

Schwerpunkt Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus

Schwerpunkt Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus

„Eigenschaften und Potentiale des Leichtbaus“ ist eine wissenschaftliche Studie, die unter Leitung von Prof. Dr. Ing. Karsten Tichelmann/Institut für Trocken- und Leichtbau Darmstadt unter Mitwirkung von DI Dr. Adolf Merl/TU Wien, Prof. Jochen Pfau/Versuchsanstalt für Holz und Trockenbau Darmstadt, DI Dr. Margit Pfeiffer-Rudy/TU Wien und Prof. DDI Wolfgang Winter/TU Wien im Auftrag von BAU.GENIAL erstellt wurde. Die einzelnen Kapitel werden in gesonderten Heften publiziert. Eine Kurzfassung der gesamten Studie ist nachzulesen auf www.baugenial.at.

Inhalt

Grundlagen / Allgemeines	6
1 Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen	6
1.1 Wärmeschutz	10
1.1.1 Wärmedämmung	10
1.1.2 Luftdichtheit	16
1.1.3 Wärmebrücken	17
1.1.4 Wärmespeicherung und Klimastabilität	22
1.1.5 Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	32
1.2 Feuchteschutz	34
1.2.1 Grundlagen	34
1.2.2 Feuchtetechnische Eigenschaften von Leichtbaustoffen	35
1.2.3 Wasserdampfkondensation an Bauteiloberflächen	39
1.2.4 Wasserdampfdiffusion	40
1.2.5 Konvektion und Luftdichtheit	44
1.2.6 Witterungsschutz	50
1.2.7 Bäder und Feuchträume im Leichtbau	50
1.2.8 Baufeuchte	53
1.3 Schallschutz	55
1.3.1 Schallschutzanforderungen	55
1.3.2 Bauakustische Eigenschaften von Leichtbauweisen	58
1.3.3 Luftschallschutz von Leichtbauwänden und Vorsatzschalen	68
1.3.4 Schallschutz von leichten Deckensystemen	73
1.3.5 Optimierung der bauakustischen Leistungsfähigkeit im Leichtbau	76
1.3.6 Raumakustik	78
1.4 Brandschutz	81
1.4.1 Beurteilung von bauweisenspezifischen Brandrisiken	82
1.4.2 Einflüsse auf das Brandgeschehen und den Brandverlauf	86

Grundlagen / Allgemeines

Verschiedenste Entwicklungen im 21. Jahrhundert führen dazu, dass zukünftiges Bauen zunehmend weniger unter dem Aspekt der „Schwere“ und somit der Massivbauweise geplant wird, sondern vielmehr unter den Kriterien der Leichtigkeit, der Ressourcen- und Energieeffizienz sowie der Veränderbarkeit. Dadurch werden die technisch-bauphysikalischen Eigenschaften einer Bauweise, die Energieeffizienz einer Bauweise und die Verringerung von Baustoffmassen vernetzt. Unter diesem Aspekt nimmt der Leichtbau eine bedeutende Rolle ein.

Ein Vergleich der „technologisch-ökonomischen Leistungsfähigkeit“ verschiedener Bauweisen setzt die Erfüllung der gleichen oder vergleichbaren Funktionen durch die betrachteten Bauteile voraus. Bestimmte Anforderungen werden für die Bauteile bauordnungsrechtlich festgelegt, z. B. Festlegung eines Schalldämmmaßes oder des Wärmeschutzstandards. Der technische Vergleich zielt auf die weiteren Eigenschaften der Bauteile einer Bauweise ab, die zur Realisierung der Anforderungen erforderlich sind, z. B. Dicke, Gewicht, Feuerwiderstandsdauer, Dauer der Montage und deren Auswirkung auf die Bauzeit u.s.w. Man spricht auch von vergleichbaren „Dienstleistungen“ einer Bauart bzw. Bauweise. In der Regel findet der Primär-Vergleich auf Bauteilebene statt, der Sekundär-Vergleich bei globaler Betrachtung der ökonomischen Eigenschaften der Bauweise.

Kriterien zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Bauweisen

1 Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Als Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Leichtbauweisen gegenüber massiven Bauweisen können Kriterien herangezogen werden:

■ Bauphysikalische Kriterien

Schalldämmung, Brandschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz

■ Technische und konstruktionspezifische Kriterien

Bauteildicke, Gewicht, Tragfähigkeit, Beanspruchbarkeit, Flexibilität und Anpassbarkeit, Installationsfreundlichkeit

■ Baubetriebliche und ökonomische Kriterien

Vorfertigung und Vorfertigungsgrad, Bauzeit, bauartspezifische Trocknungs- und Wartezeiten, Baukosten, Betriebs- und Instandhaltungskosten

■ Ökologische Kriterien und Umweltverträglichkeit

Primärenergieverbrauch, CO₂-Äquivalent, NO-Äquivalent

Die Qualität, in welcher Form die oben genannten Kriterien und Anforderungen

(Dienstleistungen) erfüllt werden, kann als Bewertungskriterium für Bauweisen herangezogen werden. Bauweisen, die in ihren Eigenschaften bezüglich der oben aufgeführten Kriterien überlegen sind, werden positiv bewertet. Der Einsatz dieser Bauweisen unter gezielter Nutzung ihrer Potentiale führt zu einer Verbesserung der technischen Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit.

Auf der Ebene der Bauteile ist zwischen tragenden und nichttragenden Systemen zu unterscheiden. Nichttragende Systeme, z. B. nichttragende Innenwände, haben die primäre Funktion des Raumabschlusses, tragende Systeme erfüllen zusätzlich eine statische Funktion. Mit dem Raumabschluss können Anforderungen bauphysikalischer Art verbunden sein, subjektive Erwartungen an sogenannte „weiche Eigenschaften“ (soft skills) sowie an die Widerstandsfähigkeit gegen nutzungsinduzierte Belastungen (jegliche Form der Beanspruchungen, die infolge der Nutzung und/oder durch den Nutzer auf Bauteile und deren Oberflächen einwirken können). Dies beinhaltet beispielsweise auch Beanspruchungen durch den Wechsel von Tapeten, Befestigungen, Abrieb, Verschmutzungen und Verschleiß.

Grundsätzliche Unterscheidung in tragende und nichttragende Systeme

Davon unabhängig existieren Ansprüche der Gebäudenutzer – basierend auf subjektiven Erfahrungen – die weitergehende Anforderungen an bauphysikalische Eigenschaften, Belastbarkeit oder Flexibilität stellen. Ein leistungsfähiges System erfüllt die gesetzlichen Mindestanforderungen und weist darüber hinaus Eigenschaften auf, die die Qualität eines Gebäudes für den Nutzer erhöhen.

Ansprüche der Gebäudenutzer

Weitere bedeutende Kriterien zur Bewertung einer Bauweise sind zum Beispiel die Bauteildicke, das Gewicht, die Bauzeiten und die nachträgliche Adaption veränderter Anforderungen. Diese Eigenschaften unterliegen keinen direkten gesetzlichen Anforderungen. Trotzdem kommt ihnen große Bedeutung bei der Auswahl einer Bauweise zu, da sie in direktem Zusammenhang zu den Baukosten, der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes stehen.

Nicht alle Kriterien behördlich geregelt

Technische und bauphysikalische Kriterien

Konstruktiv unterscheiden sich Bauteile in Leichtbauweise grundlegend von Massivbauteilen, was entsprechend andere bauphysikalische Eigenschaften und ein differentes bauphysikalisches Verhalten bedingt. Die leichtbauspezifischen Eigenschaften müssen verstanden werden, wenn die hohe Leistungsfähigkeit der Bauweise ausgeschöpft werden soll. Das Ergebnis ist ein sehr wirtschaftliches, qualitativ hochwertiges Gebäude mit überlegenen technischen und bauphysikalischen Eigenschaften.

Kenntnis der Besonderheiten von Bauweisen

Bauteil in Leichtbauweise	Bauteil in Massivbauweise
<p>Inhomogenes, zusammengesetztes, mehrschaliges Bauteil geringer Masse.</p> <p>Bauteil ist als System zu betrachten, das aus unterschiedlichen Baustoffen trocken montiert wird.</p> <p>Die bauphysikalischen und statischen Eigenschaften sind Systemeigenschaften, sie werden vom Aufbau des Bauteils, der Anschlussausbildung und den eingesetzten Baustoffen bestimmt.</p>	<p>Homogenes, monolithisches Bauteil mittlerer bis hoher Masse.</p> <p>Singuläres Bauteil vereinigt alle Funktionen.</p> <p>Masse, bauphysikalische und statische Eigenschaften des Bauteils werden von den eingesetzten Baustoffen (Rohdichte) und deren Dicke bestimmt.</p> <p>Bauphysikalische Verbesserungen der Eigenschaften erfolgen additiv.</p>

Leichtbauweisen erfüllen kombinierte Anforderungen

Grundlegende Unterschiede zwischen Leicht- und Massivbauteilen

Leichtbauweisen sind in besonderem Maße geeignet, kombinierte bauphysikalische Anforderungen wie Schall- und Brandschutz, Feuchte- und Wärmeschutz zu erfüllen. Je nach Wahl des Systems, der Unterkonstruktion, der Dämmstoffe und der Plattenwerkstoffe, können die geforderten bauphysikalischen Eigenschaften durch eine Vielzahl von Konstruktionen erreicht werden. Durch den zusammengesetzten Aufbau kann durch Ändern oder Hinzufügen eines Elementes, zum Beispiel einer weiteren Plattenbekleidung oder eines anderen Plattenwerkstoffes, eine verbesserte bauphysikalische Eigenschaft erreicht werden.

Leichtbausysteme können additiv eingesetzt werden

Leichtbausysteme können additiv zu bestehenden Konstruktionen eingesetzt werden, um deren Eigenschaften gezielt zu verbessern. Dies ist von besonderer Bedeutung bei Bauaufgaben der Nachverdichtung (Aufstockungen, Erweiterungen, Anbauten) und Veränderung bestehender Gebäude. Durch das geringe Gewicht können lastabtragende Bauteile, im Vergleich zu einem Ausbau mit massiven Systemen, wirtschaftlicher bemessen werden. Eine deutliche Massenreduzierung bei gleichzeitig besseren Schall- und Wärmeschutzeigenschaften lässt sich vor allem im Bereich Wandsysteme (Trennwände, Außenwände und Fassade) erzielen.

Behaglichkeitskriterien, Behaglichkeit im Leichtbau

Unter Behaglichkeit versteht man den Zustand des Wohlbefindens, der sich in Bezug auf das Klima eines Raumes bei einer den Raum nutzenden

Person einstellt. Die auf die Behaglichkeit einwirkenden Faktoren sind einerseits physikalisch erfassbar und messbar (Lufttemperatur, Temperaturen der Bauteiloberflächen, Feuchtigkeit, Bewegungsgeschwindigkeit der Luft u.s.w.), andererseits aber auch von der Tätigkeit der Person abhängig. Behaglichkeit in einem Aufenthaltsraum bedeutet maßgeblich ausgeglichene Temperaturen sowohl im Winter als auch im Sommer, eine relative Luftfeuchte im mittleren Bereich, keine oder nur geringe Luftbewegungen ohne Zugscheinungen sowie eine hygienisch gute Luftqualität. Die Behaglichkeitsanforderungen decken sich damit im Wesentlichen mit den hygienischen Anforderungen. Einflussgrößen auf die Einstellung eines behaglichen Raumklimas sind weiterhin das verwendete Heizungssystem (z. B. Flächenheizungssysteme), der Dämmstandard, das Lüftungssystem und die Lüftungsgewohnheiten. Unterstützt wird ein gutes Raumklima durch die Verwendung von ausreichend „klimatisierenden“, d. h. wärmespeichernden und feuchtepuffernden (sorptiven) Oberflächenmaterialien, wie Gipsplatten und Holzwerkstoffe. Im Nachfolgenden werden die Kriterien der Behaglichkeit von Gebäuden im Bezug auf den Leichtbau am Stand von Wissenschaft und Technik aufgezeigt.

Kriterien der Behaglichkeit

1.1 Wärmeschutz

1.1.1 Wärmedämmung

Ziele des Wärmeschutzes

Die Bedeutung des Wärmeschutzes hat im Laufe der letzten Jahrzehnte erheblich zugenommen. Die gesetzlichen Anforderungen sind seit den 1970er Jahren mehrmals angehoben worden. Ziel des Wärmeschutzes ist es, ein behagliches Raumklima sicherzustellen, die Baukonstruktion vor Bauschäden zu bewahren, den Verbrauch von Energie zur Beheizung zu reduzieren und nichtregenerierbare Ressourcen zu schonen.

*Reduktion der
Transmissionsverluste
im Neubau um 90 %*

In Österreich macht der Heizwärmebedarf ca. ein Drittel des gesamten Nutzenergiebedarfs aus. Hier liegt ein großes Potential zum Steigern der Energieeffizienz, zum Senken des CO₂-Ausstoßes und der Heizkosten. Durch die Reduktion der Transmissionsverluste über die Gebäudeaußenhülle lässt sich der durchschnittliche Heizwärmebedarf im Neubau zumindest um 90 %, im gesamten Gebäudebestand Österreichs langfristig um bis zu zwei Drittel senken. Damit wäre der heutige Standard für Neubauten um rund die Hälfte unterschritten.

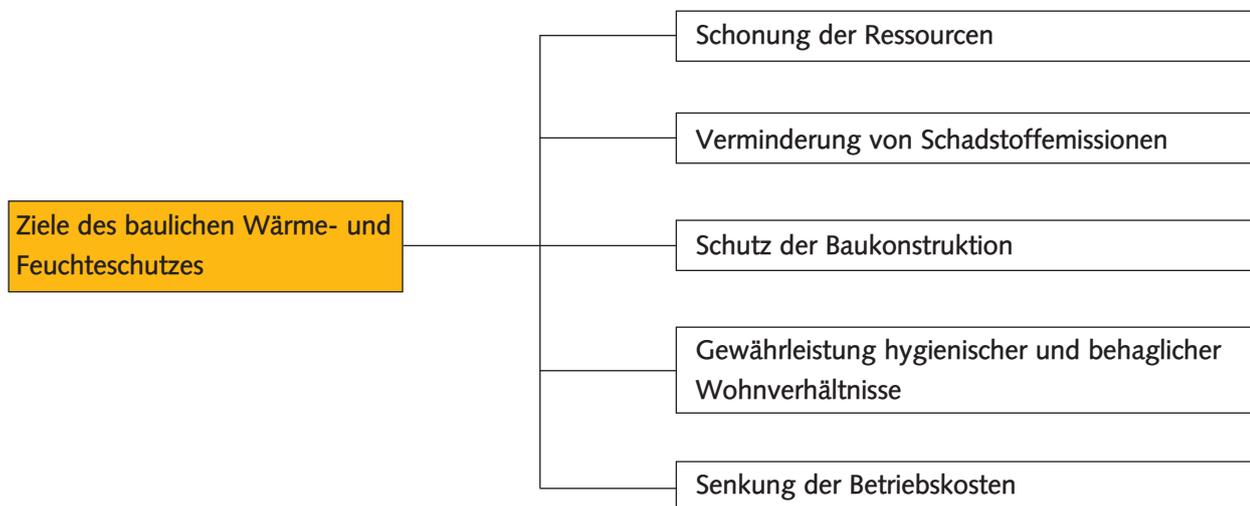


Abbildung 1.1.1: Ziele des baulichen Wärmeschutzes

Der Wärmeschutz eines Gebäudes ist primär abhängig vom mittleren Wärmedurchlasswiderstand der Gebäudehülle (Transmissionsverluste), der Luftdichtheit (Konvektionsverluste) und der Anordnung und Eigenschaften der transparenten Gebäudehüllflächen (Wärmestrahlungsverluste). Der Wärmedurchlasswiderstand von Bauteilen kann durch die

Wahl geeigneter Baustoffe und deren vorteilhafte Schichtung optimiert werden.

Die Wärmeleitung eines Baustoffes wird beschrieben durch die Wärmeleitfähigkeit λ in $\text{W/m}\cdot\text{K}$. Die Wärmeleitfähigkeit ist die wesentliche Ausgangsgröße für wärmeschutztechnische Berechnungen, den Wärmedurchlasswiderstand und für die Bewertung der wärmeschutztechnischen Qualität eines Materials. Ein Baustoff mit hoher Dichte, geringem Porenanteil und geschlossenem Gefüge ist ein guter Wärmeleiter. Zur Orientierung über die Größenordnung der Wärmeleitfähigkeiten von Baustoffen dienen folgende λ -Werte: Gute Wärmeleiter, wie z. B. Metalle, besitzen eine Wärmeleitfähigkeit größer 10 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$). Dichte Natur- und Kunststeine haben eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 1,0 und 6,0 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$). Die Mehrzahl der gängigen Baustoffe besitzen eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,1 und 1,0 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$). Wärmedämmstoffe haben Wärmeleitfähigkeiten in der Größenordnung von 0,040 bis 0,025 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$).

Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen als wesentliche Ausgangsgröße

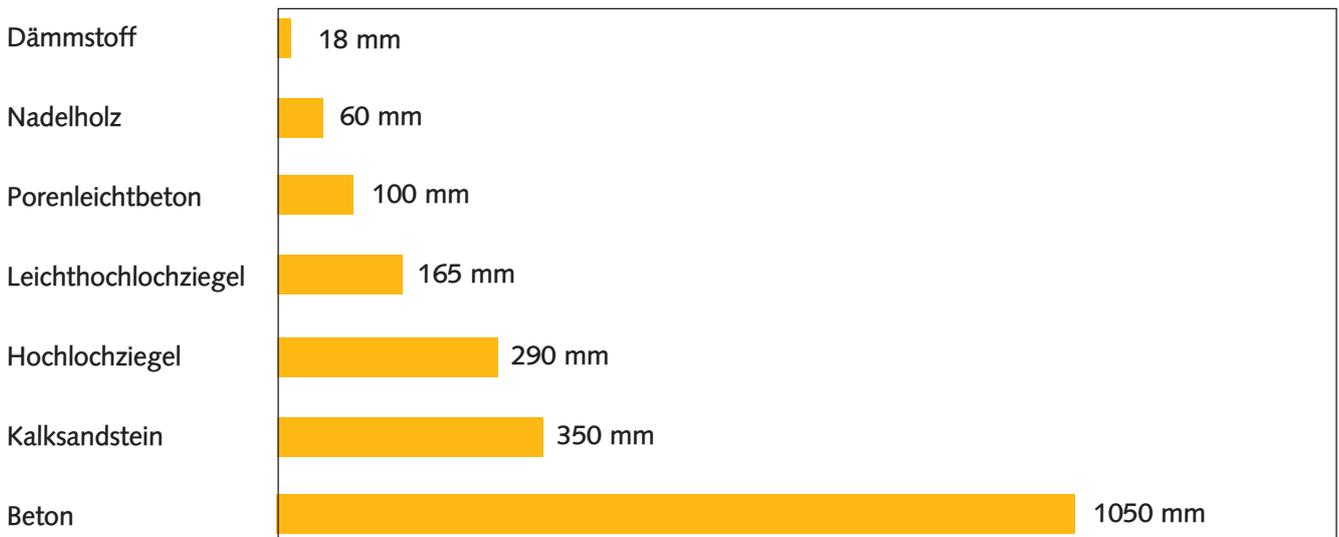


Abbildung 1.1.2: Äquivalente Bauteildicken bei gleichen Dämmeigenschaften. Zugrunde gelegte Wärmeleitfähigkeit in ($\text{W/m}\cdot\text{K}$): Dämmstoff 0,035; Nadelholz 0,13; Porenleichtbeton 0,20; Leichthochlochziegel 0,33; Hochlochziegel 0,58; Kalksandstein 0,70; Beton 2,1.

Wärmedämmung bei Leichtbauweisen integrativ

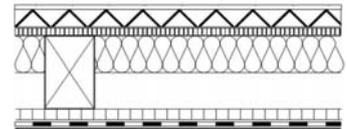
Die Wärmedämmung in Leichtbauweisen erfolgt in der Regel „integrativ“, das bedeutet beispielsweise im Holzbau eine Dämmebene liegt in der Ebene der tragenden Holzrahmenkonstruktion. Im Gegensatz erfolgt die Wärmedämmung bei Massivbauweisen „additiv“, das bedeutet sie muss zusätzlich auf der Mauerwerkswand oder Stahlbetonwand angeordnet werden. Daher sind zur Erfüllung der Wärmeschutzanforderungen im Leichtbau geringere Wändicken als im Massivbau notwendig.

*Niedrigenergiehaus schon heute
Standard*

Das Niedrigenergiehaus gehört heute gerade im Holzbau zum baulichen Standard. Der erhöhte Wärmeschutz bewirkt die Verringerung der Transmissionswärmeverluste und damit Heizenergieeinsparungen sowie höhere raumseitige Oberflächentemperaturen der Außenwände, wodurch ein behagliches Raumklima erreicht wird.

