040 ²⁾
Expandierter Polystyrolschaum (EPS-F) Rohdichte 15,8 kg/m ³	0,040 ²⁾

Eine Gegenüberstellung der erforderlichen Dicken unterschiedlicher Baustoffe zur Erreichung eines Wärmedurchlasswiderstandes von 2 m²K/W stellt Abbildung 22 dar.

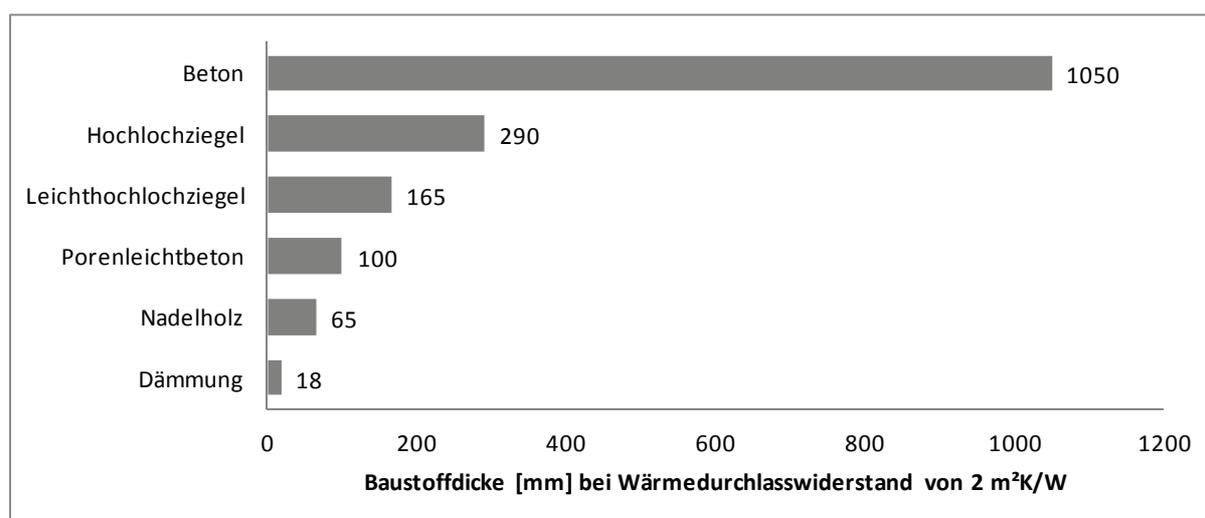


Abbildung 22: Gegenüberstellung der erforderlichen Dicken unterschiedlicher Baustoffe für einen Wärmedurchlasswiderstand von 2 m²K/W

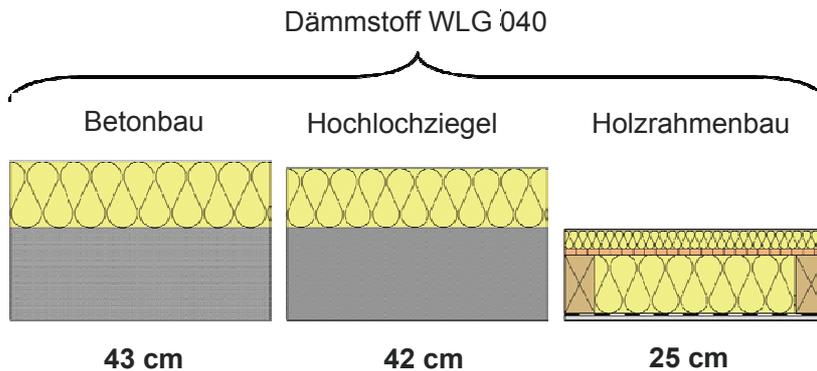


Abbildung 23: erforderliche Wandstärken bei gleichen wärmetechnischen Eigenschaften unterschiedlicher Bauweise

5.3 U – Wert

Der U-Wert - auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt $[W/(m^2.K)]$ - gibt an, welche Wärmemenge durch einen Körper pro m^2 und Kelvin Temperaturdifferenz dringt. Er errechnet sich über die Wärmeleitfähigkeiten und die Dicken der einzelnen Materialschichten und Pauschalwerte, welche den Bauteilgrenzen zugeordnet werden. Je höher die Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Materialien desto höher der U-Wert des Bauteils. Generell wird ein möglichst geringer U-Wert der Außenbauteile angestrebt.

Die Entwicklungen der durchschnittlichen U-Werte für Außenwände unterschiedlicher Bauweise zeigt Abbildung 24. Dabei werden die wärmetechnischen Vorteile der Holzbauweise ersichtlich. Eine Statistik der IG Passivhaus belegt, dass die Hälfte der errichteten Passivhäuser in reiner Holzbauweise ausgeführt wurde, siehe Abbildung 25. Zählt man die Mischbauweise hinzu, bei welcher in der Regel die Außenhülle ebenfalls in Holzbauweise errichtet wird, so ergibt sich in Bezug auf die Außenhülle ein Marktanteil von über 60 % bei den Passivhäusern.

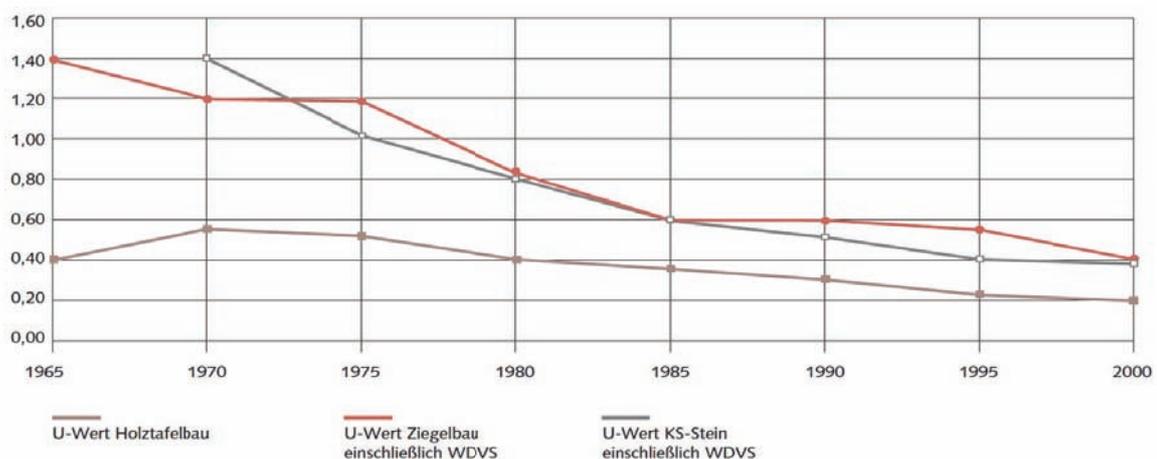


Abbildung 24: Entwicklung des Wärmeschutzes von Holztafel-, einschaligen Ziegel- und Kalksandsteinaußenwänden, Quelle: [Tichelmann 2007]

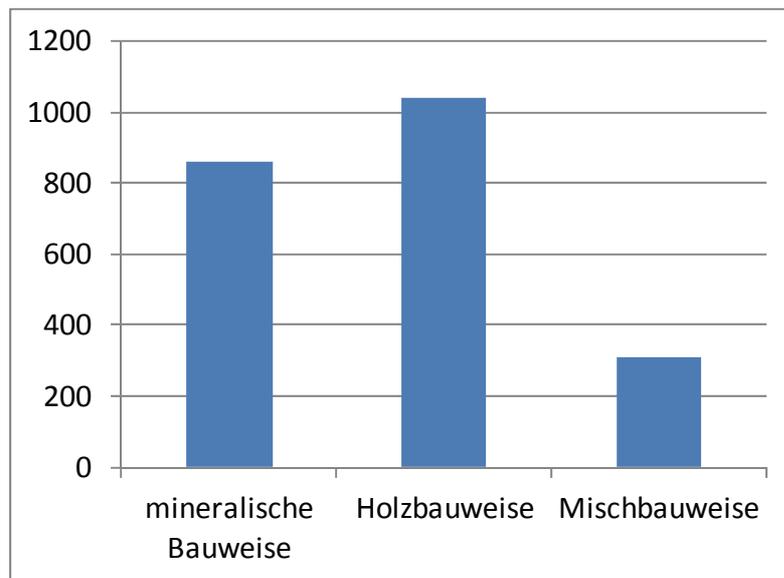


Abbildung 25: Auswahl der Passivhausobjekte aufgeteilt nach der Bauweise, Quelle: [Passivhaus]

5.4 Sommertauglichkeit

Neben dem winterlichen Wärmeschutz kommt der Sommertauglichkeit der Gebäude eine große Bedeutung zu. Studien der Energy Efficiency of Room-Air-Conditioners (EERAC) [Adnot und Waide 2003; Varga und Pagliano 2006] sagen eine Vervielfachung des Kühlbedarfs in Europa zwischen 1990 und 2020 voraus.

Zur Erfüllung der Sommertauglichkeit von Räumen bzw. Gebäuden müssen der Energieeintrag, die Lüftung und die speicherwirksame Masse der Bauweise aufeinander abgestimmt werden. Die alleinige Betrachtung der speicherwirksamen Masse der Bauweise ist, wie Untersuchungen im bauphysikalischen Versuchsgebäude unter realen Bedingungen im Rahmen von HFA-TIMBER zeigen, nicht zielführend. Bei dem Forschungshaus handelt es sich um ein zweistöckiges Einfamilienhaus ($L \times B \times H = 10,7 \times 8,7 \times 8,3 \text{ m}$) mit modularen Versuchswänden. Zusätzlich sind pro Stockwerk jeweils zwei Versuchsräume (mit je 10 m^2) für vergleichende Untersuchungen eingerichtet. Das NutzerInnenverhalten kann mittels künstlichen BewohnerInnen nachgestellt werden. Lüftung und Beschattung sind mittels Bustechnologie steuerbar.

5.4.1 Lüftung

In der Vergangenheit hat die Lüftung eines Raumes bzw. Gebäudes in den Berechnungen eher eine untergeordnete Rolle gespielt, da in erster Linie Bauweise und die Konstruktion der Wände als relevant gesehen wurden. Gleichzeitig gab es mit der Entwicklung von Niedrigstenergiehäusern einen Trend zu mechanischen Lüftungsanlagen.

Im Zuge des Projekts wurden sowohl mechanische Lüftungsanlagen als auch die verschiedenen Wirkweisen der Fensterlüftung mittels Tracergasmessungen bewertet. Aus dem Konzentrationsabfall des Messgases wurde der Luftvolumenstrom in Abhängigkeit zur Temperatur bestimmt. Die Untersuchung der Luftströmungen war aufgeteilt in Einzelzonen- und Mehrzonen-Untersuchungen. Mehrzonenuntersuchungen erstreckten sich über eine Gruppe von Räumen bzw. das gesamte Forschungshaus. Bei Einzelzonenuntersuchungen wurde festgestellt, dass bei geöffneten Fenstern der Einfluss des Insektenschutzgitters proportional mit der Abminderung des Lüftungsquerschnitts abnimmt. Bei gekippter Fensteröffnung wirkt sich diese Abminderung nicht auf den Luftwechsel aus.

Bei der Bewertung von mechanischen Lüftungsanlagen zeigte sich, dass zur Gewährleistung einer ausreichenden Nachtabkühlung im Sommer eine energieeffiziente Lüftungsanlage nicht ausreicht. Bei den Messungen des Luftvolumenstromes ergab sich folgendes Bild: Bei einem geöffneten Fenster wurden in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz Luftwechsel von 24 bis 44 h⁻¹ gemessen. Bei einem gekippten Fenster betrug der Luftwechsel zwischen 5 und 7 h⁻¹. Im Vergleich dazu ist eine Lüftungsanlage für einen hygienischen Luftwechsel von 0,4 h⁻¹ bzw. einem Luftwechsel von maximal 1,5 bis 2 h⁻¹ konzipiert. Somit ist auch bei Gebäuden mit Komfortlüftung während der Sommermonate die Nachtablüftung durch das Öffnen der Fenster sicherzustellen.

5.4.2 Energieeintrag und Beschattung

Der Energieeintrag setzt sich aus dem solaren Eintrag, welcher von den Größen, der Orientierung und den thermischen Kennwerten der Verglasungen (U-Wert, g-Wert) sowie der Art und Lage der Beschattung abhängt und den internen Lasten zusammen.

Im Projekt wurden mögliche Beschattungssysteme und deren Eigenschaften evaluiert. Zusätzlich wurde der Einfluss der Beschattung im Temperaturverhalten der Prüfräume in verschiedenen Szenarien untersucht. Insbesondere die Wirkung von nicht komplett geschlossenen Jalousien wurde analysiert und in die Messergebnisse des Raumverhaltens und in die Berechnung der operativen Temperaturen eingearbeitet. Da die Wirkung von Beschattungselementen von der Fenstergeometrie und der Fensterorientierung abhängig ist, wurden Planungsunterlagen von Projekten analysiert. Aus diesen Daten wurden die typische Geometrie und Flächenanteile der Fenster für verschiedene Raumtypen ermittelt und in Bezug zur Nettonutzfläche bzw. der Außenfassade als Basis für die Berechnung der operativen Raumtemperatur gesetzt. Dabei stellte sich heraus, dass Konfigurationen mit nach Westen orientierten Fenstern die höchsten Maxima bei der operativen Temperatur ergaben. Es wurde eine Raumkonfiguration mit repräsentativen Wand- und Deckenaufbauten und einer Größe von 14 m² zusammengestellt. Die Fenster wurden gemäß der Analyse als öffnenbare Balkontüre und fixverglastes Fenster gewählt. Bei den Verschattungselementen wurden Kombinationen aus außen- und innenliegenden Systemen definiert. Als Außenklima wurden periodische Sommertemperaturzustände mit einer mittleren

Temperatur von 23°C gewählt. Dadurch ergaben sich operative Raumtemperaturen bei entsprechender Nachtlüftung mit geöffneten Fenstern von 23,2 / 25,8°C (je nach NutzerInnenprofil) bei außenliegender Verschattung und 26,5 / 27,5°C bei innenliegender Verschattung. Bei Nachtlüftung mit gekippten Fenstern und außenliegender Verschattung betrug die operative Raumtemperatur 28,1 / 31,7°C und bei innenliegender Verschattung 33,9 / 34,4°C.

5.4.3 Bauweise

Der Beitrag der Bauweise wurde in der Vergangenheit stark überbewertet und zum Teil wurden nicht korrekte Annahmen getroffen. So ist bei jeder Bauweise zu berücksichtigen, dass durch Abhängungen bzw. Vorsatzschalen der dahinter liegende Rohbauteil „abgedämmt“ wird.

Um das sommerliche Verhalten von Bauteilen studieren zu können, wurden die Temperaturen in den einzelnen Schichten der Außenwandbauteile bestimmt. Aus vier wesentlichen Einflussfaktoren der Außenwände (Fassadenfarbe, Dämmung, Wandkonstruktion, Innenbeplankung) wurden insgesamt 63 Prüfaufbauten untersucht. Als Wandkonstruktion wurden Holzrahmenkonstruktionen sowie Holzmassivkonstruktionen mit außenliegendem Dämmpaket mit bzw. ohne Installationsebene ausgewählt. Als Dämmstoff kamen Steinwolle und Zellulose zum Einsatz. Für die innere Beplankung wurden insgesamt vier verschiedene Innenausbauplatten appliziert. Zum Einsatz kamen Gipskartonplatten mit unterschiedlichen Rohdichten, ein innovatives System mit Phasenwechselmaterial im Gipskern, sowie eine Holzwoleleichtbauplatte. Der Einfluss der Fassadenfarbe wurde anhand von zwei Farben (solarer Absorptionsgrad: hell = 0,24 und dunkel = 0,83) untersucht.

Es zeigte sich, dass den stärksten Einfluss auf das Innentemperaturniveau die Fassadenfarbe in Abhängigkeit von der Himmelsrichtung hat. Dabei wurde ein mittlerer Temperaturunterschied während des Sommerhalbjahres an der Wandoberfläche zwischen hell und dunkel in Abhängigkeit der Himmelsrichtung von 0,25 K (Holzrahmen) bis 0,48 K (Holzmassiv) gemessen. Den zweitgrößten Einfluss hat die Wahl des Dämmstoffes mit der entsprechenden Rohdichte, wobei die Dämmstoffdicke ebenfalls eine wesentliche Rolle spielt. Dabei wurde sichtbar, dass der Temperaturunterschied zwischen Konstruktionen mit Steinwolle und Zellulose 0,32 K (Holzrahmen) und 0,42 K (Holzmassiv) beträgt. Der Einfluss der Konstruktion ist stark abhängig von der eingesetzten Dämmung im Gefach, sowie deren Wirkweise. Ebenfalls relevant ist das Vorhandensein einer Installationsebene mit und ohne Dämmung. Hier ergeben sich Temperaturunterschiede zwischen den beiden Konstruktionen zwischen 0,04 K (Holzrahmen) und 0,33 K (Holzmassiv). Die innere Beplankung wirkt, je nach System, als zusätzlicher Wärmespeicher bei Gipskartonplatten in Abhängigkeit von der Rohdichte. Bei Holzwoleplatten wirkt das System als Kombination von Wärmespeicher und -dämmung. Beplankung mit PCM-Ausbauplatten wirken als Temperaturpuffer, wobei der Temperaturbereich des Phasenwechselmaterials in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur

z.B. in der Nacht zu berücksichtigen ist. Dadurch können im Sommer die Raum- und Oberflächentemperaturen durch Phasenverschiebung gesenkt und im Winter gehoben werden.

5.5 Anforderungen

Zur Kostenoptimierung der Gebäude sollten bei der Planung in Holzrahmenbauweise folgende konstruktive Grundsätze berücksichtigt werden:

- Vorfertigung und Logistik (Fenster und Beschattung werkseitig eingebaut)
- Haustechnikplanung (Schächte, Leitungsführung, Vorfertigung)
- übereinanderliegende Anordnung tragender Wandscheiben
- übereinanderliegende Anordnung der Fensteröffnungen
- durchgängige Parapete (Wände als Träger)

Die Anforderungen an den Wärmeschutz sind in der OIB-Richtlinie 6 geregelt. Dabei wird an den Neubau von Wohngebäuden ein maximal zulässiger jährlicher Heizwärmebedarf $HWB_{BGF, WG, max, RK}$ von $16 \cdot (1 + 3,0/l_c)$ in kWh/m² konditionierter Brutto-Grundfläche in Abhängigkeit der Geometrie und bezogen auf das Referenzklima gefordert, wobei der Wert für Gebäude mit einer Brutto-Grundfläche > 100 m² maximal 54,5 kWh/m²a betragen darf. Zusätzlich werden Anforderungen an den Endenergiebedarf gestellt und im Energieausweis sind darüber hinaus der Primärenergiebedarf, der Gesamtenergieeffizienz-Faktor und die Kohlendioxidemission anzuführen.

Neben den angeführten Anforderungen an den Heizwärmebedarf bzw. den Endenergiebedarf gelten für den Neubau, die Renovierung bzw. die Erneuerung von Bauteilen bei konditionierten Räumen Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert), siehe Tabelle 18. Bei Verwendung von Bauteilen, die alle diese Grenzwerte nur knapp erfüllen, können die Anforderungen an den Heizwärmebedarf bzw. Endbedarf nicht erfüllt werden.

Tabelle 18: Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile, Auszug aus OIB-Richtlinie 6 [OIB Richtlinie 6 2011]

Bauteil	U-Wert [W/m ² K]
Wände gegen Außenluft	0,35
Wände gegen Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20
Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile	0,40
Decken gegen Garagen	0,30

Hinsichtlich der Luft- und Winddichtheit wird in Richtlinie 6 gefordert, dass bei Gebäuden ohne Lüftungsanlage die Luftwechselrate bei einem Differenzdruck von 50 Pa (n_{50} -Wert) den Wert $3,0 \text{ h}^{-1}$ und bei Gebäuden mit mechanisch betriebener Lüftungsanlage den Wert $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreitet. Diese Werte sind bei Wohngebäuden mit einer Brutto-Grundfläche von mehr als 400 m^2 für jede Wohneinheit einzuhalten.

6 Feuchteschutztechnische Grundlagen

6.1 Allgemeines

Feuchteschutz:

- Holzbauteile sind nach außen diffusionsoffen. Innenseitig wird eine luftdichte Ebene mit einem höheren s_d -Wert ausgeführt.
- Energieeffizientes Bauen erfordert eine entsprechende luftdichte Gebäudehülle, wobei trotzdem eine ausreichende Luftwechselrate sicherzustellen ist. Durch Leckagen kann infolge des konvektiven Eintrages im Vergleich zur Diffusion ein Vielfaches an Feuchtigkeit in die Konstruktion gelangen.
- Aus diesem Grund ist auf die luftdichte Ausbildung der Anschlüsse und Durchdringungen ein hohes Augenmerk zu legen.
- Holzbauteile sind bei korrektem konstruktivem Holzschutz in Bezug auf den Feuchteschutz als unkritisch zu bezeichnen.

Ziel des Feuchteschutzes ist es, Feuchteschäden an und in Bauteilen zu verhindern. Im Folgenden werden einige wichtige Kennwerte und Einflussfaktoren zum Feuchteschutz kurz erläutert.

6.1.1 Wasserdampf-Sättigungsdruck

Damit Wasser gasförmig auftreten kann, muss die Bewegungsenergie der Moleküle größer sein als ihre Anziehungskraft untereinander. Ist dies nicht der Fall, ziehen sie sich gegenseitig an und Wasser kann nicht verdampfen. Mit steigender Temperatur erhöht sich die Bewegungsenergie der Moleküle und somit auch die Anzahl von Wassermolekülen im Raum - sofern genügend flüssiges Wasser vorhanden ist, von dem sie entweichen können. Entweichen nun genau so viele Wassermoleküle von der Wasseroberfläche wie aus dem Gasraum auf diese Oberfläche auftreffen und dort wieder „festgehalten“ werden, so ist ein Gleichgewicht erreicht. Der Gasraum ist dann „wasserdampfgesättigt“. Der Druck, den diese Wassermoleküle erzeugen, wird als Wasserdampf-Sättigungsdruck oder Sättigungsdampfdruck bezeichnet.

6.1.2 Wasserdampf-Partialdruck

Als Partialdruck (Teildruck) bezeichnet man den Druck eines Gases innerhalb einer aus mehreren Gasen bestehenden Gasmischung. Durch Addition der einzelnen Partialdrücke der Gase erhält man den Gesamtdruck der Gasmischung.

Unter Wasserdampf-Partialdruck p_v versteht man somit den Teildruck des Wasserdampfes am gesamten vorhandenen Luftdruck.

Im Außenbereich liegt der Sättigungsdampfdruck p_{sat} nur bei Regen oder Nebel vor. Bei „normalen“ Bedingungen ist der tatsächlich vorhandene Partialdruck des Wasserdampfes kleiner als der Sättigungsdampfdruck.

6.1.3 Relative Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchte (r.Lf.) gibt das Verhältnis des tatsächlich vorhandenen Wasserdampf-Partialdrucks zum Sättigungsdampfdruck wieder (vgl. Abbildung 26).

Gleichung 6-1: $\varphi = \frac{p_v}{p_{sat}} \times 100$

φ :	relative Luftfeuchtigkeit [%]
p_v :	Wasserdampf-Partialdruck [Pa]
p_{sat} :	Sättigungsdampfdruck [Pa]

6.1.4 Absolute Luftfeuchtigkeit

Im Vergleich zur relativen Luftfeuchtigkeit gibt die absolute Luftfeuchtigkeit die vorhandene, gasförmige Wassermenge in einem definierten Volumen – also die Wasserdampfkonzentration – an.

Es besteht somit ein linearer Zusammenhang zwischen der absoluten Luftfeuchtigkeit und dem Wasserdampf-Partialdruck, siehe Abbildung 26. Die Abbildung zeigt, dass wärmere Luft eine höhere Menge an Wasserdampf aufnehmen kann. Wird beispielsweise Luft mit 0 °C / 100 % relative Luftfeuchtigkeit auf 20 °C erwärmt, so hat diese nur mehr eine relative Luftfeuchtigkeit von 28 %, siehe Tabelle 19.

Tabelle 19: Beispiel zur Luftfeuchtigkeit

Temperatur [°C]	Absolute Luftfeuchtigkeit [g/m³]	Wassergehalt bei Sättigungsdampfdruck [g/m³]	Dampfdruck [Pa]	Sättigungsdampfdruck [Pa]	Relative Luftfeuchtigkeit [%]
0	4,85	4,85	611	611	100
20	4,85	17,3	611	2340	28

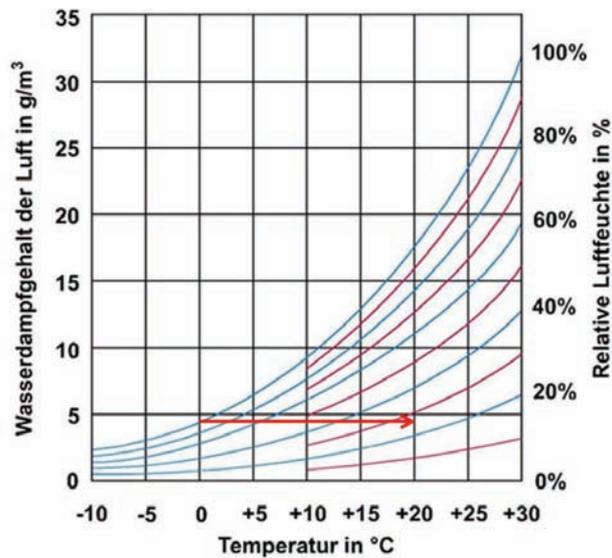


Abbildung 26: Abhängigkeit der absoluten Luftfeuchtigkeit und des Wasserdampf-Partialdrucks von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit

6.2 Diffusion

Unter Diffusion versteht man den Stofftransport im molekularen Bereich infolge der thermischen Eigenbewegung der Moleküle durch einen anderen Stoff. Das maßgebende treibende Potential für die Diffusion sind Konzentrations- bzw. Partialdruckunterschiede, zwischen welchen sich der zu durchdringende Stoff befindet.

Bei wärme- und feuchtetechnischen Betrachtungen im Bauwesen sind dies üblicherweise Wasserdampf-Partialdruckunterschiede.

6.2.1 Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl

Die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl - auch μ -Wert genannt - gibt an, um wie viel Mal dicker eine ruhende Luftschicht gegenüber der Dicke eines Materials sein muss, um denselben Diffusionswiderstand wie das Material selbst zu haben.

6.2.2 Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke

Die Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke eines Materials - auch s_d -Wert genannt - gibt an, wie dick eine ruhende Luftschicht sein muss, um denselben Diffusionswiderstand zu erreichen wie das Material selber. Er errechnet sich mit Hilfe des μ -Werts durch:

Gleichung 6-2: $s_d = \mu \times d$

s_d : Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicke [m]

μ : Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl [-]

d : Dicke des Stoffes [m]

6.3 Konvektion

Neben der Diffusion kann es, aufgrund von Luftdruckunterschieden zwischen Innenraum und Außenbereich, zusätzlich zu konvektivem Feuchtetransport kommen. Der konvektive Feuchtetransport ist zum einen von den Leckagen und zum anderen von den Druckunterschieden abhängig. Alleine aufgrund der Thermik können im Winter in Abhängigkeit der Höhe des zusammenhängenden Innenraumes Druckunterschiede von mehreren Pascal auftreten, siehe Abbildung 27.

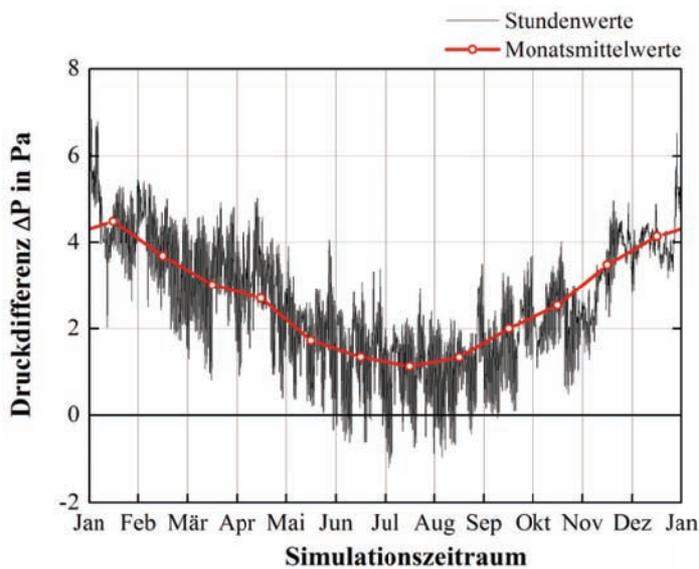


Abbildung 27: Druckdifferenz aufgrund der Thermik bei einem 8 m hohen Raum am Standort Klagenfurt mit einer Innentemperatur von $24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Im oberen Bereich des Hauses liegt somit über einen Großteil des Jahres ein Überdruck vor, wodurch die Innenraumluft in die Bauteile gedrückt wird. Aus diesem Grund sind aus feuchteschutztechnischer Sicht Leckagen im oberen Bereich des Gebäudes als kritischer zu sehen.

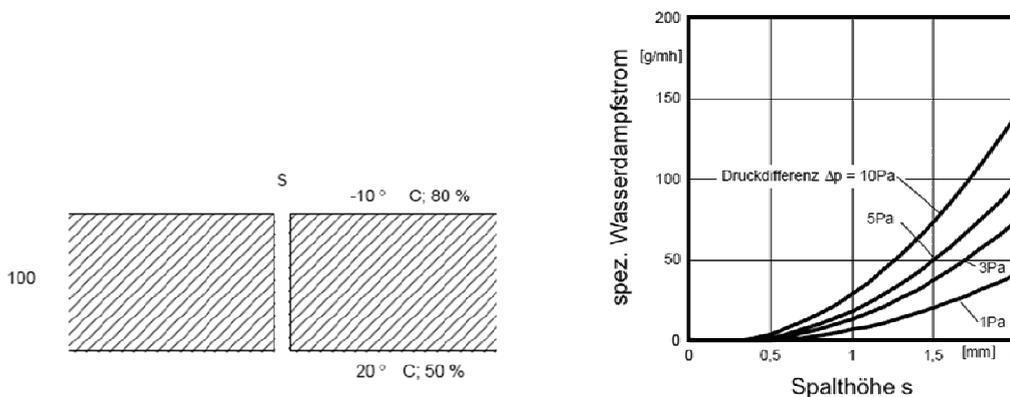


Abbildung 28: spezifischer Wasserdampfstrom in g/m^h in Abhängigkeit der Spalthöhe, Quelle: [Hauser und Maas 1992]

Leckagen können prinzipiell hinsichtlich ihrer Geometrie in Wärme- und Feuchteleckagen unterteilt werden, wobei die sogenannten Feuchteleckagen aus feuchteschutztechnischer Sicht wesentlich kritischer zu bewerten sind [Künzel Februar 2011].

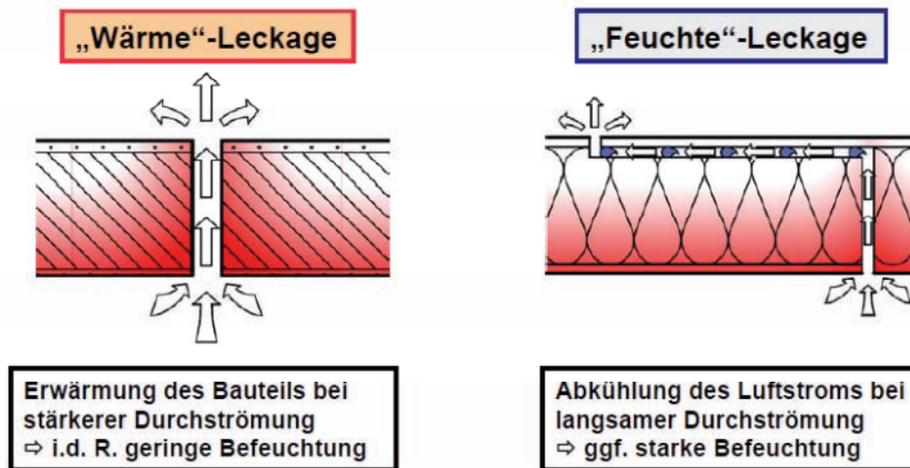


Abbildung 29: Wärme- und Feuchteleckagen, Quelle: [Künzel 2011]

Der Feuchteeintrag aufgrund von Konvektion kann unter Umständen ein Vielfaches des Eintrages durch Diffusion betragen. Aus diesem Grund kommt der Luftdichtheit der Gebäudehülle eine große Bedeutung zu [Nusser, 2012].

6.4 Nachweisführung

Für die bauphysikalische Planung von Bauteilen hinsichtlich der Feuchtebeanspruchung aus dem Gebäudeinneren ist ÖNORM B 8110-2 heranzuziehen. Gemäß dieser Norm werden, neben der Ausführung der dort präsentierten nachweisfreien Konstruktionen, auch instationäre hygro-thermische Simulationen oder eine Berechnung nach ÖNORM EN ISO 13788 (Euroglaser) als feuchteschutztechnischer Nachweis akzeptiert. Das Glaserverfahren stellt eine gute Näherung dar, berücksichtigt allerdings keine Feuchtespeicherung, keinen kapillaren Feuchtetransport und keine Koppelung zwischen Wärme- und Feuchtetransport.

Da darüber hinaus das Glaserverfahren keinen Feuchteeintrag aufgrund von Konvektionserscheinungen durch Leckagen in der luftdichten Ebene berücksichtigt, können auch für Aufbauten mit beidseitig hohen s_d -Werten positive Nachweise errechnet werden. In der praktischen Umsetzung ist allerdings immer mit leichten Luftundichtheiten und somit zusätzlichen Feuchteinträgen zu rechnen. Die so eingedrungene Feuchtigkeit kann bei „dicht-dicht“-Aufbauten nicht mehr austrocknen und es ist mit Bauschäden zu rechnen. Holzkonstruktionen mit beidseitig diffusionsdichten Baustoffen entsprechen aus diesem Grund nicht dem Stand der Technik.