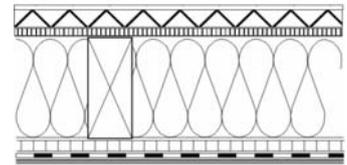
1972

U-Wert 0,54 W/m²K



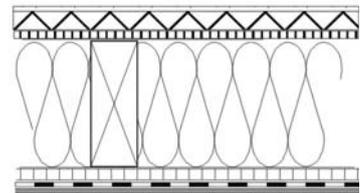
1982

U-Wert 0,28 W/m²K



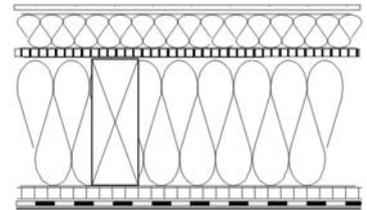
1992

U-Wert 0,28 W/m²K



2002

U-Wert 0,18 W/m²K



Passivhaus

U-Wert 0,10 W/m²K

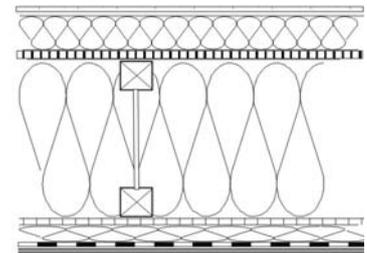


Abbildung 1.1.3: Entwicklung von durchschnittlichen Außenwänden im Holzrahmenbau im Laufe von 30 Jahren (in Anlehnung an Winter/Kehl 2003)

Die Entwicklung der durchschnittlichen U-Werte von Außenwänden verdeutlicht, dass die gesetzlichen Anforderungen für in Holzbauweise errichtete Bauwerke schon immer einfach zu erfüllen waren. Gleiche Entwicklungen und Standards sind auch bei Dächern und Decken zu unbeheizten Dachgeschossen zu verzeichnen. Die Eigenschaften des guten Wärmeschutzverhaltens erfolgt durch das „integrative“ Dämmkonzept mit einem geringen Flächenverbrauch der Konstruktion. In einem Einfamilienhaus mit ca. 150 m² Wohnfläche und einem U-Wert der Außenwände von 0,25 W/(m²K) ergibt sich im Vergleich zu Massivbauweisen ein Flächengewinn von ca. 10 m² (Massivbau: 240 mm Mauerwerk mit 140 mm WDVS).

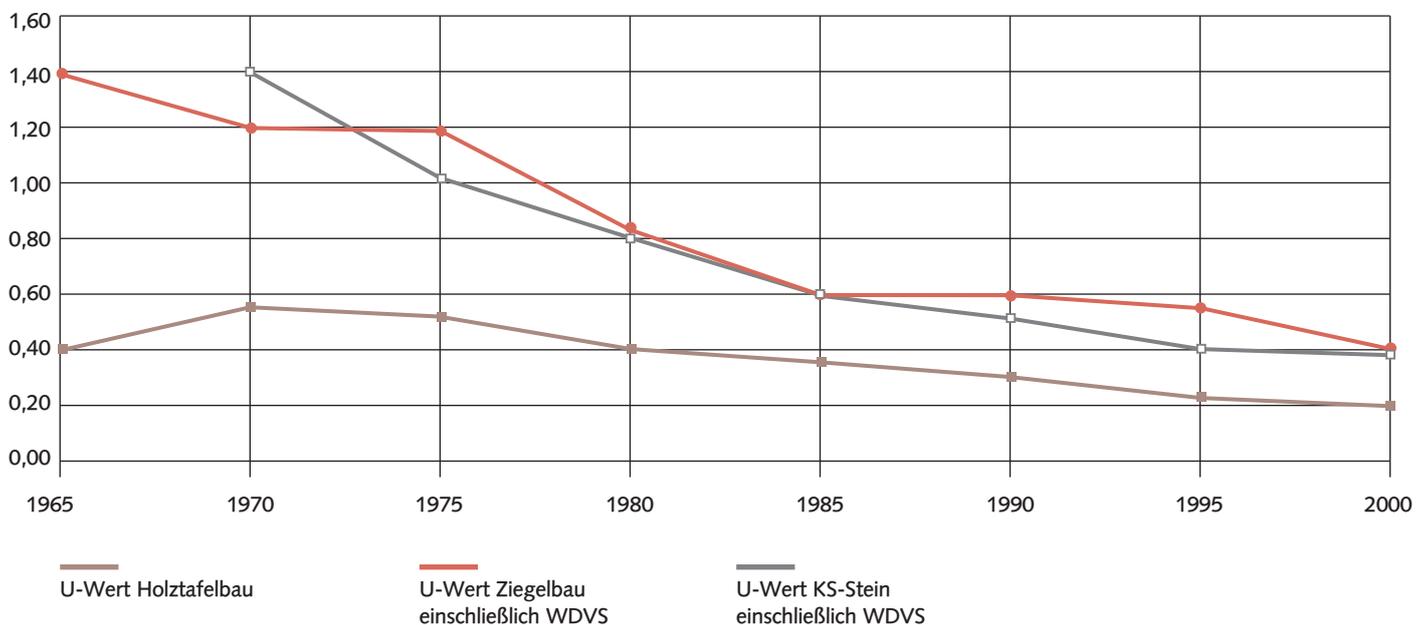
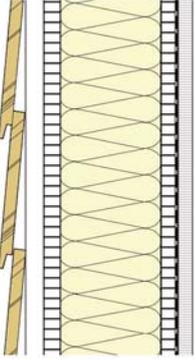
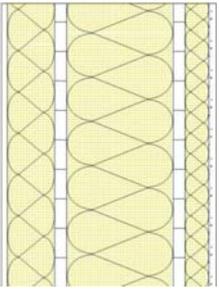
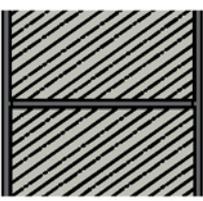
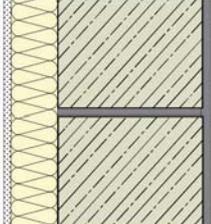


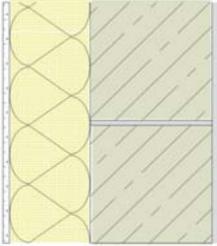
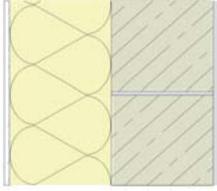
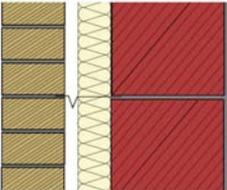
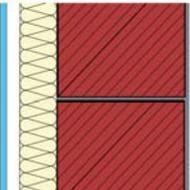
Abbildung 1.1.4: Entwicklung des Wärmeschutzes von Holztafel-, einschaligen Ziegel- und Kalksandsteinaußenwänden

In der nachfolgenden Tabelle sind die Dicke, der U-Wert, und das Gewicht verschiedener tragender Außenwandkonstruktionen dargestellt. Zudem sind die Kosten (Stand 11/2006) zueinander ins Verhältnis gesetzt. Neben dem vergleichsweise niedrigen Primärenergiegehalt der Holzbauwände ist der günstige U-Wert dieser Konstruktionen durch den dadurch bedingten geringeren Heizenergieverbrauch ein weiterer ökologischer Vorteil.

Schwerpunkt Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Tabelle 1.1.5: Bauteildicke, U-Wert, Kostenrelation und Primärenergiegehalt verschiedener tragender Außenwandkonstruktionen

Außenwand-konstruktion	Schichtenaufbau	Dicke [cm]	Rohdichte [kg/m ³] Gewicht [kg/m ²]	U-Wert [W/m ² K]	Kosten [%]
	<u>HOLZKONSTRUKTION</u> Stülpchalung, Lärche Unterkonstruktion Holzweichfaserplatte Holzständer, Mineralwollgedämmung Holzwerkstoffplatte, Dampfbremse Gipsbauplatte Dispersionsfarbe	2,00 2,50 2,50 20,00 2,00 1,25 -	600 600 300 50 700 900 -	0,19	100
	<u>HOLZKONSTRUKTION</u> Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Holzweichfaserplatte Holzständer, Mineralwollgedämmung Holzwerkstoffplatte, Dampfbremse Mineralwolle Gipskartonplatte	1,00 8,00 2,00 18,00 2,00 4,00 1,25	1800 85 300 50 700 50 900	0,10	144
	<u>EINSCHALIGE MAUERWERKSKONSTRUKTION</u> Außenputz (armiert, mineralisch) Porenbeton-Planblock GWP 2/0,5 Innenputz	2,00 36,50 1,50	1800 500 1200	0,40	98
	<u>MAUERWERK MIT WDVS</u> Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Ansetzmörtel Ziegel Innenputz	0,70 8,00 0,50 24,00 1,50	1100 85 2000 1400 1400	0,40	118

Außenwand-konstruktion	Schichtenaufbau	Dicke [cm]	Rohdichte [kg/m ³] Gewicht [kg/m ²]	U-Wert [W/m ² K]	Kosten [%]
	<u>MAUERWERK MIT WDVS</u> Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Ansetzmörtel Ziegel Innenputz	0,70 16,00 0,50 24,00 1,50 42,50	1100 85 2000 1400 1400 379	0,20	126
	<u>MAUERWERK MIT WDVS</u> Außenputz (armiert, mineralisch) Mineralwolle Ansetzmörtel Ziegel Innenputz	0,70 28,00 0,50 24,00 1,50 54,50	1100 85 2000 1400 1400 222	0,10	143
	<u>ZWEISCHALIGE MAUERWERKSKONSTRUKTION</u> Verblendmauerwerk Vmz 1,8 Luftschicht gem. DIN 1053 Mineralwolleplatte Hochlochziegel HLz 1,4 Innenputz	11,50 4,00 6,00 24,00 1,50 47,00	1800 - 100 1400 1200 520	0,41	170
	<u>ZWEISCHALIGE MAUERWERKSKONSTRUKTION MIT METALLBEKLEIDUNG</u> Aluminiumbekleidung Luftschicht + Unterkonstruktion Polyurethan-Hartschaumplatte Hohlblocksteine Hbl 6 Innenputz	1,50 3,50 6,00 30,00 1,50 42,50	2750 - 30 1000 1200 360	0,40	330

Bauteil	NE-Haus U-Wert [W/m ² K]	3-Liter-Haus U-Wert [W/m ² K]	Passivhaus U-Wert [W/m ² K]
Dach	0,19	0,15	0,10
Außenwand	0,21	0,17	0,10
Kellerdecke	0,29	0,25	0,10
Fenster/Tür	1,40	1,00	0,10

Tabelle 1.1.6: Typische U-Werte verschiedener Holzbauteile zu den einzelnen energetischen Standards.

*Luftdichtheit der Konstruktion von
enormer Bedeutung*

1.1.2 Luftdichtheit

Die Luftdichtheit einer Konstruktion ist für den Wärme-, Schall- und Feuchteschutz von Bedeutung. Kenngröße für die Luftdichtheit ist der sogenannte n₅₀-Wert, der die Anzahl der Luftwechsel des Gebäudevolumens je Stunde bei 50 Pascal Unter- oder Überdruck angibt. Je kleiner der n₅₀-Wert ist, desto geringer die Gefahr von Feuchteschäden in Außenbauteilen und desto besser ist der Wärme-, Schall- und Brandschutz (im Hinblick auf die Rauchdichtheit) der Konstruktion. Durch die verbesserte Luftdichtheit sinken die Lüftungswärmeverluste durch Leckagen.

Luftdichtheit als Qualitätskriterium

Die Messung der Luftdichtheit ist heute ein gängiges Qualitätskriterium. Untersuchungen zeigen, dass sich die Luftdichtheit von Holzbauten stetig verbessert hat [Geißler/Hauser 1996] [Hall/Hauser 2003]. Die Luftdichtheitseigenschaften von Gebäuden in Holzbauweise entsprechen denen von Gebäuden in Massivbauweise.

Der Nachweis der Dichtheit der Gebäudehülle erfolgt durch Messung gemäß ÖNORM EN 13829. Zur Erfüllung der Anforderung an die Dichtheit dürfen folgende Grenzwerte nach ÖNORM B 8110-1 für den Luftwechsel bei der Referenz-Druckdifferenz $\Delta p = 50$ Pa nicht überschritten werden:

Niedrigenergie-Gebäude:

$n_{50} < 3$ 1/h bzw. $n_{50} < 1,5$ 1/h (bei mechanischer Lüftung)

Niedrigstenergie-Gebäude:

$n_{50} < 0,6$ 1/h (bei Wärmerückgewinnung aus der Abluft)

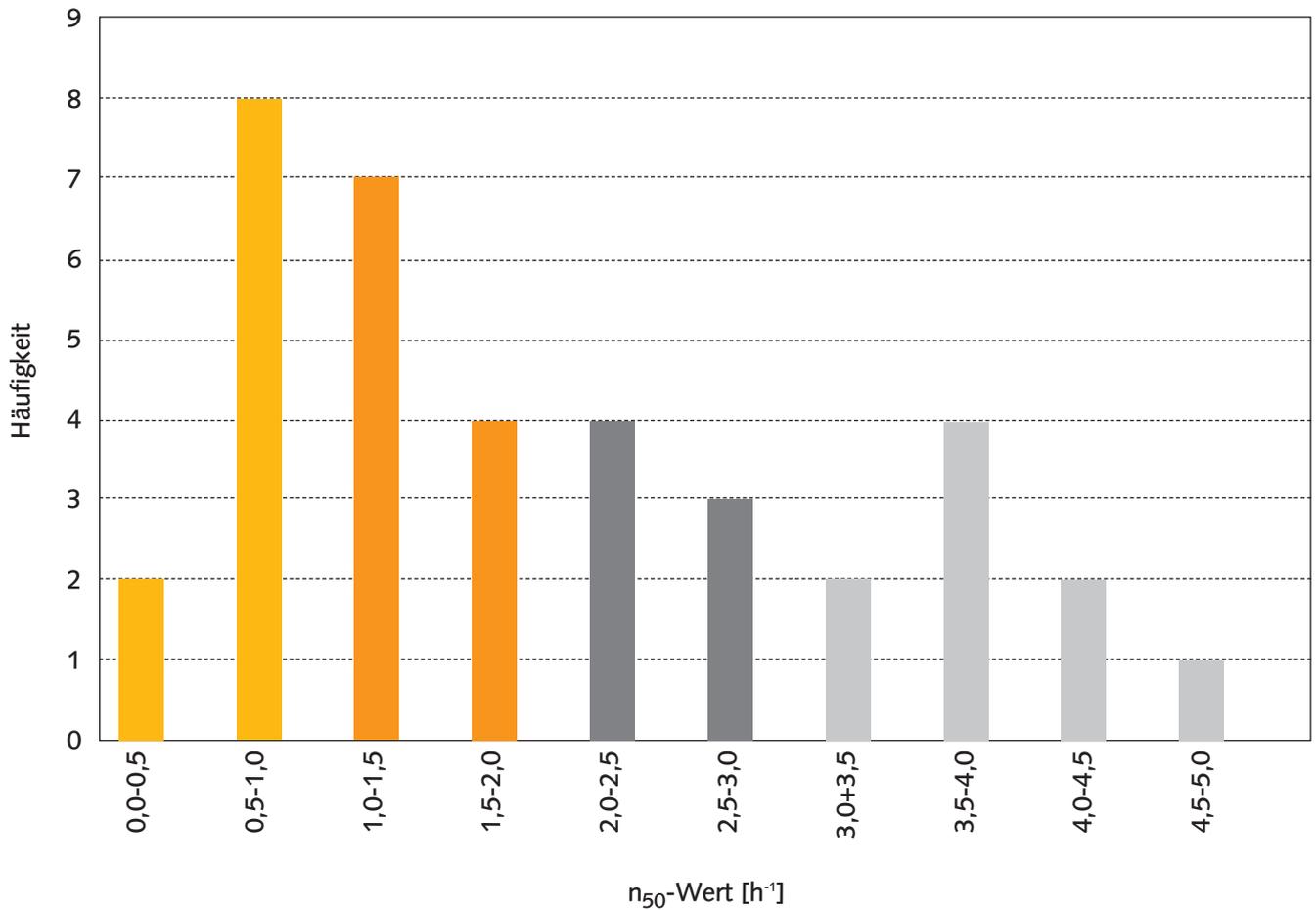


Abbildung 1.1.7: Häufigkeitsverteilung gemessener Luftdichtheit (n_{50} -Werte) von 37 Holzhäusern in Holzrahmenbauweise vor Bezug nach [11].

1.1.3 Wärmebrücken

Sowohl beim Energieverlust als auch bei der Vermeidung niedriger Oberflächentemperaturen spielen Wärmebrücken eine entscheidende Rolle. Im Bereich von Eckanschlüssen und Verbindungsstellen (geometrische Wärmebrücken), Bauteilfugen und Durchdringungen besteht durch Bauteile oder stehende Luftschichten mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit (stoffliche Wärmebrücken) sowie durch Undichtheiten (konvektive Wärmebrücken) die Gefahr zusätzlicher Wärmeabflüsse und niedriger, raumseitiger Bauteil-Oberflächentemperaturen während der Heizperiode. Wärmebrücken verursachen einen höheren Wärmestrom im Bereich der Wärmebrücke gegenüber dem übrigen Bauteil. Ein erhöhter Heizenergieverbrauch und die Gefahr der Tauwasserbildung sind die Folgen von Wärmebrücken. Man unterscheidet dabei:

Wärmebrückenfreie Konstruktionen

Drei Arten von Wärmebrücken

I Stoffbedingte (physikalische) Wärmebrücken entstehen durch einen Wechsel der Wärmeleitfähigkeiten innerhalb einer oder mehrerer Bauteilschichten. Liegen bei einem Bauteil Stoffe verschiedener Wärmeleitfähigkeiten nebeneinander, so bezeichnet man den Bereich der hohen Wärmeleitfähigkeit als Wärmebrücke. Typische Wärmebrücken dieser Klasse sind linienförmige Wärmebrücken, zum Beispiel Betonstürze in Mauerwerksaußenwänden, Stahlträger und Stützen in Außenwänden und punktförmige Wärmebrücken wie die Dämmebene durchdringende metallische Verbindungsmittel. Als besonders gravierend sind Durchdringungen der Außenhülle mit Stahl- oder Stahlbetonelementen zu bewerten.

I Geometrische Wärmebrücken entstehen, wenn die wärmeaufnehmende Bauteiloberfläche kleiner ist als die wärmeabgebende Bauteiloberfläche. Bei den geometrischen Wärmebrücken unterscheidet man wie bei den physikalischen Wärmebrücken zwischen

- linienförmigen geometrischen Wärmebrücken wie z. B. Außenwandecken oder Traufkanten und
- punktförmigen Wärmebrücken, bei denen die Wärmestromlinien, wie beispielsweise in Wand-Decken-Ecken oder bei Kragarmen, in alle drei Raumrichtungen verzerrt werden.

I Konvektive Wärmebrücken entstehen durch Undichtheiten (z. B. Bauteilfugen, Durchführung von Installationsleitungen etc.) in raumabschließenden Bauteilen, durch welche Wärmeenergie und Feuchtigkeit infolge konvektiver Mitführung von Luft transportiert wird (→ Luftdichtheit).

*Transmissionsverluste über
Wärmebrücken können bis zu
30 % betragen*

Die Auswirkungen von Wärmebrücken stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem U-Wert der Bauteile. Die Transmissionswärmeverluste über materialbedingte und geometrische Wärmebrücken können dabei 30 % betragen. Daher sind Wärmebrücken auch bei der Energiebilanzierung zu beachten. Weiterhin muss vermieden werden, dass im Bereich von Wärmebrücken die Oberflächentemperatur unter 12,6 °C absinkt. Hierbei wird der Entstehung von Schimmelpilzen vorgebeugt. Optimale Wachstumsbedingungen finden Schimmelpilze bereits bei einer relativen Luftfeuchte von 80 % vor.

*Je mehr Wärmedämmung, umso
wichtiger die wärmebrückenfreie
Konstruktion*

Die Begrenzung und Vermeidung von Wärmebrücken stellt nach den langjährigen Erfahrungen und wissenschaftlichen Untersuchungen [10] im Holzbau kein Problem dar. Bei raumüblichen Temperaturen und Feuchtigkeiten gibt es in Holzgebäuden kein Tauwasser an Innenoberflächen. Mit zunehmendem Dämmstandard (z. B. Passivhaus-Standard) nimmt die Bedeutung von Wärmebrücken im Hinblick auf die Transmissionsverluste zu. Bei einem Passivhaus ist es von besonderer Bedeutung, die Wärmebrückenwirkung des statisch notwendigen Holzanteils in der Wand- und Dachkonstruktion zu reduzieren.

Bei der Leichtbauweise hat sich gezeigt, dass unter Beachtung konstruktiver

Maßnahmen bei fachgerechter Wahl der Bauteilaufbauten und der Anschlüsse erreicht werden kann, dass die mit dem Außenmaß bestimmten Transmissionswärmeverluste alle Wärmebrückenverluste bereits enthalten. Ist dies der Fall, dann liegt definitionsgemäß eine im Ganzen „wärmebrückenfreie Konstruktion“ im Leichtbau vor. In diesem Fall kann die explizite Berücksichtigung von Wärmebrücken entfallen.

Als Kriterium des „wärmebrückenfreien Konstruierens“ hat sich die Anforderung $\Psi_a \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ etabliert. Erreicht man, dass der Maximalwert des Wärmebrückenverlustkoeffizienten immer unterschritten wird, so wird die Summe der zusätzlichen Wärmebrückenterme vernachlässigbar klein. Ein pauschaler Zuschlag auf den U-Wert (ΔU_{WB}) kann unter diesen Voraussetzungen entfallen.