Grundsätzlich werden Holzkonstruktionen nach außen hin diffusionsoffen ausgeführt. Bei flachgeneigten Foliendächern ist dies aufgrund der s_d -Werte der Dachbahnen nicht möglich.

In diesem Fall sind die Voraussetzungen für eine Rücktrocknung während der Sommermonate zu schaffen, Details siehe 7.8.

6.5 Anforderungen

Die Anforderungen an den Feuchteschutz werden in den [OIB-Richtlinie 3 Oktober 2011 und OIB-Richtlinie 6 Oktober 2011] geregelt.

7 Gängige Aufbauten in Holzrahmenbauweise

In dem vorliegenden Kapitel werden Empfehlungen und bauphysikalische Grundsätze sowie Aufbauten ohne weitere Nachweise angeführt. Darüber hinaus können geprüfte Aufbauten von Herstellern, die von diesen allgemeinen Beispielen abweichen, auch die bauphysikalischen Anforderungen erfüllen. Grundsätzlich wird für vorgefertigte Holzrahmenbauteile baubehördlich eine Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion gefordert, zusätzlich gibt es auch Gütezeichen.

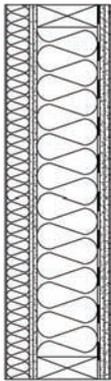
7.1 Außenwand

Der bauphysikalische Grundsatz des Holzbaus ist, dass die Außenbauteile nach außen diffusionsoffener auszuführen sind und an der Raumseite Baustoffe mit hohen Wärmekapazitäten einzusetzen sind. Die in diesem Zusammenhang in weiterer Folge angeführten Regeln gelten für unsere Klimazonen und für Gebäude mit herkömmlicher Nutzung.

7.1.1 Beispielhafte Aufbauten

Stellvertretend für die unterschiedlichen geprüften Aufbauten der Hersteller werden beispielhaft produktneutrale Varianten aus www.dataholz.com angeführt.

Tabelle 20: Außenwände mit geputzter Fassade ohne und mit Installationsebene (max. Bauteilhöhe 3m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com awropo01b-02	4,0 50,0 2x10,0 200,0 200,0 2x12,5	Putz Polystyrol EPS-F GF Konstruktionsholz Mineralwolle Dampfbremse $s_d \geq 13$ m GKF oder GF	REI 60 32	0,17	49 (-2; -6)	-

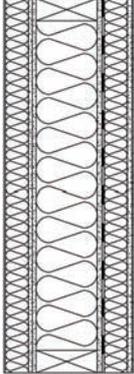
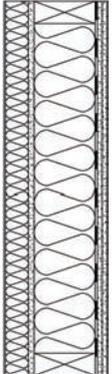
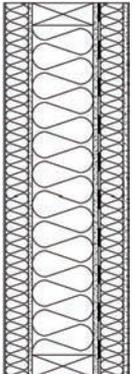
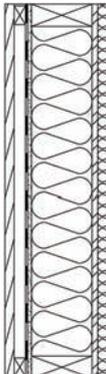
Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com awropi02b-03	4,0 50,0 2x10,0 200,0 200,0 12,5 40 40 12,5	Putz Polystyrol EPS-F GF Konstruktionsholz Mineralwolle GF Dampfbremse $s_d \geq 13$ m Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 32	0,15	48 (-2; -5)	--
 www.dataholz.com awropo17b-02	7,0 60,0 15,0 200,0 200,0 2x12,5	Putz Holzfaserdämmplatte GF Konstruktionsholz Mineralwolle Dampfbremse $s_d \geq 3$ m GKF oder GF	REI 60 32	0,18	52 (-2; -8)	--
 www.dataholz.com awropi14a-03	7,0 60,0 10,0 200,0 200,0 12,5 40 40,0 12,5	Putz Holzfaserdämmplatte GF Konstruktionsholz Mineralwolle GF Dampfbremse $s_d \geq 3$ m Querlattung Glaswolle GKF oder GF	REI 60 32	0,15	53 (-3; -10)	--

Tabelle 21: Außenwand mit hinterlüfteter Fassade ohne und mit Installationsebene (max. Bauteilhöhe 3m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C;C _{tr})[dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com awrhho08a-02	24,0 30,0 10,0 200,0 200,0 15,0 12,5	Holzfassade Lärche Lattung Windbremse $s_d \geq 0,3$ m GF Konstruktionsholz Mineralwolle OSB (luftdicht verklebt) GKF oder GF	REI 60 32	0,22	48 (-2; -8)	--
 www.dataholz.com awrhhi08a-05	24,0 30,0 10,0 200,0 200,0 15,0 80,0 80,0 12,5	Holzfassade Lärche Lattung Windbremse $s_d \geq 0,3$ m GF Konstruktionsholz Mineralwolle OSB (luftdicht verklebt) Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 32	0,16	51 (-3,-10)	--
 www.dataholz.com awrhhi04a-05	24,0 30,0 15,0 200,0 200,0 15,0 80,0 80,0 12,5	Holzfassade Lärche Lattung MDF (nur bis 3 Geschoße) Konstruktionsholz Mineralwolle OSB Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 32	0,15	51 (-3;-10)	--

7.1.2 Konstruktive Regeln

7.1.2.1 Fassadensysteme

Die Auswahl des Fassadensystems hängt, neben ästhetischen und ökonomischen Anforderungen, von den bautechnischen und ökologischen Vorgaben ab.

- Wärmedämm-Verbundsystem

Die Wahl des Dämmstoffes des Wärmedämm-Verbundsystems hat einen wesentlichen Einfluss auf die schallschutztechnischen Qualitäten der Außenwand. Entscheidend sind die dynamische Steifigkeit und die Rohdichte der Dämmplatten sowie die Rohdichte und Dicke des Putzes. Es ist davon auszugehen, dass Wärmedämm-Verbundsysteme aus Polystyrol, wie auch bei massiven mineralischen Grundwänden, zu einer Verschlechterung der Schalldämmung führen. Dies gilt, wie Labormessungen gezeigt haben, nicht für Systeme aus elastifiziertem EPS.

Der Einfluss der Putzträgerplatten des Außenwärmedämm-Verbundsystems (WDVS) auf das bewertete Schalldämm-Maß wurde von [Polleres und Schober 2004] untersucht. Es kamen Fassaden-Polystyrol (EPS-F), elastifiziertes Polystyrol (EPS-FS), Holzwolleleichtbauplatten (WW-PT) und Holzweichfaserplatten (WF-P-PTh) zum Einsatz. Es zeigte sich, dass mit Holzweichfaser- und Holzwolleleichtbauplatten bei ansonsten gleichem Konstruktionsaufbau Verbesserungen zwischen 6 dB und 8 dB gegenüber WDVS mit Polystyrol erzielt werden konnten. Bei Berücksichtigung der Spektrumsanpassungswerte C_{tr} verringert sich die Verbesserung auf 2 dB bis 5 dB. Zusätzlich mussten bei den Untersuchungen mit EPS-F als Putzträgerplatten bei ein und demselben Konstruktionsaufbau Streuungen von bis zu 10 dB festgestellt werden. Dies wurde auf große Unterschiede in der dynamischen Steifigkeit der Produkte zurückgeführt.

- Vorgehängte Fassadensysteme

Hinterlüftete Holzfassaden haben sich als bewährtes Fassadensystem in der Vergangenheit bewährt. Bei Berücksichtigung einiger konstruktiver Maßnahmen können Anforderungen an den Brand- und Holzschutz leicht erfüllt werden, siehe Abschnitt 8.10. Konstruktive Detaillösungen, Wartungsintervalle –und empfehlungen, Informationen zu Oberflächenbehandlungen können [Schober, et al 2010] entnommen werden.

Durch konstruktive Optimierung kann das Schalldämm-Maß der Konstruktionen weiter verbessert werden. Die Berücksichtigung, dass die Unterkonstruktion der Fassade sowie die Lattung der Installationsebene nicht in einer Ebene mit den Stehern der Holzrahmenkonstruktion liegen, führt zu Verbesserungen des Schalldämm-Maßes von bis zu 7 dB. Das Trennen der Lattung von der Holzrahmenkonstruktion durch Einlegen eines Schaumstoffstreifens bzw. eines Neoprenbandes bewirkt lediglich eine Verbesserung des Schalldämm-Maßes von 1 dB [Polleres und Schober 2004].

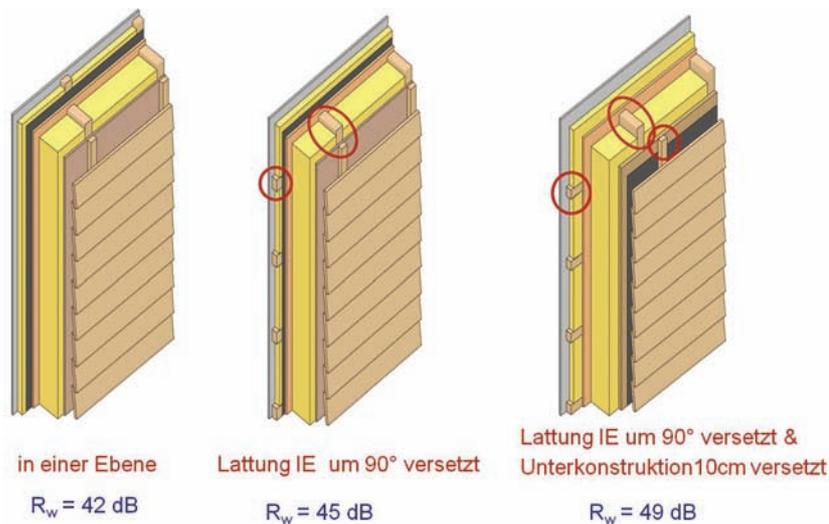


Abbildung 30: Einfluss der Befestigung der Latten der Unterkonstruktion und der Installationsebene auf das Schalldämm-Maß, Quelle: [Polleres und Schober 2004]

Voraussetzungen für eine Befestigung der Unterkonstruktion in die äußere Bekleidung des Holzrahmens sind:

- zusätzliche Befestigung der Lattung in die Kopf- und Fußschwelle und statischer Nachweis
- Verringerung des Befestigungsmittelabstandes und statischer Nachweis

Alternativ zur Befestigung der Unterkonstruktion in die Beplankung wird die Verwendung einer horizontalen Lattung (Befestigung in Steher) und einer Konterlattung vorgeschlagen. Zusätzlich ermöglicht eine freistehende gedämmte Vorsatzschale als Installationsebene weitere Verbesserungen der bauakustischen Eigenschaften der Außenwand.

7.1.2.2 Holzständer

Der Holzständer hat grundsätzliche statische Anforderungen (vertikale Lastabtragung) zu erfüllen. Die Holzrahmenkonstruktion stellt keine wesentliche Wärmebrücke dar. Aufgrund der Plattenabmessungen hat sich ein übliches Rastermaß von 62,5 cm etabliert. Die in den weiteren Angaben angeführten bauphysikalischen Kennwerte beruhen auf diesem Achsmaß. Aus statischen und schallschutztechnischen Gründen kann von diesem Regelachsmaß abgewichen werden.

7.1.2.3 Gefachdämmstoff

Durch die Tatsache, dass Tragkonstruktion und Dämmung in einer Ebene liegen ergeben sich sehr schlanke Aufbauten. Eine Optimierung des Gefachdämmstoffes hinsichtlich des λ -Wertes führt zu einer weiteren Optimierung der Abmessung und somit in weiterer Folge der Nettonutzfläche.

Faserdämmstoffe haben sich aufgrund des fugenfreien und hohlraumfreien Einbaus sowie der positiven Eigenschaften auf den Schallschutz als Gefachdämmstoff etabliert. Von den eingebauten Dämmstoffen, welche als Hohlraumdämpfung Verwendung finden sollen, wird ein längenbezogener Strömungswiderstand r von $\geq 5 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ gefordert. Basierend auf Untersuchungen von [Maack 2008] werden alle Faserdämmstoffe mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $3 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2 \leq r \leq 35 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ bauakustisch als gleichwertig eingestuft. Darunter können neben Mineralfaserdämmstoffen, Zellulose- und Holzfaserdämmstoffen auch Schafwolle und Flachs eingereicht werden. Bei Zellulosedämmstoffplatten mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand r von $80 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ verschlechtert sich entsprechend Messungen von [Maack 2008] das Luftschalldämm-Maß gegenüber Mineralfaserdämmungen um 4 dB. Diese Dämmungen wirken eher als geschlossene Schale und nicht als Hohlraumdämpfung. Bei Verwendung von Polystyrol im Gefach erfolgt eine Verschlechterung um 9 dB. Polystyrol sollte sowohl aus akustischen als auch aus brandschutztechnischen und verarbeitungstechnischen (Fugenausbildung) Gründen in Gefachen nicht eingesetzt werden.

7.1.3 Innenbekleidung / Installationsebene

Die Innbekleidung dient der Herstellung der Innenoberfläche und hat brand- und schalltechnische sowie gegebenenfalls aussteifende Funktionen zu erfüllen. Hierfür hat sich bei der Holzrahmenbauweise die Verwendung von Gipskarton- bzw. Gipsfaserplatten etabliert. Diese werden mit Dicken von maximal 15 mm als biegeeweiche Schalen bezeichnet werden. Anstelle von dickeren Platten sollten zur schallschutztechnischen Optimierung die Platten mehrlagig verlegt werden. Der Zusammenhang zwischen Schalenabstand und Bekleidung auf die Schalldämmung wird in Abschnitt 4.2.3 erläutert. Schwere biegeeweiche Platten („dünn, weich und schwer“) verringern die Resonanzfrequenz f_0 und erhöhen die Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g , wodurch die Schalldämmung des Bauteils verbessert wird.

Eine entkoppelte Vorsatzschale verbessert den Schallschutz zusätzlich und kann gleichzeitig als Installationsebene verwendet werden. Die luftdichte Ebene (OSB, Dampfbremse) wird in diesem Fall durch nachträgliche Installationen nicht durchdrungen.

Bei industrieller Fertigung von Holzrahmenelementen werden teilweise die Elektroinstallationen bereits im Werk vorgefertigt, ohne Beschädigung der luftdichten Ebene, eingebaut. Ein nachträglicher Einbau von Elektroinstallationen ist zur Sicherstellung der Luftdichtheit (in diesem Fall) ausschließlich von autorisierten Unternehmen zulässig.

Außenwand:

- Als Dampfbremse bzw. luftdichte Ebene kann bei Verwendung von diffusionsoffenen Bekleidungen an der Außenseite auch eine verklebte OSB eingesetzt werden.
- Eine gedämmte Installationsebene (Mindestdicke 40 mm) lässt vereinfacht nachträgliche Elektroinstallationen ohne Beschädigung der luftdichten Ebene zu. Bei industriell gefertigten Wänden werden die Elektroinstallationen auch im Werk vorgefertigt, ohne Beschädigung der luftdichten Ebene, eingebaut. Nachträgliche Einbauten sind in diesem Fall nur von Unternehmen zulässig, die vom Holzbauunternehmen autorisiert sind. Darüber hinaus sind luftdichte Hohlwanddosen einzusetzen.
- Eine entkoppelte und gedämmte Vorsatzschale verbessert im mittleren bzw. hohen Frequenzbereich den Schallschutz wesentlich.
- Es sind Gefachdämmstoffe mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $3 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2 \leq r \leq 35 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ zu verwenden.
- Bei hinterlüfteten oder belüfteten Holzfassaden ist bei Gebäuden ab der GK 4 als äußere Beplankung des Holzrahmens eine nicht brennbare Platte (z.B. Gipsfaserplatte) erforderlich und es sind konstruktiv geschoßweise Brandsperren einzubauen, siehe Abschnitt 8.10.2.

7.2 Tragende Innenwand

Als tragende Innenwände werden Wände innerhalb der Wohnugs- bzw. Betriebseinheit verstanden. Es werden an sie tragende und aussteifende sowie brandschutztechnische Anforderungen allerdings keine schallschutztechnischen Anforderungen gestellt.

7.2.1 Beispielhafter Aufbau

Tabelle 22: Beispielhafter Aufbau einer Innenwand mit Gipsplatte (max. Bauteilhöhe 3m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com iwrxxo01b-00	2x12,5 100,0 100,0 2x12,5	GKF oder GF Konstruktionsholz Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 ¹⁾ 19,2	--	--	--

¹⁾ Für R 60 Ausführung kann abhängig vom statischen Gesamtkonzept eine doppelte Bekleidung (2 x 15 mm) GKF oder GF erforderlich sein.

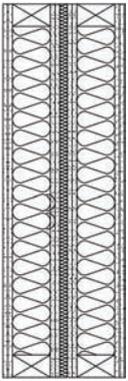
Als Bekleidung können auch Holzwerkstoffplatten in Kombination mit Gipsplatten eingesetzt werden.

7.3 Trennwand

Trennwände können ein- oder zweischalig ausgeführt werden. Aus schallschutztechnischen und statischen Gründen werden häufig zweischalige Konstruktionen verwendet. Einschalige Lösungen benötigen entsprechende entkoppelte Vorsatzschalen. Nichttragende Trennwände können aus ökonomischen Gründen auch aus Gipsständerkonstruktionen ausgeführt werden. Die angeführten Regeln gelten sowohl für Wände zwischen Nutzungseinheiten als auch zu allgemeinen Erschließungszonen.

7.3.1 Beispielhafter Aufbau

Tabelle 23: Trennwand zweischalig (max. Bauteilhöhe 3m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C;C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com twrxo03b-00	2x12,5 100,0 100,0 2x12,5 20,0 2x12,5 100,0 100,0 2x12,5	GKF oder GF Konstruktionsholz Mineralwolle GKF oder GF Mineralwolle GKF oder GF Konstruktionsholz Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 ¹⁾ 19,2	0,19	59 (-2;-10)	--

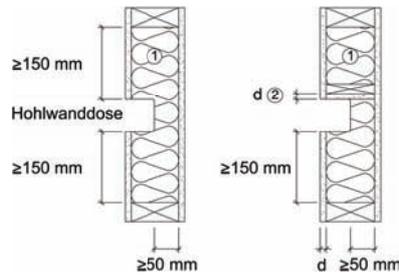
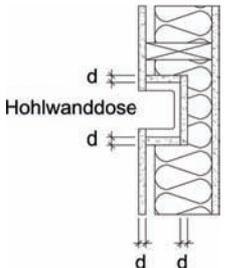
1) REI 60 erfüllt die Einzelwand

7.3.2 Konstruktive Empfehlungen

7.3.2.1 Verlegung von Elektroinstallationen in Trennwänden in Holzrahmenbauweise

Grundsätzlich wird empfohlen, bei Trennwänden in Holzrahmenbauweise die Elektroinstallationen in Vorsatzschalen zu führen. Bei einer Verlegung im tragenden Gefach sind Kompensationsmaßnahmen, wie z.B. Verwendung von geprüften Brandschutzdosen oder Einhausungen der Hohlraum Dosen mit nicht brennbaren Platten (Varianten 2 und 3 in Tabelle 24), erforderlich. Von der Verwendung eines Gipsbettes als Kompensationsmaßnahme wird aus baupraktischen Gründen abgeraten. Sofern es sich bei dem Gefachdämmstoff um Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$, einer Mindestrohddichte von 30 kg/m^3 und einer Mindestdicke von 5 cm handelt, kann auf die angeführten Kompensationsmaßnahmen verzichtet werden. Der Abstand der Einbauten zum Holzsteher sollte bei tragenden Bauteilen in diesem Fall größer als 15 cm sein (Variante 1 in Tabelle 24).

Tabelle 24: Kompensationsmöglichkeiten bei direktem Einbau von Elektroinstallationen bei Trennwänden

Nr.	Kompensation	Darstellung
1	Steinwolle	 <p>1) Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$, Rohddichte $\geq 30\text{ kg/m}^3$ gegen Verschieben/Herausfallen gesichert 2) Keine Anforderung bei nicht tragenden Bauteilen (Quelle: Frangi, A. et al 2007)</p>
2	Hohlwanddose mit Dämmschichtbildner	 <p>(Quelle: http://www.baulinks.de/webplugin/2006/1272.php4)</p>
3	Gipseinhausungen	 <p>(Quelle: : Frangi, A. et al 2007)</p>

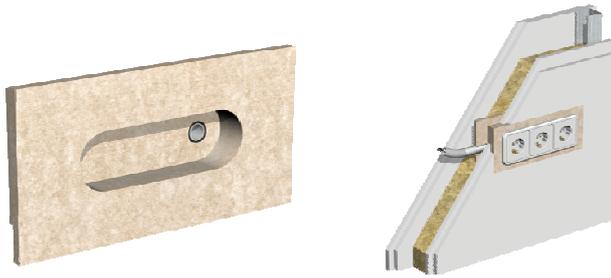


Abbildung 31: Beispiele zum Einbau von Steckdosen mit Gipseinhausungen, Quelle: Firma Air Fire Tech

7.3.2.2 Durchdringungen durch Trennwand

Durchdringungen durch Trennwände sollten grundsätzlich vermieden werden. Sofern dies nicht umsetzbar ist, sind die Durchdringungen mit zertifizierten Systemen abzuschotten.

7.3.2.3 Zwischenraum bei zweischaligen Trennwänden

Der Zwischenraum bei zweilagigen Trennwänden ist in jedem Fall mit Mineralwolle zu dämmen. Eine durchgehende Luftschicht ist aus brand- und aus schallschutztechnischen Gründen (Möglichkeit der Verbindung) nicht zulässig. Durch eine Vergrößerung des Abstandes der beiden Wände bzw. durch asymmetrische Aufbauten kann das Schalldämmmaß optimiert werden.

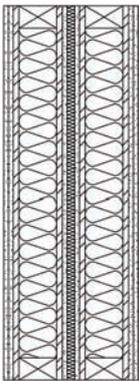
Trennwand:

- Aus schallschutztechnischen und statischen Gründen werden zweischalige Aufbauten empfohlen.
- Einschalige Trennwände benötigen vollständig entkoppelte Vorsatzschalen.
- Der Zwischenraum (≥ 2 cm) bei zweischaligen Trennwänden ist vollflächig mit Mineralwolle auszudämmen.
- Die Wohnungstrennwände sind, aufgrund der wohnungsweisen Anforderung der OIB-Richtlinie 6, in das Luftdichtheitskonzept einzubeziehen.
- Einbau und Durchführung wasserführender Rohre sowie Sanitär- und Heizungsleitungen wird aus schallschutztechnischen Gründen nicht empfohlen.
- Elektroinstallationen sind in Vorsatzschale zu verlegen oder es sind Kompensationsmaßnahmen erforderlich.

7.4 Brandabschnittsbildende Wand

7.4.1 Beispielhafter Aufbau

Tabelle 25: brandabschnittsbildende Wohnungstrennwand (max. Bauteilhöhe 3 m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C;C _{tr})[dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com twrxxo07b-00	2x12,5 15,0 100,0 100,0 15,0 12,5 20,0 12,5 15,0 100,0 100,0 15,0 2x12,5	GKF oder GF OSB Konstruktionsholz Mineralwolle OSB GKF oder GF Mineralwolle GKF oder GF OSB Konstruktionsholz Mineralwolle OSB GKF oder GF	REI 90 ¹⁾ 19,2	0,18	60 (-3;-10)	--

1) REI 90 erfüllt die Einzelwand

Bei brandabschnittsbildenden Wänden an der Grundstücksgrenze (Gebäudeabschlusswand an der Grundgrenze) werden, sofern an das Gebäude angebaut werden kann, nicht brennbare Beläge bzw. Bekleidungen empfohlen. Diese Maßnahme empfiehlt sich, abweichend zu den Anforderungen der OIB Richtlinie 2, bei allen Bauweisen. Die Einzelwand muss auch die wärme- und schallschutztechnischen Anforderungen erfüllen. Gebäudeabschlusswände an der Grundgrenze ab der Gebäudeklasse 3 müssen die Anforderungen REI 90 und A2 erfüllen. Dies bedeutet, dass sie grundsätzlich nicht aus Holz realisiert werden können. In Abstimmung mit der Behörde können im Zuge von objektbezogenen Brandschutzkonzepten durch Kompensationsmaßnahmen (wie z.B. konstruktive, organisatorische bzw. anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen) Holzkonstruktionen ausgeführt werden.

Brandabschnittsbildende Wand:

- Der Zwischenraum (≥ 2 cm) bei zweischaligen Aufbauten ist vollständig mit Mineralwolle auszdämmen.
- Brandabschnittsbildende Trennwände sind, aufgrund der wohnungsweisen Anforderung der OIB-Richtlinie 6, in das Luftdichtheitskonzept einzubeziehen.
- Durchdringungen durch die brandabschnittsbildenden Wände sollten grundsätzlich vermieden werden. Sofern dies nicht umsetzbar ist, sind die Durchdringungen mit zertifizierten Systemen abzuschotten.
- Elektroinstallationen sind in Vorsatzschale zu verlegen oder es sind Kompensationsmaßnahmen erforderlich.
- In Abstimmung mit der Behörde können im Zuge von objektbezogenen Brandschutzkonzepten durch Kompensationsmaßnahmen (wie z.B. konstruktive, organisatorische bzw. anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen) Holzkonstruktionen als Gebäudeabschlusswände an der Grundgrenze ausgeführt werden. In jedem Fall sollten bei Gebäudeabschlusswänden an der Grundgrenze nichtbrennbare Bekleidungen und Beläge eingesetzt werden.

7.5 Aufzugswände

Aufzugsschächte können für Gebäude der Gebäudeklasse 4 auch in Holzbauweise errichtet werden, wobei innenseitig eine nicht brennbare Bekleidung anzubringen ist. Aus schallschutztechnischen Gründen empfiehlt es sich, die Schächte zweischalig auszuführen. Aufzüge ohne Triebwerksraum sollten generell zweischalig ausgeführt werden. Details, auch hinsichtlich der körperschallgedämmten Lagerung des Triebwerkträgers, können [Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Industriegruppe Gipsplatten 2004] entnommen werden.



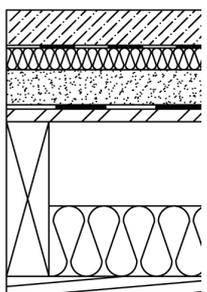
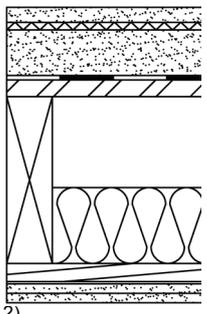
Abbildung 32: Ausführung von Aufzugsschacht Quelle: Binderholz

7.6 Trenndecke

Bei Trenndecken in Holzrahmenbauweise haben sich aus schallschutztechnischer Sicht Konstruktionen mit entkoppelter Untersicht aus biegeweichen Platten durchgesetzt. Auf Grund der schallschutztechnischen Anforderungen können Sichttramdecken als Trenndecken nicht wirtschaftlich ausgeführt werden.

7.6.1 Beispielhafte Aufbauten

Tabelle 26: Trenndecke (max. Spannweite 5 m)

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m ²]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
	50,0 30,0 40,0 18,0 220,0 100,0 24,0 27,0 2x12,5	Zementestrich Trennschicht Kunststoff Trittschalldämmung MW-T Schüttung lose ³ Rieselschutz OSB Konstruktionsholz Mineralwolle Sparschalung Federschiene ¹⁾ GKF oder GF	REI 60 3,66	0,26	70 (0,-4)	41 (0)
	20,0 10,0 60,0 22,0 220,0 100,0 24,0 27,0 2x12,5	Gipsfaser Estrichelement Holzfaserplatte als Trittschalldämmung Splittschüttung Rieselschutz (optional) Holzwerkstoffplatte Balken Mineralwolle Sparschalung Federschiene ^{1.)} GKF oder GF	REI 60 3,66	0,29	75	41

¹⁾ Entkoppelte Befestigung gemäß Abbildung 35

²⁾ Von den Systemanbietern können für diesen oder adaptierte Aufbauten die Prüfberichte angefordert werden.

7.6.2 Konstruktive Regeln

7.6.2.1 Gehbelag

Teppiche führen in der Regel zu einer hohen Trittschallminderung. Entsprechend [ÖNORM B 8115-2] dürfen Teppiche, Teppichböden, Matten und dergleichen nicht berücksichtigt

³ Die Leitungsführung der Wasser- und Heizungsleitungen beeinflusst die Konstruktion und ist aus diesem Grund im Vorfeld zu planen. Zur Verlegung von gedämmten Leitungen sind zwischen Rohdecke und Trittschalldämmung mindestens 35 mm erforderlich. In der Praxis wird aus diesem Grund unter der Schüttung eine zusätzlich Dämmlage eingebracht.

werden. Zu berücksichtigen sind in dauerhafter Art und Weise aufgebrauchte Gehbeläge wie Estriche, Klebparkett und Fliesenbelag. Für Hotels, Heime und Balkone ist es zulässig, die Anforderungen durch ständig vorhandene Gehbeläge, wie z.B. Spannteppich, aufgeklebte Textilbeläge, Kunststoffböden und Linoleum, zu erfüllen.

Bei harten Gehbelägen ist zu achten, dass diese nicht starr an Wänden, Türzargen, Rohrleitungen etc. anschließen. Bei Verlegung von keramischen Bodenfliesen ist hierbei eine Trennung durch eine elastische Dichtungsmasse durchzuführen. Bei Klebparketten ist zu achten, dass keine Klebmasse in die Randfuge des Estriches eindringt, da diese ebenfalls eine Schallbrücke darstellen kann.

7.6.2.2 Estrich

Im mehrgeschoßigen Holzbau werden in der Regel Zementestriche auf Trittschalldämmplatten eingesetzt.

Zur Verbesserung des Schallschutzes im tiefen Frequenzbereich kann eine Erhöhung der Dicke von 50 auf maximal 80 mm beitragen. Einen Nachteil der Nassestriche stellt die eingebrachte Feuchtigkeit dar, welche im Bauzeitplan zu berücksichtigen ist und bei richtiger Trocknung und Ablüftung kein Problem darstellt.

Alternativ können Trockenestriche auf Trittschalldämmplatten eingesetzt werden, welche allerdings eine geringere Trittschallverbesserung bei den Holzdecken erzielen. Neben der fehlenden Baufeuchte stellen die geringen Aufbauhöhen einen Vorteil dar.

Bei Trockenestrichsystemen bzw. Doppelbodensystemen wird häufig die bewertete Trittschallminderung ΔL_w für den Fußboden angeführt. In der Regel beziehen sich die angeführten Kennwerte auf Prüfungen an mineralischen Decken. Die Ergebnisse können nicht direkt für den Holzbau übernommen werden. Aus diesem Grund hat [Lang, 2004] für Holzdecken bewertete Trittschallminderungen $\Delta L_{t,w}$ (Holzbalkendecke) bzw. $\Delta L_{tv,w}$ (Massivholzdecke) von 14 unterschiedlichen Fußbodenaufbauten publiziert.

Estriche sind schwimmend zu verlegen, das heißt, dass der Estrich auf einer durchgehenden, nicht beschädigten Trennfolie auf einer Trittschalldämmplatte aufliegt und es keine direkte Verbindung mit z.B. Wänden, Stützen, Installationsleitungen oder Türöffnungen bzw. -stöcken gibt. Mangelhafte Detailausführungen durch derartige Verbindungen können den Trittschallschutz um bis zu 20 dB (!) verschlechtern. Schallbrücken können auch durch Sesselleisten oder Einbauten von Duschen und Badewannen entstehen.

7.6.2.3 Trittschalldämmung

Die eingebauten Trittschalldämmungen müssen eine möglichst geringe dynamische Steifigkeit s' aufweisen. Bei Nassestrichen können Produkte mit $s' \leq 10 \text{ MN/m}^3$ eingesetzt werden. Labormessungen zeigten, dass sich der bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von 53 dB auf 46 dB durch den Einsatz einer Trittschalldämmung mit einer dynamischen Steifigkeit von 10 MN/m^3 anstelle von 35 MN/m^3 verbessern kann.

Trittschalldämmungen aus Mineralwolle weisen wesentlich geringere dynamische Steifigkeiten auf als jene auf Polystyrolbasis und sind aus diesem Grund im Holzbau vorzuziehen. Laut Köhnke ergeben sich um 3 - 4 dB bessere Trittschallpegel beim Einsatz von Mineralwolle anstelle von Polystyrol, [Köhnke, 2012].

Die Dämmstoffdicke darf gemäß [ÖNORM B 8115-4] durch Einbauten, z.B. durch Rohre, nicht auf weniger als 15 mm vermindert werden, sofern nicht das Rohr selbst eine geeignete Ummantelung aufweist. Vor Aufbringen des schwimmenden Estriches ist sicherzustellen, dass die Dämmstoffschicht lückenlos verlegt und unbeschädigt ist.

Bei Trockenestrichen sind grundsätzlich Trittschalldämmungen mit höheren dynamischen Steifigkeiten (ab ca. 20 MN/m³) erforderlich. Entsprechende Mineralwolle-Trittschalldämmungen sind bei Trockenestrichen nur bis maximal 200 kg/m² Nutzlast freigegeben. Details können den geprüften Systemlösungen der Anbieter entnommen werden.

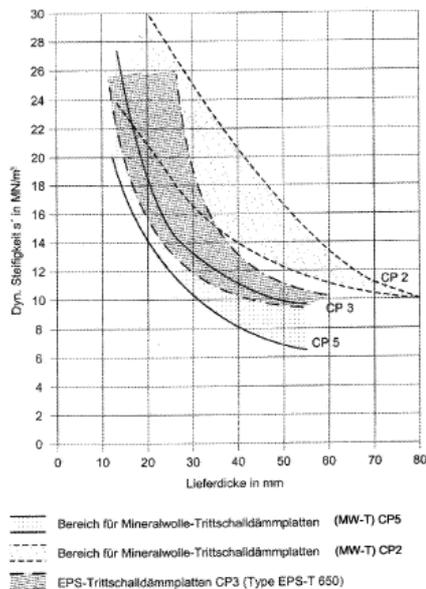


Abbildung 33: Bereiche der dynamischer Steifigkeit s' von Trittschall-Dämmplatten nach [ÖNORM B 8115-4]

7.6.2.4 Schüttung

Die Schüttung dient grundsätzlich als Ausgleichsschicht für die Leitungsführung. Für den Schallschutz von Holzdecken ist das Einbringen der zusätzlichen Masse, welche im Falle einer losen Schüttung auch dämpfend wirkt, entscheidend. Polystyrolbeton als Ausgleichsschicht ist für den Holzbau aufgrund der geringen Rohdichte (ca. 120 kg/m³) nicht geeignet. Es werden aus diesen Gründen ungebundene (lose) Splittschüttungen mit einer Mindestdichte von 1.300 kg/m³ und einer Mindestdicke von 4 cm im Holzbau eingesetzt. In der Vergangenheit kam es bei diversen Objekten immer wieder zu Diskussionen mit den Estrichlegern hinsichtlich der Verarbeitbarkeit von losen Schüttungen. Es können auch lose

Schüttungen zur Pumpbarkeit mit Wasser versetzt werden. Bei entsprechender Berücksichtigung des Bauablaufes kommt es zu keinen Problemen, wie realisierte Objekte bestätigen.

Diese Objekte können auch als Eignungsnachweis für den Einsatz von ungebundenen Schüttungen gesehen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch den Einsatz von Kartonwaben die lose Schüttung „formgebunden“ bzw. elastisch gebundene Schüttungen einzubringen.



Abbildung 34: Ausführen von Rohrleitungen bei ungebundener Schüttung Quelle: Fermacell

7.6.2.5 Abgehängte Untersicht

Als Bekleidung bei Unterdecken werden im Holzbau in der Regel Gipsplatten oder Gipsfaserplatten eingesetzt. Eine mit einer Lattung direkt auf einer Sichttramdecke befestigte Unterdecke, kann eine Verbesserung von bis zu 15 dB bringen. Durch die Verwendung einer Federschiene erhöht sich bei der Holzbalkendecke die Verbesserung auf bis zu 25 dB, während sie bei einer Massivholzdecke aufgrund des geringen Abstandes zwischen Rohdecke und Unterdecke 4 dB beträgt, [Holtz et al. 1999b]. Es wird eine entkoppelte Befestigung mittels Federschiene bzw. Schwingbügel der Unterdecke empfohlen. Dabei ist allerdings die Befestigung entscheidend, siehe Abbildung 35. Eine starre Verbindung verschlechtert den Schallschutz dieser Maßnahme erheblich. Diverse Untersuchungen an Holzrahmendecken haben gezeigt, dass die Verwendung von Federschien anstelle von Schwingbügeln zu wesentlich besseren Trittschalleigenschaften der Decken führt [Polleres und Schober 2004], [Lang 2004].

Freigespannte Unterdecken ermöglichen die besten schallschutztechnischen Eigenschaften. Doppelte, biegeeweiche Bekleidungen (z.B. 2 x 12,5 mm) sind einer dickeren Gipsplatte (z.B. 25 mm) unbedingt vorzuziehen. Dickere Gipsplatten führen, trotz einem Mehr an Masse, aufgrund ihrer höheren Biegesteifigkeit zu schlechteren Ergebnissen. Im Gegensatz zur Holzmassivbauweise kann bei der Rahmenbauweise, sofern an der Unterseite der Träme eine Sparschalung angebracht wird, der Hohlraum zur Untersicht auch nicht gedämmt ausgeführt werden. Mit üblich dimensionierten Abhängungen kann eine Verbesserung im mittleren Frequenzbereich erzielt werden. Um durch die Abhängung auch im tiefen

Frequenzbereich wesentliche Verbesserungen zu erzielen, wären Abhängungshöhen von ca. 20 cm und gleichzeitig eine Erhöhung der schwingenden Masse (zusätzliche Gipsplatte) erforderlich.

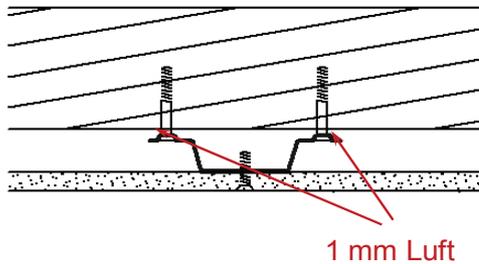


Abbildung 35: Schematische Darstellung der Befestigung einer entkoppelten Abhängung, Quelle: [Holtz et al. 1999b]



Abbildung 36: links & Mitte: Schwingbügel mit elastischer Entkoppelung, rechts: Federschiene Quelle: links: Firma Saint-Gobain Rigips Austria Mitte & rechts: Firma Knauf

7.6.3 Konstruktive Empfehlungen

7.6.3.1 Durchlaufdecke benötigt Abhängung

Bei Durchlaufdecken ist zur Entkoppelung zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten immer eine Abhängung erforderlich.

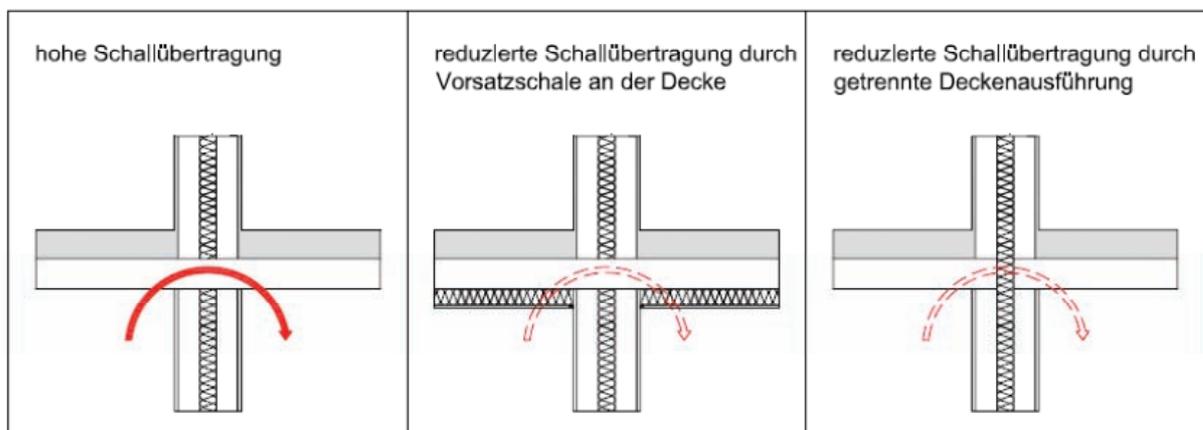


Abbildung 37: Schallübertragung bei Durchlaufdecken

7.6.3.2 Durchgehende Estrichfolie

Um eine Verbindung zwischen Estrich und Rohdecke zu verhindern, darf die Estrichfolie auf keinen Fall fehlerhaft sein. Aufgrund einer direkten Verbindung zwischen Estrich und Rohdecke kann es zu Verschlechterungen der Trittschalldämmung um bis zu 15 dB kommen, [Köhnke 2012].

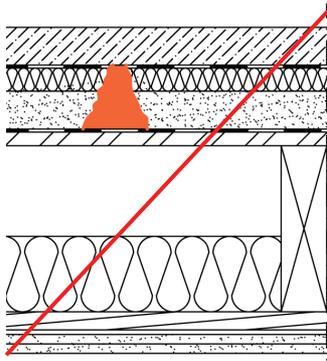


Abbildung 38: fehlerhafte Verlegung der Estrichfolie schafft eine direkte Verbindung zwischen Estrich und Rohdecke

7.6.3.3 Vermeidung von Schallbrücken durch sich kreuzende Rohrleitungen

Durch den Kontakt zwischen Estrich und Rohdecke aufgrund von Rohrleitungen bzw. deren Kreuzungspunkten, kann es zu einer Verschlechterung der Trittschalldämmung um bis zu 4 dB kommen, [Köhnke 2012].

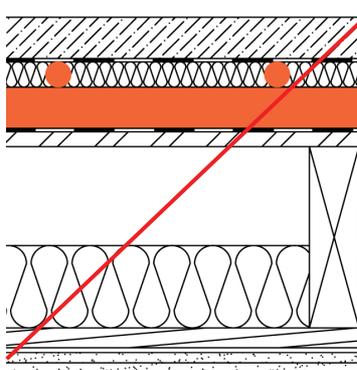


Abbildung 39: Kreuzung der Leitungen

Trenndecke:

- Es ist eine Mineralwolle-Trittschalldämmung mit möglichst geringer dynamischer Steifigkeit ($s' \leq 10 \text{ MN/m}^3$) zu verwenden. Bei Trockenestrichen sind höhere dynamische Steifigkeiten ($s' \geq 20 \text{ MN/m}^3$) erforderlich, Details können den geprüften Systemlösungen der Anbieter entnommen werden.
- Schüttungen sind für eine erhöhte schallschutztechnische Wirksamkeit mit Rohdichten $\rho \geq 1.300 \text{ kg/m}^3$ und ungebunden einzubauen.
- Polystyrol-Schüttungen sind als trittschallverbessernde Maßnahme im Holzbau nicht geeignet.
- Abgehängte Untersichten sind zu entkoppeln. Sofern an der Unterseite der Holzrahmenkonstruktion eine Sparschalung und keine durchgehende Platte angebracht wird, muss der Hohlraum der Abhängung nicht mit fasrigen Dämmstoffen ausgedämmt werden.
- Federschienen führen zu tendenziell besserem Schallschutz als Federbügel.
- Anstelle einer dicken Gipsplatte (z.B. 18 oder 25 mm) sind aus schallschutztechnischen Gründen zwei dünnere Platten vorzuziehen.
- Trenndecken sind aufgrund der wohnungsweisen Anforderung der OIB-Richtlinie 6 in das Luftdichtheitskonzept einzubeziehen.
- Bei schwimmendem Estrich ist eine Kopplung zwischen Estrich und Rohdecke durch eine durchgehende Trennfolie zu verhindern. Im Bereich der Kreuzungspunkte von Rohren sind ebenfalls Kopplungen zu vermeiden.
- Schallbrücken zum Estrich im Bereich von Wänden, Stützen, Installationen, Türzargen u.dgl. sind durch die Anordnung von Randdämmstreifen zu unterbinden.

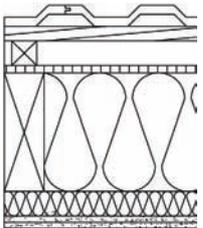
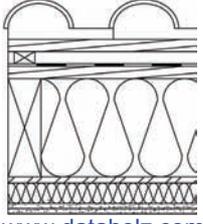
7.7 Steildach

Bei Steildächern gelten die generellen bauphysikalischen Planungsgrundsätze von hinterlüfteten, diffusionsoffenen Holzaußenbauteilen. In Abhängigkeit der Dachform können die Steildächer auch als vorgefertigte Holzelemente montiert werden.

Im Gegensatz zu flachgeneigten Foliendächern können Steildächer nach außen hin diffusionsoffen ausgeführt werden. Infolge der Neigung bildet sich in der Konterlattungsebene eine Thermik und eine Luftströmung aus, welche die Abtrocknung allfälliger Feuchtigkeit ermöglicht. An der Gefachaußenseite ist bei ausgebauten Dachgeschoßen ein Unterdach auszuführen, welches begehrbar und regensicher sein muss.

7.7.1 Beispielhafte Aufbauten

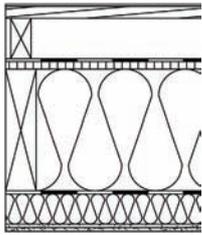
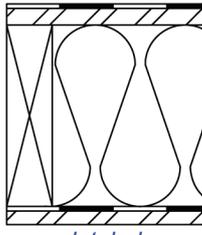
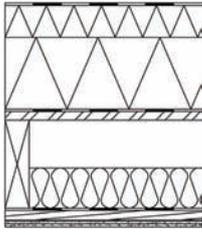
Tabelle 27: Steildachaufbauten für eine Spannweite von 5 m

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m ²]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com sdrnzi08b-03	30,0 50,0 15,0 240,0 240,0 50,0 50,0 2x12,5	Beton- od. Ziegeldachstein Lattung Konterlattung MDF Konstruktionsholz Mineralwolle Dampfbremse $s_d \geq 1$ m Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 3,66	0,16	54 (-2,-9)	--
 www.dataholz.com sdrhzi06b-03	30,0 50,0 24,0 240,0 240,0 15,0 50,0 50,0 2x12,5	Beton- od. Ziegeldachstein Lattung Konterlattung Unterdeckbahn $s_d \leq 0,3$ m Vollschalung Konstruktionsholz Mineralwolle OSB Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 3,66	0,15	54 (-2,-8)	--

7.8 Flachgeneigte Dächer

7.8.1 Beispielhafte Aufbauten

Tabelle 28: Flachdachaufbauten, mit/ohne abgehängter Untersicht für eine Spannweite von 5 m

Bauteil	Dicke [mm]	Aufbau	Feuerwiderstand REI bei $E_{d,fi}$ [kN/m ²]	U-Wert [W/m ² K]	R_w (C; C _{tr}) [dB]	$L_{nT,w}$ [dB]
 www.dataholz.com fdrhbi08b-03	24,0 80,0 15,0 240,0 240,0 50,0 50,0 2x12,5	Blecheindeckung $d \geq 0,4$ Vollschalung Konterlattung Unterdeckbahn $s_d \leq 0,3$ m MDF Konstruktionsholz Mineralwolle Dampfbremse $s_d \geq 1$ m Querlattung Mineralwolle GKF oder GF	REI 60 3,66	0,16	51 (-2;-7)	--
 www.dataholz.com fdrobo01a	22,0 280,0 280,0 18,0	Kunststoffeindeckung OSB Konstruktionsholz Steinwolle mit Dämmstoff-sicherung Feuchteadaptive Dampfbremse OSB	REI 60 2,6	0,16	39 (;)	--
	20-80 180,0 22,0 220,0 100,0 24,0 27,0 2x12,5	Dachabdichtung PUR-Gefälledämmung Steinwolle Dampfbremse $s_d \geq 100$ m OSB Konstruktionsholz Mineralwolle Feuchteadaptive Dampfbremse Sparschalung Federschiene GKF oder GF	REI 60 3,66	0,10	39 (;)	--

7.8.2 Konstruktive Regeln

7.8.2.1 Aufdachdämmsysteme

Den bauphysikalisch sichersten Flachdachaufbau stellt ein Warmdach mit einer außenliegenden Dämmung dar (vgl. Nr. 2 Tabelle 30). Hierbei kann neben Massivholzelementen auch ein teilgedämmtes (vorwiegend zur Hohlraumdämpfung) Holzrahmendach mit außenliegender Dämmung verwendet werden. Grundsätzlich sollte dabei maximal $\frac{1}{3}$ des Wärmedurchlasswiderstandes in der Holzrahmenkonstruktion und somit innerhalb der Dampfbremse, welche außerhalb der Tragstruktur auf die Bekleidung aufgebracht wird, sein (vgl. Nr. 1 Tabelle 30). Diese Dampfbremse kann als temporärer Witterungsschutz herangezogen werden, hierzu wird empfohlen, das Dachelement im Gefälle zu verlegen. Bei Verwendung einer kaltselbstklebenden Bahn ist zur Gewährleistung der Dichtheit ein Gefälle erforderlich.



Abbildung 40: Musteraufbau eines Aufdachelementes Quelle: Elk

Durch die klare Trennung der Tragstruktur und der Dämmung befindet sich der statisch wirksame Bauteil nicht im Tauwasser gefährdeten Bereich. Besonderes Augenmerk muss hierbei jedoch auf die Wahl des Dämmstoffes gelegt werden. Bei begehbaren Dächern ist eine maximale Stauchung von 10 % zulässig. Geeignete Dämmstoffe für Aufsparrendämmsysteme sind in Tabelle 29 aufgeführt. Bei begehbaren Flachdächern sind druckbelastbare Dämmstoffe erforderlich. Es kann hierzu neben EPS, XPS, PUR und Schaumglas gebundene Mineralwolle MW-WD verwendet werden.

Tabelle 29: Wärmedämmstoffe zur Aufsparrendämmung [Reyer et al. 2002]

Dämmstoff		Charakteristische Kenngrößen					
		ρ^1 [kg/m ³]	μ [-] ²	λ [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	E _{Dyn} [MN/m ²]	Brandverhalten
Mineralwolle		Glaswolle: 20 - 150 Steinwolle: 25 - 220	1 - 2	0,035 - 0,050	840	0,14 – 0,40	A1/A2*-s1, d0
EPS	PS 15	15	20/50	0,035	1500	2 – 4 (elastifiziertes EPS: 0,60 – 0,80)	E –s2, d0
	PS 20	20	30/70	0,035			
	PS 30	30	50/100	0,04			
XPS ³⁾		20 - 50	80/250	0,030 - 0,040	1500	30	E
PUR		30 - 80	30/100	0,025 - 0,040 mit HFCKW: 0,020	1400	1 - 6	E
Schaumglas		105 - 165	→∞	0,040 - 0,055	840	1300 - 1600	A1

¹⁾: Bei geringen Rohdichten ist eine Tragkonstruktion erforderlich.

²⁾: Es ist jeweils der für die Baukonstruktion ungünstigere Wert einzusetzen.

³⁾: Unter der Abdichtung nur lose mit Trennlage verlegen [Adriaans, 2004]

Aus schallschutztechnischen Gründen ist eine Steinwollendämmung einer Polystyrolendämmung vorzuziehen. Eine Kombination mit Gefälledämmplatten aus Polystyrol ist grundsätzlich möglich. Sofern der überwiegende Teil der Dämmung nicht brennbar ist, können als Gefällekeile Dämmstoffe der Klasse E eingesetzt werden.

7.8.2.2 Hinterlüftete Flachdachkonstruktionen

Hinterlüftete Flachdachkonstruktionen können, im Gegensatz zu Foliendächer, nach außen hin diffusionsoffen ausgeführt werden. Es ist zu achten, dass das Unterdach die Anforderungen an die erhöhte Regensicherheit erfüllt und ebenfalls mit Gefälle ausgebildet ist.

Da bei flachgeneigten Dächern in der Hinterlüftungsebene der thermische Auftrieb fehlt, ist sicherzustellen, dass „sich sehende Belüftungsöffnungen“ ausgeführt werden, um einen Feuchteabtransport durch den Wind sicherstellen zu können. Bei abweichenden Ausführungen bzw. komplizierten Dachformen sind detaillierte bauphysikalische Nachweise erforderlich.

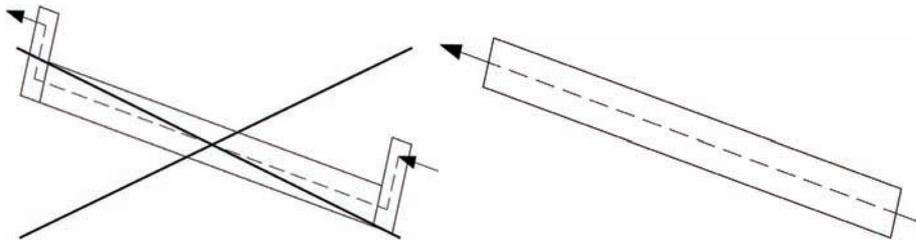


Abbildung 41: „sich sehende“ Belüftungsöffnungen bei hinterlüfteten Flachdächern

7.8.2.3 Foliendächer mit und ohne Zusatzdämmung bzw. Auflast (Kies, Gründächer)

Bei nicht hinterlüfteten Warmdachkonstruktionen mit Foliendeckung ist die Möglichkeit einer Rücktrocknung nach innen sicherzustellen, da die Dachbahnen generell als nicht diffusionsoffen zu bezeichnen sind. Die Ausführung des Dachaufbaus mit einer innenliegenden Dampfbremse mit einem hohen s_d -Wert ermöglicht keine Rücktrocknung und stellt einen Planungsfehler dar (vgl. Nr. 6 Tabelle 30). Holzkonstruktionen mit beidseitig diffusionsdichten Baustoffen entsprechen aus diesem Grund nicht dem Stand der Technik.

Tabelle 30: Empfehlungen zu den Einsatzmöglichkeiten flachgeneigter Foliendächer

Nr.	Konstruktion					Gründach/Kies
1	 $s_d \leq 4m$; FADAB					
2	 $s_d \leq 4m$; FADAB					
3	 $s_d \leq 4m$; FADAB					
4	 $s_d \leq 4m$; FADAB					
5	 $s_d \leq 4m$; FADAB					
6	 $s_d > 10m$					

	gut geeignet
	Objektbezogener Nachweis erforderlich
	nicht geeignet

Zur Gewährleistung der sommerlichen Austrocknung sind Dampfbremsen mit geringen konstanten s_d -Werten (z.B. 2 m) oder sogenannte feuchteadaptive Dampfbremsen einzusetzen (vgl. Nr. 4 bzw. 5 Tabelle 30). Feuchteadaptive Dampfbremsen haben die Eigenschaft, dass sie bei geringen mittleren Luftfeuchtigkeiten einen höheren s_d -Wert aufweisen. Bei hohen relativen Luftfeuchtigkeiten verringert sich der s_d -Wert in den Bereich von diffusionsoffenen Produkten. Bei richtigem Einsatz ermöglichen diese Produkte Sicherheitsreserven für die Holzbauteile. Im Winter ist in der Regel an der Dampfbremse eine geringe Luftfeuchtigkeit vorhanden, wodurch eine dampfbremsende Wirkung vorherrscht. Im Sommer kommt es bei hohen Temperaturen auf der Dachoberfläche zu einer Feuchteumverteilung im Element, wodurch höhere Luftfeuchtigkeiten an der Dampfbremse vorherrschen. Dadurch verringert sich der s_d -Wert und die Elemente können in den Innenraum abtrocknen. Die Produkte bzw. deren Einsatz sind somit vom Innenklima und den Temperaturen am Dach abhängig. Bei Nutzungen mit hohen mittleren Luftfeuchtigkeiten während des Winters und bei Konstruktionen mit geringen Temperaturen am Dach während des Sommers, funktionieren die Aufbauten nicht bzw. nur eingeschränkt. Da sich bei vollständig beschatteten, bekiesten und begrüntem Dächern bzw. Dachbereichen aber auch hellen Dachoberflächen geringere Temperaturen im Sommer einstellen und somit nur eine eingeschränkte Rücktrocknung vorliegt, werden bei diesen Dächern außenliegende Zusatzdämmungen empfohlen (vgl. Nr. 3 Tabelle 30).

Da Durchdringungen durch das Gefach bei unsachgemäßer Ausführung eine potentielle Schadensursache darstellen, sind diese zu planen und luftdicht mit entsprechenden Maßnahmen auszuführen. Durchdringungen, auch nachträgliche, sind nur vom Holzbauunternehmen bzw. von ihm zugelassenen Unternehmen auszuführen und abzudichten.

Die Einflussfaktoren hinsichtlich des Feuchtehaushaltes eines Flachdaches stellen somit die s_d -Werte der inneren und äußeren Bekleidungen und Folien, der solare Absorptionsgrad (abhängig von der Farbe) der Dachbahn, das Innenklima, die Luftdichtheitsklasse, das Außenklima und der Beschattungszeitraum dar. Planer und Ausführende können die Materialkennwerte beeinflussen. Dem Nutzer sind allerdings die Zusammenhänge einer Änderung des Innenklimas bzw. einer späteren Beschattung z.B. in Form einer nachträglichen Montage von PV-Modulen darzustellen.

7.8.3 Nachweismöglichkeiten für Foliendächer

In zwei, im Jahr 2009 abgeschlossenen Forschungsprojekten wurden die Grenzen der sommerlichen Rücktrocknung beim Einsatz von feuchteadaptiven Dampfbremsen mess- und simulationstechnisch untersucht [Winter et al. 2009; Teibinger & Nusser 2009]. Aus den Forschungsarbeiten der Holzforschung Austria entstand eine Planungsbroschüre mit Konstruktionsvorschlägen für nachweisfreie flachgeneigte Dachkonstruktionen [Teibinger & Nusser 2010], welche eine Möglichkeit der Nachweisführung darstellt.

Das feuchtetechnische Verhalten von feuchteadaptiven Dampfbremsen kann mit dem Glaserverfahren nicht abgebildet werden. Es ergeben sich, in Abhängigkeit der Randbedingungen, die in der Abbildung 42 angeführten Nachweismöglichkeiten.

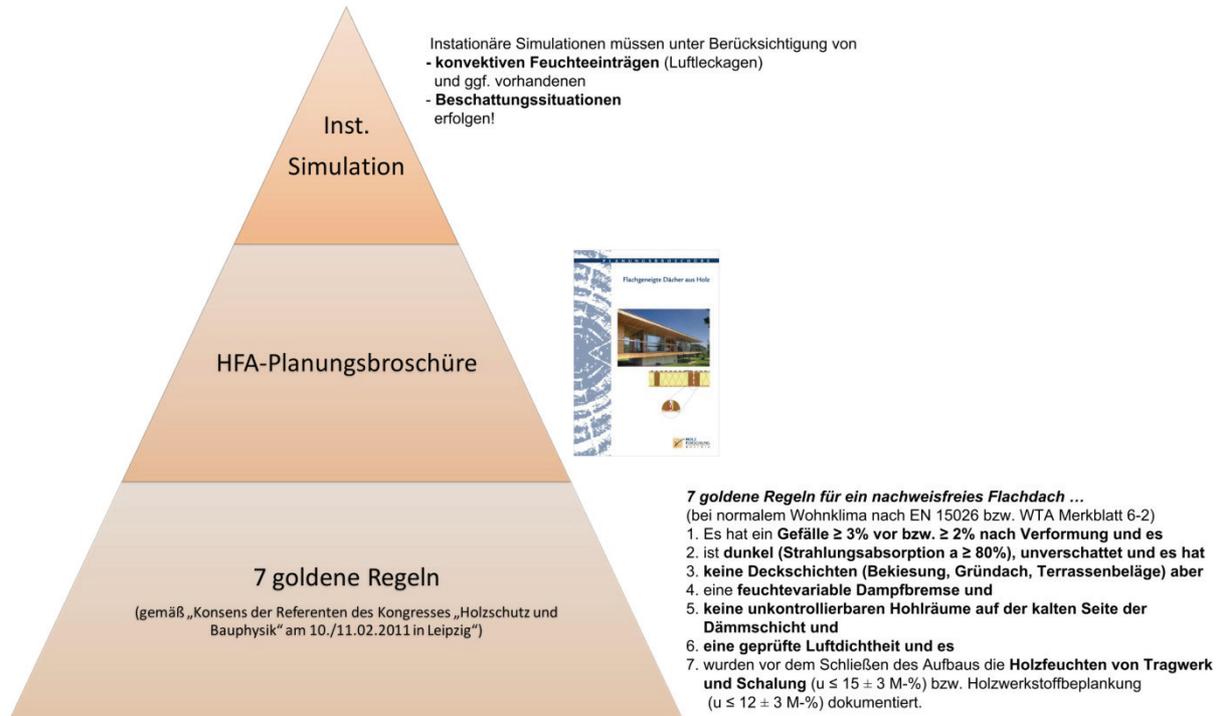


Abbildung 42: Nachweispyramide für flachgeneigte Foliendächer

7.8.3.1 7 "goldene" Regeln für ein Flachdach ohne weitere Nachweise

Sofern die als Konsens der Referenten des Kongresses „Holzschutz und Bauphysik“ am 10. und 11.02.2011 [Borsch-Laaks, 2011] publizierten 7 "goldenen" Regeln eingehalten werden, ist kein weiterer Nachweis erforderlich. Die Grundlage hierfür stellen die Ergebnisse der eingangs angeführten Forschungsprojekte sowie langjährige Simulationserfahrung der Unterzeichner dar.

7.8.3.2 Planungsbroschüre

Sofern die 7 "goldenen" Regeln aufgrund z.B. temporärer Verschattung, höherer Feuchtelast, geringerer Strahlungsabsorption nicht eingehalten werden können, können Konstruktionen der Planungsbroschüre [Teibinger & Nusser, 2010] gewählt werden. In der Broschüre werden nachweisfreie, vollgedämmte Foliendächer in Abhängigkeit der Luftdichtheitsklasse, des Beschattungsgrades und des Innenklimas mit unterschiedlichen innenseitigen s_d -Werten und Absorptionsgraden der Dachbahn aufgelistet. Als Grundlage wurden hygrothermische Simulationen, welche anhand von Messergebnissen des mehrjährigen Forschungsprojektes validiert wurden, durchgeführt. Die Ergebnisse können für ganz Österreich herangezogen werden.

7.8.3.3 Objektspezifische Nachweise

Sollten bei einem Objekt die Randbedingungen nicht den Vorgaben der Planungsbroschüre entsprechen, z.B. längere Beschattungsintervalle, so können objektspezifische hygrothermische Simulationen auf Basis einer objektbezogenen Beschattungsanalyse, siehe [Nagl & Nusser, 2011] durchgeführt werden. Hierzu wird mit Hilfe eines speziellen Spiegels vor Ort eine 360°-Fotografie erstellt, welche mittels dazugehöriger Software entzerrt wird. Die Umgebung kann auch stützend auf Bebauungsplänen o.ä. am PC nachgebildet werden, wodurch eine Betrachtung vor Ort nicht notwendig wird. Über geographische Koordinaten kann dann für jeden Standort die Sonnenbahn ermittelt und in das Panoramafoto oder die Umgebungsnachbildung eingefügt werden. Alle Objekte, die sich daraufhin im Bereich der Sonnenbahn abzeichnen, werfen zu gewissen Tages- und Jahreszeiten einen Schatten auf den betreffenden Standort. Die so gewonnenen solaren Einstrahlraten können schließlich für die Wärme- und Feuchtesimulationen verwendet werden.

Flachdach:

- Bei Aufdachdämmungen auf Holzrahmenelementen mit Hohlraum dämpfender Dämmung sollte diese maximal 1/3 des Wärmedurchlasswiderstandes betragen.
- Gefälledämmung der Klasse E ist zulässig, sofern als überwiegender Teil der Aufdachdämmung Steinwolle verwendet wird.
- Hinterlüftete flachgeneigte Dächer sind mit sich „sehenden“ Hinterlüftungsöffnungen auszuführen.
- Bei Gründächern bzw. Dächern mit Kiesschüttungen ist eine außenliegende Zusatzdämmung erforderlich. Es wird empfohlen, dass deren Wärmedurchlasswiderstand mindestens 1/3 der Gesamtkonstruktion beträgt.

8 Details

8.1 Sockel

8.1.1 Allgemeines

Der Sockelbereich stellt für den Holzbau ein kritisches Detail in Bezug auf den Feuchteschutz dar. Die Holzkonstruktion muss aus diesem Grund auf einem mineralischen Untergrund errichtet werden und sollte eine Sockelhöhe von 30 cm aufweisen, siehe Abbildung 43. Diese Höhe darf bei besonderen bautechnischen Vorkehrungen unterschritten werden. Maßnahmen stellen z.B. Drainagen, Abdichtungen, Verblechungen, (Hochzug) dar, siehe Abbildung 44 und Abbildung 45. Auf jeden Fall muss laut [ÖNORM B 2320] ein Mindestmaß von 10 cm der Fußschwelle zum Erdbreich und 5 cm zu Wasser führenden Ebenen, wie z.B. Terrassenabdichtungen (siehe auch 8.13) eingehalten werden.