Um die energetische Qualität hin zum Passivhaus zu entwickeln, haben sich im Leichtbau verschiedene Konstruktionsausbildungen entwickelt:

- Auftrennung der Funktionsebenen und Überdämmung der Tragkonstruktion z. B. durch gedämmte Installationsebenen innen oder Wärmedämmverbundsysteme außen
- Minimierung der Wärmebrücken durch weitgehende Entkoppelung der Innen- von der Außenseite z. B. durch den Einsatz von Holzstegträgern

Möglichkeiten der wärmebrückenfreien Bauweise

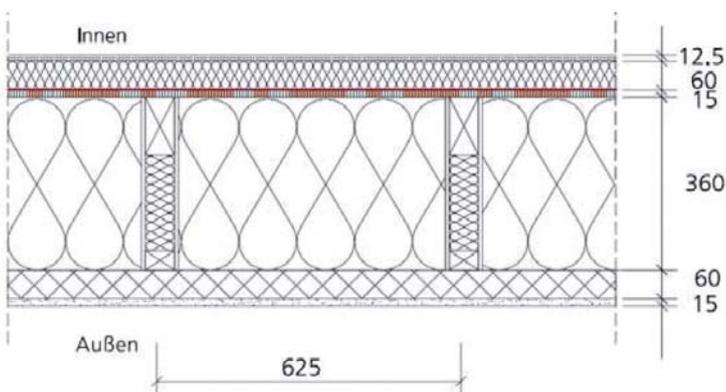


Abbildung 1.1.8: „Wärmebrückenfreier“ Außenwandaufbau in Holzbauweise, Putzträgerplatte/Platz außen, Beplankung innen mit Holzwerkstoffplatte als luftdichte Ebene, optional zusätzliche gedämmte Installationsebene innen mit Gipswerkstoffplatte beplankt.

$U_{Wand} = 0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, gerechnet mit Installationsebene innen und Putzträgerplatte außen.

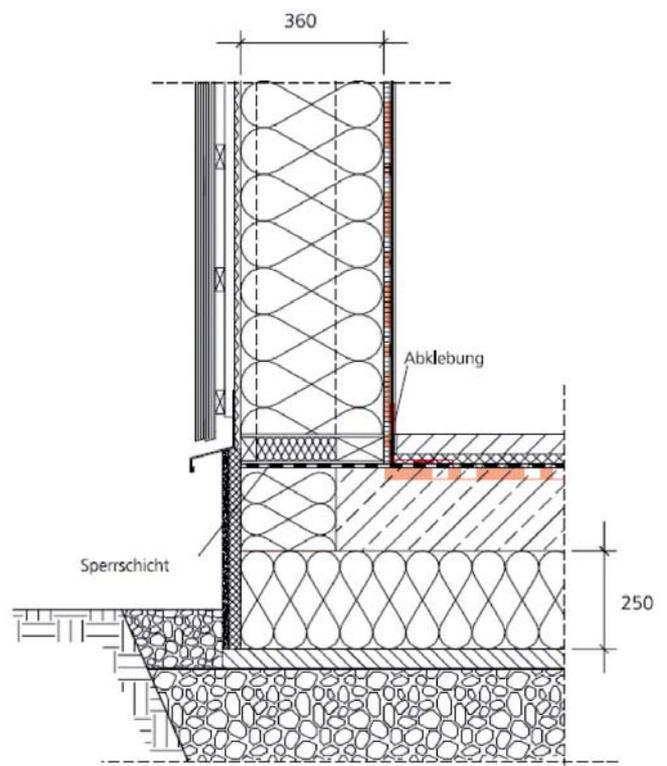


Abbildung 1.1.9: Prinzip eines „wärmebrückenfreien“ Anschlusses einer Außenwand an eine schwimmend auf der Dämmung angeordnete Bodenplatte. U_{Wand} und $U_{Bodenplatte} = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $\Psi_a = -0,031 \text{ W}/(\text{mK})$

Anmerkung: Dimensionierung der tragenden Konstruktion einschließlich Auflagerschwelle nach statischen Berechnungen.

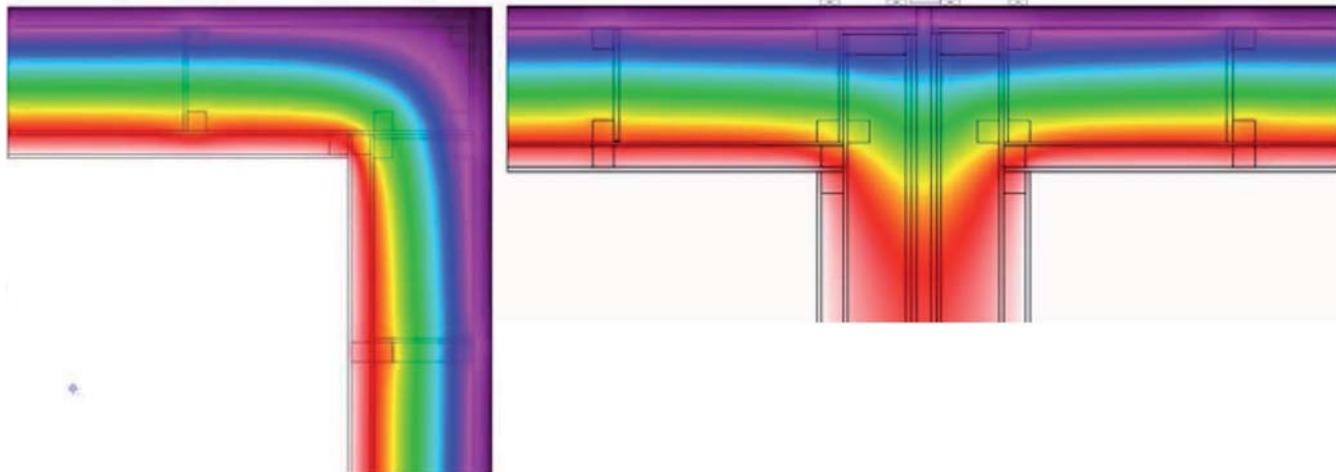


Abbildung 1.1.10: Exemplarische Isothermenverläufe hochgedämmter Außenwände in Holzbauweise (Außenwandecke und Gebäudetrennwand). Die raumseitige Oberflächentemperatur ist an keiner Stelle niedriger als 18,6 °C bei Innenraumtemperaturen von 20,0 °C und Außentemperaturen von -10 °C.

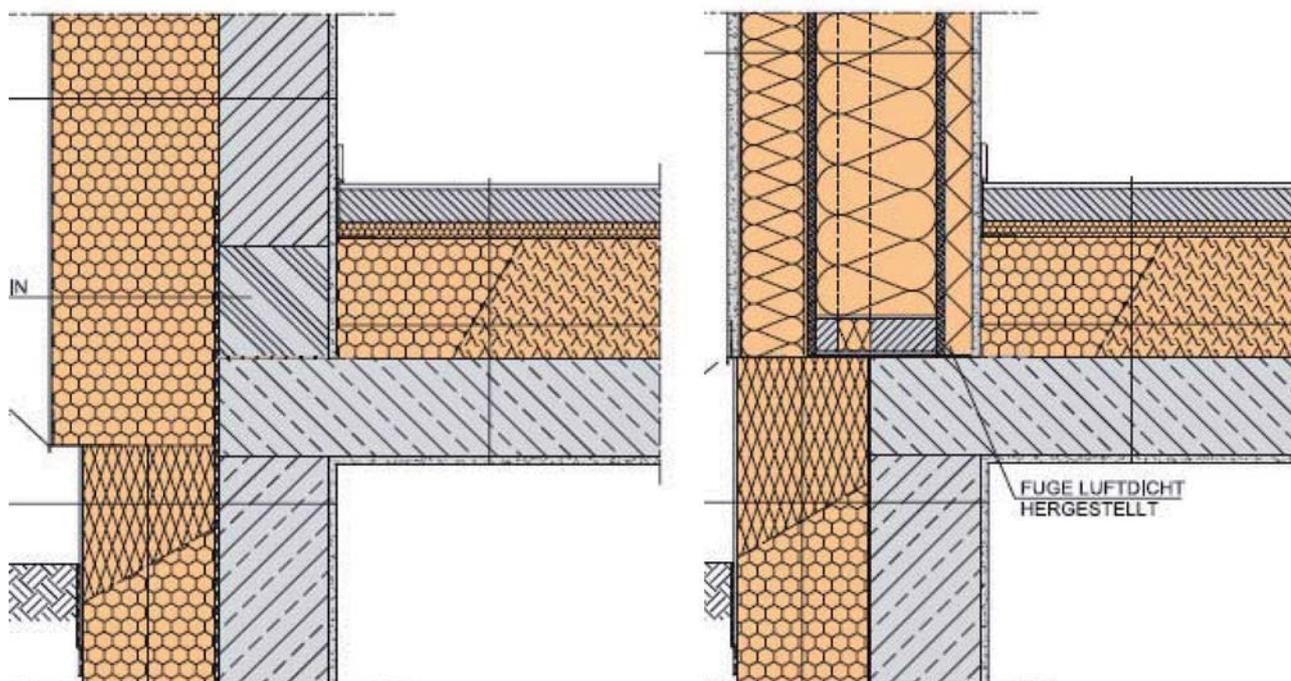


Abbildung 1.1.11: Vergleich von Anschlüssen eines Passivhauses, Anschluss Außenwand an Keller

1. Massivbau (d = 51,50 cm)

A Außenwand			Lambda	Rt-Wert
1		Deckschicht des WDVS		
2	30,0	Wärmedämmverbundsystem mit EPS-F	0,040	7,500
3	20,0	Wandbildner mit einem Lambda von	0,350	0,571
4	1,5	Innenputz		0,870
0,017				
			Summe Wärmedurchlasswiderstände	8,088
			Wärmeübergangswiderstände	0,170
			Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	0,121

1. Holzbau (d = 44,10 cm)

A Außenwand			Lambda	Rt-Wert
1		Deckschicht des WDVS		
2	12,5	Holzwolle-Mehrschichtdämmung	0,044	2,841
3	1,6	Holzwerkstoffplatte, diffusionsoffen	0,290	0,055
4		Box-Träger, außen 6 x 4 cm, innen 6 x 12 cm, Achsabstand 62,5 cm		
5	22,0	Wärmedämmung MW-W zwischen Trägern 91,00 %	0,039	5,133
6	1,5	Holzwerkstoffplatte als luftdichte Ebene	0,290	0,052
7	5,0	HW-Leichtbauplatte als gedämmte Installationsebene	0,090	0,556
8	1,5	Innenputz	0,870	0,017
			Summe Wärmedurchlasswiderstände	8,654
			Wärmeübergangswiderstände	0,170
			Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	0,113

1.1.4 Wärmespeicherung und Klimastabilität, sommerlicher Wärmeschutz

Schutz vor sommerlicher Überwärmung

Neben dem winterlichen ist der sommerliche Wärmeschutz für die Behaglichkeit in Gebäuden von hoher Bedeutung. Im Sommer kann es durch von außen kommenden Wärmeenergieeintrag zu erhöhten Wärmelasten in Räumen kommen. Da oftmals mit dem sommerlichen Wärmeschutz fälschlicherweise primär Speichermassen assoziiert werden, wird das physikalische Verhalten von Leichtbaukonstruktionen nachfolgend beschrieben.

Dabei werden die Innenraumtemperaturen im Sommer von vielen Randbedingungen beeinflusst. Die Wärmedämmung der Gebäudehülle, die Speichermassen, die Nachtlüftung, aber vor allem die Verschattungen sind die maßgebenden Faktoren. Die Temperaturverhältnisse unter einem hochgedämmten Dach sind zum Beispiel mit den überhitzten Wohnräumen unter alten Dächern mit geringer Dachdämmung nicht vergleichbar. Auch ohne direkte Sonnenbestrahlung können also die Bauteile aus diffuser und reflektierter Strahlung erhebliche Wärmemengen empfangen. Die Temperaturerhöhung der Raumluft in Gebäuden wird von folgenden Größen bestimmt:

- Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung (g-Wert)
- Größe und Orientierung der Fenster
- Sonnenschutz der Fenster (z. B. Markisen, Jalousien, Sonnenschutzverglasung)
- Lüftungsmöglichkeiten des Raumes, insbesondere Nachtlüftung
- Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile (auch der der innen liegenden Bauteile)
- Temperaturleitfähigkeit der Baustoffe in Außenbauteilen
- Phasenverschiebungsverhalten der Außenbauteile

Große Speichermassen sind bei gut gedämmten Häusern kein Schutz

Häufig werden große Speichermassen als Kennzeichen für energiesparendes Bauen aufgeführt. Dies ist, zumindest für gut gedämmte Häuser, irreführend. Die Untersuchungen [Hauser/Künzel 1987] haben bereits 1987 gezeigt, dass sich bei gedämmten Holzhäusern mit U-Werten der Außenwand von ca. $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und normaler Verschattung eine nur um $1,5 \text{ K}$ höhere Temperatur gegenüber der Innenraumtemperatur in einem vergleichbaren Massivbau einstellt. Konstruktionen mit so geringen U-Werten gibt es im Holzrahmenbau nicht.

Moderne Holzhäuser verfügen über einen verbesserten Wärmeschutz sowie ausreichende Speichermassen, um einen komfortablen sommerlichen Wärmeschutz zu gewährleisten. Estriche, Einbauten, Gipsbauplatten und massive Holzbauteile reichen aus, um die erforderlichen Behaglichkeiten im Sommer sicherzustellen.

Material	Wärmespeicherkapazität [J/kg K]
Wasser	4200
Nadelholz	2100
Kork, lose Zellulosefasern	1600
Pflanzliche Fasern, Textilfasern, Holzwolle Leichtbauplatten	1500
Polystyrol- und Polyuretan-Dämmstoffe	1480
Luft	1000
Anorganische Bau- und Dämmstoffe	1000
Normalbeton	1000
Mineralfaser	830
Aluminium	800
Sonstige Metalle	400

Abbildung 1.1.12: Wärmespeicherkapazität in J/kg K verschiedener Natur- und Baustoffe

Eine geringere Wärmespeicherfähigkeit, wie dies bei Leichtbauweisen gegenüber schweren Massivbauweisen der Fall ist, kann in Grenzen durch einen erhöhten Wärmeschutz kompensiert werden. Bei Massivwänden ist im Tag/Nachtrhythmus ohnehin nur eine Schicht von ca. 6 bis 10 cm speicheraktiv [RWE-Handbuch], und zwar mit abnehmendem Temperaturniveau von der Oberfläche ins Wandinnere. Bei den geringen Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht in gut gedämmten Häusern halten sich die Speichermöglichkeiten zusätzlich in Grenzen und werden überschätzt, vor allem, wenn man zusätzlich die Einrichtung des Gebäudes (Möbiliar, Treppen, Estriche u.s.w.) in die Betrachtung einbezieht. Weiterhin können große Wandschränke, dicke Teppiche oder abgehängte Decken mit Dämmstoffauflagen die Wärmespeicherfähigkeit dahinter liegender massiver Bauteile erheblich reduzieren.

Speichermöglichkeiten vielfach überschätzt

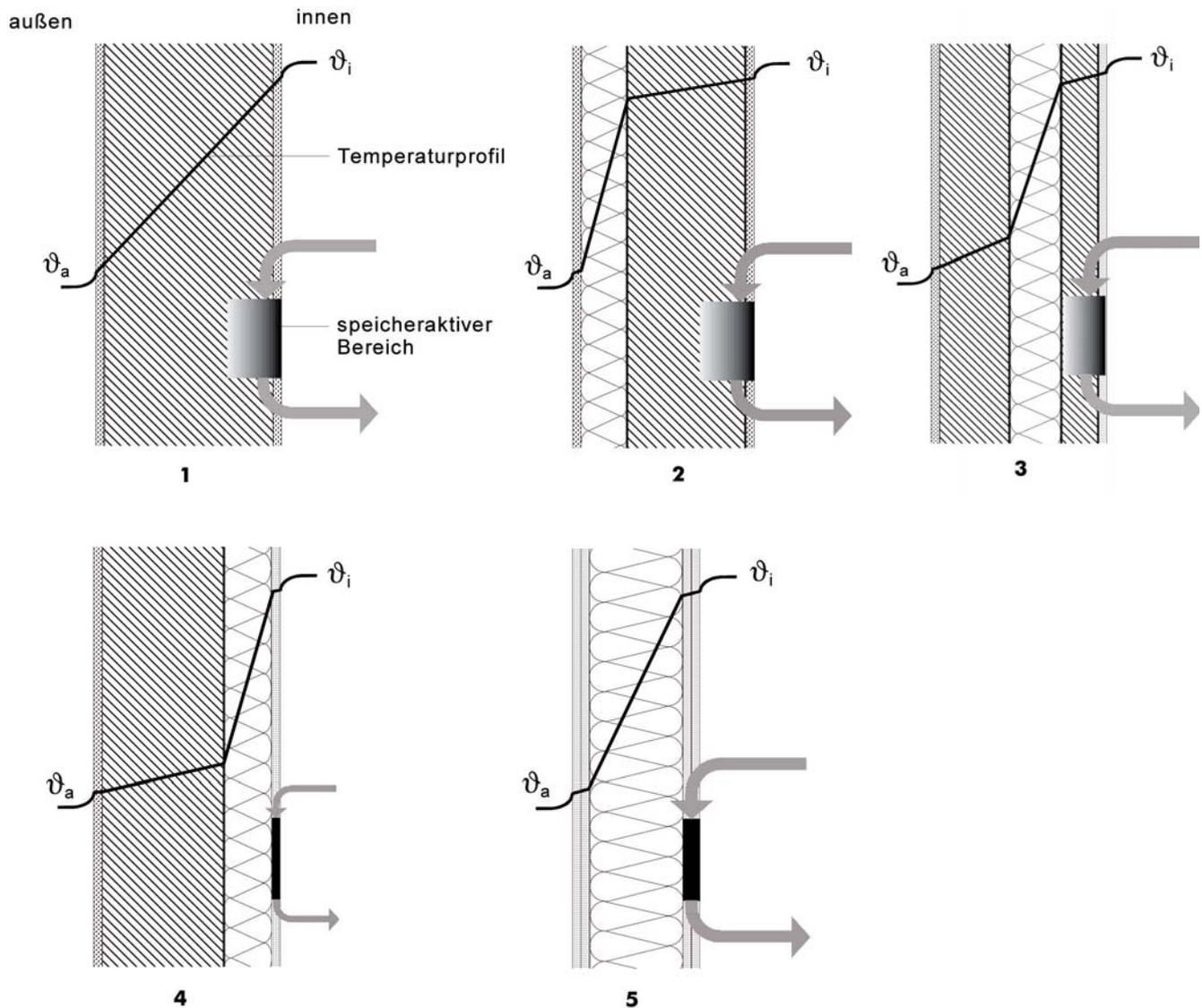


Abbildung 1.1.13: Speicherwirkung von Wänden in Abhängigkeit vom Wandaufbau

1. Monolithisch gedämmte Wände

Die Wärmespeicherfähigkeit monolithischer Wände ist auf die ersten 8–10 cm begrenzt. Die theoretische Speicherkapazität kann nicht genutzt werden.

2. Außengedämmte Wand

3. Kerngedämmte Wand

Die Speicherfähigkeit wird maßgeblich durch die Lage der Dämmschicht bestimmt. Speicheraktiv ist nur der Bereich vor der Dämmebene.

4. Innengedämmte Wand

Raumseitige Dämmschichten begrenzen die Speicherfähigkeit auf die raumseitige Bekleidungsschicht, ermöglichen jedoch eine schnelle Temperierung des Raumes.

5. Gefachgedämmte Wand

Die Speicherfähigkeit solcher Wände wird maßgeblich durch die raumseitigen Plattenwerkstoffe und durch die Ständer (Material und Ständeranteil) bestimmt.

Weist ein Bauteil Wärmedämmschichten auf, so werden naturgemäß nur jene Schichten zur Speicherfähigkeit beitragen, die zwischen beheiztem Innenraum und der Dämmschicht angeordnet sind. Eine außen liegende Dämmschicht einer Außenwand vergrößert beispielsweise die Wärmespeicherfähigkeit und dient dem Temperatenausgleich im Inneren, verringert aber die Aufheizgeschwindigkeit temporär genutzter Räume. Eine innen liegende Dämmschicht verringert zwar die Speicherkapazität, ermöglicht aber eine raschere Temperierung der Räume und erzeugt höhere Innenoberflächentemperaturen.

Entscheidend ist, wo die Wärmedämmung angebracht wird

Auch in massiven Gebäuden mit abgehängten Deckensystemen oder schwimmenden Estrichen lassen sich die Speichermassen der Rohbaukonstruktion nur in geringem Umfang aktivieren. Der Verzicht auf abgehängte Decken, z. B. durch Bauteilaktivierungssysteme, bedeutet Einschränkungen in der Raumakustik durch die schallharten Betonoberflächen sowie eine eingeschränkte konstruktive und gestalterische Veränderbarkeit der Unterdecke. Flächenbündige Beleuchtungssysteme müssen vorab mit einbetoniert werden und wirken dann als Restriktion bei nachträglichen Raumveränderungen. Abgependelte Leuchtensysteme orientieren sich an den Stromauslässen in der Rohdecke, um eine gestalterisch unbefriedigende Elektroinstallation über die Deckenfläche zu verhindern. Additive funktionale Unterdeckenelemente sowie die Nachintegration von gebäudetechnischen Elementen sind unter speicheraktiven sichtbaren Rohdeckensystemen nur begrenzt und unbefriedigend möglich.

Beim Auskühlen spielt das Verhältnis der Wärmespeicherfähigkeit Q zur Wärmedurchlasszahl Λ eine Rolle. Je größer der Wert Q/Λ ist, desto länger dauert die Auskühlung. Bei geschichteten Wandaufbauten wird die Auskühlung verzögert, wenn die Wärmedämmschicht an der äußeren Wandoberfläche angeordnet wird.