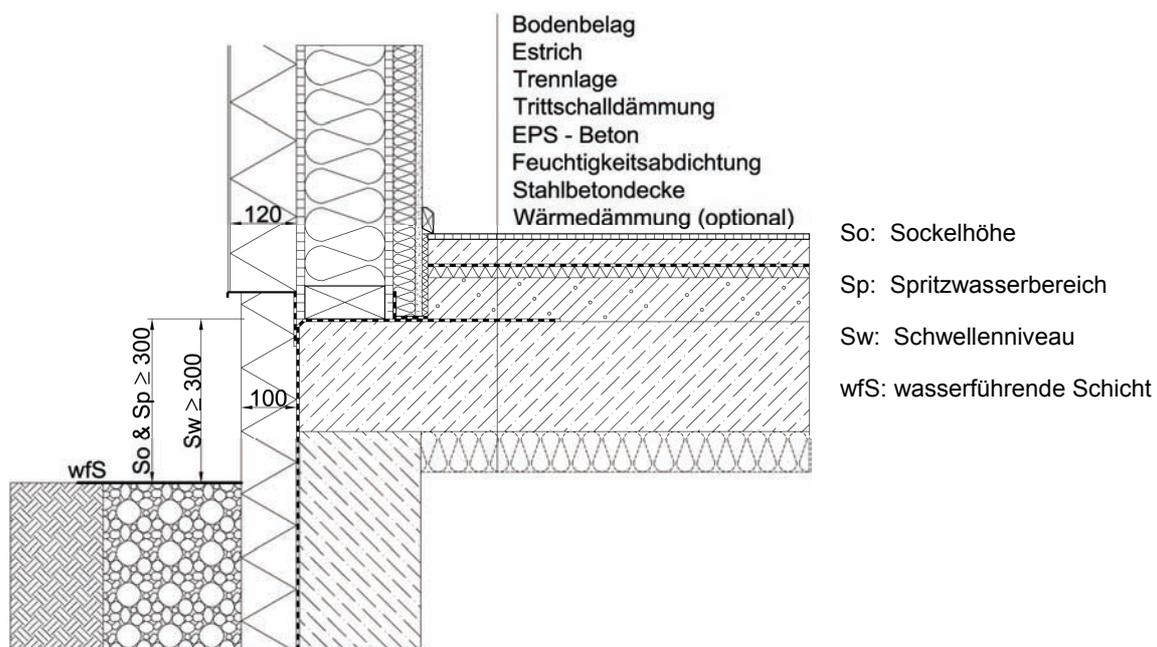


Abbildung 43: Standardsockeldetail; Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschluesse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf

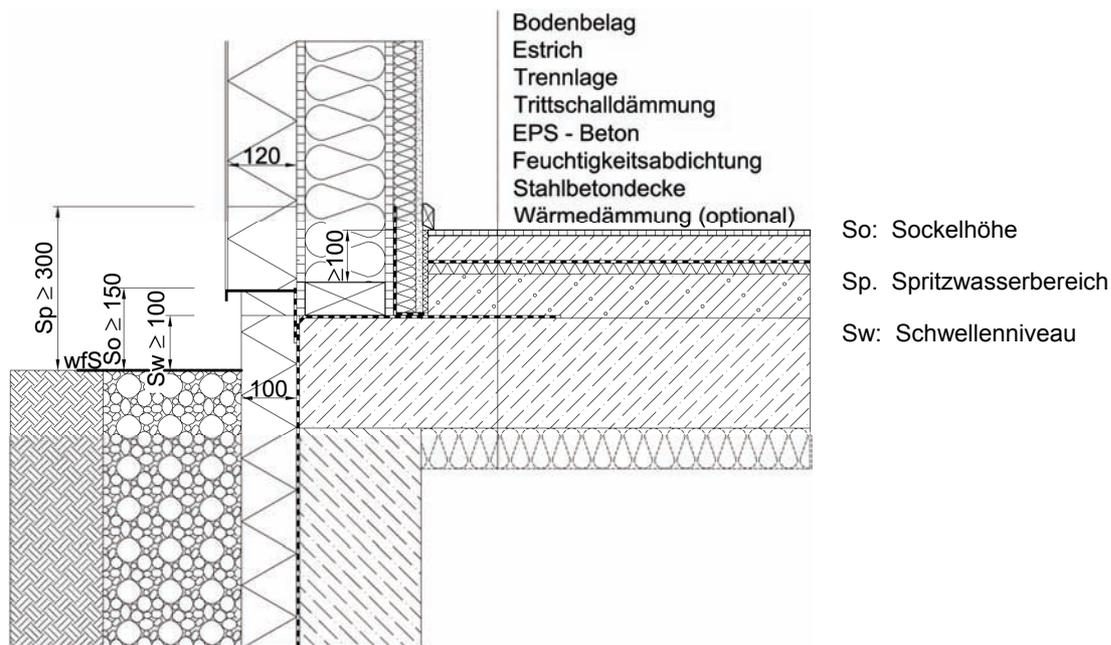


Abbildung 44: Sockeldetail mit Mindesthöhe (Zusatzmaßnahmen erforderlich); Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschlusse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf

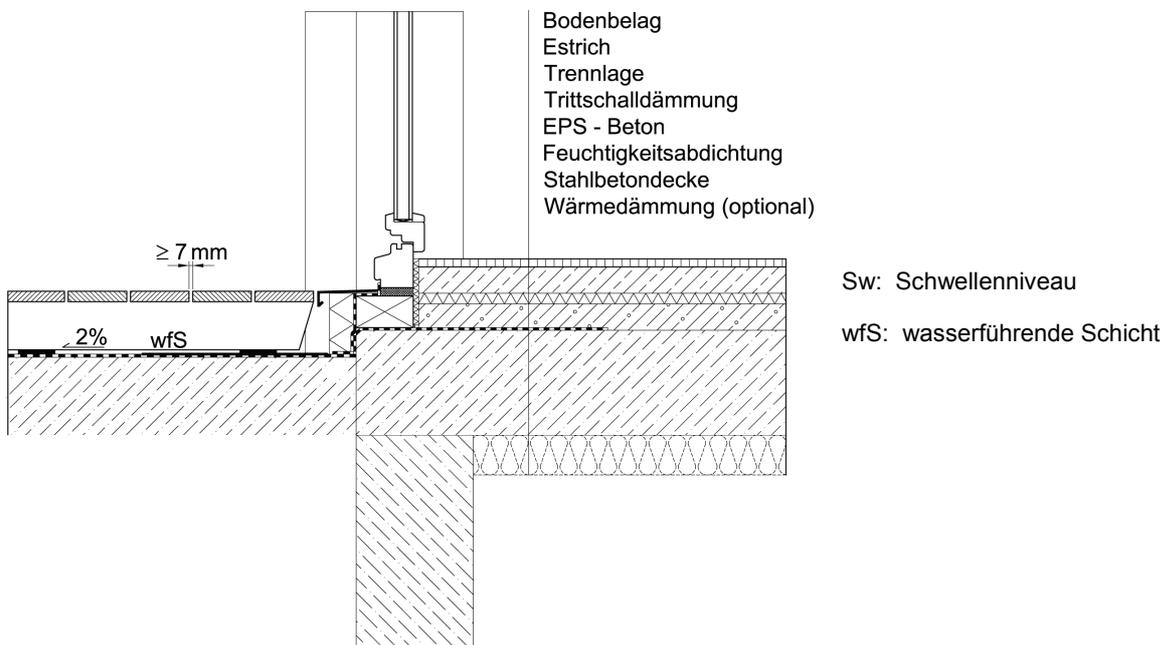


Abbildung 45: Detail für Terrassenanschluss, der barrierefreie Ausführung ermöglicht Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschlusse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf

Bei dem in Abbildung 45 dargestellten Detail ist im Anschlussbereich der Fassade Stauwasser zu verhindern. Dies bedarf der Ableitung des Niederschlagswassers und einer mindestens einmal jährlichen Reinigung bzw. Wartung.

Grundsätzliche Regeln für Fassaden mit Wärmedämm-Verbundsystemen auf Holzbauten sind in Abbildung 46 und für Holzfassaden in Abbildung 47 als Systemskizzen dargestellt.

Weitere Details für Sockelanschlüsse wurden auf Basis von Forschungsarbeiten der Holzforschung Austria [Polleres und Schober 2009b] erarbeitet und können www.dataholz.com entnommen werden. Die Ausführung des WDVS im Sockelbereich (Spritzwasser) ist gemäß den Herstellerangaben des Systemgebers auszuführen. Es werden hierzu beispielsweise der Einsatz feuchteresistenterer Fassadendämmplatten oder die Verwendung von Dichtschlemmen empfohlen. Bei Holzfassaden ist der spritzwassergefährdete Bereich als leicht austauschbare Verschleißschicht auszuführen.

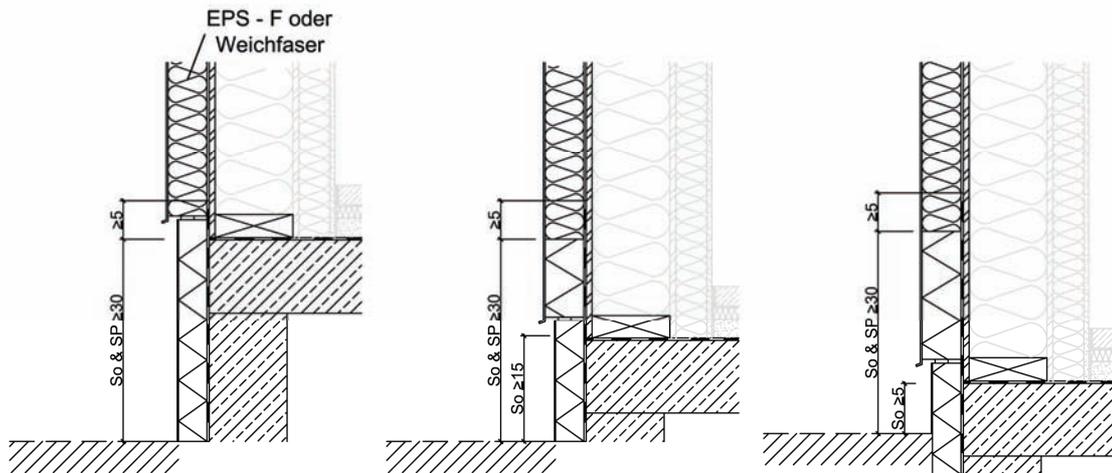
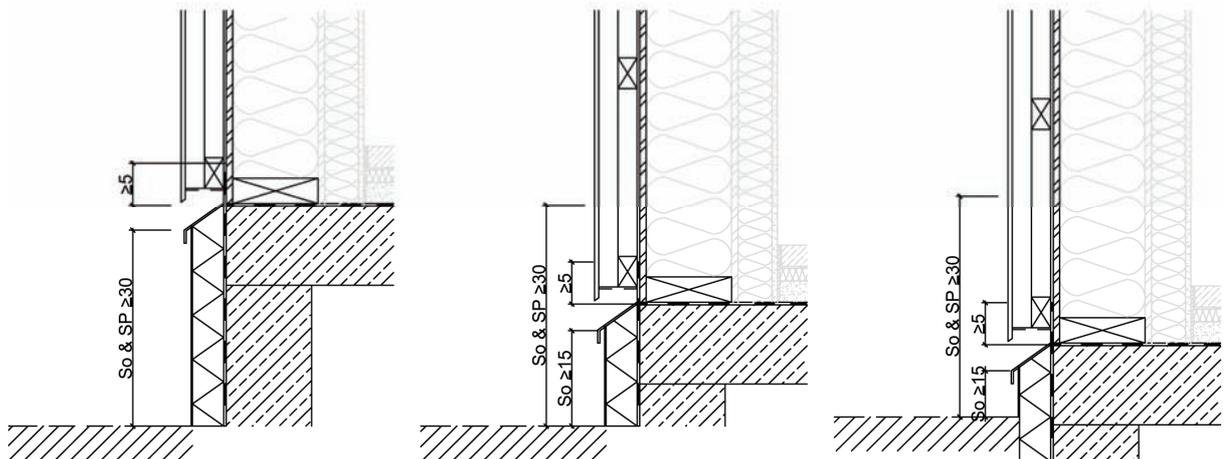


Abbildung 46: Grundsätzliche Regeln bei Wärmedämm-Verbundsystemen Schwellenholz bzw. Rohdecke einfügen



So: Sockelhöhe

SP: Spritzwasserbereich

Sw: Schwellenniveau

wfS: wasserführende Schicht

Abbildung 47: Grundsätzliche Regeln bei hinterlüfteten Fassaden

8.1.2 Konstruktive Regeln

8.1.2.1 durchgehende Ausgleichsschicht

Zwischen dem Holzbau und der mineralischen Decke ist zum Toleranzausgleich eine Ausgleichsschicht erforderlich. Hierzu können folgende Maßnahmen gesetzt werden:

- durchgehendes, vorgefertigtes Mörtelbett oder
- Ausgleichsklötze während der Montage und nachträgliche, vollflächige Ausmörtelung mit Quellmörtel
- Ausgleichsklötze unter jedem Steher und nachträgliche, nicht lastabtragende Verfüllung

In jedem Fall sind die Lastabtragung und der konstruktive Holzschutz sicherzustellen.



Abbildung 48: durchgehendes Mörtelbett als Toleranzausgleich

Auch bei Trennwänden ist die Fuge zur Kellerdecke bzw. Bodenplatte vollflächig auch zwischen den Montageklötzen abzuschließen. [Rabold, 2014] führt an, dass es bei mangelhafter Ausführung zu einer Verschlechterung von R'_w von 9 dB kommen kann.

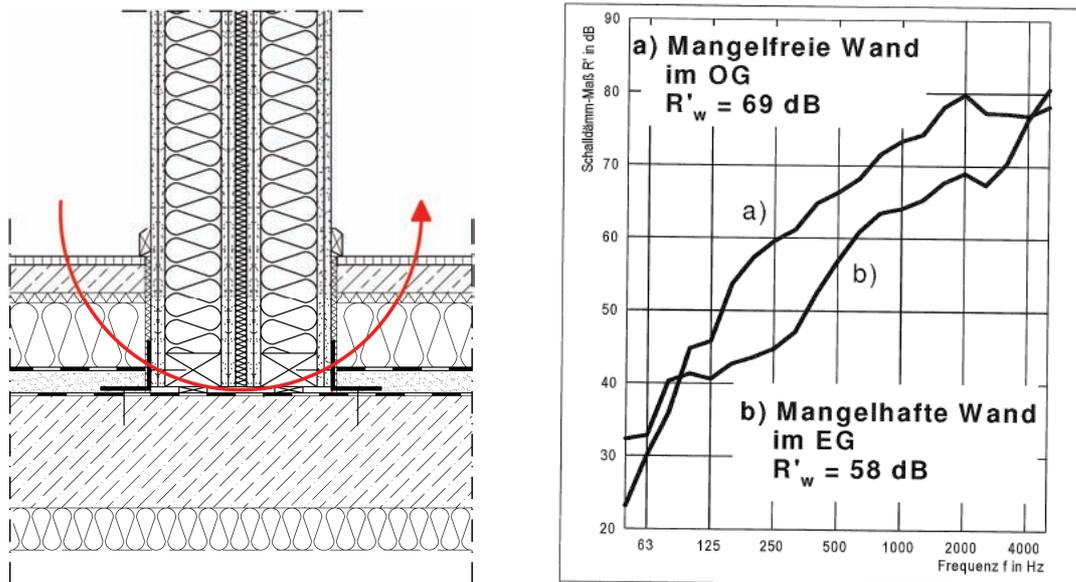


Abbildung 49: Fugenschallübertragung bei einer auf Montageklötzen aufstehenden hoch schalldämmenden Wohnungstrennwand: a) Im 1.OG mit $R'_w = 69$ dB mangelfrei; b) Im EG mit $R'_w = 58$ dB mangelhaft Quelle: Rabold, A.& Hessinger, J., 2014

8.1.2.2 Abdichtung und Schwelle mit entsprechenden Holzschutzmaßnahmen bei Erdgeschoßwand



Abbildung 50: Auflagerdetail einer Innenwand unter Verwendung einer imprägnierten Setzschwelle

Zwischen den Fußschwellen und dem mineralischen Untergrund (Fundamentplatte oder Kellerdecke) ist eine Sperrschicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Unterbau z.B. in Form von Bitumenbahnen erforderlich. Die Fußschwelle ist entweder mit vorbeugenden chemischen Holzschutzmaßnahmen oder aus Hölzern ohne Splintanteil, mit einer natürlichen Dauerhaftigkeit größer gleich 3 - 4, wie z.B. Lärchenholz auszuführen. Die Schwelle muss in beiden Fällen eine Minstdicke von 3 cm aufweisen.

Sockelanschluss:

- Holzkonstruktionen niemals unter Außenniveau einbauen.
- Zwischen Holz und mineralischem Untergrund ist eine Sperrschicht einzubauen.
- Im Geschoßbau ist als Toleranzausgleich zwischen mineralischem Untergrund und Fußschwelle eine statisch lastabtragende Unterfüllung erforderlich.
- Bei Verwendung einer Setzschwelle ist der Anschluss zwischen dieser und dem Wandelement durch das Einlegen eines Fugenbandes bzw. das Anbringen von Klebebändern luftdicht auszuführen.
- Ein Mindestmaß von 10 cm zwischen Fußschwelle und Erdreich bzw. von 5 cm zwischen Fußschwelle und wasserführender Ebene (z.B. Terrassenabdichtung) ist bei Ausbildung konstruktiver Sondermaßnahmen (Hochzug der außenseitigen Abdichtung ≥ 15 cm) möglich. Durch Einsatz eines entsprechend dimensionierten Rigols und eines aufgeständerten Belages mit Fugen liegt die wasserführende Ebene unter den Belag.

8.2 Fenstereinbau

8.2.1 Allgemeines

Der Fenstereinbau stellt, unabhängig von der Bauweise, hinsichtlich der bauphysikalischen Anforderungen auf engstem Raum und dem Zusammenspiel unterschiedlichster Gewerke, eine Herausforderung dar. Durch einen vorgefertigten Einbau der Fenster unter kontrollierten Randbedingungen kann dessen Qualität erhöht werden. Ein fassadenbündiger Einbau erhöht den Planungs- und den Instandhaltungsaufwand und kann eine Kondensatbildung aufgrund des ungünstigen Isothermenverlaufes verursachen. Aus diesen Gründen ist er zu vermeiden.

An den Bauanschluss werden Anforderungen an die Schlagregen- und die Luftdichtheit, an die Reduzierung der Wärmebrücke und den Schallschutz gestellt. Die Prüfung der Schlagregendichtheit und der Luftdichtheit erfolgen entsprechend den Lastannahmen für das Fenster gemäß [ÖNORM B 5300]. Entsprechend der [ÖNORM B 5320] gilt die Fuge des Bauanschlusses als luftdicht, wenn die längenbezogene Luftdurchlässigkeit $a \leq 0,1 \text{ m}^3[\text{mh}(\text{dPa})^{2/3}]$ maximal $0,4 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ beträgt.

Zur Kontrolle der Luftdichtheit der Gebäudehülle am Objekt wird das Differenzdruckverfahren (blower door Messung) gemäß [ÖNORM EN 13829] herangezogen. Das Ergebnis der Messung, der sogenannte n_{50} Wert, gibt den Luftwechsel in 1/h bei einer Druckdifferenz von 50 Pa an. Bei den Messungen vor Ort ist eine umfangreiche Leckageortung erforderlich. Eine exakte Quantifizierung zusätzlich gemessener Luftgeschwindigkeiten auf Luftvolumenströme bei einzelnen Leckagen ist nur durch Kenntnis der Leckagegeometrie

möglich. Eine blower door Messung ist keinesfalls mit einer Prüfung des Fensters gemäß [ÖNORM EN 1026] bzw. des Fensteranschlusses gemäß [ÖNORM B 5321] vergleichbar.

8.2.2 Konstruktive Regeln

Der Fensteranschluss ist innenseitig luftdicht und außenseitig winddicht und schlagregendicht herzustellen. Der Zwischenraum ist hohlraumfrei auszdämmen. Die ÖNORM B 5320 befindet sich derzeit in Bearbeitung, bei der die Möglichkeit eines Standard-Fenstereinbaus oder eines Objektspezifischen Fenstereinbaus ermöglicht werden soll. Mit der Veröffentlichung ist 2015 zu rechnen.

Erfahrungen aus Gutachten haben gezeigt, dass dem Fensterbankanschluss hinsichtlich der Schlagregendichtheit vor allem auf windbeanspruchten Seiten eine große Bedeutung zukommt. Im Rahmen des Forschungsprojektes Architektur versus Technik wurden Untersuchungen zum Fensterbankanschluss bei Fassaden mit Wärmedämm-Verbundsystemen durchgeführt, [Polleres und Schober 2009a]. Neben der Bedeutung der Verarbeitung des WDVS und des Anschlusses der Fensterbank (z.B. Entkoppelung des Endprofils zum WDVS), wird auf Basis der Untersuchungen eine zweite Dichtebene unter der Fensterbank empfohlen [Polleres und Schober 2009a].

Eine detaillierte Richtlinie zum Einbau von Fensterbänken bei WDVS-Fassaden wurde von der Österreichischen Arbeitsgemeinschaft Fensterbank herausgegeben, [Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank 2012].

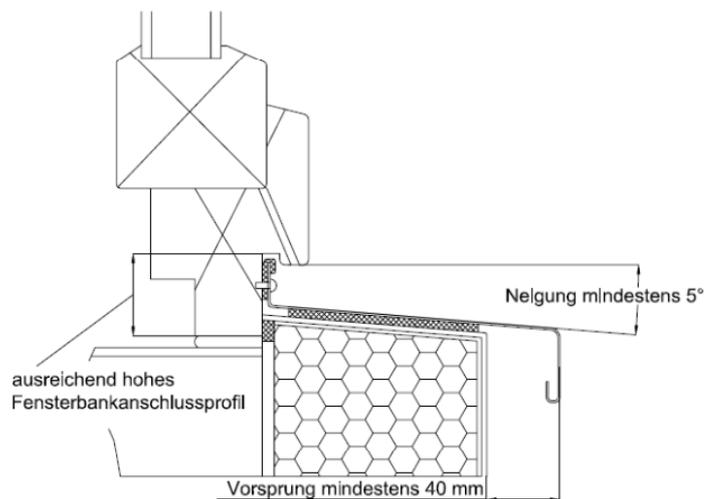


Abbildung 51: Fensterbankanschluss mit ausreichend hohem Fensterbankanschlussprofil mit mindestens 5° Fensterbankneigung und einem Mindestfassadenvorsprung von 40 mm, Quelle: [Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank 2012]

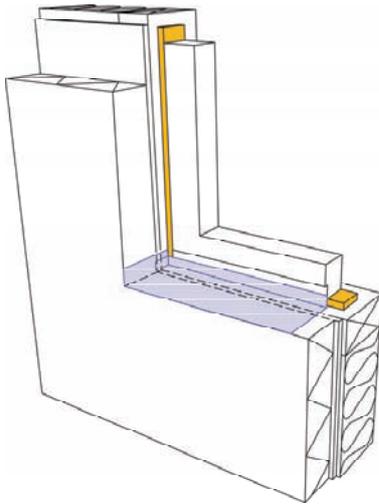


Abbildung 52: Fensterbankanschluß: Ausführung mit wannenförmig ausgebildeter zweiter Dichtebene unter der Fensterbank (erste Dichtebene)

Bei Fassaden aus Holz bzw. Holzwerkstoffen empfiehlt es sich, das Leibungsbrett über die seitliche Aufkantung der Fensterbank zu führen. Details zum richtigen Fensterbankanschluss bei Fassaden aus Holz können [Schober et.al 2010] entnommen werden.



Abbildung 53: Fensterbankanschluß bei Holzfassade

Fenstereinbau:

- Fenster sind in der Tragkonstruktion statisch zu verankern. Zur Lastabtragung sind an der Unterseite Tragklötze einzusetzen.
- Der Anschluss muss innenseitig luftdicht und außenseitig winddicht und schlagregendicht ausgeführt werden. Die Fuge ist hohlraumfrei auszudämmen.
- Unter der Fensterbank wird eine zweite, wasserführende Ebene empfohlen.

8.3 Außenwanddecke

Der Anschluss der Außenwanddecke ist luftdicht auszuführen. Hierzu sind Klebebänder zum Abdichten der luftdichten Ebene einzusetzen oder es sind entsprechende Dichtungsbänder bzw. -profile einzulegen. Eine mechanische Sicherung der Klebebänder durch die Gipsbekleidung bzw. die Unterkonstruktion der Installationsebene ist zu empfehlen. Bei brandschutztechnischen Anforderungen gelten die Regeln nach Abschnitt 8.6.

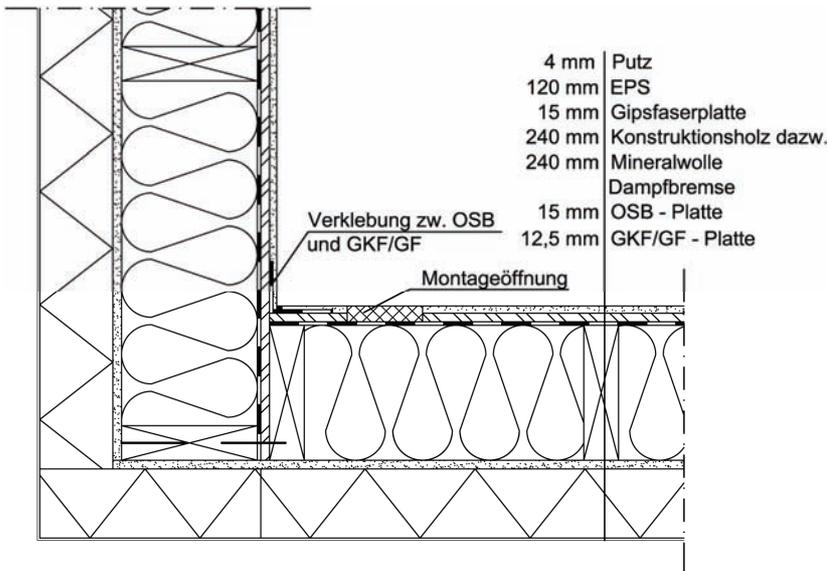


Abbildung 54: Beispielhafte Ausführung Außenwanddecke

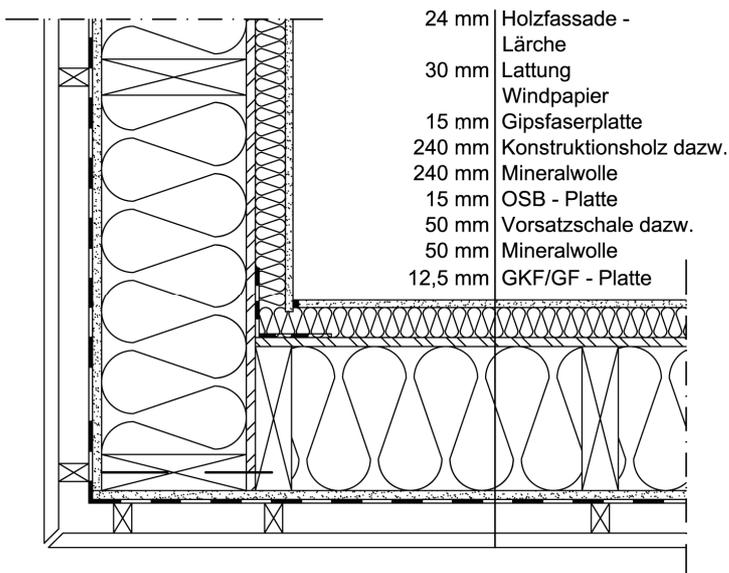


Abbildung 55: Beispielhafte Ausführung Außenwanddecke mit Installationsebene

Außenwandecke:

- Verschraubung bzw. Verbindung mit Systemverbindern hat nach den statischen Erfordernissen zu erfolgen, wobei mindestens 3 Verschraubungen über die Elementhöhe auszuführen sind.
- Der Elementstoß ist luftdicht mit Klebebändern oder Dichtungsbändern bzw. –profilen auszuführen. Eine mechanische Sicherung der Verklebung wird empfohlen.
- Eine hohe Vorfertigung ist anzustreben und dabei die Montagetechnik zu berücksichtigen.

8.4 Gipsplattenanschlüsse

Im Holzbau hat sich die Verwendung von Gipsplatten als innere Bekleidung aufgrund deren Eigenschaften etabliert. In der Trockenbauweise mit Gipsplatten sind bei linienförmigen Anschlüssen zwischen Bauteilen entkoppelte Anschlüsse auszubilden. Hierzu werden beispielsweise Trennstreifen eingesetzt. Anschlussfugen als Dreiecksfuge aus Silikon- oder Acrylmassen auszuführen ist unzulässig. Im Holzbau können infolge von Quell- und Schwindverformungen noch zusätzliche Verformungen auftreten, welche bei den Anschlussfugen der Gipsplatten zu berücksichtigen sind. Details können der [ÖNORM B 2320] entnommen werden.

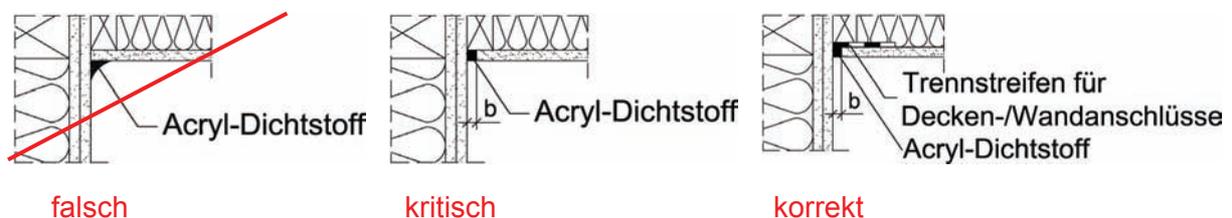


Abbildung 56: Ausführungen der Anschlussfugen von Gipsplatten [Quelle: ÖNORM B 3415]

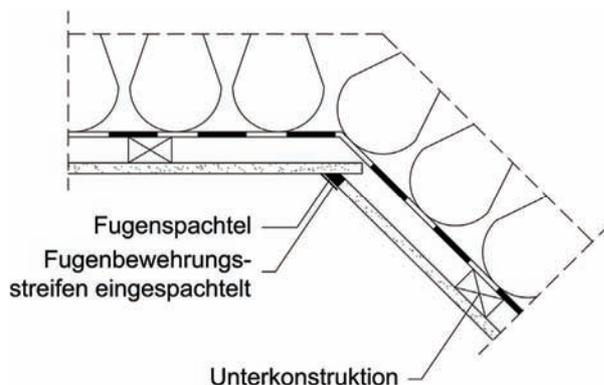


Abbildung 57: Anschlussdetail einer Dachschräge mit einer Decke mit stumpf eingespachtelttem Bewehrungsstreifen nach [ÖNORM B 2320]

Gipsplattenanschlüsse:

- Fugen und Anschlüsse sind generell zu planen.
- Bewegungsfugen des Bauwerks müssen konstruktiv mit gleicher Bewegungsmöglichkeit übernommen werden.
- Gipsbauteile sind von anderen Bauteilen konstruktiv zu trennen.
- Abgehängte Decken und Deckenbekleidungen sind konstruktiv von einbindenden Stützen, Einbauteilen zu trennen.
- Dehnungs- oder Bewegungsfugen sind bei größeren Bauteilflächen anzuordnen.
- Fugen sind bei ausgeprägten Querschnittsänderungen der Bekleidungsflächen wie Flurerweiterungen oder einspringende Wände anzuordnen.
- Bei zu erwartenden Bewegungen der Rohbaukonstruktion (z.B. durch Schwinden, Kriechen, veränderliche Lasten, kontrollierten Setzungen) sind gleitende Decken- und Wandanschlüsse auszuführen.
- Ausreichend Zeit für Trocknungsphasen und Aufheizen (Winter!) ist zu planen, um schockartigen Temperaturanstieg und Luftfeuchtesenkung zu vermeiden (dies gilt sowohl für die Bauphase als auch für Beginn der Nutzung).

8.5 Trenndeckenaufleger

8.5.1 Allgemeines

Aus schallschutztechnischer Sicht gelten die in Tabelle 31 angeführten Grundsätze bei Auflager von Trenndecken in Massivholzbauweise, bei Innen- und Außenwänden in Holzrahmenbauweise sowie bei Stützen. Details und Kennwerte für unterschiedliche (Trenn)Lager können [Teibinger et al. 2009] entnommen werden. Die Erfahrung zeigte, dass bei der Kombination von Holzrahmendecken (abgehängte Untersichten erforderlich) mit Holzrahmenwänden keine Lager erforderlich sind.

Während bei Innenwandauflagern keine zusätzlichen bauphysikalischen Anforderungen gestellt werden, sind bei Trenn- und Außenwänden folgende zusätzlichen Anforderungen an den Brandschutz und die Luftdichtheit sicherzustellen. Die Verschraubung der Elemente muss kraftschlüssig erfolgen, wobei ohne weiteren Nachweis ein Achsabstand von maximal 50 cm ausreicht.

Werden Bauteile mit gemeinsamer, mittels elastischer Zwischenschicht bedämpfter Stoßstelle, kraftschlüssig verbunden, so wird die Wirksamkeit eines effizienten Baulagers massiv reduziert [Dolezal et al 2008]. Abhilfe schaffen hier akustisch optimierte Verbindungsmittel Abbildung 58, die mit einer oder mehreren elastischen Schichten

ausgestattet sind. Schall – und Schwingungsmessungen in [Dolezal 2010] zeigen, dass die durch ungedämpfte Winkel oder Schrauben hervorgerufene Verschlechterung durch akustisch optimierte Befestigungsmittel wieder weitgehend egalisiert wurde.

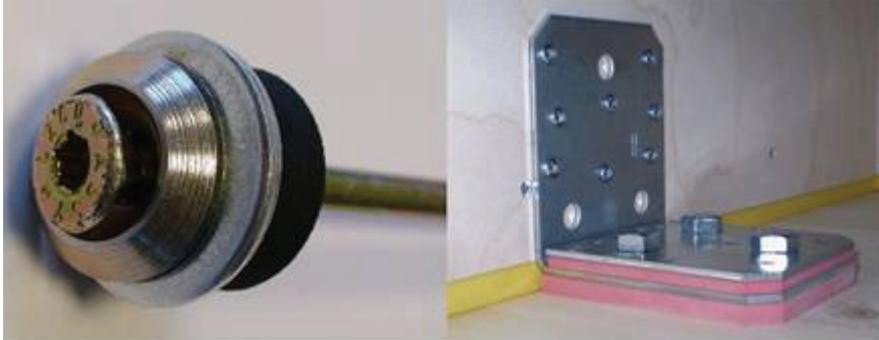
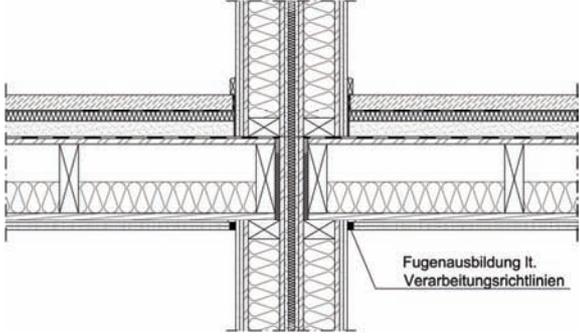
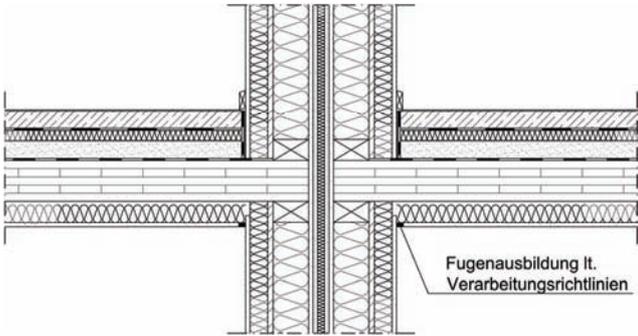
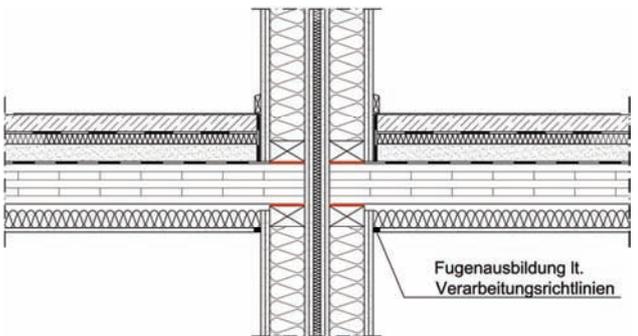
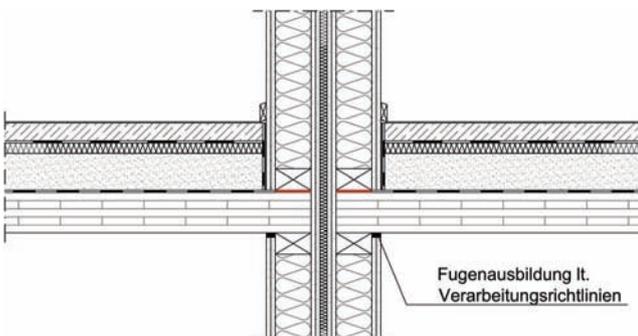


Abbildung 58: Akustisch optimierte Befestigungsmittel

Im Falle von Brandschutzbekleidungen sind diese passgenau zu verarbeiten. Anschlussdetails können der [ÖNORM B 2330] entnommen werden. Zur Gewährleistung der Luftdichtheit sind Abdichtungsmaßnahmen der Anschlussfuge, wie z.B. Abkleben der Fugen, Einlage von Dichtungen, erforderlich.

Tabelle 31: Konstruktive Grundsätze hinsichtlich des Erfordernisses elastischer Lager bei Trenndecken in Kombination mit Holzrahmenwänden

	<p>Bei Holzrahmendecken und Holzrahmenwänden sind keine elastischen Lager erforderlich.</p>
	<p>Bei abgehängter Untersicht der Decke und entkoppelten Vorsatzschalen sind keine Lager erforderlich.</p>
	<p>Bei abgehängter Untersicht an der Decke und keinen entkoppelten Vorsatzschalen an den Wänden werden sowohl oberhalb als auch unterhalb der Decke elastische Lager empfohlen.</p>
	<p>Bei Brettsperrholzdecken mit Holzuntersicht (ohne abgehängter Untersicht) und entkoppelten Vorsatzschalen an den Wänden werden oberhalb der Decke elastische Lager empfohlen.</p>

Bei Trenn- und Außenwänden gelten zusätzliche Anforderungen an den Brandschutz und die Luftdichtheit. Die Verschraubung der Elemente muss kraftschlüssig erfolgen, wobei ohne weiteren Nachweis ein Achsabstand von maximal 50 cm ausreicht. Im Falle von Brandschutzbekleidungen sind diese passgenau zu verarbeiten.

8.5.2 Konstruktive Regeln

8.5.2.1 Estrichdämmstreifen / Randdämmstreifen

Estrichdämmstreifen sind bis an die Rohdecke zu führen.

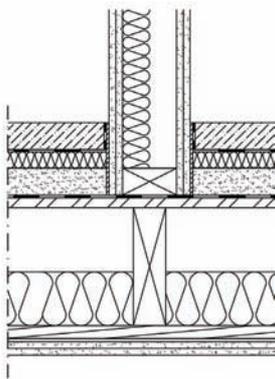


Abbildung 59: Randdämmstreifen bis an die Rohdecke führen

8.5.2.2 Estrichdämmstreifen zu früh abgeschnitten

Aufgrund eines zu früh (vor Verlegung des Belages) weggeschnittenen Randdämmstreifens, kann es zum Auslaufen von Spachtelmasse zwischen Estrich und Wand kommen, die die Trittschalldämmung um bis zu 6 dB verschlechtert [Köhnke 2012].

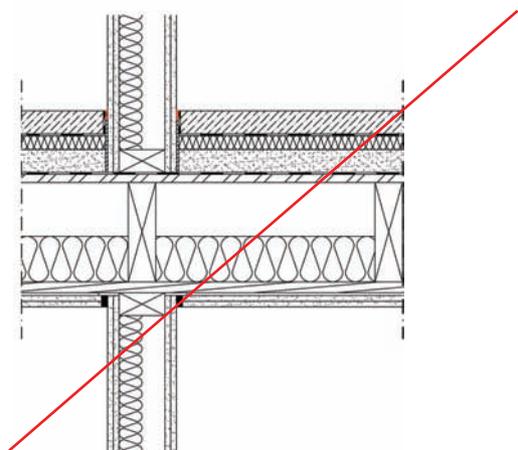


Abbildung 60: Koppelung durch Spachtelmasse aufgrund zu früh abgeschnittener Estrichdämmstreifen

8.5.2.3 Fugenmörtel zwischen Wand- und Bodenfliese

Aufgrund des Einbringens des Fugenmörtels zwischen Wand- und Bodenfliesen kann es zu einer Verschlechterung der Trittschalldämmung um bis zu 8 dB kommen, [Köhnke 2012].

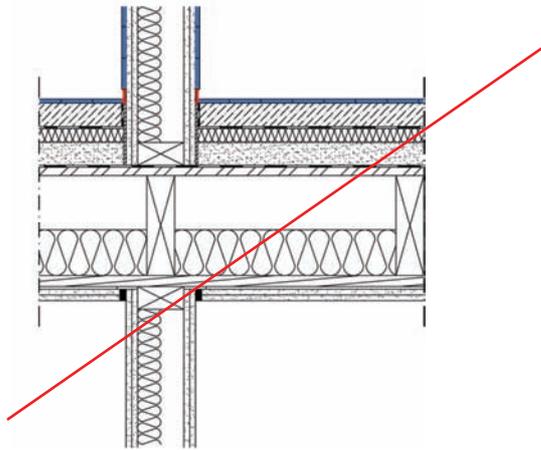


Abbildung 61: Fugenmörtel zwischen Wand- und Bodenfliese

Trenndeckenaufleger:

- Elastische Lager dürfen nicht mechanisch befestigt werden.
- Entkoppelte Verbindungsmittel verbessern den Schallschutz.
- Estrichdämmstreifen sind bis an die Rohdecke zu führen.
- Koppelung zwischen Wand- und Bodenbelag (auch durch Spachtelmassen) ist zu verhindern.
- Eine kraftschlüssige Verschraubung der Elemente ist sicherzustellen.
- Die Luftdichtheit ist zu berücksichtigen. Hierzu sind durchgehende Lager und/oder Klebebänder bzw. Dichtungsbänder einzusetzen.
- Eine passgenaue Verarbeitung der Brandschutzbekleidungen ist zu gewährleisten.

8.6 Anschlussdetails für brandabschnittsbildende Bauteile

8.6.1 Technische Grundregeln

Im Folgenden werden Konstruktionsdetails für brandabschnittsbildende Holzbauteile im Überblick erläutert. Die entwickelten Details wurden aus orientierenden Kleinbrandversuchen von Wand- und Deckenanschlüssen in Holzrahmen- und Holzmassivbauweise, entsprechend der Einheitstemperaturkurve (ETK), welche im Rahmen eines Forschungsprojektes der Holzforschung Austria [Teibinger, Matzinger, 2008] durchgeführt wurden, abgeleitet. Hierbei erfolgten Untersuchungen der Anschlüsse für einen Feuerwiderstand von 60 Minuten, wobei sämtliche Varianten in Holzrahmen- und in Holzmassivbauweise auch im Bereich der Anschlussfuge die Anforderungen erfüllten. Detailausbildungen bis 90 Minuten sind mit entsprechenden Aufbauten ebenfalls möglich. So wurden beispielsweise im Zuge eines weiteren Forschungsprojektes der Holzforschung Austria zum Feuerwiderstand von Holzkonstruktionen [Teibinger, Matzinger 2010] unter anderem 33 belastete Großbrandversuche von Holzrahmenwänden durchgeführt. Zur Lasteinbringung wurde in allen Fällen eine mit Gipsplatten bekleidete Hilfsdeckenkonstruktion in Brettsperrholzbauweise auf die Wandelemente mit einem Schraubenabstand von 500 mm befestigt. Es wurden im Bereich der Fuge zwischen der Hilfsdecke und der Wand keine zusätzlichen brandschutztechnischen Maßnahmen gesetzt. In keinem einzigen Fall kam es zu einem erhöhten Abbrand im Anschlussbereich bzw. zu einem Versagen im Bereich der Fuge, wobei die Versuchsdauer zwischen 30 und 120 Minuten variierte.

Anschlussdetails brandabschnittsbildender Bauteile:

- Die Elemente sind kraftschlüssig und fugenfrei miteinander entsprechend der statischen Erfordernisse zu verbinden.
- Die Luftdichtheit des Anschlusses ist durch durchgehende Lager und/oder Klebebänder sicherzustellen.
- Die Brandschutzverkleidungen und deren Fugen sind laut den Herstellerangaben auszuführen.
- Bei Kapselanforderungen an die Bauteile und deren Anschlüsse sind die Stöße bei mehrlagigen Brandschutzbekleidungen versetzt auszubilden.

8.6.2 Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zu Außenwand

Hinsichtlich der Detailausbildung gelten die in Abschnitt 8.5 angeführten grundsätzlichen Regeln. Zusätzlich ist die Fuge zwischen den beiden Wänden vollständig mit Mineralwolle auszufüllen.

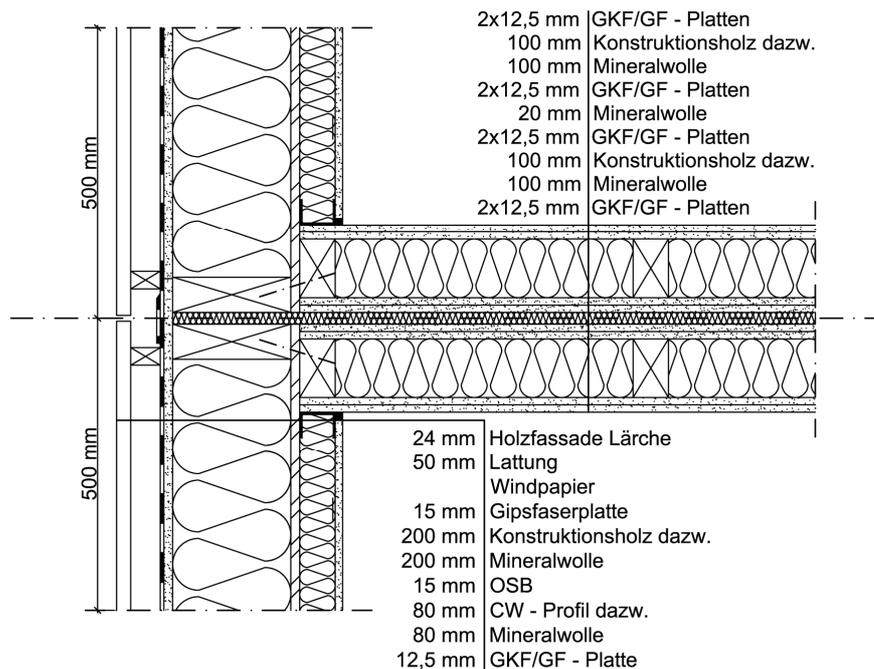


Abbildung 62: Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand an eine Außenwand. Die Außenwand sollte 0,5 m von der Achse der brandabschnittsbildenden Wand einen Feuerwiderstand von 90 Minuten aufweisen. In die Trennwand dürfen keine E-Installationen ohne Kompensationsmaßnahmen oder Vorsatzschale eingebaut werden.

Anschluss brandabschnittsbildende Trennwand zu Außenwand:

- Siehe auch 8.5
- Zur Verhinderung der Flankenübertragung sind Vorsatzschalen oder eine Trennung der Außenwand erforderlich.
- Die Außenwand muss über mindestens 0,5 m von der Achse der brandabschnittsbildenden Wand denselben Feuerwiderstand wie diese aufweisen.
- Der Zwischenraum bei zweischaligen Aufbauten ist vollständig mit Mineralwolle auszudämmen.

8.6.3 Anschluss der brandabschnittsbildenden Trenndecke zu Außenwand

Wird eine Trenndecke als brandabschnittsbildender Bauteil ausgeführt, so muss aus brandschutztechnischen Gründen die Decke mindestens 80 cm auskragen und denselben Feuerwiderstand wie die Trenndecke erfüllen oder es ist ein Außenwandstreifen mit einer Höhe von mindestens 120 cm auszubilden, der denselben Feuerwiderstand aufweist wie die Trenndecke. Die auskragende Deckenkonstruktion wird aus bauphysikalischen Gründen nicht empfohlen. Grundsätzlich könnte auch eine Deckenplatte vor den Wandbauteil thermisch entkoppelt aufgeständert werden. Hierbei ist sicherzustellen, dass der Anschluss zur Rohbauaußenwand und die Befestigung die Anforderungen an den Feuerwiderstand der brandabschnittsbildenden Decke erfüllen. Aus den genannten bautechnischen sowie aus architektonischen Gründen wird häufig die Ausbildung eines 120 cm hohen Außenwandstreifens bevorzugt. Hinsichtlich der Anforderung an den Anschluss gelten die in Punkt 7.6 angeführten allgemeinen Grundsätze. Die Anforderungen an hinterlüftete, belüftete sowie nicht hinterlüftete Holzfassaden werden in [ÖNORM B 2332] geregelt und in Punkt 8.10 zusammengefasst.

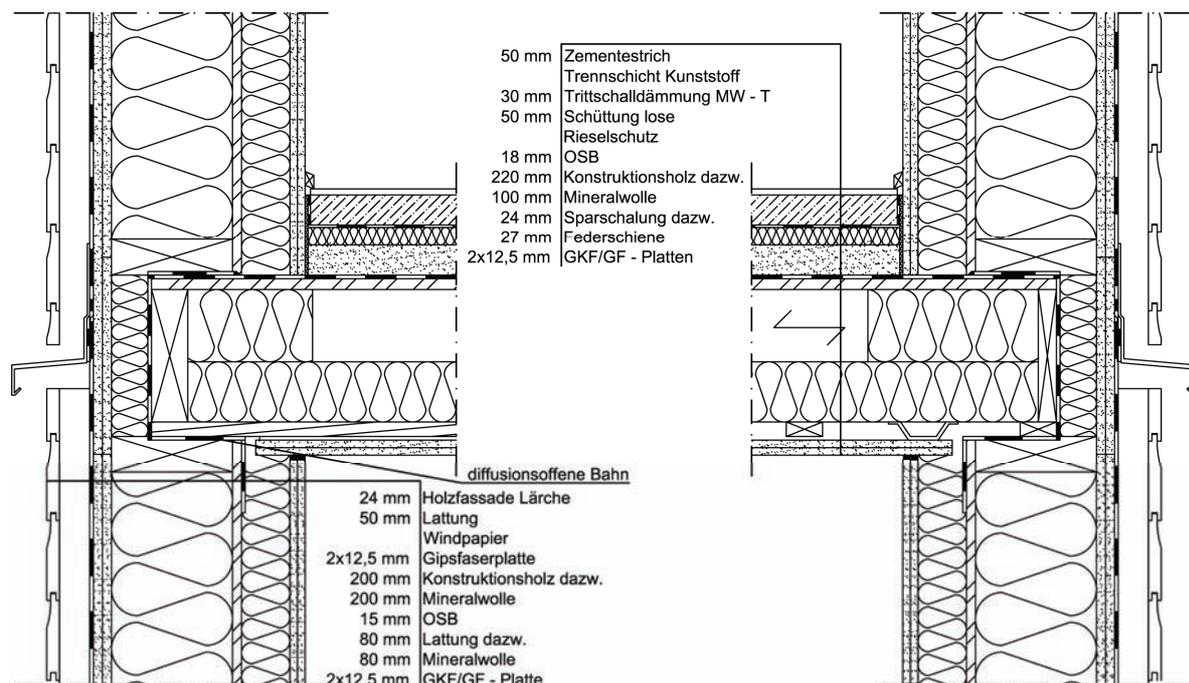


Abbildung 63: Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trenndecke an die Außenwand (120 cm Außenwandstreifen)

Anschluss brandabschnittsbildende Trenndecke zu Außenwand:

- Siehe auch 8.5
- Eine Entkoppelung zur Verhinderung der Flankenübertragung ist durch Vorsatzschalen, abgehängte Decke und/oder durchgehende elastische Lager sicherzustellen, siehe auch 8.5
- Elastische Lager dürfen nicht mechanisch befestigt werden.
- Estrichdämmstreifen sind bis an die Rohdecke zu führen und erst nach den Verspachtelungen abzuschneiden.
- Koppelung zwischen Wand- und Bodenbelag ist zu verhindern.
- Die Elemente sind kraftschlüssig miteinander entsprechend der statischen Erfordernisse mit einem Maximalabstand der Verbindungsmittel von 50 cm zu verbinden.
- Die Luftdichtheit des Anschlusses ist durch durchgehende Lager und/oder Klebebänder sicherzustellen.
- Die Brandschutzbekleidungen sind passgenau zu verarbeiten.
- Bei Kapselanforderungen an die Bauteile und deren Anschlüsse sind die Stöße bei mehrlagigen Brandschutzbekleidungen versetzt auszubilden.
- Bei Gebäuden ab der GK 4 sind konstruktive Lösungen zur Verhinderung einer Brandweiterleitung (z.B. auskragendes Stahlblech bzw. Steinwollestreifen) an der Fassade erforderlich, siehe auch 8.10.2.

8.6.4 Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zu Decke

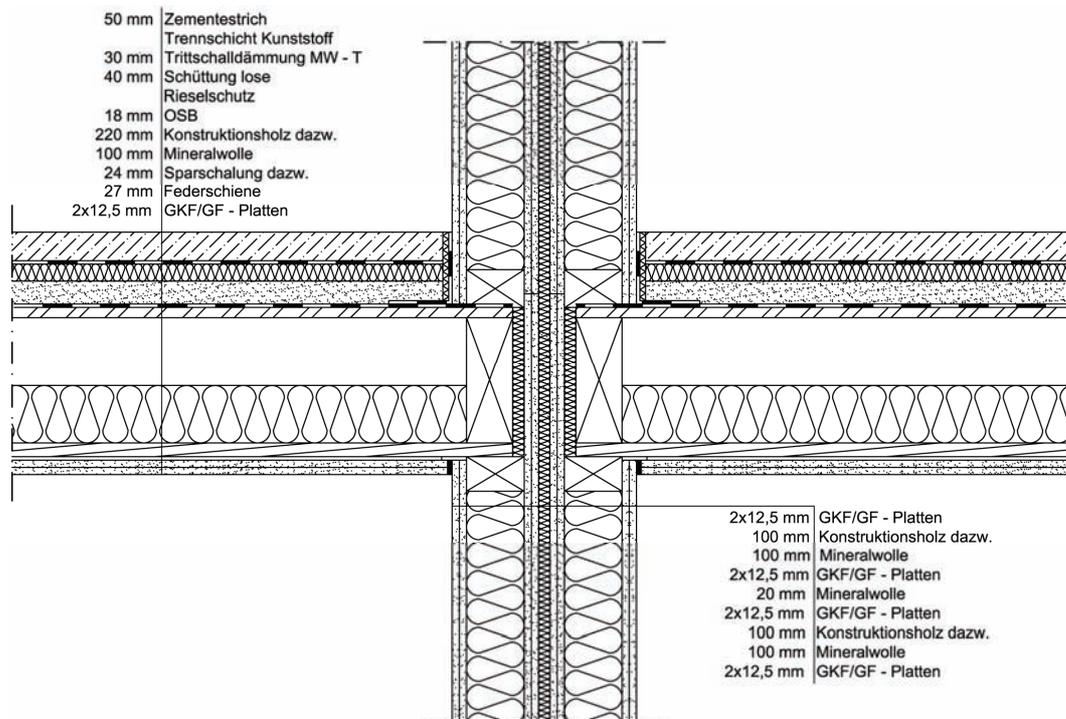


Abbildung 64: Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand an eine Trenndecke. Für den Einbau von E-Installationen in die Trennwand sind Vorsatzschalen oder Kompensationsmaßnahmen gemäß Tabelle 24 erforderlich.

Anschluss brandabschnittsbildende Trennwand zu Decke:

- Eine Entkoppelung zur Verhinderung der Flankenübertragung ist durch Vorsatzschalen, abgehängte Decke und/oder durchgehende elastische Lager sicherzustellen, siehe auch Tabelle 31.
- Elastische Lager dürfen nicht mechanisch befestigt werden.
- Entkoppelte Verbindungsmittel verbessern den Schallschutz.
- Estrichdämmstreifen sind bis an die Rohdecke zu führen und erst nach den Verspachtelungen abzuschneiden.
- Koppelung zwischen Wand- und Bodenbelag ist zu verhindern.
- Die Elemente sind kraftschlüssig miteinander entsprechend der statischen Erfordernisse mit einem Maximalabstand der Verbindungsmittel von 50 cm zu verbinden.
- Die Luftdichtheit des Anschlusses ist durch durchgehende Lager und/oder Klebebänder sicherzustellen.
- Die Brandschutzbekleidungen sind passgenau zu verarbeiten.
- Bei Kapselanforderungen an die Bauteile und deren Anschlüsse sind die Stöße bei mehrlagigen Brandschutzbekleidungen versetzt auszubilden.
- Der Zwischenraum (≥ 2 cm) bei zweischaligen Aufbauten ist vollständig mit Mineralwolle auszdämmen.

8.6.5 Anschluss der brandabschnittsbildenden Trennwand zum Dach

Entsprechend der OIB-Richtlinie 2 sind brandabschnittsbildende Wände mindestens 15 cm über das Dach zu führen - sofern die Brandausbreitung nicht über andere Maßnahmen eingeschränkt wird.

Sofern das Dach ohne Hochzug über die brandabschnittsbildende Wand läuft, sind die Hohlräume im Bereich der Konterlattung auf beiden Seiten in eine Länge von mindestens 50 cm von der Mitte der brandabschnittsbildenden Wand mit Mineralwolle Schmelzpunkt ≥ 1000 °C (Steinwolle) vollständig auszdämmen. Die Dachdeckung ist im Bereich der brandabschnittsbildenden Wand in einem Mörtelbett zu verlegen oder es ist ebenfalls eine Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt ≥ 1000 °C (Steinwolle) einzulegen. Die Lattungen können in dem Bereich der Steinwollendämmung verlegt werden, wobei Dachlattungen und Schalungen direkt unter Blechdächern im Bereich der brandabschnittsbildenden Wand zu unterbrechen sind und die Fugen ebenfalls mit Mineralwolle Schmelzpunkt ≥ 1000 °C (Steinwolle) auszufüllen sind. Das brennbare Unterdach ist im Bereich der

brandabschnittsbildenden Wand durch eine nicht brennbare Bekleidung (z.B. Gipsfaserplatte) zu ersetzen.

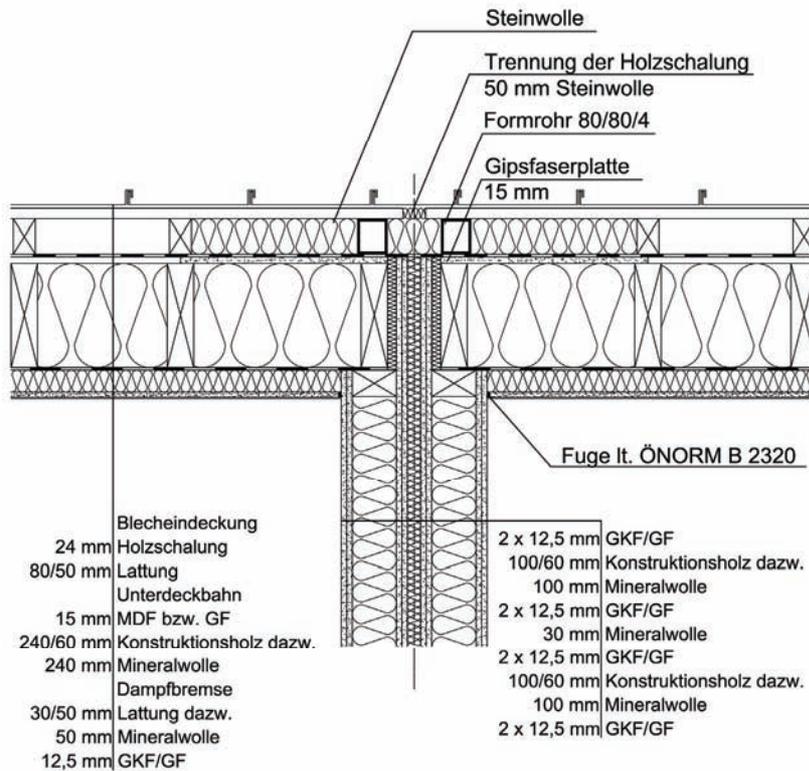


Abbildung 65: Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand zu einem Blechdach

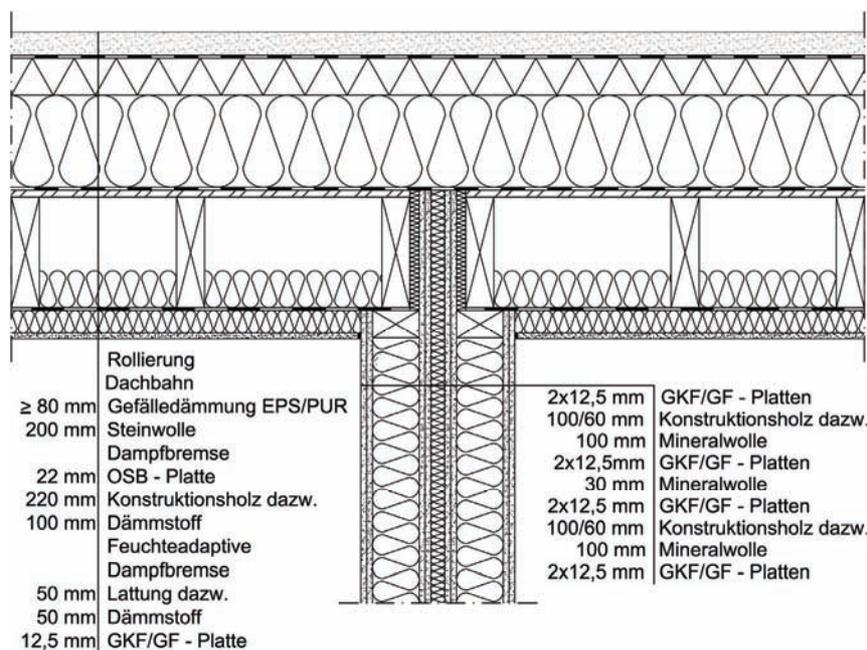


Abbildung 66: Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand zu einem flachgeneigten Dach mit Aufdachdämmung

Anschluss brandabschnittsbildende Trennwand zum Dach:

- Die brandabschnittsbildende Wand ist mindestens 15 cm über das Dach hochzuziehen. Auf den Hochzug kann verzichtet werden, sofern über mindestens 50 cm von der Achse des Brandabschnittes Steinwollendämmung verwendet wird. Allfällige Hinterlüftungsquerschnitte sind ebenfalls auszudämmen. Außenliegende Holzschalungen sind in diesem Bereich durch Gipsfaserplatten zu ersetzen.
- Bei über die Trennwand durchlaufenden Dachelementen (Durchlaufdecke) ist aus schalltechnischen Gründen eine Abhängung zur Entkoppelung erforderlich.
- Der Zwischenraum bei zweischaligen Aufbauten ist vollständig mit Mineralwolle auszudämmen.
- Die Elemente sind kraftschlüssig miteinander entsprechend der statischen Erfordernisse mit einem Maximalabstand der Verbindungsmittel von 50 cm zu verbinden.
- Die Luftdichtheit des Anschlusses ist durch durchgehende Lager und/oder Klebebänder sicherzustellen.
- Die Brandschutzbekleidungen sind passgenau zu verarbeiten.
- Bei Kapselanforderungen an die Bauteile und deren Anschlüsse sind die Stöße bei mehrlagigen Brandschutzbekleidungen versetzt auszubilden.

8.7 Anschluss von Holzbauteilen an mineralische Bauteile

Die Holzschutznorm fordert, dass zwischen Holzbauteilen und mineralischen Bauteilen eine Trennung zur Verhinderung eines kapillaren Wassertransportes erfolgt. Dies gilt beispielsweise auch, wenn Holzwände an mineralische Stiegenhauswände angeschlossen werden.

8.8 Abdichtungsmaßnahmen in Feuchträumen

Die angeführten Empfehlungen gelten für Bäder in Wohnungen bzw. für Bäder mit vergleichbarer Nutzung (z.B. Hotel bzw. Beherbergungsstätten). Sie gelten nicht für Nassräume bzw. für öffentliche Bäder mit hohen Anforderungen.

Dauerhafte Durchfeuchtungen von Holzkonstruktionen sind generell zu verhindern. Rohrbrüche werden in der Regel aufgrund der großen Wassermengen kurzfristig erkannt und eine rasche Behebung und Austrocknung ist möglich. Abdichtungsmaßnahmen sind in den Bereichen, wo geringfügige Wassermengen über einen längeren Zeitraum auftreten können, wie z.B. bei Durchdringungen von Armaturen, Verspachtelungen von Fliesen und

Anschlussfugen bei Duschwannen, erforderlich. Entscheidend ist, das elastische Fugen regelmäßig gewartet werden.

Die Notwendigkeit einer dichten, zweiten Abdichtung mit seitlichen Hochzügen von bis zu 15 cm wird in Fachkreisen eingehend diskutiert. Grundsätzlich kann diese Maßnahme nur funktionieren, wenn diese Wanne einen kontrollierten Abfluss hat und an der Tür eine Schwelle vorhanden ist. Aus bautechnischen Gründen (Verlegung von Leitungen, Einbringen eines Gefälles) sowie bei einer Risikoabschätzung eines Wasserschadens im Vergleich zu anderen Räumen, z.B. Küche (Abflüsse, Geschirrspüler) schließen wir uns der Meinung von [Köhnke, 2007] an und raten von einer Wannenausbildung in privaten Badezimmern ab. Zusätzlich spricht auch die Tatsache dagegen, dass es zu einer langandauernden, nicht bemerkbaren Durchfeuchtung der Holzkonstruktion kommen kann. Wesentlich wichtiger als die Ausbildung einer dichten Wanne im gesamten Badezimmer sind die angeführten Abdichtungen der Armaturen und Sanitärgegenstände in den Duschen sowie der Anschlüsse der Dusch- und Badewannen.

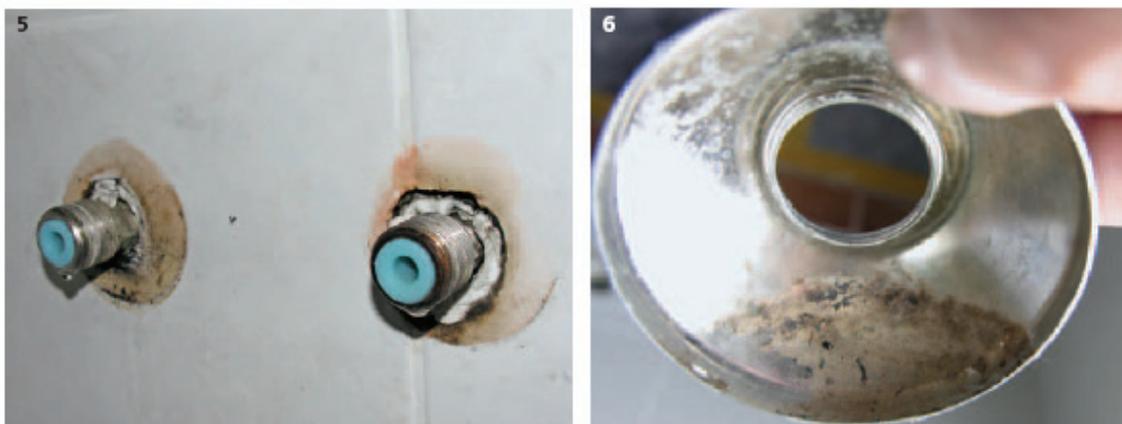


Abbildung 67: nicht abgedichtete Armaturdurchdringungen als Ursache von Feuchteschäden [Quelle: Köhnke, 2010]

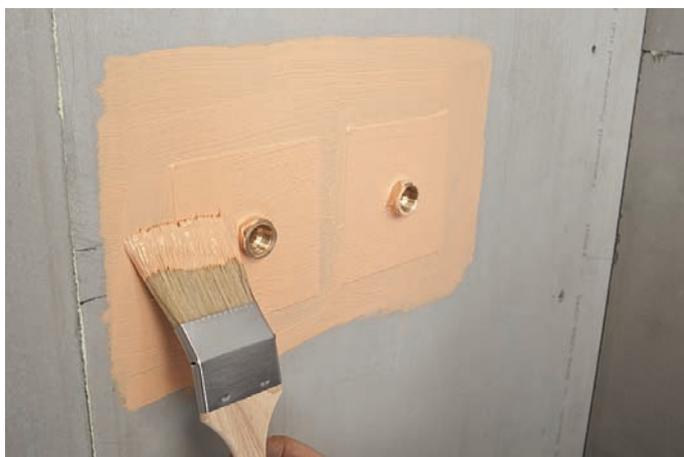


Abbildung 68: Korrekte Ausführung von Armaturdurchdringungen Quelle: Fermacell

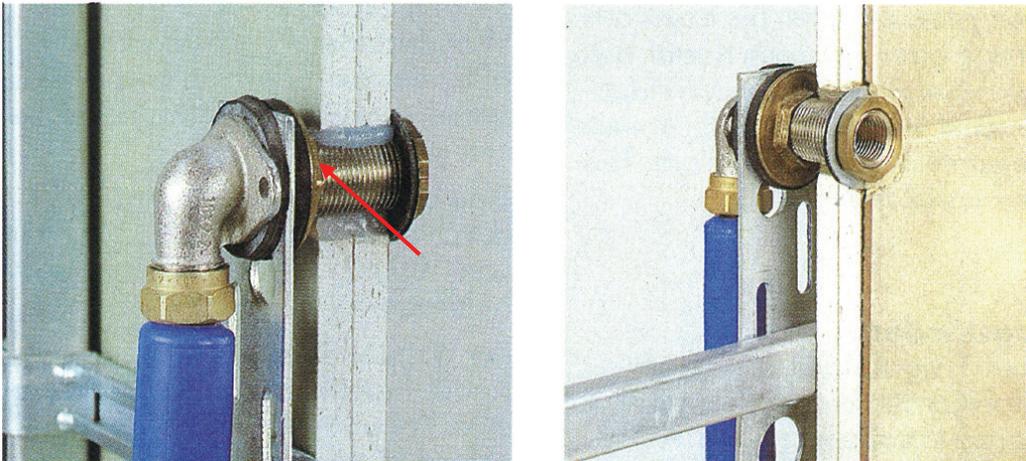


Abbildung 69: Abdichtung der Fuge zwischen wasserführendem Rohr und Beplankung oder Rohr und Fliese mit Sanitär-Silikon Quelle: Knauf

8.9 Durchdringungen

Werden raumabschließende Bauteile von Leitungen, Rohren und dergleichen durchdrungen, so sind diese Durchdringungen brandschutztechnisch abzuschotten. Die Abschottung muss denselben Feuerwiderstand wie der Bauteil selbst erfüllen. Da entsprechend der OIB Richtlinie 6 die Luftdichtheit auch innerhalb der Wohneinheiten gefordert ist, ist bei den Schächten und Durchdringungen durch die Schachtwände die Luftdichtheit zu berücksichtigen.