Auskühlen von Gebäuden

$$\frac{Q'}{\Lambda} = \frac{c \cdot \rho \cdot s^2}{\Lambda}$$

Bei Gebäuden mit großer Masse (Massivbauweise) und trægern Heizungssystem wird eine Veränderung der gewünschten Temperatur erst mit größerer zeitlicher Verzögerung erreicht. So entstehen in Massivhäusern häufig „Wärmeüberhänge“, wenn die Nutzer die Wärme nicht mehr benötigen. Die Bauteile geben verzögert über einen längeren Zeitraum die aufgenommene Wärme, vorwiegend über Wärmestrahlung, an die Innenräume ab. Gerade bei Gebäuden mit temporärer Nutzung, z. B. durch Berufstätigkeit nicht kontinuierlich genutzten Wohnungen, wird Heizenergie in der Anheizphase auf diese Weise nutzlos aufgewendet. Bauwerke mit geringer Masse und gleichzeitig geringen Aufheizzeiten („flinke Heizungssysteme“) lassen sich in kurzer Zeit auf die gewünschte Raumtemperatur einstellen.

Zeitverzögerung bei der Wärmeaufnahme und Wärmeabgabe berücksichtigen

Wesentlich ist der Anteil transparenter Bauteile

Als grundsätzliches Planungskriterium muss die Wärmeenergie am Eindringen gehindert und eingedrungene Wärmeenergie wieder abgeführt werden. Entscheidend für das Aufheizen ist primär der Anteil transparenter Bauteile (z. B. Verglasungen) und deren Ausrichtung. Ein wesentlicher Einflussfaktor unabhängig von der Bauweise – ob Massiv- und Holzbau – ist der Sonnenschutz der süd- und westorientierten verglasten Flächen, da die direkte Sonneneinstrahlung unabhängig von der Bauweise die primäre Quelle der Wärmelasten darstellt.

Mit steigendem Wärmeschutzniveau sinken die Sommertemperaturen im Raum auf ein behagliches Maß. Die Simulation eines Einfamilienhauses zeigt, dass bei zunehmendem Wärmeschutz die Temperaturüberschreitungen immer seltener und schwächer ausfallen (Tab. 4, Hauser 2001). Auch gesammelte Bewohnererfahrungen zeigen, dass die Behaglichkeit und das Raumklima in Holzgebäuden auch im Sommer durchweg positiv beurteilt werden [Bayern 2001].

Intelligente Schichtung von Bauteilen in Leichtbauweise kompensiert geringe Masse

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen zeigen, dass der sommerliche Wärmeschutz nur bedingt mit der Speicherfähigkeit der Bauteile gleichgesetzt werden kann. Die in der Praxis üblichen Nachweisverfahren sind dabei nicht auf geschichtete Leichtbauweisen zu übertragen, da sich bei einer Veränderung der Schichtenfolge das gleiche Temperaturamplitudenverhältnis ergibt. Untersuchungen zeigen, dass intelligent geschichtete Bauteile in Leichtbauweise die geringere Masse kompensieren.

Es zeigt sich, dass zur Optimierung des sommerlichen Wärmeschutzes von Außenbauteilen bei außen liegenden Schichten, d. h. der Dämmstoffe, die Wärmeleitfähigkeit und bei den innen liegenden Schichten, z. B. Gipsplatten, die Wärmespeicherfähigkeit eine wichtige Rolle spielt. Die Wärmespeicherfähigkeit einer Schicht hat also von innen nur bis zu einer bestimmten materialabhängigen Grenzdicke einen Einfluss auf die Temperaturdämpfung, darüber hinaus spielt die Wärmespeicherfähigkeit einer Materialschicht keine Rolle mehr.

Bedeutsamer als Bauweise sind Orientierung, Größe, energetische Qualität und Verschattungsmöglichkeiten von Fensterflächen

Richtig konzipierte Außenwände und Dachkonstruktionen in Leichtbauweise führen somit nicht zum Aufheizen des Gebäudes. Durch die richtige Schichtenanordnung der Funktionselemente an der Außenwand ist hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes mit den derzeit möglichen Regelausführungen wie auch in Massivbauten ein entsprechendes Wohnklima zu erhalten. Im Durchschnitt liegen die Temperaturen um 0,6 bis 1,2 °C über den Werten von Massivbauwerken. Von weit entscheidender Bedeutung für das Raumklima sind die Orientierung, Größe und energetische Qualität sowie Verschattungsmöglichkeiten von Fensterflächen. Schon durch die solare Einstrahlung einer kleinen Glasfläche von ca. 2,5 m² sind die erwarteten Bauteileffekte messtechnisch nicht mehr erkennbar.

Die Prioritäten in der Planung sind in der Reihenfolge der Wichtigkeit folgender Einflüsse zu setzen:

Prioritäten in der Planung

- Größe der möglichen Einstrahlungsintensität (durch Glasflächen) in den Raum reduzieren (Raumgeometrie, Entwurf, Verschattungsmaßnahmen)
- Größe der Heiz- und Kühlquellen im Raum optimieren (interne Wärmequellen im Sommer minimieren, Einsatz kombinierter Heiz-Kühlsysteme)
- Größe der Luftwechselzahl in Verbindung mit der Außenluft auf die Innen-/Außenklimaverhältnisse anpassen (→ Nachtlüftung)
- Größe der Wärmedurchgangszahl und der Speicherfähigkeit in Verbindung mit der Strahlungstemperatur durch die richtige Bauteilschichtung optimieren

Die sachgerechte Entscheidung für eine Bauart wird durch eine Vielzahl von Gesichtspunkten bestimmt, u. a. Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Integration von Installationen und die Veränderbarkeit, dass sich die Bauweise an sich ändernde Nutzungsbedürfnisse anpasst. Bei der Entscheidung für eine Leicht- oder Massivbauweise spielt die Frage des sommerlichen Wärmeschutzes keine Rolle.

Wärmespeichern ohne Masse im Leichtbau

Bei der Raumkonditionierung leichter Gebäude mit einer geringen flächenbezogenen Masse eignen sich im Besonderen Strategien in Kombination mit dem Einsatz von Latentwärmespeichermaterialien (PCMs).

Einsatz von Latentwärmespeichern

Das Funktionsprinzip eines PCM basiert auf der Ausnutzung seines Phasenwechsels: Wird einem festen PCM Wärme zugeführt, so ändert dieser bei Erreichen der Schmelztemperatur seinen Aggregatzustand von fest zu flüssig. Dabei wird Wärmeenergie aufgenommen und der Raumumgebung entzogen, die dann dem Raum zur weiteren Erwärmung nicht mehr zur Verfügung steht. Im umgekehrten Phasenwechsel von flüssig zu fest wird die eingespeicherte Wärme wieder abgegeben. Der Phasenwechsel verläuft bei nahezu konstanter Temperatur. Damit besteht die Möglichkeit große Energiemengen bei gleich bleibender Temperatur zu speichern, Temperaturamplituden zu glätten und Wärmespitzen zu verhindern.

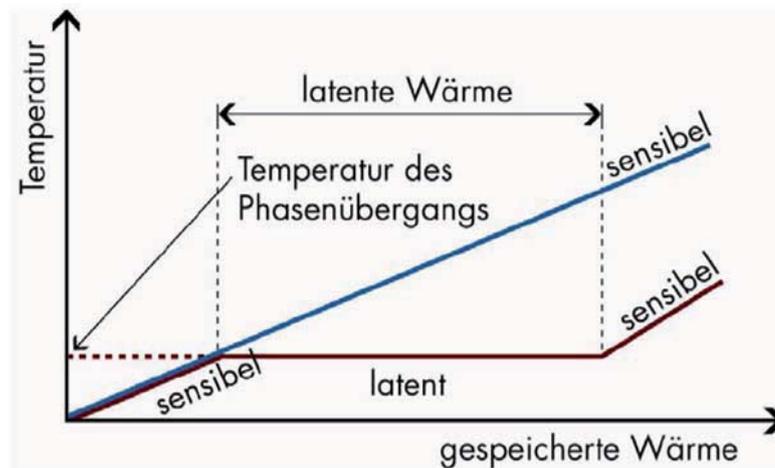


Abbildung 1.1.14: Wirkprinzip von Latentwärmespeichermaterialien

Der Vorteil der Speicherung beim Phasenübergang liegt in einer um etwa 10- bis 20-fach größeren Speicherdichte im Vergleich zu konventionellen Wärmespeichern über „Masse“ von Wänden und Decken im Massivbau sowie der Einspeicherung bei konstanter Temperatur. Die hohe Speicherdichte reduziert das notwendige Speichermaterial und erhöht die Speicherleistung, da die Eindringtiefe um ein Vielfaches geringer ist. So kann das thermische Verhalten insbesondere im Holzbau im Sommer wesentlich verbessert werden. Die eingespeicherte Wärmeenergie muss wieder entladen werden, beispielsweise durch Nachtlüftung. In der Praxis ersetzt ein Dämmstoff oder eine Gipskartonplatte, die mit PCMs versetzt sind, die Speicherfähigkeit einer Mauerwerks- oder Betonwand.

Äquivalente Speicherkapazitäten von 5700 kJ (Temperaturerhöhung um 10 °C)



24 cm	33 cm	37 cm	2 cm
Beton	Mauerwerk	Holz	PCM

Das zurzeit attraktivste Einsatzgebiet von Latentwärmespeichermaterialien ist der Bereich der passiven Klimatisierung von Gebäuden. Durch den Einsatz von PCM scheint hier eine Reduktion des Primärenergiebedarfes in Gebäuden in Leichtbauweise theoretisch in einer Größenordnung von 80 %, praktisch und zeitnah in einer Größenordnung von 65 % möglich und auch wirtschaftlich.

Vor allem in leichten Gebäuden mit einer geringen Speichermasse wird das Wärmeklima in den Behaglichkeitsbereich verschoben und die Temperaturen um bis zu 6 K reduziert. Sinken die Raumlufttemperaturen unter den PCM-spezifischen Schmelzbereich (in der Regel zwischen 21 und 23 °C) beginnt der Verfestigungsprozess bei Paraffinen und bei Salzhydraten der Kristallisationsprozess. Dabei wird die vorher aufgenommene Wärmeenergie an die Umgebungsluft abgegeben und das PCM regeneriert sich für eine erneute Energieaufnahme. Die Vorteile des Einsatzes von PCM im Leichtbau gegenüber konventionellen aktiven Konditionierungssystemen sind weiterhin, dass keine Zugluft durch Gebläse oder Ventilation und keine Geräuschemissionen durch Luftströmungen entstehen. Durch den geringen Platzbedarf wird die Raumnutzung nicht eingeschränkt.

PCMs ersetzen Gebläse oder Ventilatoren; keine Zugluft, keine Geräusche

Zu einer effizienten Umsetzung der in den vergangenen Jahren entwickelten Theorien und Produkte ist es notwendig, die unterschiedlichsten Eigenschaften von Latentwärmespeichermaterialien, auch im Verbund mit den oberflächennahen Baustoffen und raumauskleidenden Materialien, zu erfassen. Hierbei sind folgende Kriterien von Bedeutung:

- Phasenübergangstemperatur und gespeicherte Wärmemenge
- Reproduzierbarkeit des Phasenübergangs
- Wärmeleitfähigkeit

Speziell die einheitliche Darstellung der gespeicherten Wärmemenge wurde seit Jahren international intensiv diskutiert.

Die gespeicherte Wärmemenge wird gewöhnlich als Schmelzenergie bei einer definierten Schmelztemperatur dargestellt. Dies ist jedoch bei den meisten PCMs nicht möglich, da sie einen Schmelzbereich in Breite einiger Kelvin aufweisen, welcher mit den Temperaturänderungen bei Anwendung zur Gebäudeklimatisierung verglichen werden kann. Die vereinfachte Annahme eines Schmelzpunktes führt so zu signifikanten Fehlern bei der Auslegung von Klimatisierungssystemen auf PCM-Basis. Da wurde in einem ersten Schritt zunächst nach einer technisch ausreichend genauen, aber auch den Nichtspezialisten verständlichen Methode der Darstellung der Wärmespeicherfähigkeit gesucht. Die Lösung ergab sich in der Darstellung als gespeicherte Wärmemenge in festen Temperaturintervallen. Abbildung 1.1.15 zeigt als Beispiel den Vergleich eines typischen PCM mit einem Material mit einer Wärmekapazität von $2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ jeweils in Intervallen von einem Kelvin. Aus dieser Grafik lassen sich für beliebige Bereiche der Anwendungstemperatur die gespeicherten Wärmemengen einfach ablesen. So würde z. B. im für die Gebäudeklimatisierung wichtigen Temperaturbereich von 23,5 °C bis 26,5 °C, obiges PCM 39 J/g speichern, im Vergleich zu 6 J/g im Falle der sensiblen Wärmespeicherung (Wärmespeicherung über die Speicherfähigkeit massiver Baustoffe).

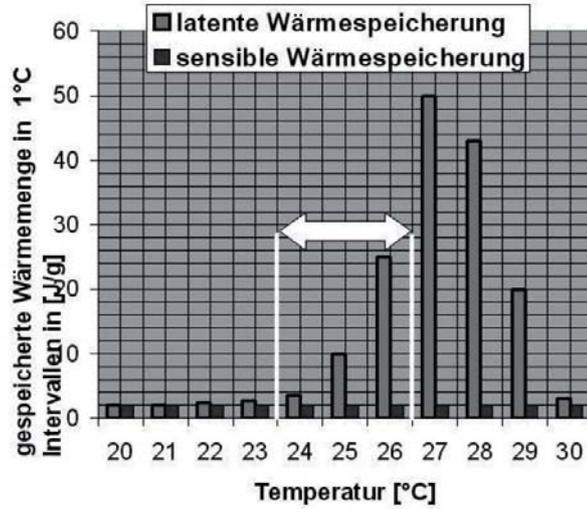


Abbildung 1.1.15: Darstellung der gespeicherten Wärmemenge unabhängig von der Wahl des Schmelzpunktes und der Integrationsgrenzen.

Der Einsatz von PCMs erfolgt zurzeit auf verschiedenste Arten. So erreichen in abgehängten Deckenkonstruktionen eingelegte Kühlkissen eine mittlere passive Kühlleistung von 30 Watt/m^2 . Das entspricht in etwa der Leistung einer Betonkernaktivierung. Dabei erweist sich das System als ausgesprochen wirtschaftlich. Durch diese Form der passiven Kühlelemente, können die wirtschaftlichen und ökologischen Nachteile von Klimaanlage kompensiert werden. Dabei sind diese Systeme wartungsfrei und erreichen nach derzeitigem technischen Stand eine durchschnittliche Lebensdauer von über 25 Jahren.

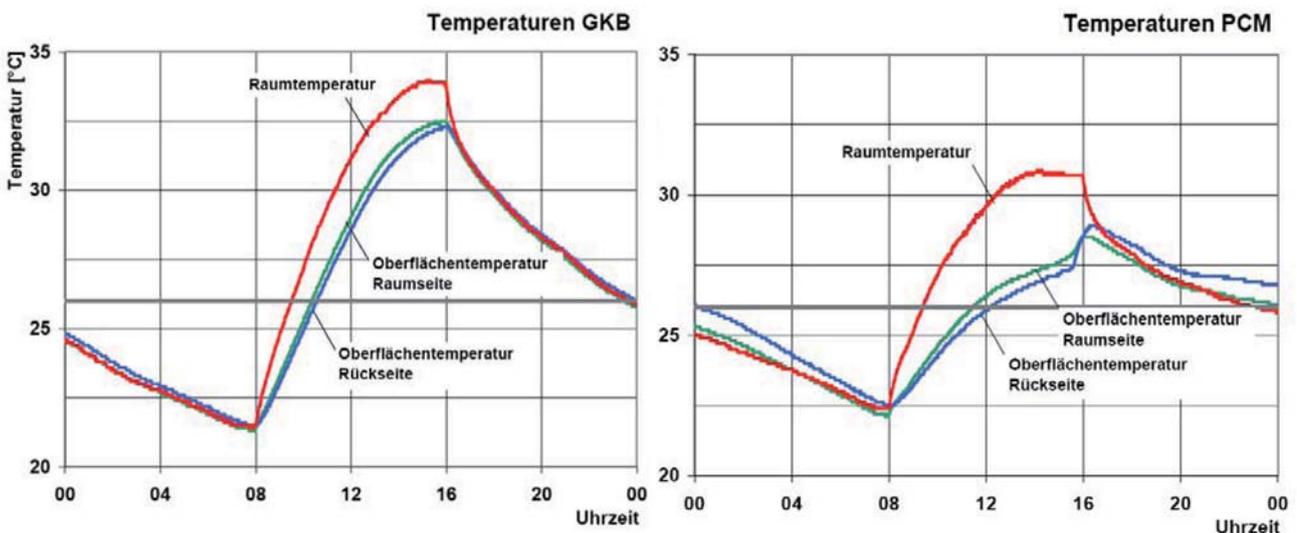


Abbildung 1.1.16: Vergleich der Innenraumtemperaturen eines Wohnhauses in Leichtbauweise, bei dem die Innenraumbekleidungen aus Gipsplatten (GKB) mit und ohne PCM ausgerüstet wurden (Knauf/ZAE).

Für eine maximale Leistung muss die Wärmeabgabe durch ein natürliches Nachtlüftungskonzept sichergestellt werden. Dann wird die eingespeicherte Wärme nachts abgeführt und das PCM steht am Folgetag zur erneuten Wärmespeicherung in vollem Umfang zur Verfügung. Extreme Wärmelasten, wie beispielsweise direkte Sonneneinstrahlung, können mit PCMs nicht ausreichend aufgenommen werden. Dies gilt entsprechend auch für massive Speichermassen.

PCM in Kombination mit Nachtlüftungskonzept

Die Anwendungen im Leichtbau sind vielfältig. PCMs werden in unterschiedlichen Formen derzeit eingesetzt. Neben der Integration von mikroverkapselten Paraffinen in Gipsbauplatten (Gipsfaserplatten und Gipskartonplatten) für Wandbekleidung, Unterdeckensysteme und Trockenestrichsysteme werden derzeit weitere Formen der Verkapselung entwickelt sowie als Additive für nahezu alle Baustoffe eingesetzt.

Vielfältige Anwendung von PCM im Leichtbau

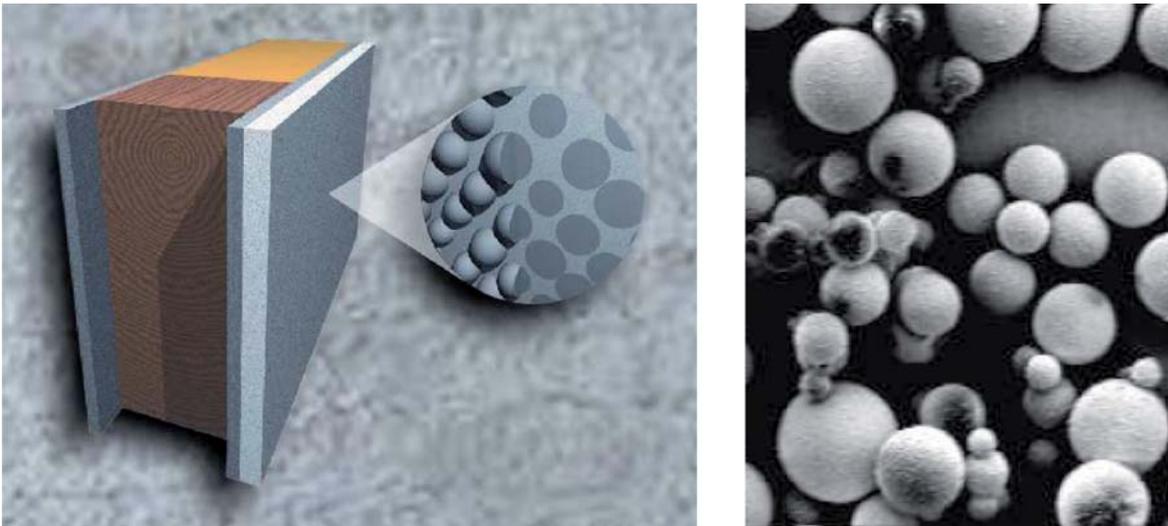


Abbildung 1.1.17: Einsatzbereich von PCM im Holzbau mit mikroverkapselten Paraffinen in Gipsplatten.

1.1.5 Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

In Bezug auf die nachhaltige Entwicklung im Bereich Energie hat sich die europäische Gemeinschaft in Erkenntnis der Notwendigkeit einer ressourcen- und energieeffizienten Politik folgende Ziele gesetzt:

Zur Sicherung der Energieversorgung

- EU-Staaten müssen energieeffizienter werden: Sicherheit der Energieversorgung (ausländische Abhängigkeit bei 70 %) bis 2030
- Verbesserung der Energieeffizienz und Senkung der Energieintensität um einen Prozentpunkt pro Jahr (Aktionsplan zur Verbesserung der Energieeffizienz)

Gebäuderichtlinie EPBD

■ EU Gebäuderichtlinie EPBD

Die EU Gebäuderichtlinie (Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden/Energy Performance Buildings Directive EPBD) ist mit der gesetzlich bindenden Ausweisung von Energiekennzahlen ein bedeutender Ansatz auf dem Weg zum energieeffizienten Bauen. Die Anforderungen sind auf nationaler Ebene genau definiert und umfassen:

- Heizwärmebedarf
- Wirkungsgrad der Heizungsanlage
- Kühlwärmebedarf
- Wirkungsgrad allfälliger Klimaanlage
- Energiebedarf (optional)
- Primärenergiebedarf (optional)
- Verpflichtende regelmäßige Begutachtung von Heizkesseln und Klimaanlagen

Sensibilisierung des öffentlichen Bewusstseins

Weiterhin sind Vorschläge für Verbesserungen vorgesehen sowie die Sensibilisierung des öffentlichen Bewusstseins für die Energieeinsparung im Bauwesen, wie z. B. das „1,5 Liter-Haus“ bzw. der „Passivhausstandard“ (1,5 Liter Heizöl entsprechen etwa 15 kWh/m²/a). Diese werden in Österreich zum Beispiel im Rahmen des klima:aktiv Programms des Lebensmittelministeriums besonders gefördert.