8.9.1 Vertikale Verteilung

Zur vertikalen Verteilung der Installationen über die einzelnen Nutzungseinheiten bzw. Brandabschnitte werden Schächte verwendet. Hinsichtlich der Lage der Abschottungsmaßnahmen der Durchdringungen wird in Schachttyp A und Schachttyp B unterschieden.

8.9.1.1 Schachttyp A

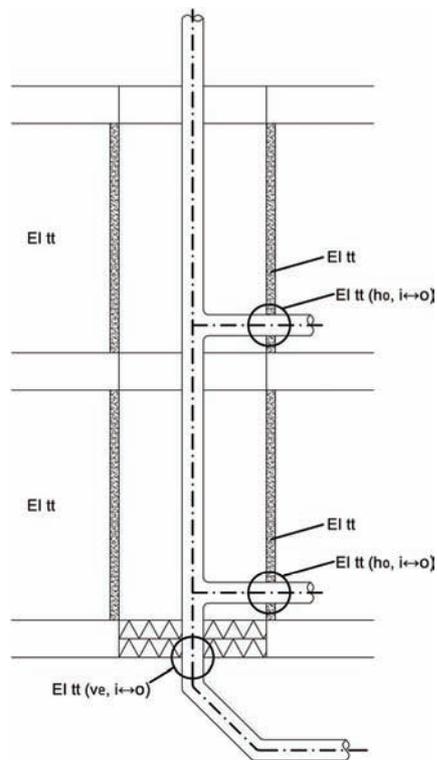


Abbildung 70: Prinzipskizze des Schachttyps A, Quelle: [Installationen-Richtlinie MA 37]

Bei Schachttyp A werden die Anforderungen an den Feuerwiderstand an die Schachtwände und deren Durchdringungen gestellt. Die Anforderungen gelten sowohl von außen nach innen als auch von innen nach außen, da es, z.B. im Falle von Revisionsarbeiten, zu einem Brand im Schacht kommen könnte.

Der Schacht ist horizontal zwischen dem ersten oberirdischen Geschöß und dem Kellergeschoß sowie dem obersten Geschöß und dem nicht ausgebauten Dachgeschoß abzuschotten. Als Schachtwände werden in der Regel Gipsständerkonstruktionen eingesetzt. Diese müssen entsprechend den Anforderungen klassifiziert und ausgeführt sein, ebenso die eingesetzten Abschottungssysteme der Durchdringungen durch die Schachtwand. Abschottungssysteme für wasser- und luftführende Rohre bzw. Elektroleitungen können den Abschnitten 8.9.3.1 bis 8.9.3.4 entnommen werden. Für die Revisionsöffnungen liegen ebenfalls geprüfte und klassifizierte Revisionsklappen der Hersteller vor.

Schächte werden häufig in Ecken bzw. an Innenwänden errichtet. Die schachttumschließenden Wände können dabei auch in Holzbauweise errichtet werden, wobei diese schachtinnenseitig mit einer nicht brennbaren Bekleidung versehen werden und die Anforderungen an den Feuerwiderstand der Schachtwand erfüllen müssen.

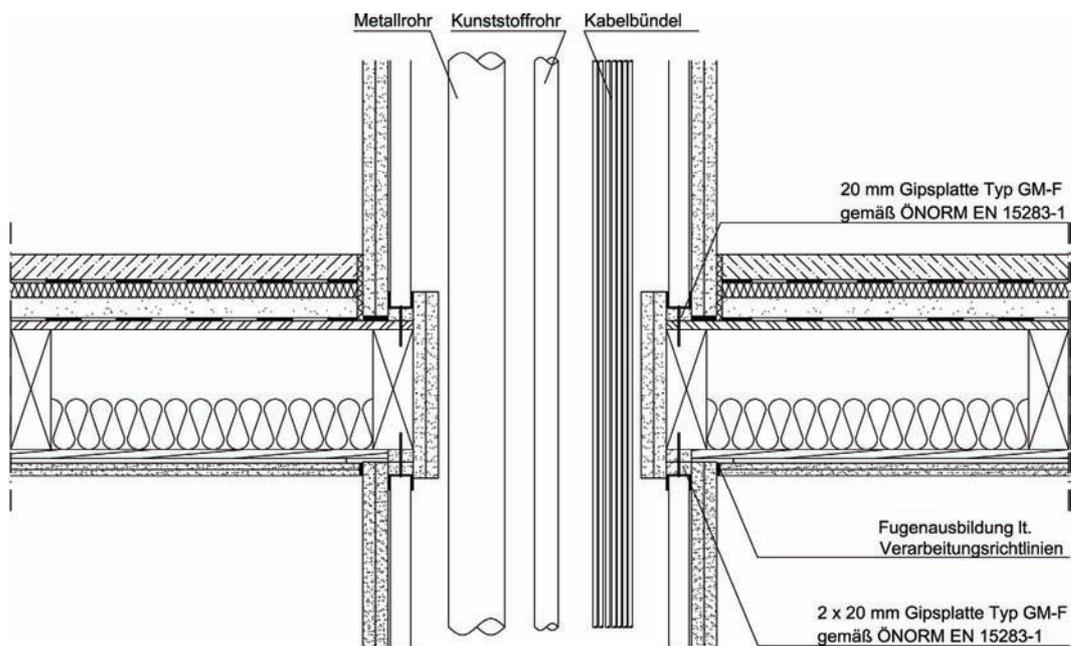


Abbildung 71: Beispielhafte Ausbildung einer Durchdringung eines Schachttyps A bei einer Holzrahmendecke

Die Leibung der Deckenöffnung ist nicht brennbar zu bekleiden, wobei für 60 Minuten Feuerwiderstand mindestens 2 x 12,5 mm GKF-Platten zu verwenden sind. Es ist sicherzustellen, dass die Gipsleibungsverkleidung vollflächig am Holz aufliegt. Andernfalls sind die Holzoberfläche und die Fuge zwischen Gips und Holz mit einem intumeszierenden Produkt zu beschichten. Intumeszierende Produkte bewirken bei thermischer Beanspruchung durch Aufschäumen den Verschluss von Restöffnungen und verhindern damit den Durchtritt von Rauch und toxischen Gasen.

Sollten die Ecken der Öffnung produktionsbedingt nicht scharfkantig ausgeführt sein, so sind die Kanten der Gipsplatten anzupassen und die Fuge ist ebenfalls zu beschichten. Im Anschlussbereich der geprüften und klassifizierten Schachtwand an die Holzelemente sind zwei 50 mm breite und 20 mm dicke Streifen einer Gipsplatte Typ GM-F nach [ÖNORM EN 15283-1] schachttinnenseitig an der Holzdecke zu befestigen.

8.9.1.2 Schachttyp B

Bei diesem Typ werden an die Schachtwände keine Brandanforderungen gestellt. Der Schacht wird geschoßweise entsprechend den Anforderungen an den Feuerwiderstand der Decke horizontal abgeschottet. Als Abschottungssysteme können Weich- oder Hartschotts in Kombination mit Brandrohrmanschetten, Strangisolierungen und dergleichen mehr eingesetzt werden.

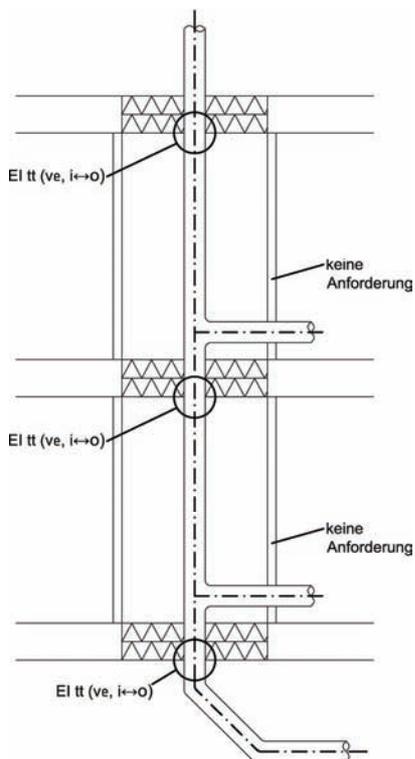


Abbildung 72: Prinzipskizze für Schachttyp B, Quelle: [Installationen-Richtlinie MA 37]

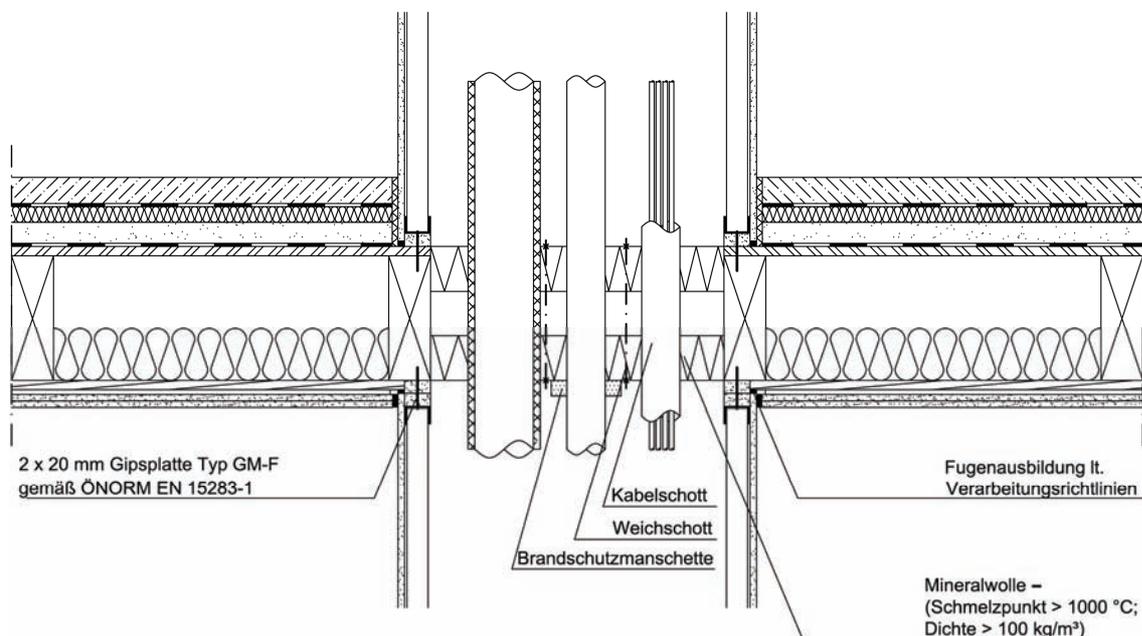


Abbildung 73: Beispielhafte Ausbildung einer horizontalen Abschottung im Bereich einer Holzrahmendecke (Schachttyp B)

An der Deckenunterseite sind zwei 50 mm breite und 20 mm dicke Streifen einer Gipsplatte Typ GM-F gemäß [ÖNORM EN 15283-1] schachttinnenseitig an der Holzdecke zu befestigen, siehe Abbildung 73. Die Deckenleibung muss im Bereich der Abschottung nicht verkleidet werden. Im Schacht freiliegende Holzoberflächen sind nicht brennbar zu verkleiden.

Bei Schächten des Typs B werden keine Brandschutzanforderungen an die Schachtwände gestellt, wodurch diese auch einlagig ausgeführt werden können. Zur Erfüllung der Schallschutzanforderung wird empfohlen, diese mehrlagig auszuführen bzw. die Schächte auszudämmen.

8.9.1.3 Konstruktive Regeln

- Exakte, frühzeitige Planung der Schächte

Die haustechnischen Leitungen und Rohre sowie deren Verlegung sind in einem frühen Stadium der Planung zu berücksichtigen. Dies betrifft im generellen auch die Größe der benötigten Schächte. Nachträgliche Umplanungen vor Ort erhöhen die Baukosten und verringern die Ausführungsqualität.



Abbildung 74: Aufgrund einer nachträglichen Vergrößerung des Schachtes ist schachttinnenseitig keine nicht brennbare Bekleidung des hölzernen Unterzuges möglich.

- keine vollflächige Verkleidung der Deckenöffnungen

Die Leibungsverkleidung der Öffnung im Bereich von Durchdringungen muss vollflächig angebracht werden. Sollte dies nicht der Fall sein, ist die Fuge mit intumeszierenden Anstrichen zu versehen. Bei Einsatz eines Weichschotts ist die Verkleidung der Leibung nicht erforderlich und kann bei nicht vollflächigem Einbau kontraproduktiv sein.



Abbildung 75: Nicht vollflächiger und vollflächiger Einbau der Leibungsverkleidung

- Entkoppelung der Leitungsbefestigungen



Abbildung 76: Schallschutztechnische Entkoppelung der Rohre

Schachtausführung:

- An Schächte und deren Durchdringungen werden Anforderungen hinsichtlich des Brand- und Schallschutzes und der Luftdichtheit gestellt.
- Die Schachtgrößen sind frühzeitig, insbesondere auch in Bezug auf die Belegungsdichte, zu planen.
- Die Schächte sind innenseitig nicht brennbar zu bekleiden.
- Schachtbegrenzende Wände müssen von beiden Seiten denselben Feuerwiderstand aufweisen, welcher von der Schachtwand gefordert ist.
- Leitungen und Rohre sind schalltechnisch zu entkoppeln.
- Im Anschlussbereich zwischen Holzdecke und Schachtbekleidung sind 50 mm breiten und 20 mm dicken Streifen aus Gipsplatten Typ GM-F zu befestigen, siehe Abbildung 71 bzw. Abbildung 73.
- Schachttyp A:
Der Deckenausschnitt ist nicht brennbar bei einem Feuerwiderstand von 60 Minuten mit mindestens 2 x 12,5 mm GKF zu bekleiden. Die Leibungsverkleidungen sind vollflächig anzubringen.
- Schachttyp B:
Es sind im Deckenbereich Weich- oder Hartschotts (klassifizierte Systeme) einzubauen. Bei Weichschotts ist keine Leibungsverkleidung erforderlich – sofern kein Holz sichtbar ist. Die Belegungsdichten der Klassifizierungsberichte sind einzuhalten. Aus Schallschutzgründen wird empfohlen, die Schächte trotzdem mehrlagig zu beplanken bzw. auszudämmen.

8.9.2 Horizontale Verteilung

Die horizontale Verteilung der Installationen in den geschößweisen Brandabschnitten darf nicht innerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bauteilquerschnitte erfolgen.

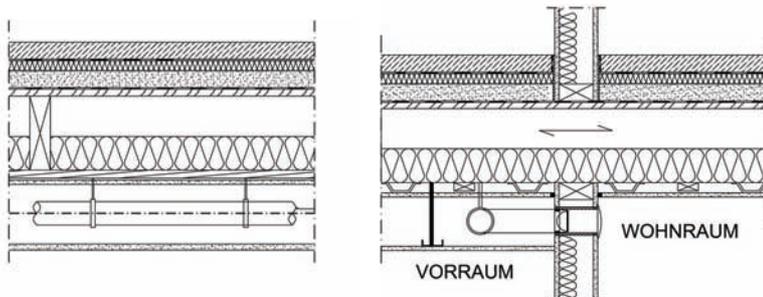


Abbildung 77: Vertikale Verteilung von Lüftungsleitungen

Die Verteilung hat in entsprechenden Installationsebenen wie abgehängten Decken, Vorwandkonstruktionen oder Fußbodenaufbauten zu erfolgen. Durchdringungen durch brandabschnittsbildende Bauteile sind abzuschotten.

8.9.3 Abschottungssysteme durch Brandabschnitte

Werden Rohre und/oder Leitungen durch brandabschnittsbildende Bauteile bzw. Trennbauteile geführt, so müssen die Durchdringungen denselben Feuerwiderstand aufweisen wie die Bauteile. Abbildung 78 zeigt einen Überblick über Abschottungssysteme in Bezug auf die Verwendbarkeit. Werden mehrere Leitungen bzw. Rohre in einem Schacht geführt, so werden häufig zur geschößweisen Abtrennung Weich- oder Hartschotts in Kombination mit beispielsweise Brandrohrmanschetten oder Streckenisolierungen eingesetzt. Die maximal zulässige Belegungsichte - Fläche der Durchdringungen zur Fläche des Schotts - ist einzuhalten. Eine durchschnittliche Belegungsichte liegt bei ca. 60 %. Details sind den Klassifizierungsberichten und den technischen Informationen der Anbieter zu entnehmen.

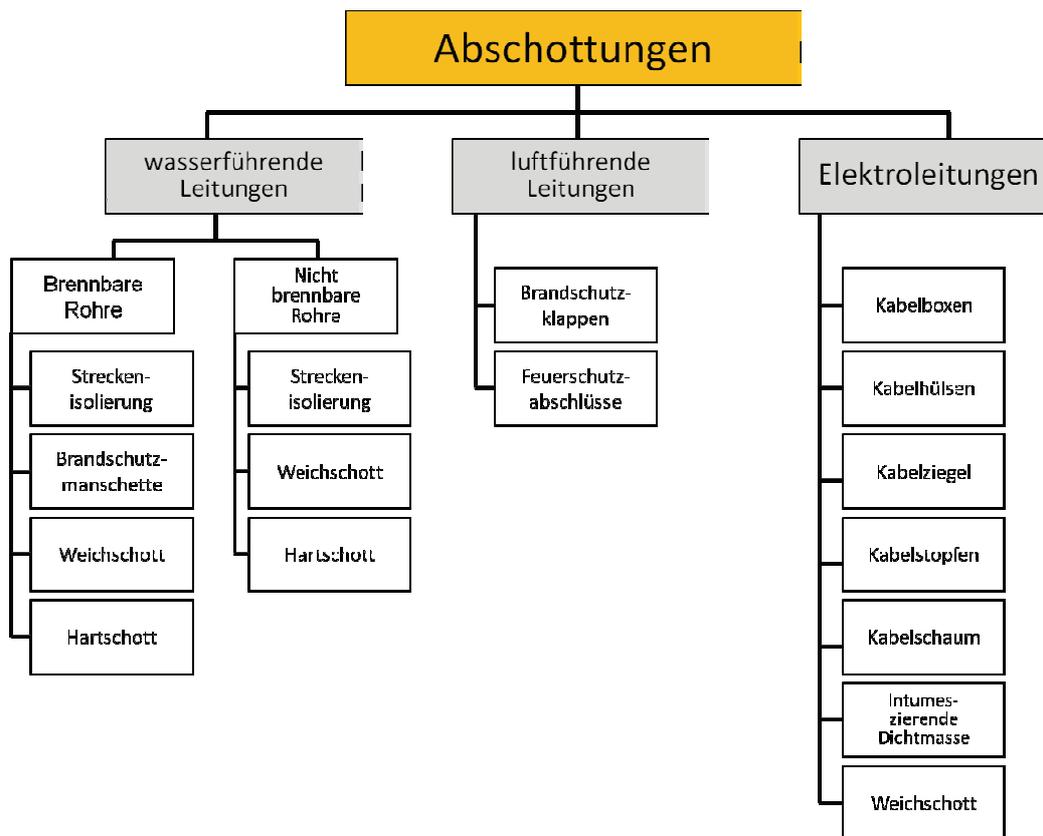


Abbildung 78: Übersicht der Abschottungssysteme für wasser- und luftführende Leitungen sowie Elektroleitungen

8.9.3.1 Hart- und Weichschotts

Für Weichschotts werden beschichtete Mineralfaserplatten mit einer Mindestrohdichte von 150 kg/m^3 und einem Schmelzpunkt $\geq 1000 \text{ °C}$ eingesetzt. Es werden mindestens $2 \times 50 \text{ mm}$ dicke Platten für EI 90 und für EI 60 eine mindestens 60 mm dicke Platte verwendet. Die Oberfläche der Platten und die Fugen zwischen den Platten sowie die Anschlüsse werden mit intumeszierenden oder ablativen Anstrichen beschichtet. Ein wesentlicher Vorteil von Weichschotts ist, dass ein nachträglicher Einbau von Leitungen oder Rohren in Abhängigkeit der zulässigen Belegungsichte im Vergleich zu Hartschotts relativ einfach ausgeführt werden kann.

Als Hartabschottungen werden in der Regel Gips- bzw. Zementmörtel verstanden. Zur Sicherstellung der dauerhaften Verbindung zwischen Bauteil und Hartschott werden häufig Bewehrungsseisen bzw. Gewindestangen verwendet.

Die Prüfung der Hart- bzw. Weichschotts erfolgt nach [ÖNORM EN 1366-3] und die Klassifizierung nach [ÖNORM EN 13501-2]. Spezifische Zusatzprüfungen wie z.B. Nachweise des bewerteten Schalldämm-Maßes und der Luftdichtheit können von den Herstellern direkt angefordert werden.

Der Einbau von Weichschotts ist mit oder ohne Leibungsverkleidung der Holzelemente möglich. Es ist sicherzustellen, dass bei Ausführung einer Gipsleibungsverkleidung diese

vollflächig am Holz aufliegt. Andernfalls sind die Holzoberfläche und die Fuge zwischen Gips und Holz ebenfalls zu beschichten. Sollten die Ecken der Öffnung produktionsbedingt nicht scharfkantig ausgeführt sein, so sind die Kanten der Gipsplatten anzupassen und die Fuge ist zu beschichten. Die Leibung (Gips oder Holzoberfläche) und die seitlichen Ränder der Mineralfaserplatte sind mit einer intumeszierenden oder ablativen Beschichtung zu versehen. Einbaudetails und konstruktive Empfehlungen können [Teibinger & Matzinger, 2012] entnommen werden.

Einbau eines Weichschotts:

- Die Leibung ist mit intumeszierenden oder ablativen Beschichtungen nach Herstellerangaben zu versehen.
- Falls eine Gipsbekleidung in der Leibung eingesetzt wird, ist diese vollflächig anzubringen.
- Es sind klassifizierte Systeme zu verwenden.
- Weichschott:
EI 60 mindestens 1 x 60 mm; EI 90 mindestens 2 x 50 mm
Die Herstellerangaben bzw. Nachweise sind zu berücksichtigen.
- Oberflächen, Fugen zwischen den Platten und Anschlüsse sind mit intumeszierenden oder ablativen Systemen zu beschichten.
- Die maximal zulässigen Belegungsdichten der Klassifizierungsberichte sind einzuhalten.
- Durchdringungen sind abzuschotten, wobei bei brennbaren Rohren Brandrohrmanschetten und bei nicht brennbaren Streckenisolierungen verwendet werden.

8.9.3.2 Abschottungssysteme für wasserführende Rohre sowie Sanitär- und Heizungsleitungen

Hinsichtlich der Abschottung von Rohrsystemen ist zwischen brennbaren und nicht brennbaren Rohren zu unterscheiden.

- Abschottungssysteme bei nicht brennbaren Rohren

Bei nicht brennbaren Rohren ist im Bereich der Durchdringungen durch Hart- oder Weichschotts eine geprüfte und klassifizierte Streckenisolierung entsprechend der technischen Datenblätter zu verwenden. Allfällige Ringspalte sind, wie bei den Durchdringungen, mit brennbaren Rohren abzudichten.

- Abschottungen bei brennbaren Rohren

Bei brennbaren Rohren können Brandschutzmanschetten zur Abschottung verwendet werden. Diese bestehen aus einem Stahlmantel, welcher mit intumeszierendem Material ausgefüllt ist. Im Brandfall schäumt bei ca. 170 °C bis 180 °C das intumeszierende Material auf, drückt das brennbare Rohr ab und verschließt die Öffnung. Während bei Wandbauteilen beidseitig eine Brandrohrmanschette zu montieren ist, reicht es bei Decken aus, an der Unterseite eine einzusetzen.

Bei einer direkten Durchdringung durch eine Holzrahmenbauwand wird empfohlen, in diesem Bereich einen Brettsperrholzabschnitt einzubauen, in welchem die Bohrung durchgeführt wird. Die Öffnung ist nach der Verlegung des Rohres mit Steinwolle (Schmelzpunkt ≥ 1000 °C und Rohdichte ≥ 40 kg/m³) abzudichten, wobei die Mineralfaserdämmung auf ca. 100 kg/m³ zu verdichten ist. Der äußere Abschluss ist auf ca. 15 mm Tiefe in der Konstruktion mit einer intumeszierenden Brandschutzmasse zu füllen. Die Brandrohrmanschetten werden bei Weichschotts mit durchgehenden Gewindestangen befestigt, siehe Abbildung 79.

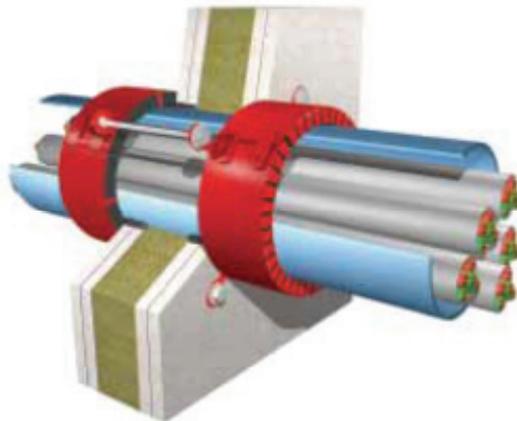


Abbildung 79: Befestigung einer Brandrohrmanschette im Weichschott nur mit durchgehender Befestigung zulässig, siehe rechtes Bild, Quelle: bip

Abschottung wasserführender Rohre, Sanitär- und Heizungsleitungen:

- Brennbare Rohre, welche durch brandabschnittsbildende Bauteile geführt werden, sind mit Brandrohrmanschetten abzuschotten. Bei Wänden ist an jeder Seite eine Brandrohrmanschette erforderlich. Bei Decken reicht eine Brandrohrmanschette an der Unterseite aus.
- Beim Einbau von Brandrohrmanschetten in Holzrahmenbauteilen wird die Verwendung einer Brettsperrholzplatte im Bereich der Durchdringung empfohlen. Die Öffnung zwischen Holz und Rohr ist mit Steinwolle (Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$ und Rohdichte $\geq 40\text{ kg/m}^3$) auszustopfen. Die Steinwolle ist zu verdichten und die Fuge mit einer intumeszierenden Brandschutzmasse 15 mm tief zu füllen. Die Brandrohrmanschette ist direkt in der Holzkonstruktion zu befestigen, wobei die Befestigungsmittellänge den maximalen Abbrand um mindestens 10 mm übersteigen muss.
- Bei einem Einbau in einem Weichschott sind zur Befestigung durchgehende Gewindestangen zu verwenden.
- Bei Vorsatzschalen ($\leq 50\text{ mm}$) ist die Brandrohrmanschette auf der Vorsatzschale zu montieren und in die Rohwand zu befestigen. Bei dickeren Vorsatzschalungen sind Speziallösungen der Produzenten entsprechend deren Prüfungen erforderlich.
- Mehrfachbelegungen oder Sonderanwendungen von Brandrohrmanschetten mit brennbaren und nicht brennbaren Rohren sind in Abhängigkeit der Produkte und deren Nachweisen möglich.
- Nicht brennbare Rohre bzw. Leitungen, welche brandabschnittsbildende Bauteile durchdringen sind mit Streckenisolierungen abzuschotten. Hierzu wird z.B. Aluminium kaschierte Steinwollendämmung (Schmelzpunkt $\geq 1000\text{ °C}$) verwendet.

8.9.3.3 Abschottungssysteme von Lüftungsleitungen

Durchdringen Lüftungsleitungen brandabschnittsbildende Bauteile, so sind Brandschutzklappen und Feuerschutzabschlüsse einzubauen.

Tabelle 32: Anwendung von Brandschutzklappen, Feuerschutzabschlüssen mit bzw. ohne mechanischem Verschlusselement

	Anwendung	Normen
Brandschutzklappe	Lüftungsleitungen, die Brandabschnitte durchdringen	ÖNORM H 5031
Feuerschutzabschlüsse ohne mechanischem Verschlusselement (FLI)	bei lufttechnischen Anlagen zur Entlüftung mehrerer übereinanderliegender Wohnräume und Räume mit wohnraumähnlicher Nutzung; Einbau nur horizontal	ÖNORM H 6027
Feuerschutzabschlüsse mit mechanischem Verschlusselement (FLI-VE)	bei lufttechnischen Anlagen zur Be- und Entlüftung von Wohnräumen, Küchen, Räume mit wohnraumähnlicher Nutzung und Nassräumen; Einbau horizontal und vertikal	ÖNORM H 6027

Während bei Lüftungsklappen die Lage der Stellung des Verschlusselementes von außen ersichtlich ist, ist bei Feuerschutzabschlüssen auf Basis intumeszierender Materialien eine Beurteilung der Stellung des Verschlusselementes von außen nicht möglich.

Bei einem direkten Einbau durch Holzrahmenelemente empfiehlt es sich eine Massivholzplatte mit einer runden Bohrung einzubauen. Der Ringspalt zwischen Holz und Rohr (z.B. Wickelfalzrohr) ist mit Mineralwolle (Schmelzpunkt ≥ 1000 °C und Rohdichte ≥ 40 kg/m³) abzudichten, wobei die Mineralfaserdämmung auf ca. 100 kg/m³ zu verdichten ist. Der äußere Abschluss ist auf ca. 15 mm Tiefe in der Konstruktion mit einer intumeszierenden Brandschutzmasse zu füllen. Die Mindestverankerungslänge der Befestigungsmittel im unverbrannten Holz muss nach der geforderten Feuerwiderstandsdauer noch 10 mm betragen. Es kann auch eine Holzrahmenkonstruktion als Leibungsabschluss verwendet werden. In diesem Fall sind die Öffnungen analog mit verdichteter Steinwolle auszdämmen, die Fuge mit intumeszierender Brandschutzmasse 15 mm tief zu füllen und die Befestigung in der Holzrahmenkonstruktion durchzuführen.

- Brandschutzklappen

Brandschutzklappen und Feuerschutzabschlüsse weisen eine temperaturabhängige Auslösevorrichtung auf. Zusätzlich wird empfohlen, eine rauchabhängige, ferngesteuerte Auslösung zu integrieren. Nach einer temperaturabhängigen Auslösung, welche bei 70 °C bis 75 °C liegt, darf auf keinen Fall eine ferngesteuerte Öffnung der Klappe möglich sein.

In nichttragende Bauteile dürfen Brandschutzklappen nur in Kombination mit Dehnungskompensationsmaßnahmen eingesetzt werden, welche sicherstellen, dass sich durch Wärmedehnung oder Herabfallen von Rohrleitungen die Lage der Brandschutzklappe nicht verändert. Details können [ÖNORM H 6031] entnommen werden.

- Feuerschutzabschlüsse

Neben den Lüftungsklappen werden in Österreich, in Abhängigkeit des zulässigen Einsatzbereiches bei Lüftungsleitungen, auch Feuerschutzabschlüsse auf Basis intumeszierender Materialien mit und ohne mechanische Verschlusselemente eingesetzt. Diese dürfen nur bis zu einer maximalen Nennweite von 160 mm in Lüftungsleitungen verwendet werden. Feuerschutzabschlüsse ohne mechanischem Verschlusselement (FLI) dürfen ausschließlich horizontal in lufttechnischen Anlagen zur Entlüftung mehrerer übereinanderliegender Wohnräume und in Räume mit wohnraumähnlicher Nutzung eingebaut werden. Feuerschutzabschlüsse mit mechanischem Verschlusselement (FLI-VE) können horizontal und vertikal in lufttechnischen Anlagen zur Be- und Entlüftung von Wohnräumen, Küchen, Räumen mit wohnraumähnlicher Nutzung oder Nassräumen eingesetzt werden. Bei Feuerschutzabschlüssen sind für die Anwendungsfälle nach [ÖNORM H 6027] keine regelmäßigen Kontrollprüfungen erforderlich.

Die intumeszierenden Materialien weisen eine Reaktionstemperatur von ca. 150 °C bis 170 °C auf. Aus diesem Grund ist eine Kombination mit Kaltrauchsperrern empfehlenswert. Die Reaktionstemperatur der Verschlusselemente liegt bei 70 °C bis 75 °C.