Leichtbauweise eignet sich ideal zur Erfüllung der geforderte Ziele

Die geforderten Ziele lassen sich insbesondere mit der Leichtbauweise verwirklichen. Sie bietet die Möglichkeit sehr gute Wärmedämmung und damit geringe Transmissionswärmeverluste zu erreichen, wobei die Entstehung von Wärmebrücken auf ein minimales Maß reduziert werden kann. Unter Beachtung weiterer Planungskriterien (Gebäudevolumen, Orientierung des Gebäudes, Fensterflächen) kann auch der sommerliche Wärmeschutz gewährleistet werden. Somit lassen sich sowohl der Heizwärme- als auch der Kühlenergiebedarf im Sinne der Richtlinie begrenzen. Zudem ist es möglich

das Potential zur Wärmespeicherung für den Sommer- und Winterfall durch den Einsatz von Latentspeichermaterialien noch erheblich zu steigern (Glättung von Bedarfsspitzen).

Durch den verringerten Heizwärmeenergiebedarf eines in Leichtbauweise erstellten Gebäudes lässt sich demzufolge die von der Richtlinie geforderte Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz sehr gut erreichen. Zur geforderten Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz auch bei bestehenden Gebäuden leistet der Leichtbau einen bedeutenden Beitrag. Im Rahmen des Ausbaus vorhandener Dachkonstruktionen und der Nachverdichtung durch Aufstockungen und Anbauten lässt sich die Energieeffizienz bestehender Gebäude wesentlich verbessern. Neben den in diesem Bereich geforderten kurzen Bauzeiten liegt in der energetischen Aufwertung des Altbestandes ein besonderer Vorteil der Leichtbauweise.

*Leichtbau verbessert die
Gesamtenergieeffizienz*

1.2 Feuchteschutz im Leichtbau

1.2.1 Grundlagen

*Schutz vor Niederschlagsfeuchte
und Innenraumfeuchte*

Der Feuchteschutz umfasst den Schutz vor Niederschlagsfeuchte und vor Innenraumfeuchte. Er dient bei Gebäuden der Sicherstellung eines gesunden, hygienisch einwandfreien Nutzens und ist – unabhängig von der Bauweise – wesentliche Voraussetzung für den Schutz der Baukonstruktion vor Schäden durch Feuchtigkeitseinwirkungen wie

- Schimmelpilzbefall der innenseitigen Bauteiloberfläche,
- Algenbildung auf Fassaden,
- Abplatzungen durch Frosteinwirkung,
- Tauwasserschäden im Bauteilinneren,
- Minderung des Wärmeschutzes durch erhöhte Bauteilfeuchte.

Maßnahmen innen und außen

In der Regel betreffen die Maßnahmen Außenbauteile. Von Relevanz sind aber auch Bauteile im Gebäudeinneren, die die Räume mit unterschiedlichem Raumklima (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit) trennen.

Unterschieden werden kann der Feuchteschutz in den Schutz vor Wasserdampfkondensation durch physikalische Vorgänge an den Bauteiloberflächen und im Bauteilinneren und in den Schutz vor direkter Wasserbelastung.

*Umgang mit
Wasserdampfkondensation*

Wasserdampfkondensation kann auftreten, wenn

- die innenseitige Oberflächentemperatur eines Bauteiles niedriger als die Taupunkttemperatur der Raumluft ist,
- bei Wasserdampfdiffusion durch ein Bauteil im Inneren desselben an einer Stelle der Wasserdampfdruck den Wert des Sättigungsdruckes erreicht,
- bei Luftströmungen (Konvektion) durch Undichtheiten in einem Bauteil im Inneren desselben die lokale Bauteiltemperatur niedriger als die Taupunkttemperatur der eingeströmten Luft ist.

Der Schutz gegen Wasserdampfkondensation muss bei der Planung eines Gebäudes beachtet werden. Entsprechende Planungsgrundlagen für den Entwurf von Baukonstruktionen und für den rechnerischen Nachweis der Gebrauchstauglichkeit werden in ÖNORM B 8110-2 gegeben.

*Umgang mit direkter
Wasserbelastung*

Eine direkte Wasserbelastung erfolgt auf der Bauteilaußenseite (Fassade) durch Niederschlag und in Innenräumen durch Spritzwasser in Feuchträumen (z. B. Bäder) sowie beidseitig durch Hochwasser.

Insofern sind bei betroffenen Bauteilen

- der Wärmeschutz so zu bemessen, dass durch eine ausreichende Oberflächentemperatur eine Wasserdampfkondensation an der Bauteiloberfläche nicht erfolgt (siehe Abschnitt 2.3),

- der Bauteilaufbau so zu gestalten, dass im Inneren des Bauteils keine schädliche Wasserdampfkondensation infolge von Wasserdampfdiffusion auftritt (siehe Abschnitt 2.4),
- Bauteile, Anschlüsse und Durchdringungen warmseitig luftdicht auszuführen, damit im Inneren des Bauteils keine Wasserdampfkondensation infolge von Konvektion auftritt (siehe Abschnitt 2.5),
- Bauteile durch geeignete Maßnahmen (Fassadengestaltung, Abdichtung) vor direkter Wasserbeaufschlagung zu schützen (siehe Abschnitte 2.6 und 2.7).

Daneben ist dafür Sorge zu tragen, dass es im Gebäudeinneren nicht zu einer unzulässig hohen relativen Luftfeuchtigkeit kommt, z. B. durch unsachgemäßes Nutzerverhalten oder Baufeuchte (siehe Abschnitt 2.8).

Die genannten Maßnahmen werden in modernen Holzhäusern mängelfrei umgesetzt. Die Anwendungs- und Ausführungssicherheit hat sich durch innovative Produktentwicklungen zusätzlich verbessert.

1.2.2 Feuchtetechnische Eigenschaften von Leichtbaustoffen

Bei der Wahl des Baustoffes müssen dessen hygrisch-thermische Eigenschaften im Hinblick auf die Nutzungsanforderung und die daraus resultierenden bauphysikalischen Beanspruchungen abgestimmt sein. Nachfolgend werden die feuchtetechnischen Eigenschaften der typischen Leichtbauwerkstoffe betrachtet.

Hygrisch-thermische Eigenschaften von Baustoffen

1.2.2.1 Gipsplatten (Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten)

Die hohe Porosität von Gipsplatten (Makroporen) ermöglicht eine schnelle Aufnahme und Abgabe von Wasser in flüssiger sowie in gasförmiger Form. Diese gleichmäßige Feuchtigkeitsaufnahme von Wasserdampf (Sorption) ist verantwortlich für die günstigen feuchtigkeitsregulierenden Eigenschaften der Gipsplatten. Eine kurzfristige Feuchteanreicherung mit anschließender Wiederabgabe ist unschädlich. Gipsplatten sind in der Lage, Feuchtigkeitsspitzen, wie sie beispielsweise beim Duschen entstehen, schnell abzubauen. Setzt man Gipsplatten zwei Stunden wasserdampfgesättigter Luft aus, pendelt sich bei ausreichender Raumentlüftung innerhalb eines halben Tages wieder die Ausgleichsfeuchte der Platten ein.

Gipskartonplatten erlauben schnelle Aufnahme und Abgabe von Wasser

Gipsplatten unterliegen nur sehr geringen Formänderungen bei Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit (Schwind- und Quellmaß). Dies ist die Voraussetzung dafür, dass auch verhältnismäßig große Flächen fugenlos, d. h. mit Verspachtelungen oder Verklebung, ausgeführt werden können. Die Formänderungen von Gipsplatten betragen nur ca. 10 % bis 20 % der Schwind- und Quellmaße von Flachpressplatten. Bei sachgerechter Ausführung von Trockenbausystemen treten keine feuchtebedingten Formänderungen wie Aufwölben oder Rissbildung auf.

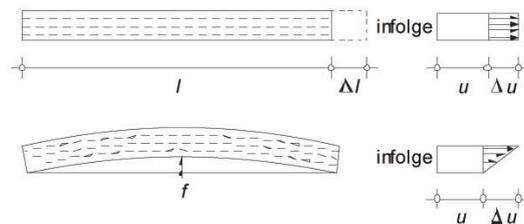


Abb. 1.2.1 Verformungsverhalten von Flachpressplatten in Abhängigkeit von der Feuchteverteilung Δu

Als anorganischer Baustoff werden Gipsbaustoffe nicht durch biotische Schädlinge bedroht. Bei dauernder Feuchtebeanspruchung werden jedoch die mechanischen Eigenschaften der Platten negativ beeinflusst. Bei zweckentfremdetem Einsatz, z. B. bei länger währendem, direktem Kontakt mit Wasser, wird ihr Gefüge zerstört. Imprägnierte Gipskartonplatten (GKBI und GKFI) und Gipsfaserplatten verzögern die Wasseraufnahme, gänzlich verhindert wird diese durch Schutzanstriche oder Bekleidungen (Fliesen etc.). Deshalb werden diese Platten im Wesentlichen im Innenausbau verwendet, beim Einsatz im Freien werden sie durch geeignete Maßnahmen (Putz, WDVS, Fassadenbekleidung, Anstrich u.s.w.) gegen direkte Wassereinwirkung geschützt. Eine nur vorübergehende Einwirkung von Feuchte ist unproblematisch, solange die Gipsbauteile immer wieder die Gelegenheit haben auszutrocknen. Gipsplatten sind bei Lagerung, Transport und Einbau vor Durchfeuchtung zu schützen. Feuchte Platten dürfen nicht eingebaut werden, nach dem Trocknen erhalten sie ihre ursprünglichen Eigenschaften zurück und können wieder verwendet werden.

Alle wesentlichen Hinweise zur Anwendung von Gipskartonplatten können der ÖNORM B 3415 und für Gipsfaserplatten den Herstellerunterlagen entnommen werden.

1.2.2.2 Holz und Holzwerkstoffplatten

Holz hält kurzfristiger Befeuchtung stand; konstruktive Maßnahmen schaffen unproblematische Randbedingungen

Holz ist ein organischer, nachwachsender Baustoff. Die jahrhundertelange Erfahrung zeigt, dass eine kurzfristige Befeuchtung von Holzbauteilen vollkommen unschädlich ist, solange eine Austrocknung der Hölzer gewährleistet ist. Viele historische Holzbauwerke belegen dies. Wird Holz unsachgemäß eingebaut und ist längerfristig mit einer Holzfeuchte deutlich über 20 % (Fasersättigungsbereich) zu rechnen, kann es jedoch zu Schäden kommen. Um dies zu vermeiden sind sowohl bei der Auswahl der Holzart als auch bei der Planung und Ausführung entsprechende Regeln zu beachten.

Für das Holz unproblematische Randbedingungen werden durch baulich-konstruktive Maßnahmen (ÖNORM B 3802-1) erreicht. Daneben werden natürlich dauerhafte Holzarten (ÖNORM EN 350-2) und, falls erforderlich, Maßnahmen des vorbeugenden chemischen Holzschutzes (ÖNORM B 3802-2) eingesetzt. Baulichen Holzschutzmaßnahmen wird heutzutage gegenüber dem vorbeugenden chemischen Holzschutz der Vorzug gegeben. In der

umfassenden Literatur werden vielfältige Maßnahmen und Konstruktionsdetails für den baulichen Holzschutz beschrieben, die sich dauerhaft bewährt haben. Zudem erfolgt bei Verzicht auf chemische Holzschutzmaßnahmen und Einstufung der Holzbauteile in die Gebrauchsklasse 0 bei der Vorfertigung von Holzbauteilen eine Güteüberwachung (werkseigene Produktionskontrolle und Fremdüberwachung) der Bauteile (ÖNORM B 3804), was die Ausführungssicherheit zusätzlich erhöht.

Durch Veränderung der Holzfeuchte kommt es zu einer Formänderung von Holz und Holzwerkstoffen. Relevant sind Verformungen beim Austrocknen feuchten Bauholzes und dessen feuchteabhängiges Schwinden und Quellen quer zur Faserrichtung. Bei dem heute üblichen und baurechtlich geforderten Einsatz technisch getrockneten Bauholzes (z. B. Konstruktionsvollholz KVH) und bauphysikalisch richtig aufgebauten Holzbaukonstruktionen können derartige Formänderungen nicht auftreten, da die Holzfeuchte keiner wesentlichen Schwankung unterliegt. Dies wird durch die schadensfreien Holzrahmenbauhäuser und die Dachstühle im Massivbau seit Jahrzehnten belegt.

Da das feuchtebedingte Schwinden und Quellen von Holzwerkstoffplatten im Vergleich zu Vollholz gering ist, können geeignete Platten auch in der Fassade eingesetzt werden. Zum Einsatz kommen in der Regel Dreischichtplatten, Fassadensperrholz, Furnierschichtholz und zementgebundene Flachpressplatten der Werkstoffqualität Klasse 100. Zudem sind vielfältige Holzschalungen für den Einsatz in der Fassade geeignet. Bei Berücksichtigung der Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes (z. B. Hinterlüftung, Tropfkanten, ggf. Kantenschutz) ist ein chemischer Holzschutz gegen holzerstörende Pilze nicht erforderlich. In Abhängigkeit der Holzart, des Plattentyps und der Oberflächenqualität erfolgt ggf. eine Behandlung gegenüber Oberflächenbefall und Bläue. [Holzfassadenbroschüre HFA]

Unterschiedliches Verhalten von Holz und Holzwerkstoffplatten

Die Verwendung von Holz oder Holzwerkstoffen als direkten Untergrund für keramische Beläge (Fliesen) ist baupraktisch nicht üblich.

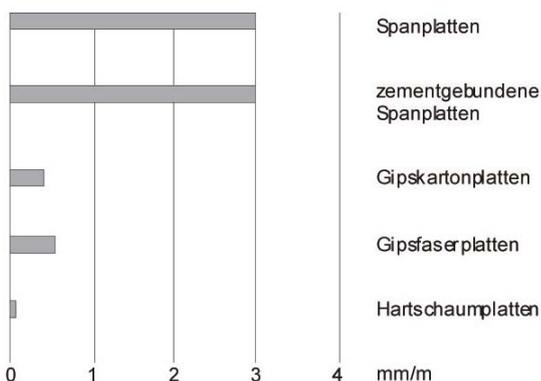


Abb. 1.2.2 Relative feuchtebedingte Längendehnung unterschiedlicher Plattenwerkstoffe

*Mineralwolle- und
Hartschaumdämmstoffe sind
wasserunempfindlich*

1.2.2.3 Dämmstoffe

Die gebräuchlichsten Dämmstoffe sind Mineralwolledämmstoffe und Hartschaumstoffe. Im Gegensatz zu organischen Faserdämmstoffen sind diese Baustoffe wasserunempfindlich, sie verrotten nicht und werden von biotischen Schädlingen nicht angegriffen. Eine Durchfeuchtung ist jedoch zu verhindern, da diese zur Reduzierung der Wärmedämmeigenschaften und ggf. zu einer Feuchteanreicherung in den benachbarten Bauteilen aufgrund des längerfristigen Wasserhaltevermögens bestimmter Dämmstoffe führt. Durch einen bauphysikalisch korrekten Schichtenaufbau und insbesondere durch handwerklich saubere Ausführung der raumseitigen Dampfbremse wird eine Durchfeuchtung der Dämmstoffe durch eindiffundierenden Wasserdampf oder Wasserdampfkonvektion zuverlässig verhindert.

*Metallprofile halten Stand, bei
Sonderanwendungen wie etwa
Schwimmbädern mit
Chloratmosphäre sind
Beschichtungen erforderlich*

1.2.2.4 Kaltgewalzte Stahlprofile

Kaltgeformte Profile sind Stahlprodukte, die aus beschichteten oder unbeschichteten, warm- oder kaltgewalzten Stahlblechen hergestellt werden. Die Querschnittsform wird durch Umformen der Bleche mittels Ziehen, Abkanten oder Walzen in kaltem Zustand erreicht. Einen Überblick über die Eignung von Konstruktionsstählen zur Kaltumformung gibt Tabelle 3.1 des EC 3.1-3. Die Streckgrenzen dieser Stähle liegen zwischen $f_y = 220$ und 500 N/mm^2 , zum Einsatz kommen überwiegend kontinuierlich feuerverzinkte Bleche mit $f_{y,k} = 320$ oder 350 N/mm^2 .

Metallprofile bilden die übliche Unterkonstruktion in fast allen nichttragenden Trockenbausystemen und für tragende Systeme der Stahl-Leichtbauweise. Die Profile sind leicht, verwerfungsfrei, passgerecht und nichtbrennbar. Im Allgemeinen haben die Profile einen U-förmigen Querschnitt, der durch Sicken ausgesteift ist.

Metallprofile für nichttragende Anwendungen im Trockenbau (Regelblechdicke $0,6 \text{ mm}$) sind mit einer Verzinkungsaufgabe von mindestens 100 g/m^2 versehen. Das entspricht einer einseitigen Schichtdicke von $7 \mu\text{m}$. Profile für tragende Zwecke (Regelblechdicke $1,5 \text{ mm}$ bis $2,0 \text{ mm}$) weisen eine Zinkschichtdicke von $20 \mu\text{m}$ auf, das entspricht einem Zinkgewicht von 275 g/m^2 . Die Feuerverzinkung stellt über die Lebensdauer eines Bauwerkes einen guten Korrosionsschutz dar, wenn die Konstruktionsdetails und Schichtungen korrekt geplant und ausgeführt werden. Die ernsthaftesten Angriffe auf die Schutzschicht entstehen durch Transport und Lagerung. Daher ist sicherzustellen, dass die Transportverpackung mechanische Schäden so weit wie möglich ausschließt. Die Profile müssen so gelagert werden, dass sich weder Schmutz noch Wasser in ihnen ablagern können. Wird eine starke Korrosionsbeanspruchung erwartet, z. B. bei Gebäuden, die in besonderem Maße dem Seeklima ausgesetzt sind oder in Schwimmbädern mit Chloratmosphäre, kann zusätzlich zur Verzinkung noch eine organische Beschichtung aufgebracht werden.

1.2.3 Wasserdampfkondensation an Bauteiloberflächen

Wasserdampfkondensation an inneren Bauteiloberflächen kann durch einen zu hohen Wassergehalt der Innenluft aus Neubaufeuchte (siehe Abschnitt 2.8), Wohnfeuchte oder durch einen mangelhaften Wärmeschutz der Außenbauteile, vor allem im Bereich von Wärmebrücken, begründet sein.

Auf die meist nutzungsbedingte Wohnfeuchte, die von der Bauweise unabhängig ist, wird hier nicht weiter eingegangen.

Nutzungsbedingte Wohnfeuchte als kritische Variable

Die Bedeutung der Wärmedämmung für die Vermeidung der Wasserdampfkondensation an Bauteiloberflächen sowie der Einfluss von Wärmebrücken werden im Kapitel 1 „Wärmeschutz“ behandelt.

Die Berechnung zur Vermeidung von Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche erfolgt nach ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 7. Bei dem heute aus den Gesichtspunkten der Energieeinsparung erforderlichen Wärmeschutz von Außenbauteilen tritt bei üblicher Raumluftfeuchte keine Wasserdampfkondensation an Bauteiloberflächen auf. Durch die bei Leichtbauweisen üblichen Dämmstoffdicken ≥ 16 cm und die stoffbedingte niedrige Wärmeleitfähigkeit von Holz, die geringer als die der meisten Massivbaustoffe ist, ergeben sich raumseitige Oberflächentemperaturen, die deutlich über der Taupunkttemperatur der Raumluft liegen. Im Besonderen werden diese Vorteile der Leichtbauweise bei geometrischen und stofflichen Wärmebrücken, wie sie z. B. im Bereich von Raumecken oder Balkon-Auskragungen anzutreffen sind, deutlich. Allseitig gedämmte Gebäude in Holzleichtbauweise sind im Allgemeinen wärmebrückenfrei konstruiert. Zur Vermeidung von Wärmebrücken im Massivbau ist auf die Überdämmung von Bauteilen hoher Wärmeleitfähigkeit in Außenbauteilen (z. B. Betonbauteile als Stürze oder Stützen in Außenwänden) zu achten. Nach außen auskragende Betonbauteile müssen vollständig überdämmt oder aufwändig getrennt („Iso-Korb“) werden.

Sachgemäße Wärmedämmung vermeidet Wasserdampfkondensation in der Konstruktion

Bei Bauweisen mit tragenden, kaltgeformten Stahlprofilen mit einer Blechdicke ≤ 2 mm (Stahl-Leichtbauweise) wird z. B. eine zusätzliche Dämmebene von ca. 6 cm Dicke angeordnet, um eine Wasserdampfkondensation an inneren Bauteiloberflächen sicher zu vermeiden.

Ein weiterer Vorteil von Leichtbauweisen ist der häufige Einsatz von feuchtigkeitsausgleichenden Materialien als raumseitige Bekleidung wie z. B. Gipsplatten, verputzten Holzwolleleichtbauplatten oder Holzwerkstoffen. Kurzfristige Wasserdampfkondensation ist bei diesen Oberflächen unbedenklich, da sie aufgrund ihrer Gefügestruktur Feuchtigkeit aufnehmen und verzögert wieder an die Raumluft abgeben. So kann das Auftreten von innenseitigem Tauwasser auch bei kurzfristig starkem Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit gemindert werden.