Beim Einbau von Feuerschutzabschlüssen auf Basis intumeszierender Materialien in nicht tragenden Wänden (z.B. Schachtwänden) sind elastische Verbindungselemente aus brennbaren Rohren erforderlich, welche im Brandfall eine Trennung der Lüftungsleitung vom Feuerschutzabschluss sicherstellen sollen. Dieser Verbindungsteil muss entsprechend [ÖNORM H 6027] eine Länge von 1 % der angeschlossenen Leitungslänge, mindestens aber 80 mm aufweisen. Details können [ÖNORM H 6027] entnommen werden.

Abschottung von Lüftungsleitungen:

- Der Einsatz von Feuerschutzabschlüssen auf Basis intumeszierender Materialien ohne mechanischem Verschlusselement (FLI) ist ausschließlich horizontal in lufttechnischen Anlagen (max. Nennweite: 160 mm) zur Entlüftung mehrerer übereinanderliegender Wohnung zulässig.
- Der Einsatz von Feuerschutzabschlüssen auf Basis intumeszierender Materialien mit mechanischem Verschlusselement (FLI-VE) ist ausschließlich horizontal und vertikal in lufttechnischen Anlagen (max. Nennweite: 160 mm) zur Be- und Entlüftung von Wohnräumen, Küchen, Nassräumen zulässig.
- Zum Einbau in Holzrahmenbauteilen ist eine Holzkonstruktion als Leibungsverkleidung einzubauen. Die Öffnung zwischen Holzleibung und Rohr ist mit Steinwolle (Schmelzpunkt ≥ 1000 °C und Rohdichte ≥ 40 kg/m³) auszustopfen. Die Steinwolle ist zu verdichten und die Fuge mit einer intumeszierenden Brandschutzmasse 15 mm tief zu füllen. Die Befestigung ist direkt in der Holzkonstruktion anzuordnen, wobei die Befestigungsmittellänge den maximalen Abbrand um mindestens 10 mm übersteigen muss.
- Alternativ dazu kann auch eine Massivholzplatte mit einer runden Bohrung für die Durchdringung eingesetzt werden. Der Ringspalt von 10 mm ist analog mit verdichteter Steinwolle auszudämmen und die Fuge mit intumeszierender Brandschutzmasse zu füllen.
- Bei nichttragenden Bauteilen sind Dehnungskompensationsmaßnahmen erforderlich.
- Details zum Einbau von Feuerschutzabschlüssen können ÖNORM H 6027 und zum Einbau von Brandschutzklappen ÖNORM H 6031 entnommen werden.

8.9.3.4 Abschottungssysteme für Elektroleitungen

Zu den elektrischen Leitungen werden neben den Stromkabeln auch Kommunikationsleitungen und EDV-Leitungen gezählt. Ihre Abschottung kann mittels Brandschutzkissen, Brandschutzschäumen, Brandschutzsteinen mit Brandschutzfüllmassen, Brandschutzmörteln, Brandschutzbeschichtungen der Kabel, intumeszierender Brandschutzmasse oder dgl. erfolgen.

Abschottungssysteme für Elektroleitungen:

- Zur Abschottung sind klassifizierte Systeme zu verwenden und die maximale Belegungsdichte der Nachweise ist einzuhalten.
- ⊖ Bei brandabschnittsbildenden Wänden sind Elektroinstallationen in gedämmten Vorwandkonstruktionen zu führen.

8.10 Vorgehängte Fassaden

8.10.1 Wärme- und Feuchteschutz

Vorgehängte Fassaden können in Abhängigkeit der s_d -Werte der Beschichtung und der Innenbekleidung aus bauphysikalischer Sicht auch belüftet und nicht hinterlüftet ausgeführt werden. Nicht hinterlüftete Fassaden mit einer Luftschicht werden nur empfohlen, wenn die Fassade nicht beschichtet wird. Details können [ÖNORM B 8115-2] sowie [Guttmann und Schober 2010] entnommen werden.

Tabelle 33: Bewertungsmatrix der bauphysikalischen Eignung von Holzfassaden bei Holzaußenwänden [Quelle: Schober et al., 2010]

Bauweise	Fassadenkonstruktion	Fassadenart								
		Brett-Fassade z. B. Deckel- oder Stülp- schalung			Profilholz- Fassade z. B. Nut- u. Feder- schalung			Platten- Fassade z. B. 3-S Platte Sperrholz		
		Beschichtung								
	ohne	$s_d \leq 1$ m	$s_d > 1$ m	ohne	$s_d \leq 1$ m	$s_d > 1$ m	ohne	$s_d \leq 1$ m	$s_d > 1$ m	
allg. Holzbauweise $s_d \leq 1$ m innen und/oder nicht allseitig luftdicht	hinterlüftet	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	belüftet	o	o	o	-	-	-	-	-	-
	nicht hinterlüftet mit LS*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	nicht hinterlüftet ohne LS*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holzrahmenbau & Holzmassivbau $s_d \geq 1$ m innen und allseitig luftdicht	hinterlüftet	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	belüftet	+	+	+	+	+	+	+	+	o
	nicht hinterlüftet mit LS*	+	+	o	+	o	-	+	o	-
	nicht hinterlüftet ohne LS*	o	-	-	-	-	-	-	-	-

* LS = Luftschicht

+ empfohlen o möglich, jedoch im Einzelfall zu bewerten - kritisch

Tabelle 34: Empfehlungen zur Ausführung von Holzfassaden bei Holzaußenwänden [Quelle: Schober et al, 2010]

Bauweise	Empfehlung
Holzbauweise mit niedrigem s_d -Wert innen $\leq 1,0$ m und/oder nicht allseits strömungsdichten (luftdichten) Anschlüssen	Holzfassade mit hinterlüftetem Luftspalt ≥ 3 cm
Holzrahmenbauweise mit s_d -Wert $\geq 1,0$ m innen und allseits strömungsdichten (luftdichten) Anschlüssen	Holzfassade mit hinterlüftetem oder belüftetem Luftspalt mind. 1 cm (garantiert); baupraktisch ≥ 2 cm empfohlen. Nicht hinterlüftete Fassaden mit einer geschlossenen Luftschicht zwischen Fassade und Dämmstoff oder Wandbildner möglich, wenn keine oder zumindest diffusionsoffene Beschichtungen Verwendung finden. Entwässerungsmöglichkeit nach unten erforderlich.
Holzmassivbauweise mit s_d -Wert $\geq 1,0$ m innen und flächiger strömungsdichter (luftdichter) Holzmassivbauweise (z.B. Brettsper Holz) alle Anschlüsse und Durchbrüche strömungsdicht verklebt	Holzfassade mit hinterlüftetem oder belüftetem Luftspalt mind. 1 cm (garantiert); baupraktisch ≥ 2 cm empfohlen. Nicht hinterlüftete Fassaden mit einer geschlossenen Luftschicht zwischen Fassade und Dämmstoff oder Wandbildner möglich, wenn keine oder zumindest diffusionsoffene Beschichtungen Verwendung finden. Entwässerungsmöglichkeit nach unten erforderlich.

8.10.2 Brandschutz

Um die Brandweiterleitung von hinterlüfteten, belüfteten oder nicht hinterlüfteten Fassaden zu verhindern, sind ab viergeschoßigen Gebäuden durchgehend geschößweise über die gesamte Fassadenbreite Brandschutzabschottungen auszuführen. Ihre Position kann frei gewählt werden, eine Anordnung im Bereich der Geschößdecken ist jedoch am sinnvollsten.

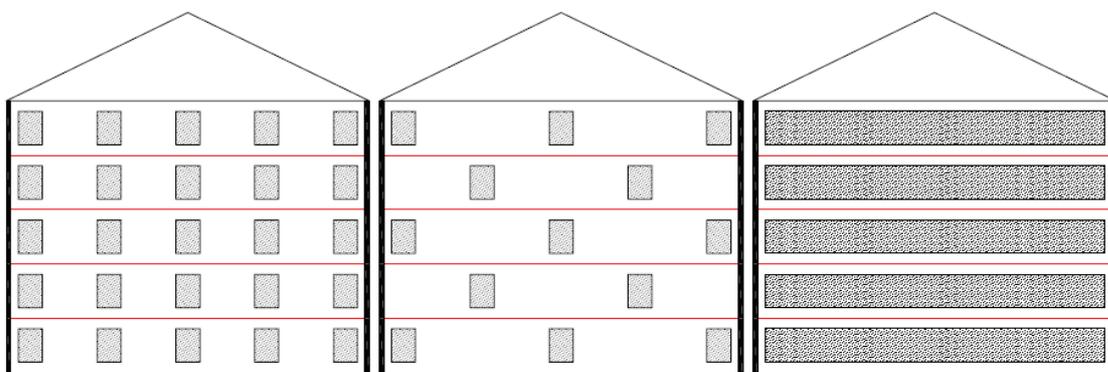


Abbildung 80: Beispiel der Anordnungen von Brandschutzabschottungen bei Lochfassaden oder Fensterbändern

Fassaden bei Gebäuden mit mehr als drei Geschoßen benötigen einen positiven Nachweis nach ÖNORM B 3800-5.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden Untersuchungen an Holzfassaden mit variierenden Materialien, Hinterlüftungsquerschnitten, Oberflächenbehandlungen und Ausführungsdetails der horizontalen Brandsperren durchgeführt [Schober und Matzinger 2006]. Die Ergebnisse der Untersuchungen bildeten die Basis für genormte Konstruktionen ohne weitere Nachweise der [ÖNORM B 2332]. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird in Tabelle 35 aufgelistet.

Tabelle 35: Zusammenstellung der positiv untersuchten Fassadenausführungen, Quelle: [Schober und Matzinger 2006]

Konstruktion Wand	Unterkonstruktion Fassade			Fassade		
	Hinterlüftung	Belüftung	Dämmung	Fassade / Holzart	Ausrichtung	Beschichtung
Holzrahmenwand	30 mm	30 mm	mit /ohne 30 mm mineralischer Dämmung	NF-Schalung Fichte / Lärche	horizontal / vertikal	mit / ohne Oberflächen- beschichtung
	30 mm mit 30 mm Konterlattung					
	100 mm					
	100 mm mit 30 mm Konterlattung					
Holzmassivwand	30 mm	30 mm	mit /ohne 30 mm mineralischer Dämmung	Dreischichtplatte Fichte / Lärche	horizontal / vertikal	mit / ohne Oberflächen- beschichtung
	30 mm mit 30 mm Konterlattung					
	100 mm					
	100 mm mit 30 mm Konterlattung					

Brandschutzsperrn

Zur Erfüllung der Schutzziele sind bei hinterlüfteten Fassaden Brandschutzsperrn erforderlich. Diese verschließen einerseits die Hinterlüftung und verhindern eine Brandweiterleitung über den sogenannten „Kamineffekt“ in der Hinterlüftungsebene. Andererseits leiten sie bei brennbaren Fassaden die Flammen von der Fassade weg.

Tabelle 36: Ausführung der Brandschutzsperrern [Quelle: Schober & Matzinger, 2006]

Nr.	Material	Konstruktion	Kommentare
1	nicht brennbar (mind. A1)	Auskragung ≥ 200 mm Stahlblechdicke $\geq 1,0$ mm, kein Aluminium Befestigungsmittel Stahl, $e \geq 400$ mm; Längsstöße müssen die Funktion der Brandschutzmaßnahme sicherstellen.	
2	Holz (mind. D) nicht brennbar abgedeckt	Auskragung ≥ 200 mm Holzdicke ≥ 20 mm Stahlblechdicke $\geq 0,5$ mm Befestigungsmittel Stahl, $e \geq 625$ mm; Längsstöße müssen die Funktion der Brandschutzmaßnahme sicherstellen.	Für alle horizontalen und vertikalen Holzfassaden sofern die Leisten $\geq 20 / 70$ mm und die Fugen ≤ 10 mm
3	Dreischichtplatte (mind. D) ≥ 40 mm	Auskragung ≥ 200 mm Befestigungsmittel Stahl, $e \geq 625$ mm; Längsstöße müssen die Funktion der Brandschutzmaßnahme sicherstellen.	
4	nicht brennbar (mind. A1)	Auskragung ≥ 100 mm Stahlblechdicke $\geq 1,0$ mm, kein Aluminium Befestigungsmittel aus Stahl, $e \geq 400$ mm; Längsstöße müssen die Funktion der Brandschutzmaßnahme sicherstellen.	Holzfassade (Bretter oder Platten) ohne Fugen
5	Holz (mind. D) nicht brennbar abgedeckt	Auskragung ≥ 100 mm Holzdicke ≥ 20 mm Stahlblechdicke $\geq 0,5$ mm Befestigungsmittel Stahl, $e \geq 625$ mm; Längsstöße müssen die Funktion der Brandschutzmaßnahme sicherstellen.	

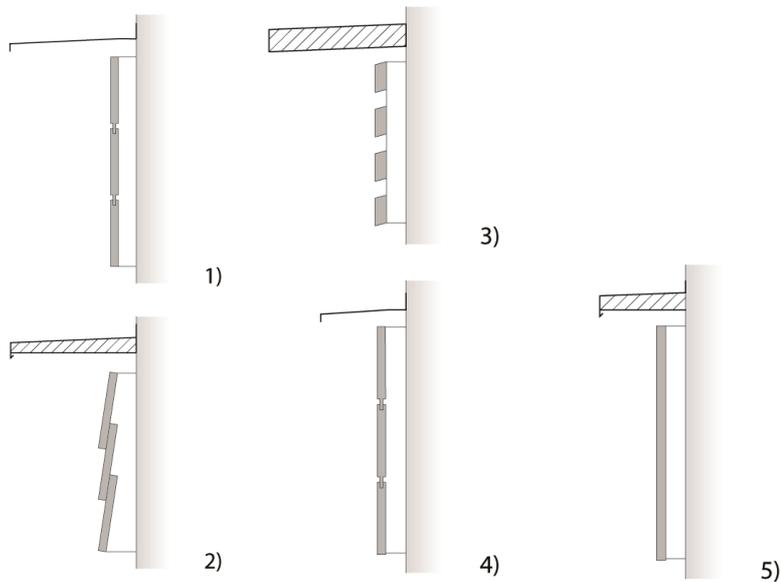


Abbildung 81: Ausbildung der Brandschotts (Nummern entsprechen der Tabelle 36)

Im Bereich von Gebäudeinnenecken sind zusätzliche konstruktive Maßnahmen erforderlich, da die Flammenhöhe größer ist. Basierend auf den durchgeführten Untersuchungen wurden die nachfolgenden Lösungen erarbeitet, um die Schutzziele zu erfüllen.

- Brandschutzsperrn für alle Holzfassaden:

Alle Arten von Holzfassaden mit oder ohne Fenster im Bereich der Innenecke erfüllen die Anforderungen, wenn als Brandsperrn ein mindestens 1 mm dickes Metallblech mit einer Auskrägung von mindestens 200 mm verwendet wird.

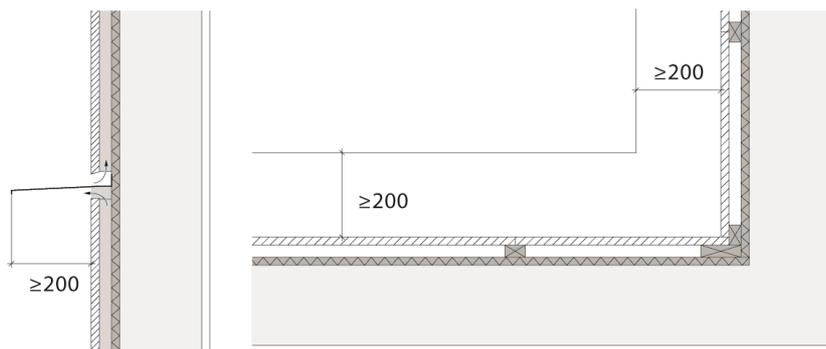


Abbildung 82: Variante 1 gemäß Tabelle 36

- Brandschutzsperren für Holzfassaden ohne Fugen, Fensterabstand $\geq 1\text{m}$ zur Innenecke:

Sofern die Fenster einen Mindestabstand von über 1 m zur Innenecke aufweisen und die Holzfassade keine Fugen aufweist, kann die Auskrägung auf 100 mm reduziert werden.

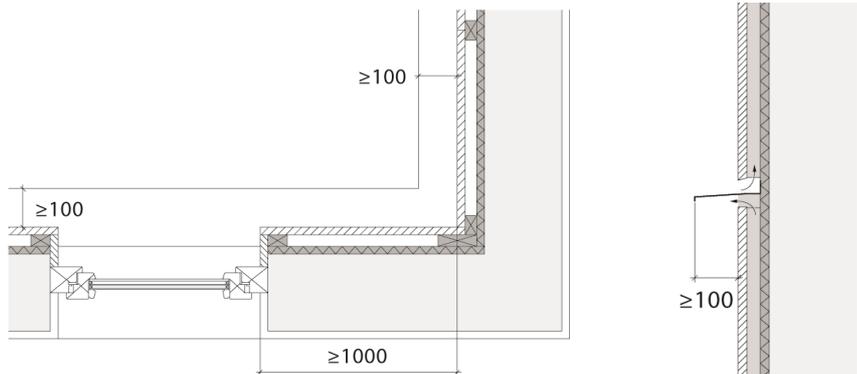


Abbildung 83: Variante 4 gemäß Tabelle 36

- Brandschutzsperren für Holzfassaden ohne Fugen, Fensterabstand $< 1\text{m}$ zur Innenecke:

Sofern die Fenster einen geringeren Abstand als 1 m zur Innenecke aufweisen, ist im Bereich der Innenecke eine größere Auskrägung der Brandsperr erforderlich.

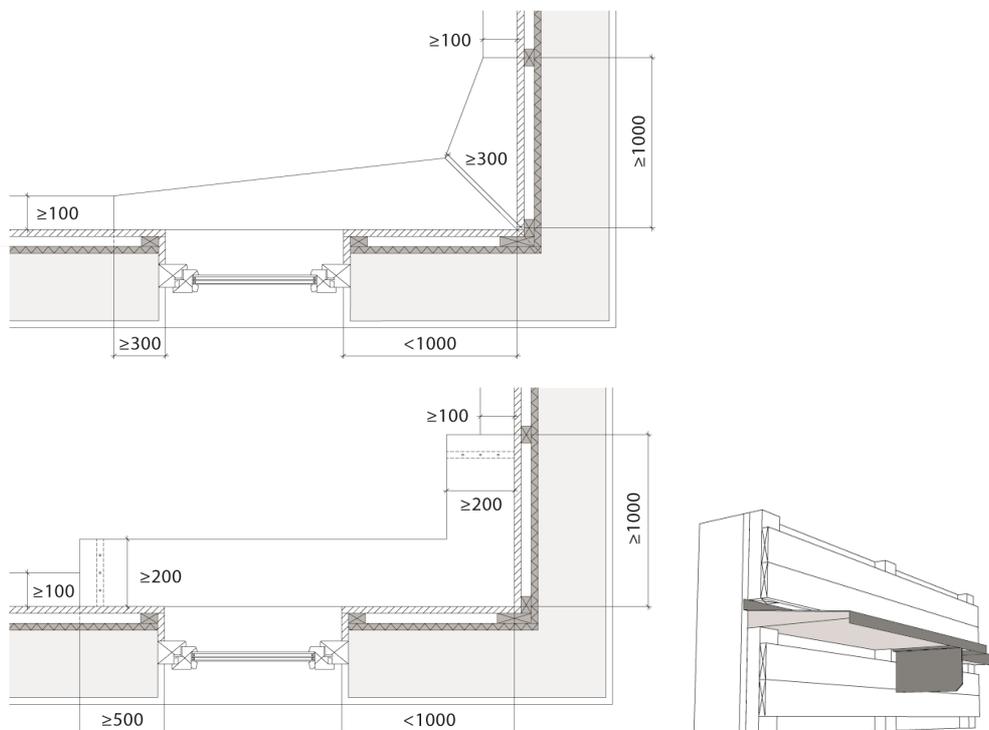


Abbildung 84: Variante 5 gemäß Tabelle 36

In allen Fällen müssen die Brandschutzabschottungen dicht an den Wandbildner angeschlossen werden. Die Bekleidung hinter dem Hinterlüftungsquerschnitt ist nicht brennbar auszuführen. Winddichte Bahnen können in diesem Fall als brandschutztechnisch unbedenklich angesehen werden.

Vorgehängte Fassaden:

- Bei Gebäuden ab der GK 4 sind vorgehängte hinterlüftete, belüftete und nicht hinterlüftete Fassaden geschoßweise abzuschotten. Hierzu kann bei Holzfassaden ein 1 mm dickes Stahlblech verwendet werden, welches mindestens 10 cm vor die Fassade ausragt. In Innenecken muss die Auskragung mindestens 20 cm betragen.
- Die Abschottung ist bis an die Rohwand zu führen, wobei diese nicht brennbar (z.B. Gipsfaserplatte) bekleidet sein muss.
- Die Regeln des konstruktiven Holzschutzes (z.B. keine Kapillarfugen) sind zu beachten.
- Die Spritzwasserbeanspruchung der Fassade aufgrund der Abschottung ist zu berücksichtigen.
- Es sind hinterlüftete und belüftete (mind. 1 cm Luftraum) Holzfassaden bauphysikalisch möglich. Nicht hinterlüftete Fassaden mit Lufthohlraum sind nur bei unbeschichteten Holzfassaden möglich.

8.11 **Detaillösungen für Fassaden mit Wärmedämmverbundsystemen**

Bei geputzten Fassaden, die mit EPS-Dämmung ausgeführt werden gilt der Nachweis nach [ÖNORM B 3800-5] als erfüllt, wenn im Sturzbereich von Fenstern und Fenstertüren ein Brandschutzschott aus Mineralwolle MW-PT gemäß [ÖNORM B 6000] mit einem seitlichen Übergriff von 30 cm und einer Höhe von 20 cm, verdübelt, ausgeführt wird. Abbildung 85 zeigt die Anordnung der Mineralwollriegel bei Lochfassaden und Fensterbändern. Wärmedämmverbundsysteme mit Holzfaserdämmplatten, welche als Gesamtsystem die Brandverhaltensklasse C, d1 erfüllen, können bei Vorliegen eines positiven Nachweises nach ÖNORM B 3800-5 ebenfalls eingesetzt werden.

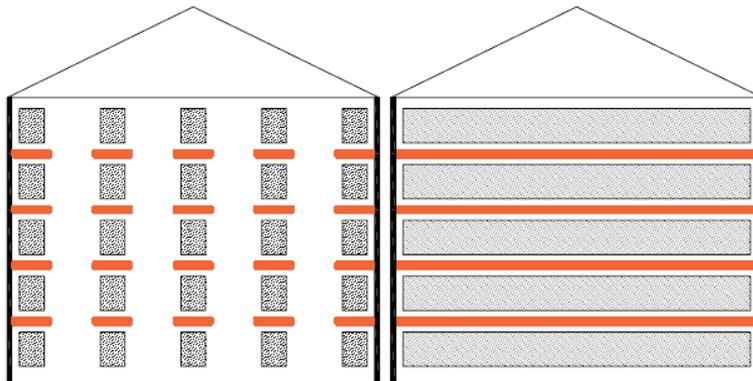


Abbildung 85: Beispiel der Anordnungen von Brandschutzabschottungen bei Lochfassaden oder Fensterbänder

Geputzte Fassaden:

- Bei Gebäuden ab der GK 4 und bei EPS-Dämmstoffdicken > 100 mm sind geschößweise Abschottungen (z.B. durch Steinwollriegel mit 20 cm Höhe und mindestens 30 cm seitlichem Übergriff über Öffnungen) erforderlich.

8.12 Balkone und Loggien

Aus bauphysikalischer und holzschutztechnischer Sicht sind Durchdringungen der Decken als Balkon- bzw. Loggienkonstruktion nicht empfohlen. Durchdringungen durch die Gebäudehüllen stellen immer eine Schwachstelle dar. So ist sicherzustellen, dass sie luft- bzw. winddicht angebunden sind und die Wärmebrücke der Befestigungsteile berücksichtigt wird. Im Bereich von Stoßfugen wie bei Brettsperrholzplatten, Rissen bei Kantholz kann dies kaum sichergestellt werden. Die Balkone bzw. Loggien können aufgeständert oder abgehängt ausgeführt werden. Die Lagerung der Balkonplatte ist schalltechnisch zu entkoppeln.

8.13 Terrassen

Häufig werden mehrgeschoßige Wohngebäude mit einem rückspringenden Staffelgeschoß und einer Terrasse ausgeführt. An die Planung und Ausführung dieses bautechnisch und bauphysikalisch aufwendigen Details (Trenndecke wird zu einem Flachdach) ergeben sich folgende Herausforderungen:

- Ausbildung der luftdichten Ebene
- Wahl der Dampfbremse In Abbildung 86 wurden zwei Lagen PE-Folie gewählt, wodurch sich aufgrund der außenseitigen diffusionsdichten Abdichtung ein „dicht-dicht“ Aufbau ergibt und ein Planungsfehler vorliegt
- Im Falle des Einsatzes einer feuchteadaptiven Dampfbremse sind die für die Rücktrocknung erforderlichen Rahmenbedingungen sicherzustellen.
- Lage der Abdichtung

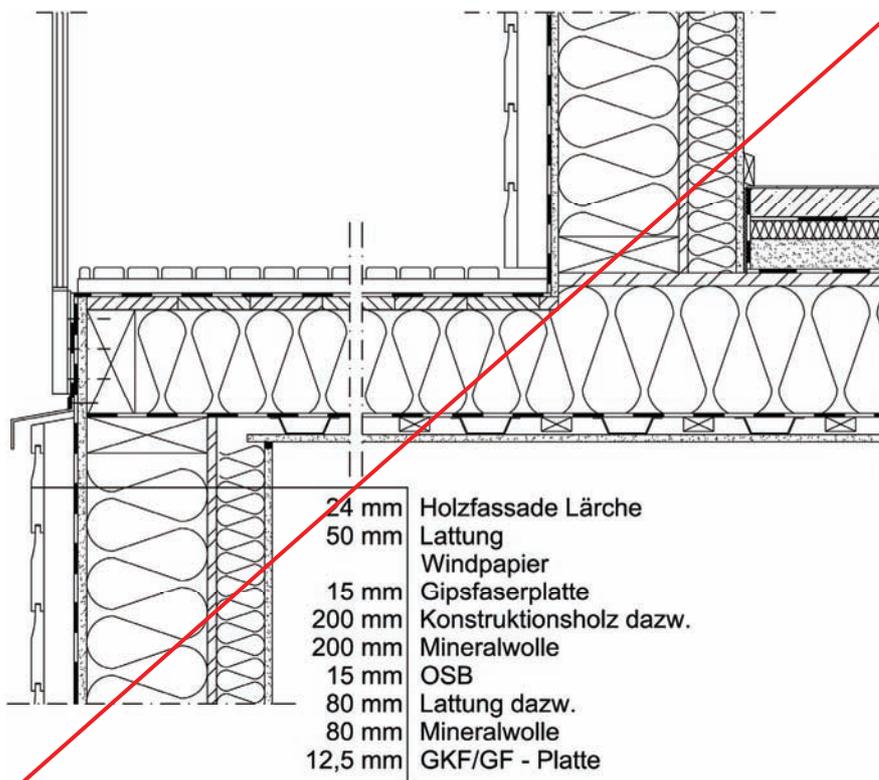


Abbildung 86: durchlaufende Holzrahmendecke bei einem Staffelgeschoß

Aufgrund dieser Problembereiche wird empfohlen die Decke im Bereich der oberen Außenwand zu unterbrechen und außen eine Brettsper Holzplatte mit einer außenliegenden Dämmung zu verwenden. Die Brettsper Holzdecke kann beispielsweise auf einem Unterzug aufliegen.

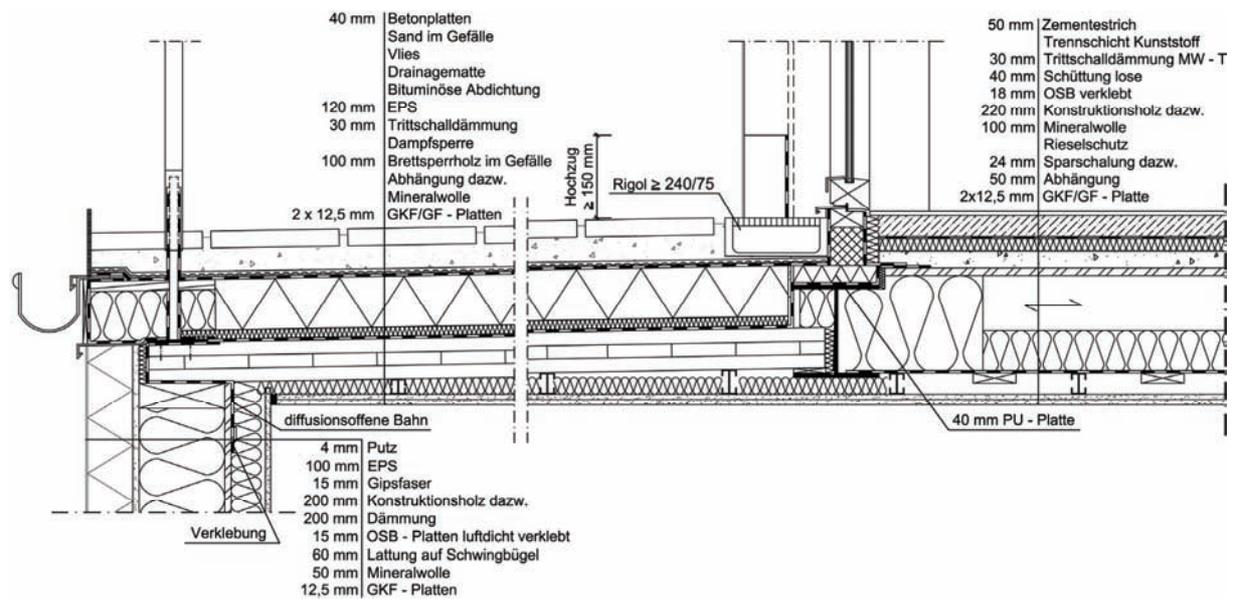


Abbildung 87: Trennung der Decken im Bereich eines Staffelgeschoßes

Details zu den erforderlichen Mindesthöhen der Abdichtung bei den Anschlüssen können ÖNORM B 3691 entnommen werden.