Im Leichtbau vielfach feuchtigkeitsausgleichende Materialien

1.2.4 Wasserdampfdiffusion

*Definition von
Wasserdampfdiffusion*

Wasserdampf ist in wechselnden Mengen immer in der Luft enthalten. Zu beiden Seiten eines Bauteils, insbesondere bei Außenbauteilen, herrschen gewöhnlich unterschiedliche Klimabedingungen. Infolge des hierdurch bedingten Druckgefälles wandern Wasserdampfmoleküle von der warmen zur kalten Seite eines Bauteils durch die luftgefüllten Poren und die dazwischen liegenden Kapillaren der Baustoffschichten. Diesen Vorgang, also den Ausgleichsprozess zwischen Orten höherer und niedrigerer Wasserdampfkonzentration, nennt man Wasserdampfdiffusion.

Bei der Wasserdampfdiffusion stellen sich im Inneren je nach Temperaturverlauf und Wasserdampfdichte der Stoffschichten bestimmte Wasserdampfteildrücke ein. Erreicht der Dampfteildruck den Sättigungsdruck, so bildet sich dort Tauwasser. Ob es durch Wasserdampfdiffusion zu einer Kondensation im Bauteil kommt und wie gegebenenfalls die Feuchtigkeitsverteilung und die anfallende Wassermenge sind, lässt sich theoretisch abschätzen. Das Rechenverfahren ist in ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 8, beschrieben. Eingangsgrößen für den Nachweis sind die normativ vorgegebenen Innenluftbedingungen sowie die Außenlufttemperatur sowie der geplante Bauteilaufbau mit den Eigenschaften der einzelnen Bauteilschichten (Schichtdicke, Wärmeleitfähigkeit, Wasserdampfdiffusionswiderstand).

*Wasserdampfkondensation in
Bauteilen ist unschädlich, wenn sie
im Sommer austrocknen kann*

Eine Wasserdampfkondensation in den Bauteilen gilt als unschädlich, wenn das während der Befeuchtungsperiode (z. B. im Winter) durch Kondensation im Innern des Bauteils anfallende Wasser in der Austrocknungsperiode (z. B. im Sommer) wieder vollständig entweichen kann. Dabei darf

- die Kondensatwassermenge höchstens 500 g/m^2 betragen,
- der Wärmeschutz der betroffenen Bauteilschicht nicht um mehr als 10 % vermindert werden,
- sich der massenbezogene Feuchtegehalt von Holz- und Holzwerkstoffen um nicht mehr als 3 % vergrößern.

Unkritische Konstruktionen

Unkritisch sind in der Regel Konstruktionen, deren Bauteilschichten von innen nach außen abnehmende Wasserdampfdiffusionswiderstände besitzen (siehe Abb. 1.2.3). Im Allgemeinen können Leichtbaukonstruktionen (z. B. Holzrahmenbauwände, zimmermannsmäßige Dachkonstruktionen) als unbedenklich gegen Tauwasserausfall angesehen werden, wenn

- ein ausreichender Wärmeschutz vorhanden ist,
- die innenseitige Schicht (z. B. Beplankung, Dampfbremse) einen ausreichenden Diffusionswiderstand aufweist und
- die Außenbekleidung hinterlüftet oder diffusionsoffen ist.

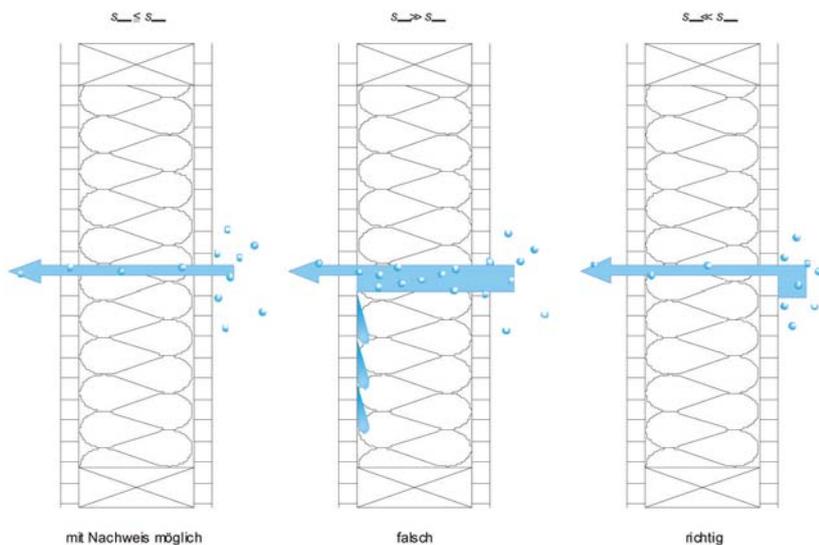


Abb. 1.2.3 Einfluss der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke s_d auf die Wasserdampfkondensation im Bauteil

Insofern kann nach ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 10, für folgende Leichtbaukonstruktionen der diffusionstechnische Nachweis entfallen:

I Außenwände in Holzbauart mit innenseitiger Bauteilschicht, deren diffusionsäquivalente Luftschichtdicke $s_d > 10 \text{ m}$ ist und einer äußeren Beplankung aus Holz oder Holzwerkstoffen (inklusive Wetterschutz) mit einer diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke, die höchstens die Hälfte der innenseitigen betragen darf. Diese Bedingungen lassen sich mit Außenwänden in Holzbauart einfach erfüllen. Innenseitig genügt die Anordnung einer Dampfbremse ($s_d = 8\text{--}10 \text{ m}$), im Gefach wird ein diffusionsoffener Mineralwollgedämmstoff angeordnet, die Bauteilaußenseite wird durch eine Holzwerkstoffplatte unter hinterlüfteter Fassade, eine verputzte Holzwolleleichtbauplatte oder ein Wärmedämmverbundsystem gebildet.

Außenwände in Holzbauart

I Decken gegen durchlüftete Dachböden (auch Spitzböden) ohne diffusionshemmende Abdeckung, bei denen unterhalb der Wärmedämmschicht gelegene Bauteilschichten eine diffusionsäquivalente Luftschichtdicke von $s_d > 8 \text{ m}$ aufweisen. Diese Bedingungen lassen sich ebenso wie bei den Außenwänden durch eine innenseitige, relativ diffusionsoffene Dampfbremse, eine Gefachdämmung mit Mineralwollgedämmstoff und eine oberseitige Bekleidung mit Holzwerkstoffplatten leicht erfüllen.

Decken gegen durchlüftete Dachböden

I Kaltdächer mit einer Dachneigung $> 15^\circ$ mit unterlüfteter Dachhaut, wenn die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke der raumseitig der Wärmedämmung liegenden Bauteilschichten $s_d > 10 \text{ m}$ beträgt und die Überlüftung der Wärmedämmung gesichert ist.

Kaltdächer

Warmdächer **I Warmdächer** mit außen liegender Wärmedämmschicht, wenn die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke der unterhalb der Dämmschicht liegenden Schichten $s_d \geq 90$ m ist. Diese Bedingungen werden von annähernd jedem Dachquerschnitt erfüllt, wenn innenseitig als Dampfbremse eine übliche PE-Folie ($s_d = 100$ m) angeordnet wird.

Für davon abweichende Konstruktionen muss der diffusionstechnische Nachweis nach ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 8, erfolgen.

1.2.4.1 Diffusionsoffene Bauweise

Atmende Wände oder atmungsaktive Bauteile gibt es nicht

Der umgangssprachlich verwendete Begriff des „atmenden“ bzw. „atmungsaktiven“ Außenbauteils ist irreführend. Es findet auch bei diffusionsoffener Konstruktionen – unabhängig von der Bauweise – kein Luftaustausch durch geschlossene Bauteile hindurch statt, egal wie diffusionsoffen die Bauteile sind. Allenfalls findet ein Feuchtigkeitstransport infolge Wasserdampfdiffusion statt. Für das Abführen von der in der Raumluft enthaltenen Feuchte ist die Wasserdampfdiffusion von völlig untergeordneter Bedeutung. Zu hohe Luftfeuchtigkeit oder Schadstoffkonzentration im Inneren von Räumen können nur durch gezielte Lüftung vermieden werden.

Vorteile diffusionsoffener Konstruktionen

Diffusionsoffene Konstruktionen, deren Verbreitung durch die Entwicklung extrem diffusionsoffener Folien, feuchteadaptiver Dampfbremsen, armierter Baupappen und diffusionsoffene Holzwerkstoffe unterstützt wurde, erlauben feuchtetechnisch sehr robuste Konstruktionen. Der Vorteil diffusionsoffener Konstruktionen besteht darin, dass im Bauteil auftretende Feuchtigkeit schnell wieder austrocknen kann. Dabei kann die Feuchtigkeit sowohl nach außen wie auch nach innen abgeführt werden, da die jeweiligen Bauteilschichten relativ diffusionsoffen ausgeführt sind. Dieser Vorteil wird bei der so genannten „diffusionsoffenen Bauweise“ bewusst genutzt und optimiert. Hierbei wird bei Außenbauteilen die außenseitige Bauteilschicht so diffusionsoffen gestaltet ($s_d 0,3$ m), dass raumseitig auf eine Dampfsperre verzichtet und durch eine Dampfbremse ersetzt werden kann, wenn z. B. Membranen oder Plattenwerkstoffe mit einem ausreichenden Diffusionswiderstand zum Einsatz kommen.

Wegen ihrer geringen raumseitigen diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke erfüllen diffusionsoffene Leichtbauweisen nicht die Anforderungen der ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 10. Deswegen ist ein diffusionstechnischer Nachweis nach ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 8, erforderlich, der problemlos geführt werden kann.

Arbeiten mit Klimamembranen

Eine Variante der diffusionsoffenen Bauweise stellen Konstruktionen dar, bei denen raumseitig eine Folie mit „feuchteadaptivem Wasserdampfdiffusionswiderstand“ („Klimamembran“) eingesetzt wird. Der Diffusionswiderstand dieser Folien variiert mit der Luftfeuchtigkeit, bei hoher Raumluftfeuchte und Temperatur steigt der Widerstand und verhindert dadurch das Eindringen von

Feuchtigkeit in die Konstruktion, bei niedriger Raumlufffeuchte sinkt er und ermöglicht damit den Feuchtigkeitstransport aus der Konstruktion heraus.

Durch den Einsatz von Folien mit feuchtigkeitsadaptivem Wasserdampfdiffusionswiderstand können diffusionsoffene Bauweisen auch mit innenseitig angeordneten Gipsplatten (ohne Holzwerkstoffplatten) realisiert werden. Zudem ist eine Diffusionsoffenheit nach innen auch bei außenseitigen diffusionsdichten Bauteilschichten gegeben. Forschungsergebnisse (z. B. Fraunhofer Institut Holzkirchen) sowie die inzwischen langjährige Praxiserfahrung zeigen, dass durch den Einsatz von Folien mit feuchtigkeitsadaptivem Wasserdampfdiffusionswiderstand es auch bei außenseitig diffusionsdichten Bauteilschichten (z. B. Bitumenbahnen als Dachdichtung) zu keiner schädlichen Wasserdampfkondensation im Bauteilinneren kommt. Obwohl der diffusionstechnische Nachweis für diese Konstruktionen durch ÖNORM B 8110-2, Abschnitt 10, nicht möglich ist (hier ergäbe sich die Notwendigkeit der innenseitigen Anordnung einer diffusionsdichten Dampfbremse) sind die so ausgeführten Konstruktionen mangelfrei und weniger schadensanfällig als die „Normkonstruktionen“. Dies ist durch die Möglichkeit der Austrocknung der Konstruktion nach innen bedingt, die Feuchtigkeit wird nicht zwischen zwei diffusionsdichten Schichten eingesperrt. Der rechnerische Nachweis kann mit Hilfe von moderner Simulationssoftware, z. B. des vom Fraunhofer Institut für Bauphysik entwickelten Programms Wufi (www.wufi.de), durchgeführt werden.

Möglichkeit der Austrocknung nach innen

Die Summe der diffusionsäquivalenten Luftschichtdicken der einzelnen Bauteilschichten von diffusionsoffenen Leichtbaukonstruktionen liegt ca. 30 % unter denen von verputzten, massiven Außenwänden. Außenwände in Holzbauweise sind – bei der heutzutage häufig ausgeführten diffusionsoffenen Bauweise – damit deutlich diffusionsoffener als Massivwände und besitzen dadurch die oben genannten Vorteile in besonderem Maße.

Moderne Leichtbaukonstruktionen sind diffusionsoffener als Massivwände

Beispiele für diffusionsoffene Außenwandaufbauten sind:

Systeme mit Holzfassade		
Aufbau	Holzschalung 24 mm Holzlattung 30 mm MDF-Platte 15 mm Glaswolle/Ständer 200 mm OSB-Platte 15 mm GKF-Platte 12,5 mm	Holzschalung 24 mm Holzlattung 30 mm Windbremse $s_d \leq 0,3$ m Gipsfaserplatte 15 mm Glaswolle/Ständer 200 mm Dampfbremse $s_d \geq 2$ m Gipsfaserplatte 12,5 mm
Wärmeschutz U-Wert	0,21 W/m ² K	0,22 W/m ² K
Schallschutz R _w	48 dB	46 dB

Beispiele für diffusionsoffene Außenwandaufbauten sind:

Systeme mit Putzfassade		
Aufbau	Putz 7 mm Holzfaserdämmplatte 60 mm Glaswolle/Ständer 160 mm OSB-Platte 18 mm GKF-Platte 18 mm	Putz 4 mm Holzwolleleichtbauplatte 50 mm Glaswolle/Ständer 160 mm Spanplatte 19 mm Dampfbremse $s_d \geq 3$ m Glaswolle/Querlattung 40 mm GKF-Platte 12,5 mm
Wärmeschutz U-Wert	0,20 W/m ² K	0,19 W/m ² K
Schallschutz Rw	49 dB	52 dB

(Quelle www.dataholz.com)

1.2.5 Konvektion und Luftdichtheit

1.2.5.1 Gründe für die Forderung nach luftdichten Gebäudehüllen

*Luftdichtheit verhindert
Luftströmung von innen
nach außen*

Unter Luftdichtheit wird die Verhinderung von Luftströmungen durch ein Bauteil verstanden, in der Regel in Richtung des Dampfdruckgefälles von innen nach außen. Luftdichtheitsebenen werden auf der Innenseite von Außenbauteilen angeordnet. Dagegen wird unter Winddichtheit die Verhinderung der Einströmung von Außenluft in ein Bauteil verstanden. Windsperrschichten werden auf der Außenseite der Gebäudehülle angeordnet, um das Durchströmen und Auskühlen der Dämmebene zu verhindern.

*Winddichtheit verhindert
Luftströmung von außen
nach innen*

Die Luftdichtheit von Bauteilen und Gebäudehüllen ist, unabhängig von der Bauweise, aus den nachfolgend beschriebenen Gründen von grundlegender Bedeutung für ein Gebäude:

Vermeidung von Energieverlusten (Lüftungswärmeverluste)

*Vermeiden von
Lüftungswärmeverlusten
(30–50 % des Heizenergiebedarfs)*

Räume müssen aus hygienischen Gründen gelüftet werden, um die in der Luft enthaltenen Schadstoffe abzuführen. Bei dem geforderten Luftaustausch zwischen innen und außen entsteht im Winter ein Lüftungswärmeverlust, da warme Raumluft durch kalte Außenluft ersetzt wird. Die in der Raumluft gespeicherte Wärmeenergie geht nach außen verloren, nachströmende Kaltluft muss auf Raumtemperatur aufgeheizt werden. Durch Undichtheiten (konvektive Wärmebrücken) findet ein unkontrollierbarer Luftaustausch zwischen innen und außen statt. Dadurch können erhebliche Wärmemengen aus dem Gebäude transportiert werden (bis zu 30–50 % des Heizenergiebedarfs). Je besser ein Gebäude wärmedämmt ist, desto höher ist der Anteil der Lüftungswärmeverluste am Heizenergiebedarf. Damit die Lüftungswärmeverluste so gering wie möglich gehalten werden, sind Fugen und Bauteilanschlüsse luftdicht auszuführen. Eine hohe Luftdichtheit ist ebenso wichtig wie eine ausreichende Wärmedämmung. Hochgedämmte Niedrigenergie- oder Passivhäuser erreichen ihren prognostizierten niedrigen

Energieverbrauch nur bei ausreichend luftdichter Ausführung. Zudem muss beachtet werden, dass Lüftungsanlagen ihre vorgesehene Funktion nur bei ausreichend dichter Gebäudehülle erfüllen können.

Vermeiden von feuchtebedingten Bauschäden

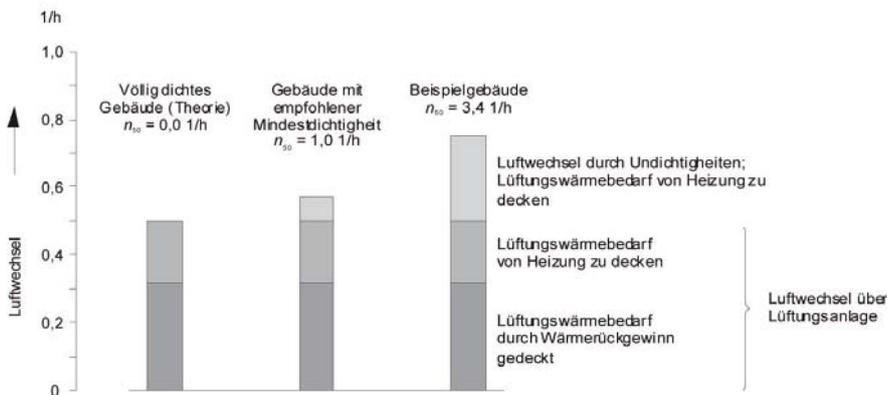


Abb. 1.2.4: Zusätzlicher Lüftungswärmebedarf durch Undichtheiten bei einem Gebäude mit Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung [8].
 Im völlig dichten Gebäude hat die Heizung nur den Lüftungswärmebedarf zu decken, um den sich der ideale Wärmerückgewinn (100 %) vom tatsächlichen Wärmerückgewinn (hier 65 %) unterscheidet. In „realen“ Gebäuden kommt für die Heizung noch die Erwärmung des Luftwechsels durch Undichtheiten hinzu.

Die von Luftströmungen konvektiv mitgeführten Feuchtemengen können bis um den Faktor 10 größer sein als der Feuchtetransport durch Wasserdampfdiffusion. Infolge von Undichtheiten der raumseitigen Bekleidungs-schichten kann mit Wasserdampf angereicherte warme Raumluft vor allem im Winter in das Außenbauteil transportiert werden (Konvektion). Innerhalb des Bauteils kühlt sich die Luft ab und kondensiert als Tauwasser. Die dadurch verursachte Durchfeuchtung des Bauteils führt einerseits zu einer Reduzierung der Wärmedämmwirkung des Bauteils (vor allem bei durchfeuchteten Dämmstoffschichten) und kann zudem Bauschäden, Frostschäden, optische Mängel an der Oberfläche etc. zur Folge haben.

Luftströmung transportiert Feuchtigkeit

Voraussetzung für ein behagliches und gesundes Raumklima

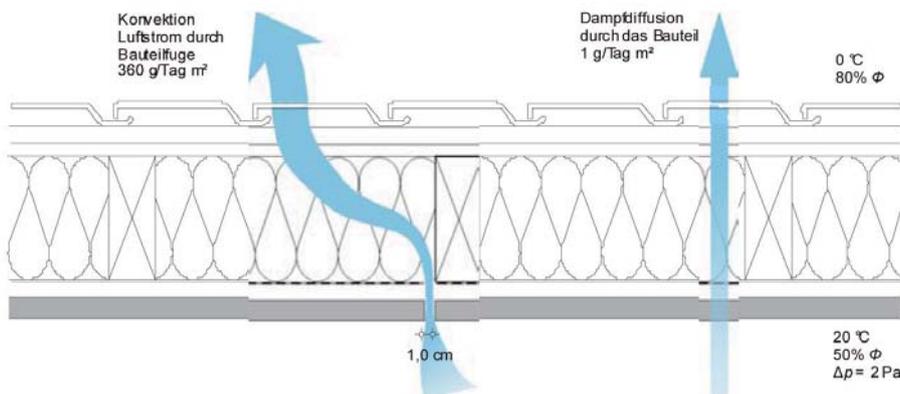


Abb. 1.2.5. Wasserdampftransport infolge Diffusion und Konvektion

Luftdichtheit der Gebäudehülle ist Voraussetzung für gute Innenraumluftqualität

Die durch Undichtheiten verursachte Durchströmung in der Gebäudehülle von außen nach innen kann zu unangenehmen Zuglufterscheinungen führen. Kalte Luft sammelt sich im Fußbodenbereich und führt neben Fußkälte zu großen vertikalen Temperaturdifferenzen.

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist eine Voraussetzung für eine gute Innenraumluftqualität, die Einströmung von störenden Geruchstoffen aus benachbarten Wohnungen, von evtl. mit Schimmelpilzsporen belasteter Kellerluft, von Feinstaub oder Emissionen aus dem Inneren von Bauteilen wird dadurch verhindert.

1.2.5.2 Ausführung der Luftdichtheit bei Leichtbauweisen

Grundsätzlich gelten die Anforderungen an die Luftdichtheit unabhängig von der Bauweise. Um die Luftdichtheit einer Konstruktion zu gewährleisten, bedarf es grundsätzlich einer erhöhten Aufmerksamkeit und Detailplanung. Bei der Planung des Bauablaufs, der Anschlüsse und der Fügetechnik ist die Ausführung luftdichter Konstruktionen im Leichtbau mit einfachen Maßnahmen möglich. Luft- und Winddichtheitskonzepte mit bewährten Standardlösungen für Tragwerksysteme, Bauteilaufbauten und Anschlussdetails stehen den Planern für die Vorfertigung und die Ausführung am Bau zur Verfügung [30].

Anzahl von Fugen und Durchdringungen gering halten

Um die Ausführung der Luftdichtheit mit geringem Aufwand gewährleisten zu können, ist die Anzahl von Fugen und Durchdringungen so gering wie möglich zu halten, da deren bautechnisch richtige Ausführung arbeits- und kostenintensiv ist. Dies ist zu erreichen durch:

- Einsatz von großflächigen Folien o. Ä. mit ausreichender Überlappung der Folienstöße,
- Einsatz von großformatigen Plattenwerkstoffen,
- Einsatz von großformatigen Tafелеlementen im Fertigbau,
- konstruktive Trennung von Luftdichtheits- und Raumabschlussebene durch die Ausführung einer inneren Installationsebene oder Vorsatzschale zur einfachen und sicheren Vermeidung von Durchdringungen und Beschädigungen der Luftdichtheitsebene,
- Wahl durchdringungsarmer Konstruktionen und Tragwerksysteme, z. B. Verzicht auf Zangenkonstruktionen, Verzicht auf auskragende Bauteile, Auflagerung von Decken ohne Durchdringung der luftdichten Schicht.

Unerwünschte Formänderungen und Bauteilbewegungen werden durch den Einsatz von technisch getrocknetem Holz und Holzwerkstoffen (z. B. Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz) sowie durch eine leistungsfähige Aussteifung über Plattenwerkstoffe vermieden.

1.2.5.3 Bewertung der Luftdichtheit bei Leichtbauweisen

Unverputztes Mauerwerk gilt als sehr undicht. Erst durch beidseitiges Verputzen wird Mauerwerk wind- und luftdicht. Eine gleichwertige Luftdichtheit wird bei Leichtbauweisen durch großflächige Bekleidungen mit Plattenwerkstoffen

oder durch Folien gewährleistet, deren Anschlussfugen und Stöße fachgerecht abgedichtet werden (Tabelle 1.2.6).

Aufbau der Bauteilschicht	Luftdurchlässigkeit in $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ bei 50 Pa
Mineralwolle mit Alukaschierung, am Rand geheftet	10–25
PS-Hartschaumplatten zwischen den Sparren, nicht geklebt	> 40
PS-Hartschaumplatten, Ränder verklebt	12
Zellulosefaser-Dämmstoff (75 kg/m^3), Schichtdicke 16 cm	4–7,5
Nut- und Feder-Bretter	ca. 15
Holzwerkstoffplatten, stumpf gestoßen, nicht verleimt	8–17
Holzwerkstoffplatten, stumpf gestoßen, Stoß abgeklebt oder verleimt	0,002–0,003
Gipskartonplatten, unverfugt	50
Gipskartonplatten, verfugt	0,002–0,003
Akustikdecke	90–190
PE-Folie, am Rand geheftet	4
PE-Folie, am Rand geklebt	0,002
Mauerwerk, unverputzt	sehr undicht
Mauerwerk, verputzt	0,001–0,002

Tab. 1.2.6: Luftdurchlässigkeit von üblichen Bauteilschichten [8]

Im Holzhausbau erfahrene Planer und Fachbetriebe wissen um die Bedeutung und Sensibilität der Luftdichtheit. Bauteilanschlüsse werden deswegen standardisiert und bereits im Rahmen der Vorfertigung berücksichtigt. So werden zum Beispiel zur Anschlussausbildung Folien über die Elemente überstehen gelassen, es kommen spezielle Folienstreifen und Dichtungsbänder zum Einsatz. Bei Bauteilaufbauten ohne Installationsebene wird eine Leerverrohrung vorgesehen.

Bei Vorfertigung in Leichtbauweise wird Anschlussausbildung mit Folien vorbereitet

Inzwischen kann auf speziell unter Luftdichtheitsaspekten entwickelte Anschluss- und Einbauelemente zurückgegriffen werden. Beispielhaft zu nennen sind

- Klebebänder mit halbseitig abziehbarer Schutzfolie,
- luftdichte Elektroinstallationsdosen,
- Spezielle Folienmanschetten zum Anschluss von Rohren und Kabeln,
- Fenster und Dachflächenfenster, die geeignete Anschlussmöglichkeit für Folien bieten.

Der Massivbau verlässt sich bei der Luftdichtheit auf das beidseitige Verputzen. Dabei wird übersehen, dass die heute verbreiteten „hohlen“ Massivkonstruktionen (z. B. Hochlochziegel) mit einer klassischen, monolithischen und durchgängig massiven Konstruktion nicht mehr viel gemeinsam haben. In der Baupraxis sind grobe Undichtheiten überall dort festzustellen, wo der Putzauftrag unterbleibt, z. B. im Bereich der Fensterbrüstung unter-

Massivbau erreicht Luftdichtheit durch beidseitiges Verputzen

halb der Fensterbänke, hinter Rohrleitungen und Vorwandinstallationen von Außenwänden, im Estrichbereich sowie bei Steckdosen und Schaltern.

Die luftdichte Anschlussausbildung, z. B. von Fenstern an die Fensterlaibung oder von Folien im Dach an die Giebelwände, ist nur an einer glatten und trockenen Bauteiloberfläche möglich, die in der Regel bei unverputzten Mauerwerksoberflächen oder feuchtem Beton nicht gegeben ist. Eine Ausschäumung der Anschlussfuge stellt alleine keine ausreichende Abdichtungsmaßnahme dar. Im Vergleich dazu ist im Holzrahmenbau der Folien- und Klebebandanschluss an Holz oder Holzwerkstoffe, die einen trockenen, staubfreien und ebenen Untergrund bieten, dicht und dauerhaft möglich. Das Gleiche gilt für die Abdichtung von Durchdringungen. Die Hersteller von Abdichtungssystemen (Folien, Klebebänder) für den Holzhausbau geben auf Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen für ihre Systeme inzwischen Garantiezeiträume von bis zu 50 Jahren für die Dauerhaftigkeit der luftdichten Verklebung an.

Im Leichtbau Installationsebenen vor der luftdichten Ebene, um Durchdringungen zu vermeiden

Nicht zuletzt werden bei hohen Anforderungen an die Luftdichtheit im Leichtbau häufig Installationsebenen vor der luftdichten Ebene vorgesehen. Die Installationsebene wird als innere Vorsatzschale oder Dachbekleidung ausgeführt und nimmt in ihrem Hohlraum Elektrokabel und Rohrleitungen etc. auf. Dadurch werden Durchdringungen der luftdichten Ebene, z. B. in Form von Steckdosen und Rohrdurchführungen, vermieden.

Generell ist Luftdichtheit in Leichtbauweise höher als in Massivbauweise

Insgesamt wird durch die im Leichtbau vorhandene Sensibilität für das Thema Luftdichtheit und die vorhandenen konstruktiven und technischen Lösungen heutzutage eine Luftdichtheit erreicht, die über der von herkömmlichen Massivbauten liegt. Dies wird durch unabhängige Studien belegt [19, 20, 21, 32].

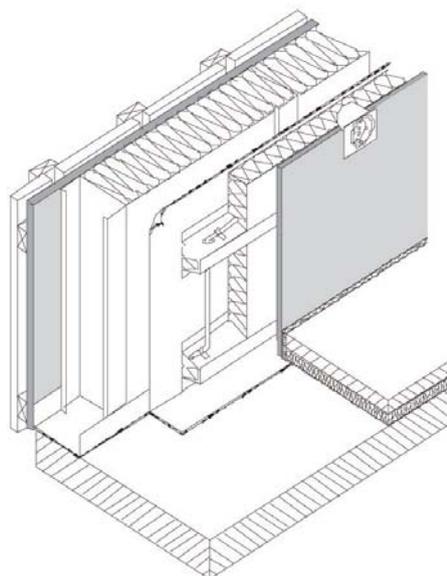


Abb. 1.2.7 Außenwand (Ständerbauweise) mit innen liegender Installationsebene (Schutz vor raumseitigen Luftundichtheiten)

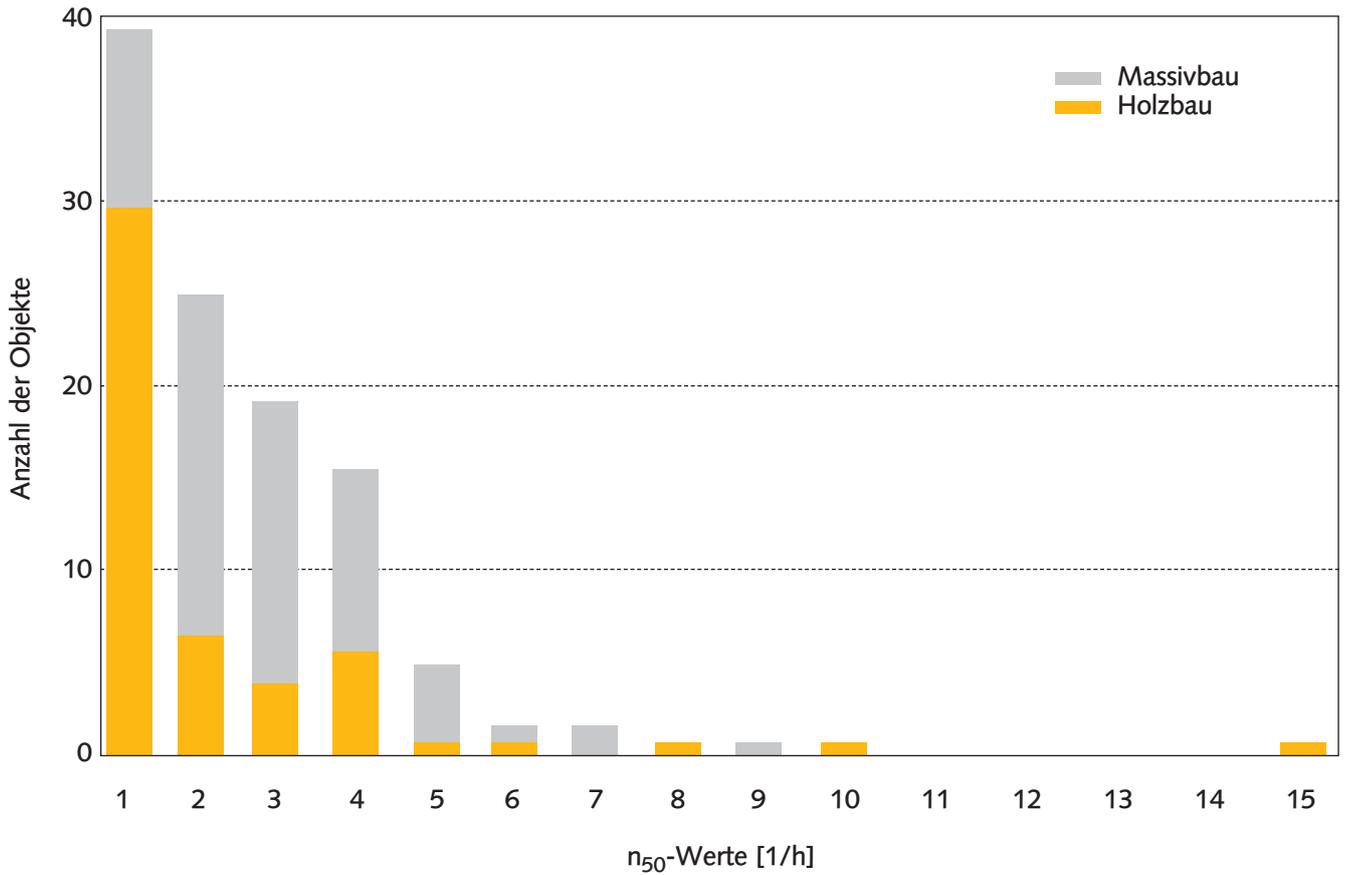


Abb. 1.2.8 Ergebnisse von Luftdichtheitsmessungen an 110 Niedrigenergiehäusern in Massiv- und Holztafelbauweise [32]

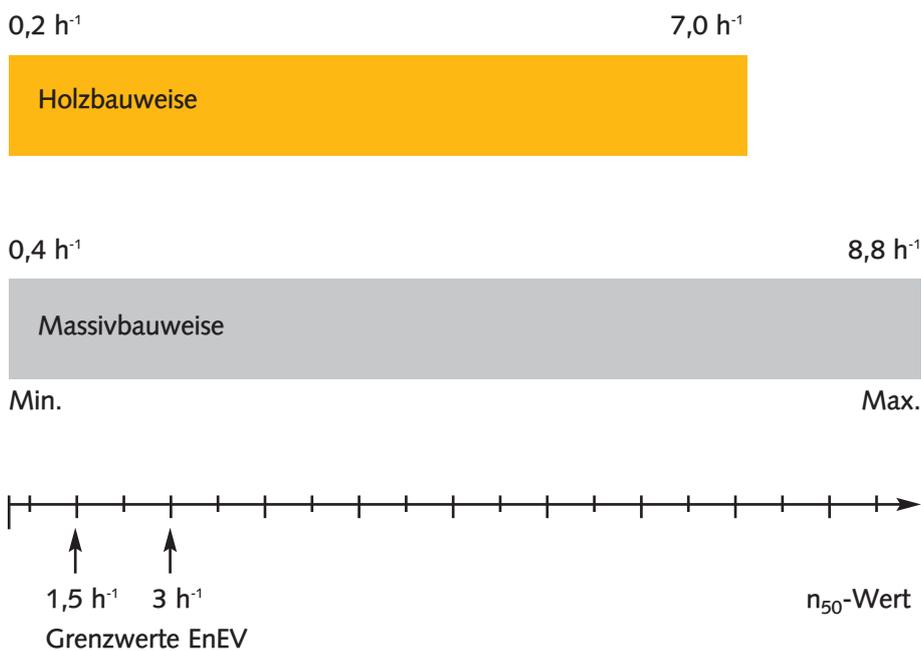


Abb. 1.2.9 Vergleich der Luftdichtheit anhand von 320 Gebäuden in Abhängigkeit der Bauweise [20]

1.2.6 Witterungsschutz

Varianten des Witterungsschutzes

Übliche Ausführungen für den Witterungs- und Schlagregenschutz im Leichtbau sind:

- Holzwolle-Leichtbauplatten mit mineralischem Putz,
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS),
- hinterlüftete Vorhangschalen aus Brettern oder Plattenwerkstoffen.

Hinterlüftete Fassaden

Hinterlüftete Fassaden erzeugen eine durchgängige Schutzebene gegen Witterungseinflüsse vor der eigentlichen Wand. Ungewollt hinter die Fassade eingedrungene Restfeuchte wird durch eine zweite wasserführende Schicht unmittelbar auf der Konstruktion sicher abgeleitet. Diese zweite wasserführende Schicht wird heute aus diffusionsoffenen, hochwasserdichten Polyethylenvliesen oder aus bituminierten bzw. paraffinierten Holzwerkstoffen hergestellt [22]. Vom Prinzip her entspricht eine hinterlüftete Fassade dem im Dachbereich bewährten Aufbau aus Deckung, Hinterlüftung (Trag- und Konterlattung) und Unterspannbahn mit dem Vorteil, dass durch die senkrechte Lage die Wasserableitung schneller erfolgt.

Die Fassade selbst besteht aus einer Holzbretterschalung, aus Holzwerkstoffplatten oder aus Putzträgerplatten mit Putzschicht. Holzfassaden sind seit Jahrhunderten bewährt. Ein vorbeugender chemischer Holzschutz ist bei hinterlüfteten Fassaden nicht erforderlich, da die zu erwartende Holzfeuchte keinen Befall mit holzerstörenden Pilzen zulässt [23, 27]. Bei Einsatz einer Bretterschalung oder von Holzwerkstoffplatten aus entsprechend resistenten Hölzern ohne Farb- oder Holzschutzbehandlung vergraut die Fassade auf natürliche Weise und bietet ohne Wartungsarbeiten einen dauerhaften Witterungsschutz.

Wärmedämmverbundsysteme in Massiv- und Leichtbau eingesetzt

Wärmedämmverbundsysteme werden im Massiv- und Holzhausbau gleichermaßen eingesetzt. Die Ausführung mit Holzwolleleichtbauplatten ist in Österreich verbreitet und seit Jahrzehnten bewährt. Wärmedämmverbundsysteme müssen gültigen Normen und Regeln entsprechen. Durch die Vorgabe der Detailausbildung und das zur Verfügung stehende Systemzubehör ist die Ausführungssicherheit hoch.

1.2.7 Bäder und Feuchträume im Leichtbau

In Hotels, Krankenhäusern, Bürogebäuden und im Wohnungsbau werden häufig Trockenbausysteme für Bäder und Feuchträume eingesetzt. Die typischen Einsatzbereiche sind

- die Bekleidung von Aufputzverrohrungen und Installationsblöcken,
- Vorwandinstallationen,
- Installationswände,
- Trockenunterböden,
- vorgefertigte Installationssysteme, Badmodule und Sanitärzellen.

Einsatz von Gipskartonsystemen in Feuchträumen unkritisch

Die Feuchtebeanspruchung in Bädern und WCs, einschließlich der wasserbeaufschlagten Flächen in diesen Räumen (z. B. Duschwände), ist für Ständer-

wandkonstruktionen, Trockenunterböden und Unterdeckensysteme bei Ausführung entsprechend ÖNORM B 3415 unkritisch.

1.2.7.1 Plattenwerkstoffe und Flächenabdichtung

Entsprechend ÖNORM B 2207 ist in der Beanspruchungsklasse W3 (kurzzeitig, aber nicht dauerhaft erhöhte Luftfeuchtigkeit) der Einsatz von Trockenbaukonstruktionen unter Verwendung von Gipsbau- und Holzwerkstoffplatten möglich. Die wasserbeanspruchten Bereiche bedürfen in solchen Räumen besonderer Abdichtungsmaßnahmen (Sperrschichten an Wand- und Bodenflächen, Abdichtung von Installationsdurchdringungen und Armaturen u.s.w.).

Bei Feuchträumen mit darüber hinausgehender Feuchtebeanspruchung (W4 – länger erhöhte Luftfeuchtigkeit, mittlere bis starke Spritzwasserbeanspruchung), wie z. B. Schwimmbäder, gelten die Anforderungen an die Abdichtung analog, jedoch dürfen dort nur feuchteunempfindliche Trockenbauwerkstoffe eingesetzt werden, wie z. B. Faserzement-, Calciumsilikat- oder Hartschaumplatten.

Bei Feuchträumen mit erhöhter Feuchtebeanspruchung werden ausschließlich feuchteunempfindliche Werkstoffe eingesetzt

Es werden folgende Gruppen von Flächenabdichtungsstoffen unterschieden:

- Polymer- und Kunstharzdispersionen
- Kunststoff-Zement-Mörtelkombination
- Reaktionsharze

Bei Spritzwasser beaufschlagten Flächen im Holz- und Trockenbau werden vorrangig Flächenabdichtungssysteme auf Basis von Polymer- und Kunstharzdispersionen verwendet. Die Verarbeitung der Abdichtung erfolgt nach den Angaben der Hersteller.

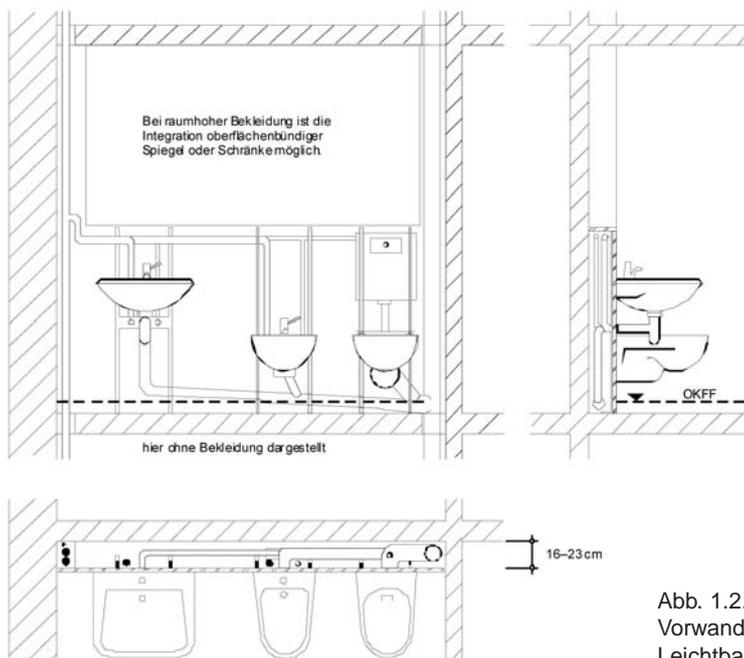


Abb. 1.2.10
Vorwandinstallationssystem in
Leichtbauweise im Massivbau

1.2.7.2 Installationssysteme

Vorwandinstallationen

Bei der **Vorwandinstallation** wird vor einer Trennwand (Raumtrennwand, Außenwand) eine Vorsatzschale mit Unterkonstruktion, z. B. aus Trockenbauprofilen, montiert. Im Wandhohlraum zwischen der Unterkonstruktion und der Trennwand werden die Installationsleitungen geführt. Vorwandinstallationen werden meist bis Brüstungshöhe ausgeführt, können aber auch raumhoch gestaltet werden.

Installationswände

Installationswände sind in der Regel raumhohe Doppelständerwände mit einer Unterkonstruktion aus Trockenbauprofilen, Holzstehern oder Montagesystemen von Sanitärherstellern. Die Ständerwerke werden so montiert, dass im Wandhohlraum haustechnische Installationen integriert werden können. Sie können mit Sanitärelementen an einer oder beiden Seiten beaufschlagt werden.

Montagehilfen

In die Unterkonstruktion beider Systeme werden Montagehilfen (z. B. Traversen) und vorgefertigte Installationselemente (z. B. Tragständer) für die anzubringenden Sanitärobjekte integriert. Den Raumabschluss bilden Plattenwerkstoffe, in der Regel imprägnierte Gipskartonplatten (nach ÖNORM 3410). Diese bieten einen geeigneten Untergrund um die entsprechende Oberfläche/Beschichtung (z. B. Fliesen) aufzubringen.