Der in Abbildung 87 dargestellte Terrassenaufbau erfüllt auch die Anforderungen an den Schallschutz.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Einteilung der Holzbauweisen im Wohnbau, in Mitteleuropa gängigste farblich hinterlegt	2
Abbildung 2:	überblicksmäßige Gegenüberstellung der Planungs- und Bauabläufe der Holzrahmenbauweise und der mineralischen Bauweise.....	5
Abbildung 3:	Brandphasen, Quelle: [Schneider 2009]	10
Abbildung 4:	Einteilung der Baustoffschichten, Quelle: [Schleifer 2009].....	15
Abbildung 5:	Anforderungen an den Feuerwiderstand und das Brandverhalten bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4, Quelle: [Teibinger 2011].....	18
Abbildung 6:	Abstand von Öffnungen in Außenwänden zu brandabschnittsbildenden Wänden.....	19
Abbildung 7:	Abstand von Dachöffnungen zu brandabschnittsbildenden Wänden.....	19
Abbildung 8:	Maßnahmen zur Begrenzung der vertikalen Brandausbreitung bei brandabschnittsbildenden Decken	20
Abbildung 9:	Vergleich des Schutzziels Österreichs (durchgezogene Linie) mit dem Schutzziel der Schweiz bzw. Deutschlands (strichlierte Linie) an Hand des Schadensbildes nach dem Naturbrandversuch in Merkers, bei welchem der Brand <i>von selbst ausgegangen</i> ist (!) [Quelle: Kotthoff et al].....	21
Abbildung 10:	relevante Frequenzbereiche in der Bauakustik	26
Abbildung 11:	Kurven gleicher Lautstärke [Fasold et al. 2003].....	26
Abbildung 12:	Pegelverdopplung führt zu einem um 3 dB höheren Gesamtschallpegel.....	27
Abbildung 13:	Von R zu R_w – Vorgang der Einzahlbewertung des Schalldämm-Maßes [Riccabona et al. 2010]	29
Abbildung 14:	Bewertete bauakustische Kenngrößen Luftschall, deren Anwendung und Normierung	30
Abbildung 15:	charakteristische Abschnitte der Luftschalldämmung einschaliger Bauteile [Fasold et al. 2003].....	31
Abbildung 16:	Koinzidenz [Fasold et al. 2003]	32
Abbildung 17:	Berechnetes Schalldämm-Maß von fugenlosen Massivholzplatten in Abhängigkeit von deren Stärke, Quelle: [Bednar et al. 2000]	33
Abbildung 18:	Schalldämm-Maß zweischaliger Bauteile [Fasold et al. 2003].....	34
Abbildung 19:	Bewertete bauakustische Kenngrößen Trittschall, deren Anwendung und Normierung	39
Abbildung 20:	Reduktion von Körperschall	40
Abbildung 21:	Luftschall- und Trittschallübertragungswege zwischen benachbarten Räumen.....	42
Abbildung 22:	Gegenüberstellung der erforderlichen Dicken unterschiedlicher Baustoffe für einen Wärmedurchlasswiderstand von $2 \text{ m}^2\text{K/W}$	48

Abbildung 23:	erforderliche Wandstärken bei gleichen wärmetechnischen Eigenschaften unterschiedlicher Bauweise	49
Abbildung 24:	Entwicklung des Wärmeschutzes von Holztafel-, einschaligen Ziegel- und Kalksandsteinaußenwänden, Quelle: [Tichelmann 2007].....	49
Abbildung 25:	Auswahl der Passivhausobjekte aufgeteilt nach der Bauweise, Quelle: [Passivhaus]	50
Abbildung 26:	Abhängigkeit der absoluten Luftfeuchtigkeit und des Wasserdampf-Partialdrucks von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit.....	57
Abbildung 27:	Druckdifferenz aufgrund der Thermik bei einem 8 m hohen Raum am Standort Klagenfurt mit einer Innentemperatur von $24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$	58
Abbildung 28:	spezifischer Wasserdampfstrom in g/m ³ h in Abhängigkeit der Spalthöhe, Quelle: [Hauser und Maas 1992].....	58
Abbildung 29:	Wärme- und Feuchtelecken, Quelle: [Künzel 2011]	59
Abbildung 30:	Einfluss der Befestigung der Latten der Unterkonstruktion und der Installationsebene auf das Schalldämm-Maß, Quelle: [Polleres und Schober 2004]	65
Abbildung 31:	Beispiele zum Einbau von Steckdosen mit Gipseinhausungen, Quelle: Firma Air Fire Tech.....	71
Abbildung 32:	Ausführung von Aufzugsschacht Quelle: Binderholz	74
Abbildung 33:	Bereiche der dynamische Steifigkeit s' von Trittschall-Dämmplatten nach [ÖNORM B 8115-4].....	77
Abbildung 34:	Ausführen von Rohrleitungen bei ungebundener Schüttung Quelle: Fermacell	78
Abbildung 35:	Schematische Darstellung der Befestigung einer entkoppelten Abhängung, Quelle: [Holtz et al. 1999b]	79
Abbildung 36:	links & Mitte: Schwingbügel mit elastischer Entkoppelung, rechts: Federschiene Quelle: links: Firma Saint-Gobain Rigips Austria Mitte & rechts: Firma Knauf	79
Abbildung 37:	Schallübertragung bei Durchlaufdecken	79
Abbildung 38:	fehlerhafte Verlegung der Estrichfolie schafft eine direkte Verbindung zwischen Estrich und Rohdecke.....	80
Abbildung 39:	Kreuzung der Leitungen	80
Abbildung 40:	Musteraufbau eines Aufdachelementes Quelle: Elk	84
Abbildung 41:	sich sehende“ Belüftungsöffnungen bei hinterlüfteten Flachdächern	86
Abbildung 42:	Nachweispyramide für flachgeneigte Foliendächer	88
Abbildung 43:	Standardsockeldetail; Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschlusse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf	91
Abbildung 44:	Sockeldetail mit Mindesthöhe (Zusatzmaßnahmen erforderlich); Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschlusse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf	92

Abbildung 45:	Detail für Terrassenanschluss, der barrierefreie Ausführung ermöglicht Quelle: http://www.dataholz.com/Public/Anschlusse/Datenblaetter/leitdetails_sockelanschluss.pdf	92
Abbildung 46:	Grundsätzliche Regeln bei Wärmedämm-Verbundsystemen Schwellenholz bzw. Rohdecke einfügen	93
Abbildung 47:	Grundsätzliche Regeln bei hinterlüfteten Fassaden	93
Abbildung 48:	durchgehendes Mörtelbett als Toleranzausgleich	94
Abbildung 49:	Fugenschallübertragung bei einer auf Montageklötzen aufstehenden hoch schalldämmenden Wohnungstrennwand: a) Im 1.OG mit $R'_w = 69$ dB mängelfrei; b) Im EG mit $R'_w = 58$ dB mangelhaft Quelle: Rabold, A.& Hessinger, J., 2014	95
Abbildung 50:	Auflagerdetail einer Innenwand unter Verwendung einer imprägnierten Setzschwelle	95
Abbildung 51:	Fensterbankanschluss mit ausreichend hohem Fensterbankanschlussprofil mit mindestens 5° Fensterbankneigung und einem Mindestfassadenvorsprung von 40 mm, Quelle: [Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank 2012]	97
Abbildung 52:	Fensterbankanschluß: Ausführung mit wannenförmig ausgebildeter zweiter Dichtebene unter der Fensterbank (erste Dichtebene)	98
Abbildung 53:	Fensterbankanschluß bei Holzfassade	98
Abbildung 54:	Beispielhafte Ausführung Außenwandecke	99
Abbildung 55:	Beispielhafte Ausführung Außenwandecke mit Installationsebene	99
Abbildung 56:	Ausführungen der Anschlussfugen von Gipsplatten [Quelle. ÖNORM B 3415]	100
Abbildung 57:	Anschlussdetail einer Dachschräge mit einer Decke mit stumpf eingespachteltem Bewehrungsstreifen nach [ÖNORM B 2320]	100
Abbildung 58:	Akustisch optimierte Befestigungsmittel	102
Abbildung 59:	Randdämmstreifen bis an die Rohdecke führen	104
Abbildung 60:	Koppelung durch Spachtelmasse aufgrund zu früh abgeschnittener Estrichdämmstreifen	104
Abbildung 61:	Fugenmörtel zwischen Wand- und Bodenfliese	105
Abbildung 62:	Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand an eine Außenwand. Die Außenwand sollte 0,5 m von der Achse der brandabschnittsbildenden Wand einen Feuerwiderstand von 90 Minuten aufweisen. In die Trennwand dürfen keine E-Installationen ohne Kompensationsmaßnahmen oder Vorsatzschale eingebaut werden.	107
Abbildung 63:	Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trenndecke an die Außenwand (120 cm Außenwandstreifen)	108
Abbildung 64:	Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand an eine Trenndecke. Für den Einbau von E-Installationen in die Trennwand sind Vorsatzschalen oder Kompensationsmaßnahmen gemäß Tabelle 24 erforderlich.	110

Abbildung 65:	Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand zu einem Blechdach	112
Abbildung 66:	Beispielhafter Anschluss einer brandabschnittsbildenden Trennwand zu einem flachgeneigten Dach mit Aufdachdämmung.....	112
Abbildung 67:	nicht abgedichtete Armaturdurchdringungen als Ursache von Feuchteschäden [Quelle: Köhnke, 2010].....	114
Abbildung 68:	Korrekte Ausführung von Armaturdurchdringungen Quelle: Fermacell	114
Abbildung 69:	Abdichtung der Fuge zwischen wasserführendem Rohr und Beplankung oder Rohr und Fliese mit Sanitär-Silikon Quelle: Knauf.....	115
Abbildung 70:	Prinzipskizze des Schachttyps A, Quelle: [Installationen-Richtlinie MA 37]	116
Abbildung 71:	Beispielhafte Ausbildung einer Durchdringung eines Schachttyps A bei einer Holzrahmendecke	117
Abbildung 72:	Prinzipskizze für Schachttyp B, Quelle: [Installationen-Richtlinie MA 37]	118
Abbildung 73:	Beispielhafte Ausbildung einer horizontalen Abschottung im Bereich einer Holzrahmendecke (Schachttyp B)	118
Abbildung 74:	Aufgrund einer nachträglichen Vergrößerung des Schachtes ist schachttinnenseitig keine nicht brennbare Bekleidung des hölzernen Unterzuges möglich.	119
Abbildung 75:	Nicht vollflächiger und vollflächiger Einbau der Leibungsverkleidung	119
Abbildung 76:	Schallschutztechnische Entkoppelung der Rohre.....	120
Abbildung 77:	Vertikale Verteilung von Lüftungsleitungen	121
Abbildung 78:	Übersicht der Abschottungssysteme für wasser- und luftführende Leitungen sowie Elektroleitungen	122
Abbildung 79:	Befestigung einer Brandrohrmanschette im Weichschott nur mit durchgehender Befestigung zulässig, siehe rechtes Bild, Quelle: bip	124
Abbildung 80:	Beispiel der Anordnungen von Brandschutzabschottungen bei Lochfassaden oder Fensterbändern.....	130
Abbildung 81:	Ausbildung der Brandschotts (Nummern entsprechen der Tabelle 36).....	133
Abbildung 82:	Variante 1 gemäß Tabelle 36	133
Abbildung 83:	Variante 4 gemäß Tabelle 36	134
Abbildung 84:	Variante 5 gemäß Tabelle 36	134
Abbildung 85:	Beispiel der Anordnungen von Brandschutzabschottungen bei Lochfassaden oder Fensterbänder	136
Abbildung 86:	durchlaufende Holzrahmendecke bei einem Staffelgeschoß.....	137
Abbildung 87:	Trennung der Decken im Bereich eines Staffelgeschoßes.....	138

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: grundsätzliche Planungsregeln für wirtschaftliche Lösungen liefern, in Anlehnung an Architektenmappe der Firma Elk.....	6
Tabelle 2: Einteilung der Brennbarkeit gemäß ÖNORM B 3800-1 (zurückgezogen am 01 07 2004).....	11
Tabelle 3: Einteilung der Brandverhaltensklassen gemäß ÖNORM EN 13501-1.....	11
Tabelle 4: Brandverhalten ausgewählter Baustoffe	12
Tabelle 5: Bezeichnungen für den Feuerwiderstand nach ÖNORM EN 13501-2 (Auszug) Abbildungen aus [Östman et al 2010].....	13
Tabelle 6: Beispiele für die Bezeichnungen zum Feuerwiderstand	14
Tabelle 7: Anforderungen an das Brandverhalten von Fassaden gemäß [OIB Richtlinie 2 2011].....	22
Tabelle 8: Anforderungen an die Abschottungen in oberirdischen Geschoßen nach [OIB Richtlinie 2 2011]	23
Tabelle 9: Berechnungsbeispiel zu Feder-Masse-Resonanz	34
Tabelle 10: Einfluss der Resonanzfrequenz des Feder-Masse-Systems (f_0) auf die Schalldämmung bei Holzrahmenbauteilen.....	35
Tabelle 11: Berechnungsbeispiel zu Koinzidenz-Grenzfrequenz (f_g).....	35
Tabelle 12: Technische Daten üblicher Beplankungsmaterialien	36
Tabelle 13: Beispiele für biegeeweiche Schalen nach ÖNORM B 8115-4	37
Tabelle 14: Anforderungen an das bewertete resultierende Bauschalldämm-Maß $R'_{res,w}$ für Wohngebäude, -heime, Hotels, Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kurgelände u.dgl. nach [OIB Richtlinie 5 2011].....	44
Tabelle 15: Anforderungen an die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nt,w}$ innerhalb von Gebäuden nach [OIB Richtlinie 5 2011]	45
Tabelle 16: Anforderungen an den bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nt,w}$ in Gebäuden nach OIB Richtlinie 5 [OIB Richtlinie 5 2011].....	45
Tabelle 17: Wärmeleitfähigkeit ausgesuchter Baumaterialien, Quellen: [ÖNORM EN 12524] ¹⁾ und Vorschlag [ÖNORM B 8110-7] ²⁾	48
Tabelle 18: Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile, Auszug aus OIB-Richtlinie 6 [OIB Richtlinie 6 2011].....	53
Tabelle 19: Beispiel zur Luftfeuchtigkeit	56
Tabelle 20: Außenwände mit geputzter Fassade ohne und mit Installationsebene (max. Bauteilhöhe 3m).....	61
Tabelle 21: Außenwand mit hinterlüfteter Fassade ohne und mit Installationsebene (max. Bauteilhöhe 3m).....	63
Tabelle 22: Beispielhafter Aufbau einer Innenwand mit Gipsplatte (max. Bauteilhöhe 3m).....	68
Tabelle 23: Trennwand zweischalig (max. Bauteilhöhe 3m).....	69

Tabelle 24: Kompensationsmöglichkeiten bei direktem Einbau von Elektroinstallationen bei Trennwänden	70
Tabelle 25: brandabschnittsbildende Wohnungstrennwand (max. Bauteilhöhe 3 m).....	72
Tabelle 26: Trenndecke (max. Spannweite 5 m)	75
Tabelle 27: Steildachaufbauten für eine Spannweite von 5 m	82
Tabelle 28: Flachdachaufbauten, mit/ohne abgehängter Untersicht für eine Spannweite von 5 m	83
Tabelle 29: Wärmedämmstoffe zur Aufsparrendämmung [Reyer et al. 2002]	85
Tabelle 30: Empfehlungen zu den Einsatzmöglichkeiten flachgeneigter Foliendächer	86
Tabelle 31: Konstruktive Grundsätze hinsichtlich des Erfordernisses elastischer Lager bei Trenndecken in Kombination mit Holzrahmenwänden	103
Tabelle 32: Anwendung von Brandschutzklappen, Feuerschutzabschlüssen mit bzw. ohne mechanischem Verschlusselement	126
Tabelle 33: Bewertungsmatrix der bauphysikalischen Eignung von Holzfassaden bei Holzaußenwänden [Quelle: Schober et al., 2010]	129
Tabelle 34: Empfehlungen zur Ausführung von Holzfassaden bei Holzaußenwänden [Quelle: Schober et al, 2010]	130
Tabelle 35: Zusammenstellung der positiv untersuchten Fassadenausführungen, Quelle: [Schober und Matzinger 2006]	131
Tabelle 36: Ausführung der Brandschutzsperrern [Quelle: Schober & Matzinger, 2006].....	132

11 Literaturverzeichnis

- Adnot, J.; Waide, P. (2003): *Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners. Final Report Volume I-III.*
- Adriaans, R. (2004): *Dämmen und Dichten mit System. Flachdächer auf Holzkonstruktionen.* In: Holzbau - die neue quadriga, H. 5, S. 23–27.
- Bednar, T.; Vodicka, M.; Dreyer, J. (2000): *Entwicklung im mehrgeschossigen Holzbau am Beispiel des Schallschutzes der Trenndecken: ÖPG 2000.*
- Borsch-Laaks, R. (2011): *Informationen im Nachgang zum Holzschutzkongress in Leipzig, 03.02.2011.* E-Mail an Teilnehmer am Kongress. Online: <http://hbz-sh.de/hbz-sh/wp-content/uploads/2011/03/Unbel%C3%BCftete-Flachd%C3%A4cher-Konsenspapier-3-2011.pdf> zuletzt abgerufen am 28.11.2013.
- Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Industriegruppe Gipsplatten (Hg.) (2004): *Gipsplattenkonstruktionen Fugen und Anschlüsse.* Online verfügbar unter <http://www.trockenbau-ral.de/downloads/Merkblatt-Fugen-und-Anschluesse.pdf>, zuletzt geprüft am 16.11.2012.
- Cremer, L.; Heckl, M. (1995): *Körperschall. Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen.* 2., völlig neubearbeitete Auflage: Springer-Verlag GmbH & Co. KG.
- Dolezal, F. (2013): *Holz-Bau-Akustik.* In: Tagungsband Bauphysik Forum, Hsg.: Holzforschung Austria. Mondsee 2013.
- Dolezal, F.; Bednar, T. (2010): *Einfluss von Befestigungsmitteln auf die Schall-Längsleitung von Massivholzkonstruktionen.* In: DEGA (Hg.): DAGA 2010. DEGA. Berlin
- Dolezal, F.; Bednar, T.; Teibinger, M. (2008): *Flankenübertragung bei Massivholzkonstruktionen, Teil 1. Verbesserung der Flankendämmung durch Einbau elastischer Zwischenschichten und Verifizierung der Anwendbarkeit von EN 12354.* In: Bauphysik 30 (3), S. 143–151.
- Dolezal, F.; Bednar, T.; Teibinger, M. (2008): *Flankenübertragung bei Massivholzkonstruktionen, Teil 2. Einfluss von Befestigungsmitteln auf die Verbesserung durch den Einbau elastischer Zwischenschichten.* In: Bauphysik 30 (5), S. 314–319.
- Fasold, W.; Veres, E. (2003): *Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen.* 2. Aufl. Berlin: Huss-Medien Verl. Bauwesen.
- Ferk, H. (2006): *Hör' mal, wer da hämmert. Schallschutz von Massivholzdecken - Anforderungen und Lösungen. Massivholzdecken können bei richtiger Konstruktion guten Schallschutz bieten.*: Holz_Haus_Tage 2006. Fachtagung für innovative Holzhausbauer. Gmunden, S. 28–43.
- Fischer, H.-M.; Freymuth, H.; Häupl, P.; Homann, M.; Jenisch, R.; Richter, E.; Stohrer, M. (2008): *Lehrbuch der Bauphysik. Schall - Wärme - Feuchte - Licht - Brand - Klima.* (Springer-11774 /Dig. Serial]). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-9467-0>, zuletzt geprüft am 16.11.2012.
- Frangi, A.; Fontana, M.; Knoblauch, M. (2008): *Fire Behaviour of Cross-Laminated Solid Timber Panels.* Herausgegeben von ETH Zürich. Institute fo Structural Engineering.
- Frangi, A.; Schleifer, Studhalter, J.; (2007): *Bauteile in Holz – Decken, Wände und Bekleidungen mit Feuerwiderstand.* ETH Zürich; Lignum, SIA, ETH, EMPA

- Frühwald, A.; Pohlmann, C.; Wegener, G. September (2001): *Holz Rohstoff der Zukunft. nachhaltig verfügbar und umweltgerecht*. Herausgegeben von Deutsche Gesellschaft für Holzforschung und Holzabsatzfonds. München.
- Guttman, E.; Schober Klaus Peter (2010): *Fassaden aus Holz: proHolz Österreich*.
- Hauser, G.; Maas, A. (1992): *Auswirkungen von Fugen und Fehlstellen in Dampfsperren und Wärmedämmschichten*. In: Deutsche Bauzeitschrift, Jg. 24, H. 1, S. 91–100.
- Holtz, F.; Hessinger, J.; Buschbacher, H. P.; Rabold, A. (1999): *Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken. Informationsdienst Holz*. In: holzbau handbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 3.
- Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Buschbacher, H.P. (2004): *Schalltechnische Optimierung des Holzbau durch Verbesserung der Wandkonstruktionen*. DGfH Forschungsbericht. Labor für Schall- und Wärmemesstechnik. Rosenheim.
- Holtz, F.; Hessinger, J.; Buschbacher, H. P.; Rabold, A. (2004): *Entwicklung eines anwenderbezogenen Berechnungsverfahrens zur Prognose der Schalldämmung von Holzdecken am Bau. Anhang mit Messergebnissen*. Herausgegeben von Labor für Schall- und Wärmemesstechnik. Labor für Schall- und Wärmemesstechnik. Rosenheim.
- Holtz, F.; Rabold A.; Hessinger J.; Buschbacher H.P.; Oechsle O.; Lagally Th. (2002): *Schalltechnische Kennwerte von Massivholzbauteilen. Bestandsaufnahme und Analyse. Endbericht von 18.03.2002*.
- Installationen-Richtlinie MA 37: *Brandschutztechnische Anforderungen bei Leitungsdurchführungen gemäß Technikknovelle 2007. MA 37 – B/27690/2008*.
- Jörg, M. (2010): *proHolz Edition 09. Holz und Klimaschutz*. Herausgegeben von proHolz Österreich. Wien.
- Köhnke, E. (2007): *Schlagregen im Bad? Abdichtung von Bädern und Feuchträumen im Holzbau*. In: Holzbau die neue quadriga. 4/2007. S. 22 - 27
- Köhnke, E. (2012): *Grün ja grün sind alle meine Kleider. Über die ewige Diskussion zur Verwendung imprägnierter Gipsplatten*. In: Holzbau die neue quadriga. 5/2010. S. 13 - 16.
- Köhnke, E. (2012): *Auswirkungen von Einbaufehlern auf den Schallschutz. Veranstaltung vom 8.-9. März 2012, aus der Reihe "3. Internationaler Holz[Bau]Physik-Kongress"*. Leipzig.
- Kotthoff, I.; Bart, B.; Wiederkehr, R.: *Holzanwendung im Fassadenbereich. Naturbrandversuche in Merkens (D) vom 15. bis 18. Oktober Grossbrandversuche V1 bis V12 an der MFPA Leipzig. Kurzdokumentation*. Unter Mitarbeit von R. Wiederkehr, B. Bart, I.
- Künzel, H. M. (2011): *Trocknungsreserven bemessen! Einfluss des Feuchteintrages aus Dampfkongvektion. Veranstaltung vom 10.02.2011, aus der Reihe "2. internationaler Holz[Bau]Physik-Kongress"*. Leipzig.
- Lang, J. (2004): *Luft- und Trittschallschutz von Holzdecken und die Verbesserung des Trittschallschutzes durch Fußböden auf Holzdecken*. In: wksb, Ausgabe 52, S. 7–14.
- Maack, J. (2008): *Schallschutz von geneigten Dächern und Dachflächenfenstern. Abschlussbericht Forschungsarbeit*. Herausgegeben von Fraunhofer IRB Verlag. ITA Ingenieurgesellschaft für technische Akustik MBH Beratende Ingenieure VBI. Stuttgart.

- Müller, G.; Möser, M. (2004): *Taschenbuch der technischen Akustik*. 3., erw. und überarb. Aufl. Berlin: Springer (Engineering online library).
- Nagl, Stefan; Nusser, Bernd (2011): *Viel Licht und wenig Schatten*. In: HFA-Magazin (2), S. 8–9.
- Nusser, B. (2012): *Flachgeneigte hölzerne Dachkonstruktionen. Systemanalysen und neue Ansätze zur Planung hygrisch robuster flachgeneigter hölzerner Dachkonstruktionen unter Beachtung konvektiver Feuchteinträge und temporärer Beschattungssituationen. Dissertation*. TU Wien, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie.
- Öhrström, E.; Skanberg, A. (2004): *Sleep disturbances from road traffic and ventilation noise—laboratory and field experiments*. In: Journal of Sound and Vibration, Jg. 271, Ausgabe 1-2, 22 March 2004, S. 279–296.
- OIB (Hg.) (2011): *OIB Richtlinie 2. Brandschutz*. Online verfügbar unter <http://www.oib.or.at>, zuletzt geprüft am 06.11.2012.
- OIB (Hg.) (2001): *OIB Richtlinie 3 Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz*. Online verfügbar unter <http://www.oib.or.at>, zuletzt geprüft am 06.11.2012.
- OIB (Hg.) (2011): *OIB Richtlinie 5. Schallschutz*. Online verfügbar unter <http://www.oib.or.at>, zuletzt geprüft am 06.11.2012.
- OIB (Hg.) (2011): *OIB Richtlinie 6. Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Online verfügbar unter <http://www.oib.or.at>, zuletzt geprüft am 06.11.2012.
- Österreichische Arbeitsgemeinschaft Fensterbank (Hg.): *Richtlinie für den Einbau von Fensterbänken bei WDVS- und Putzfassaden*. (1/2012). Online verfügbar unter www.holzforchung.at, zuletzt geprüft am 17.09.2012.
- Östman, B.; et al (2010): *Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe*. Herausgegeben von SP Trätek. Stockholm.
- Östman, B.; Jarnerö, K.; Sjökvist, L.-G.; Larsson, K.; Tillberg, K. (2008): *Acoustics in wooden buildings. State of the art 2008. SP Report 2008:16*. Stockholm.
- Passivhaus*. Online verfügbar unter <http://www.passivhausdatenbank.at/statistics.php#statistik6>, zuletzt geprüft am 16.11.2012.
- Polleres S. (2010): *Sockel quo vadis. Freiland- und Laboruntersuchungen der Holzforchung Austria zeigen Probleme und Lösungen für den Holzbau*: Holzbau , 01/2010, S. 21–24.
- Polleres S.; Schober K. P. (2004): *Bauteilkatalog für den Holzbau. Endbericht*. Herausgegeben von Holzforchung Austria. Wien.
- Polleres S.; Schober K. P. (2009a): *Holzhausbau - Architektur versus Technik. Teil 2 Fensteranschluss. FFG Endbericht*. Holzforchung Austria. Wien.
- Polleres S.; Schober K. P. (2009b): *Holzhausbau - Architektur versus Technik. Teil 1: Sockelanschluss. FFG Endbericht*. Holzforchung Austria. Wien.
- Rabold, A.; Hessinger, J.; Schalltechnische Mängel – kleine Fehler, große Wirkung, HOLZBAU (1/2014)
- Rabold, A.; Hessinger, J.; Holtz, Fritz; Buschbacher, H. P. (2005): *Schalldämmung von Haustrennwänden in Holzbauweise*. In: DEGA (Hg.): Tagungsband DAGA München.

- Riccabona, C., Bednar, T: in Buchreihe "Baukonstruktionslehre", Buchreihen-Herausgeber: C. Riccabona; herausgegeben von: MANZ; Verlag Manz, Wien, 2010, ISBN: 978-3-7068-3910-5, 253 S.
- Reyer, E.; Schild, K.; Völkner, S. (2002): *Wärmedämmstoffe*. In: Cziesielski, Erich (Hg.): Bauphysik-Kalender 2002: Ernst & Sohn, S. 197–257.
- Rijal, H. e. a. (2008): *Development of an adaptive window-opening algorithm to predict the thermal comfort, energy use and overheating in buildings*: Journal of Building Performance Simulation, Vol. 1, No.1 March 2008, S. 17–30.
- Schleifer, V. (2009): *Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall. Dissertation. Betreut von M. Fontana, A. Frangi und J. König*. Zürich. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion.
- Schmid, J.; König, J.; Köhler, J.: *Fire-exposed cross-laminated-timber - Modelling and tests*: WCTE 2010 (World Conference Timber Engineering).
- Schnieders, J. (2003): *Ein vereinfachtes Verfahren zur Abschätzung des sommerlichen Luftwechsels*: Protokollband 22 Lüftungsstrategien im Sommer, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser - Phase III, Passivhausinstitut, Darmstadt 2003.
- Schober, K. P.; et.al (2010): *Fassaden aus Holz*. Wien: proHolz Österreich.
- Schober, K. P.; Matzinger, I. (2006): *Brandschutztechnische Ausführung von Holzfassaden. Zusammenfassung und Erkenntnisse für Gebäudeklasse 4 und 5*. Herausgegeben von Pro Holz Austria. Wien.
- Schoenwald, S.; Heiko, M. J.; Gerresten, E. (2004): *Aspects of the measurement of K_{ij} at junctions of lightweight assembled structures*. In: DEGA (Hg.): DAGA 2004. Straßburg.
- Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (Hg.) (2012): *Wichtige Hinweise für den Umgang mit Brettsperrholz (BSP)*. Wuppertal. Online verfügbar unter http://www.brettsperrholz.org/publish/binarydata/Brettsperrholz/downloads/stghb_brettsperrholz-hinweise.pdf, zuletzt geprüft am 06.11.2012.
- Teibinger, M.: *Brandverhalten von Holz- und Holzwerkstoffen. Anforderungen - Entwicklungen*. Holzforschung Austria. Wien. Online verfügbar unter: <http://www.holzforchung.at/fileadmin/Content-Pool/PDFs/Brandverhalten.pdf>, zuletzt geprüft am 16.01.2013.
- Teibinger, M. (2011): *Brandschutzvorschriften in Österreich Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2*. Herausgegeben von Pro Holz Austria. Wien.
- Teibinger, M.; Charwat-Pessler, J.; Matzinger, I.: *Bemessung von Holzbauteilen im Brandfall nach ÖNORM EN 1995-1-2*. Holzforschung Austria. Wien. Online verfügbar unter: http://www.holzforchung.at/fileadmin/Content-Pool/PDFs/2010/brand/HFA_bemessung-im-brandfall.pdf, zuletzt geprüft am 16.04.2014.
- Teibinger, M.; Dolezal, F.; Matzinger, I. (2009): *Deckenkonstruktionen für den mehrgeschoßigen Holzbau. Schall- und Brandschutz*. Herausgegeben von Holzforschung Austria. Wien.
- Teibinger, M.; Matzinger, I. (2008): *Urbanes Bauen in Holz- und Holz-mischbauweise. Untersuchungen zum Brandverhalten von Wand-Deckenanschlüssen*. Holzforschung Austria. Wien.
- Teibinger, M.; Matzinger, I. (2010): *Grundlagen zur Bewertung des Feuerwiderstandes von Holzkonstruktionen. Endbericht*. Holzforschung Austria. Wien.

- Teibinger, M.; Matzinger, I. (2012): *Brandabschottung im Holzbau. Planungsbroschüre*. Holzforschung AUSTRIA. Wien.
- Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2009): *Innovative Flachgeneigte hölzerne Dachkonstruktionen*. FFG-Endbericht. Hg. v. HFA (Holzforschung Austria). Wien.
- Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2010): *Planungsbroschüre. Flachgeneigte Dächer aus Holz*. Wien: Eigenverlag (HFA-Schriftenreihe, 29).
- Tichelmann, K.; Merl, A.; Pfau, J.; Pfeiffer-Rudy, M.; Winter, W. (2007): *Schwerpunkt Wirtschaftlichkeit. Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus*. Herausgegeben von BAU.GENIAL. Online verfügbar unter www.baugenial.at, zuletzt geprüft am 25.10.2012
- Tichelmann, K. e. a. (2007): *Schwerpunkt Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen. Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus*. Herausgegeben von BAU.GENIAL. Online verfügbar unter www.baugenial.at, zuletzt geprüft am 25.10.2012.
- Varga, M.; Pagliano, L. (Hg.) (2006): *Reducing cooling energy demand in service buildings*.
- Wallner-Novak, M.; Koppelhuber, J.; Pock, K. (2012): *Brettsperrholz - Leitfaden - Bemessung und Konstruktion nach Eurocode*. Herausgegeben von Manuskript der Verfasser. Graz.
- Weber, L.; Scholl, W. (2000): *Stoßstellendämmung von Leichtbauwänden*. In: DEGA (Hg.): DAGA 2000. Oldenburg .
- Winter, Stefan; Fülle, Claudia; Werther, Norman (2009): *Experimentelle und numerische Untersuchung des hygrothermischen Verhaltens von flach geneigten Dächern in Holzbauweise mit oberer dampfdichter Abdichtung unter Einsatz ökologischer Bauprodukte zum Erreichen schadensfreier, markt- und zukunftsgerichteter Konstruktionen*. Leipzig (Forschungsbericht, DGFH: Z 6 - 10.08.18.7-07.18).

12 Normenverzeichnis

- ÖNORM B 1995-1-2:, 01.09.2011: *Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Bemessung für den Brandfall - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1995-1-2, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 2320, 2010-07-15: *Wohnhäuser aus Holz - Technische Anforderungen.* Österreichisches Normungsinstitut
- ÖNORM B 2330, 2007 05 01: *Brandschutztechnische Ausführung von mehrgeschoßigen Holz- und Holzferthäusern - Anforderungen und Ausführungsbeispiele.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 2332, 2007-05-01: *Brandschutztechnische Ausführung von Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen in den Gebäudeklassen 4 und 5 - Anforderungen und Ausführungsbeispiele.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3410, 2006 09 01: *Gipsplatten für Trockenbausysteme (Gipskartonplatten) - Arten, Anforderungen und Prüfungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3691, 2012 12 01: *Planung und Ausführung von Dachabdichtungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3800-1, 1988 12 01 Zurückziehung: 2004 01 01: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Baustoffe: Anforderungen und Prüfungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3800-5, Mai 2004: *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3802-2, 1998 04 01: *Holzschutz im Hochbau - Chemischer Schutz des Holzes.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3415, 2012 01 01: *Gipsplatten und Gipsplattensysteme - Regeln für die Planung und Verarbeitung.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 3804, 2002 03 01: *Holzschutz im Hochbau - Gebäude, errichtet aus vorgefertigten Holzbauteilen - Voraussetzung für die Reduktion von chemischen Holzschutzmaßnahmen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 5300, 2007-11-01: *Fenster - Anforderungen - Ergänzungen zur ÖNORM EN 14351-1.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 5320, 206-09-01: *Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen - Grundlagen für Planung und Ausführung.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 5321, 2001 12 01: *Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore in Außenbauteilen - Prüfverfahren.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 6000, 2010-01-01: *Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau - Arten, Anwendung und Mindestanforderungen.* Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 8110-2:2003 07 01: *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz.* Österreichisches Normungsinstitut.

- ÖNORM B 8110-7, 2012-11-15: *Wärmeschutz im Hochbau - Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 8115-2, 2006 12 01: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 8115-4:2003 09 01: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 8115-5, April 2012: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 300, 2006 09 01: *Platten aus langen, flachen, ausgerichteten Spänen (OSB) - Definitionen, Klassifizierung und Anforderungen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 309, 2005 04 01: *Spanplatten - Definition und Klassifizierung*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 338, 2009 12 01: *Bauholz für tragende Zwecke - Festigkeitsklassen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 520, 2010 07 01: *Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 1026, 2000-10-01: *Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ONORM EN 1182, September 2010: *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Nichtbrennbarkeitsprüfung (ISO 1182:2010)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 1366-3, 2009 05 01: *Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen - Teil 3: Abschottungen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 1991-1-2, 2009 08 01: *Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke (konsolidierte Fassung)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 1995-1-2, 01.09.2011: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall (konsolidierte Fassung)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 12354-1, 2000 11 01: *Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 12524, 2000-09-01: *Baustoffe und -produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 13162, 2013 01 15: *Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 13501-1, Mai 2007: *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 13501-2, 2012 02 15: *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*. Österreichisches Normungsinstitut.

- ÖNORM EN 13823, Jänner 2011: *Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten - Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 13829, 2001-05-01: *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden - Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 15283-1, 2009 10 01: *Faserverstärkte Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren - Teil 1: Gipsplatten mit Vliesarmierung*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN ISO 717-1, 2006 01 12: *Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN ISO 717-2, 2006 01 12: *Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN ISO 11925-2, Februar 2011: *Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einflammtest (ISO 11925-2:2010) Prüfungen zum Brandverhalten - Entzündbarkeit von Produkten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einflammtest (ISO 11925-2:2010) 11925-2:2011 02 15*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN ISO 13788:2013 04 01: *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM H 6027, 2008-08-01: *Lüftungstechnische Anlagen - Feuerschutzabschlüsse in Lüftungsleitungen auf Basis intumeszierender Materialien mit mechanischem oder ohne mechanisches Verschlusselement - Verwendung und Einbau*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM H 6031, 2007-05-01: *Lüftungstechnische Anlagen - Einbau und Kontrollprüfung von Brandschutzklappen und Brandrauch-Steuerklappen*. Österreichisches Normungsinstitut.