Im nicht wasserbeanspruchten Bereich werden Durchdringungen (Rohre, Armaturen, Halterungen u.s.w.) mit einem elasto-plastischen Material verschlossen. Die Armaturen sind darüber hinaus mit Schraubmanschetten und unterlegter Gummidichtung auszurüsten. Im wasserbeanspruchten Bereich, in dem entsprechend ÖNORM B 3415 eine Flächenabdichtung auf der Beplankung erfolgen muss, ist die Abdichtung der Durchdringung in die Flächenabdichtung einzubinden. Vielfältige Lösungen und Systeme sind am Markt erhältlich.

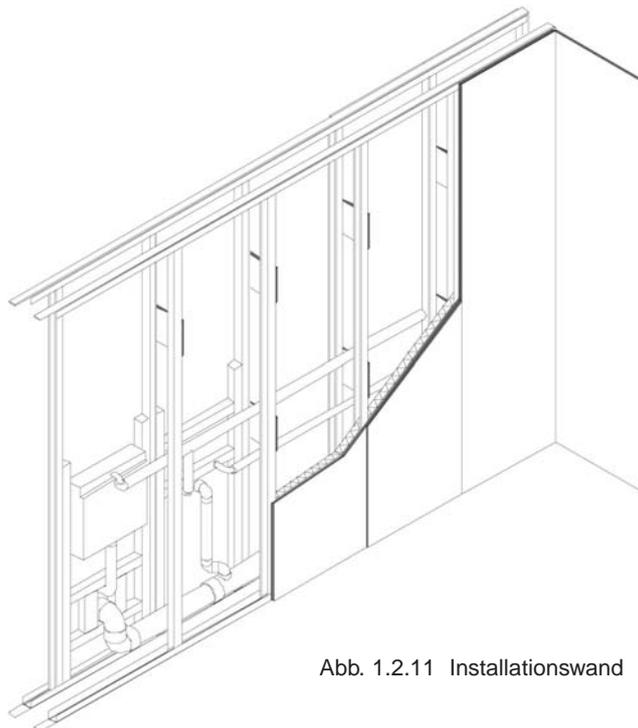


Abb. 1.2.11 Installationswand

Vorwandinstallationen in Trockenbauweise sind aufgrund der folgenden Vorteile im Leicht- als auch im Massivbau weit verbreitet:

- Tragende oder aussteifende Massivwände oder Holzständerwände werden nicht durch vertikale oder horizontale Schlitzte in statischer und bauakustischer Hinsicht geschwächt, aufwändige Stemm- bzw. Sägearbeiten sind nicht erforderlich.
- Änderungs- und Modernisierungsmaßnahmen der Sanitärinstallationen im Gebäudebestand lassen sich ohne Eingriffe in die tragende, dämmende und raumabschließende Struktur eines Bauwerks vornehmen.
- Gute Revisioniermöglichkeit und Ergänzbarkeit der Sanitärinstallationen.
- Schallübertragung (Schallbrücken) über die Trennwand werden vermieden.
- Durch Vorwandinstallationen in Leichtbauweise wird im Massivbau die schalltechnische Qualität der Sanitärinstallation gegenüber einer Vormauerung deutlich verbessert [10].
- Die Trennwände sind durch die Vorwandinstallation unabhängig von der Sanitärinstallation und können auf ihre eigenen bauphysikalischen Anforderungen abgestimmt werden.
- Im Bereich von Außenwänden werden Durchdringungen der Außenwand/Luftdichtheitsebene und damit Luftundichtheiten und Wärmebrücken infolge von Leckagen vermieden.

*Vorwandinstallationen in
Trockenbauweise im Leicht- und
im Massivbau eingesetzt*

1.2.8 Baufeuchte

Feuchtigkeitsschäden (Geruchsbelästigung, Kondensation, Schimmel) können durch ungünstige raumklimatische Verhältnisse begünstigt und forciert werden. Nach ÖNORM B 8110-2, Beiblatt 4, wird die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen hauptsächlich durch die baubedingte Feuchte (Neubaufeuchte) und die wohnbedingte Feuchte bestimmt. Die meist nutzungsbedingte Wohnfeuchte, die von der Bauweise unabhängig ist, wird hier nicht weiter betrachtet.

Die baubedingte Feuchte tritt insbesondere bei Bauwerken in Massivbauweise in den ersten 2 Jahren auf, weil bei der Herstellung der Baustoffe (Putz, Estrich, Mörtel, Beton) in der Regel Überschusswasser eingebracht wird, das im Bauteil nicht dauerhaft gespeichert werden kann und über lange Zeiträume in die Raumluft abgegeben wird. In der Vergangenheit waren deswegen beim Bauen Stehzeiten der Rohbauten oder sogar ein „Trockenwohnen“ durch Dritte üblich [14]. Dies ist heute aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr darstellbar. Das ist umso kritischer zu bewerten, da die Erstellung von Beton und Mauerwerk sich diesbezüglich kaum geändert hat.

*Baubedingte Feuchte durch
Leichtbauweise reduziert*

Um eine Bauteilschädigung und Nutzungsbeeinträchtigung durch die hohe Neubaufeuchte zu vermeiden, sind in Neubauten in Beton- oder Mauerwerksweise besondere Maßnahmen zu ergreifen:

- Erhöhung der Lüftung,
- vermehrtes Heizen,
- gezielte Möblierung.

*Im Massivbau muss „trockenge-
wohnt“ werden; im Leichtbau ent-
fallen entsprechende Maßnahmen*

Durch die konsequente Umsetzung dieser Maßnahmen können Feuchteschäden vermieden werden. Der damit verbundene Aufwand (regelmäßige Lüftung), die Einschränkungen (reduzierte Möblierung) sowie die zusätzlichen Kosten (Energiekosten durch Heizung und Lüftungswärmeverluste) sind vom Nutzer zu tragen.

Im Leichtbau wird bei vollständig trockener Bauweise keine Neubaufeuchte eingebracht. Der Aufwand für zusätzliche Maßnahmen entfällt. Die raumklimatischen Verhältnisse sind bereits unmittelbar nach dem Bezug behaglich.

1.3 Schallschutz

1.3.1 Schallschutzanforderungen

Die österreichischen akustischen Normenwerke im Spiegel der europäischen Harmonisierung

Das österreichische Normenwerk zur Akustik wurde in den letzten Jahren an die europäische bzw. weltweite Normungssituation angepasst. Die Anforderungen an den Schallschutz, die Prognose des Schallschutzes in Gebäuden sowie die messtechnischen Nachweisverfahren in Gebäuden und an Bauteilen im Labor wurden strikt getrennt. Die Anforderungen unterliegen weiterhin der nationalen Hoheit (ÖNORM B 8115-2), die Verfahren zur Vorhersage und Messung jedoch der europäischen.

Anforderungen unterliegen der nationalen Hoheit, Messungen sind europäisch

Ein harmonisiertes europäisches Prognoseverfahren existiert bereits mit der Normenreihe ÖNORM EN 12354 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“. Für die harmonisierten Verfahren zur Messung der schalltechnischen Eigenschaften von Bauteilen und Gebäuden liegt die Normenreihe ÖNORM EN ISO 140 „Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“ ebenfalls schon in wesentlichen Teilen vor.

ÖNORM EN 12354 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“

Die ÖNORM B 8115-4 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen“, Ausgabe 2003-09-01, trägt den Gegebenheiten der ÖNORM EN 12354 bereits Rechnung. Die ÖNORM B 8115-4 ermöglicht durch ihre umfangreichen Tabellen und Grafiken, ausführlichen Erläuterungen sowie die Konstruktions- und Rechenbeispiele die praktische Handhabung der Prognoseverfahren nach ÖNORM EN 12354.

Schallschutzanforderungen in Österreich

Die Schallschutzanforderungen sind in der ÖNORM B 8115-2 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz“, Ausgabe 2002-09-01, geregelt. Die Schallschutzanforderungen beziehen sich im Wesentlichen auf

- den Schallschutz von Außenbauteilen in Abhängigkeit des maßgeblichen äquivalenten Dauerschallpegels und der Gebäudenutzung (Abschnitt 5.2),
- die Luftschalldämmung von Trennbauteilen und Türen in Abhängigkeit der baulichen Situation und Lage (Abschnitt 5.3),
- die Trittschalldämmung in Abhängigkeit der baulichen Situation und Lage (Abschnitt 5.3),
- die Schallpegel von haustechnischen Anlagen (Abschnitt 5.4).

Schallschutz von Außenbauteilen

Luftschalldämmung

Trittschalldämmung

Schallpegel haustechnischer Anlagen

In der ÖNORM werden Anforderungen und Richtwerte für den Mindestschallschutz mit dem Ziel festgelegt, normal empfindende Menschen vor störender Luft- und Trittschallübertragung bei üblichem Verhalten

zu schützen. Darüber hinausgehend werden auch Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz gemacht (Abschnitt 5.5) und schalltechnische Planungsgrundlagen formuliert (Abschnitt 4).

*Schallschutzanforderungen
unabhängig von Bauweise*

Die Schallschutzanforderungen sind unabhängig von der Bauweise (leicht/massiv) zu erfüllen. Auch die Gebäudegröße (z. B. umbauter Raum, Geschossanzahl) ist für den Schallschutz nicht relevant. Von Einfluss auf die geforderte Schalldämmung sind alleine die bauliche Situation und Lage sowie die Gebäudeart und -nutzung.

An dieser Stelle werden die bauweisenunabhängigen Anforderungswerte der ÖNORM B 8115-2 nicht im Einzelnen zitiert. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die normative Festlegung der bauakustischen Anforderungen unter Bedachtnahme auf eine optimale Erfüllung der Umsetzung der europäischen Richtlinie 89/106/EWG – L 40/89, Anhang I, Pkt. 5 – Schallschutz – erstellt wurde.

Nachweisverfahren

*Schallschutznachweis nach
ÖNORM EN 12354*

Der Schallschutznachweis wird auf Grundlage der Normenreihe ÖNORM EN 12354 „Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften“ geführt. Die Angaben der ÖNORM B 8115-4 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen“ basieren auf bzw. stehen in Übereinstimmung mit der Normenreihe ÖNORM EN 12354. Die ÖNORM B 8115-4 enthält Anleitungen und Beispiele für die Auswahl der Bauteile und Bauteilkombinationen, mit denen – bei sorgfältiger Ausführung – die Anforderungen an den baulichen Schallschutz gemäß ÖNORM B 8115-2 eingehalten werden können.

Der ÖNORM B 8115-4 sind u. a. Angaben zu der Schalldämmung von einschaligen Massivbauteilen, biegeweichen Vorsatzschalen, Fenstern, Massivdecken und schwimmenden Estrichen sowie im Anhang zu Leichtbauwänden und Holzbalkendecken zu entnehmen. Daneben sind umfangreiche Planungsgrundlagen, z. B. für die Ausführung von Treppenhodesten, Treppenläufen, Aufzugsschächten oder der Anordnung von Installationen, dargestellt.

Für den Luftschallschutz wird in ÖNORM B 8115-4 auf das Rechenverfahren des vereinfachten Modells für die Körperschallübertragung nach ÖNORM EN 12354-1 zurückgegriffen. In Abschnitt 6.1 wird dargestellt, wie sich die in ÖNORM B 8115-2 geforderte Standard-Schallpegeldifferenz D_nT aus dem Bau-Schalldämmmaß R' ergibt. In Abschnitt 6.2 ist der Nachweis des Schallschutzes für massive Gebäude beschrieben. In die Berechnung der resultierenden Standard-Schallpegeldifferenz gehen die in Abbildung 1 dieser Publikation dargestellten vier Übertragungswege über das trennende

Bauteil und das flankierende Bauteil ein, die jeweils für alle flankierenden Bauteile (in der Regel 4) zu berücksichtigen sind.

Die Berechnungsmethode ist auch für den Leichtbau anzuwenden. In ÖNORM B 8115-4, Abschnitt 6.2.1, Anmerkung 1, wird dazu konkretisiert, dass bei der Kombination von Leichtbauteilen oder der Kombination von Leichtbauteilen mit Massivbauteilen die Flankenübertragung über den Weg Ff dominiert und damit die Wege Df und Fd nicht berücksichtigt werden müssen. Dies wird auch nochmals in Abschnitt 6.2.1.5.3, der sich mit dem Stoßstellen-Dämmmaß auseinandersetzt, bestätigt. Hier wird ausgesagt, dass die Wege Df und Fd vernachlässigt werden können, wenn mehrschalige biege- weiche Trennwände von massiven Wänden flankiert werden.

In Abschnitt 6.3 der ÖNORM wird ausgesagt, dass der Schallschutz (von Leichtbauteilen) in Skelett- und Holzbauten wesentlich von der Detailausführung der Anschlüsse abhängt. Es ist auf eine schalltechnisch richtige Knotenausbildung ohne durchlaufende Flankenbauteile zu achten, Beispiele sind in Anhang C oder in Bild 13 zu finden.

Schallschutz von Leichtbauteilen in Skelett- und Holzbauten hängt wesentlich an Detailanschlüssen

Bei der Nachweisführung für den Trittschallschutz wird in der ÖNORM B 8115-4 das in ÖNORM EN 12354-2 beschriebene vereinfachte Modell verwendet. Im Wesentlichen wird dabei der massenabhängige, bewertete Norm-Trittschallpegel von Massivdecken durch Fußböden (schwimmende Estriche, Bodenbeläge) und biege- weiche Unterdecken verbessert. Die baulichen Gegebenheiten, wie z. B. die Masse flankierender Massivbauteile oder die Anordnung von Vorsatzschalen, sind zu berücksichtigen. Für massive Treppen, Laufplatten und Podeste sind Ausführungsgrundlagen dargestellt. Für Holzbalkendecken ist auf Prüfergebnisse oder Bauteilkataloge zurückzugreifen.

Die Berechnungsmodelle der Normenreihe ÖNORM EN 12354 unterscheiden zunächst nicht zwischen Massiv- und Leichtbauweisen. Unterschiede ergeben sich erst bei der praktischen Anwendung der Bemessung nach der ÖNORM B 8115-4 durch das physikalisch grundsätzlich andere Verhalten von Leicht- und Massivbauteilen (vgl. Abschnitt 1.3.2 dieser Publikation), vor allem bezüglich der Anschlussausbildung an flankierende Bauteile. Bei der Nachweisführung nach der ÖNORM B 8115-4 wird dem physikalischen Verhalten von Leichtbauteilen Rechnung getragen. Die im Leichtbau nicht relevanten Übertragungswege Df und Fd (siehe auch „Anschlussausbildung an flankierende Wände“ Seite 63) müssen bei der Bemessung nicht berücksichtigt werden. Dies vereinfacht die Nachweisführung für den Leichtbau deutlich und ermöglicht im Rahmen der Planung eine relativ unkomplizierte Prognose der zu erwartenden resultierenden Schalldämmung, wenn die flankierenden Bauteile und die Anschlussausbildung (Weg Ff) bekannt sind.

Nachweisführung im Leichtbau deutlich einfacher

Im Massivbau Mindestwerte für die flächenbezogene Masse von Installationswänden vorgegeben

Im Leichtbau durch körperschallentkoppelte Bauweise weniger Gewicht

Schallschutz haustechnischer Einrichtungen

In Abschnitt 8 der ÖNORM B 8115-4 „Schallschutz haustechnischer Einrichtungen“ werden für die Anordnung von Sanitär-Installationen in Massivbauten Mindestwerte für die flächenbezogene Masse von Installationswänden vorgegeben. Die flächenbezogene Masse muss mindestens 220 kg/m^2 betragen, bei Wohnungstrennwänden muss diese Masse im verbleibenden Wandquerschnitt hinter der geschlitzten Installationsführung vorhanden sein. Bei Abwasserleitungen ist darüber hinaus eine flächenbezogene Masse von mindestens 350 kg/m^2 gefordert. Diese bauakustisch motivierten Anforderungen führen zu entsprechend schweren Installationswänden im Massivbau. Aus diesem Grund haben sich Vorwandinstallationen in Leichtbauweise weitgehend durchgesetzt. Hierbei – wie auch bei reiner Leichtbauweise – werden niedrige Installationsgeräuschpegel durch einfache konstruktive Maßnahmen realisiert, wie z. B. eine körperschallentkoppelte Befestigung von Installationen oder die Befestigung auf der raumzugehörigen Unterkonstruktion bei mehrschaligen Leichtbauwänden. Die hohe Flächenmasse wird durch intelligente Lösungen in Leichtbauweise substituiert.

Eine ähnliche Reduzierung hoher Flächenmassen wird auch in Abschnitt 8.6 der ÖNORM, der Aufzüge und deren Schächte behandelt, ermöglicht. Als Alternative zu Schachtwänden mit flächenbezogenen Massen von 450 kg/m^2 bis 550 kg/m^2 werden Lösungen mit biegeweichen Vorsatzschalen angeboten, die bei einer um ca. 20 % niedrigeren flächenbezogenen Masse die gleiche Schalldämmung bieten.

1.3.2 Bauakustische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Die Schalldämmung von einschaligen Bauteilen im Massivbau (z. B. Mauerwerkswand, Stahlbetondecke) hängt in erster Linie von ihrer flächenbezogenen Masse ab (vgl. ÖNORM B 8115-4, Bild 1). Das einfache Prinzip „hohes Flächengewicht = gute Schalldämmung“ ist Planern und Laien meist bekannt.

Schalldämmung geschichteter, zusammengesetzter Bauteile wird nicht von Dicke und Rohdichte bestimmt, sondern vom Aufbau des Gesamtsystems

Im Umkehrschluss wird leichten Bauteilen häufig eine ungenügende Schalldämmung zugesprochen. Dabei wird verkannt, dass es sich bei Leichtbauteilen nicht um homogene, monolithische Strukturen, sondern in der Regel um geschichtete, zusammengesetzte Bauteile handelt. Deren Schalldämmung wird primär nicht von der Dicke und Rohdichte der eingesetzten Baustoffe, sondern vom Aufbau des Gesamtsystems bestimmt. Bei entsprechendem Aufbau ist die erzielbare Schalldämmung von Leichtbauteilen denen von monolithischen Massivbauteilen gleicher Dicke deutlich überlegen.

Aus bauakustischer Sicht stellen Leichtbauteile, wie z. B. Metall- und Holzständerwände, Holzbalkendecken oder abgehängte Unterdecken, mehr-

schalige – meist zweischalige – Bauteile dar. Deren bauakustische Eigenschaften hängen wesentlich von den Einzelschalen, der Verbindung der Schalen und der Hohlraumbedämpfung ab. Somit existiert hier, anders als bei einschaligen Massivbauteilen, eine Vielfalt von sehr wirkungsvollen Einflussmöglichkeiten auf die Schalldämmung des Bauteils.

Einfluss der Einzelschale

Neben der Masse ist die Biegeweichheit einer Schale von Bedeutung für die Schalldämmung. Das Schalldämmmaß R von Bauteilen steigt in der Regel mit der Frequenz an. Innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches (Resonanz) tritt jedoch eine Verschlechterung des schalldämmenden Verhaltens ein. Dieser Einbruch der Schalldämmung ist verursacht durch eine Art „flächige Resonanz“ der Schale, angeregt durch die einseitig auftreffenden Luftschallwellen. Hierbei stimmt die Wellenlänge der schräg auftreffenden Luftschallwellen mit der freien Biegewellenlänge der Schale überein (Abb. 1.3.1). Diese Übereinstimmung hat eine erhöhte Schwingungsanregung zur Folge. Die niedrigste Frequenz, bei der das beschriebene Phänomen für ein Bauteil auftritt, heißt Koinzidenz-Grenzfrequenz. In der Nähe der Grenzfrequenz ist die Minderung der Schalldämmung besonders hoch.

Gipskartonplatte als biegeweiche Schale

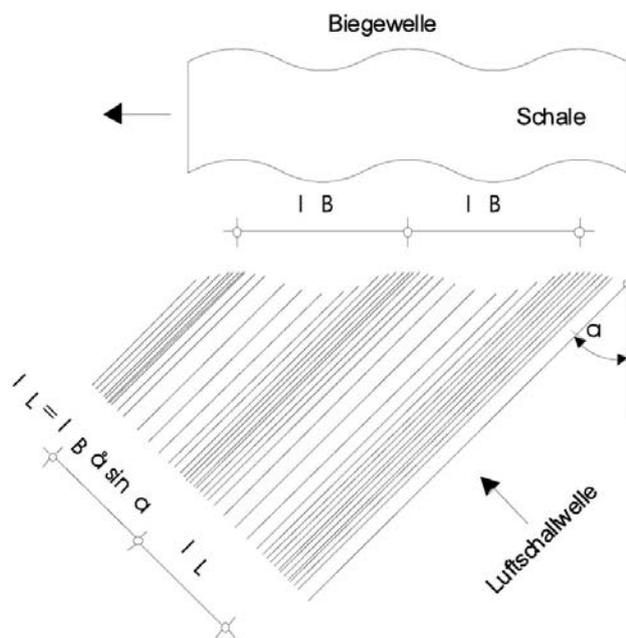


Abb. 1.3.1

Die Koinzidenz-Grenzfrequenz einer Schale ist von ihrer flächenbezogenen Masse und ihrer Biegeweichheit abhängig. In Abhängigkeit von der Lage der Grenzfrequenz werden biegeweich und biegesteife Bauteile unterschieden. Als biegeweich bezeichnet man Bauteile mit einer Grenzfrequenz von über 2500 Hz (vgl. ÖNORM B 8115-4, Abschnitt 4.3.1), (Abb. 1.3.2).

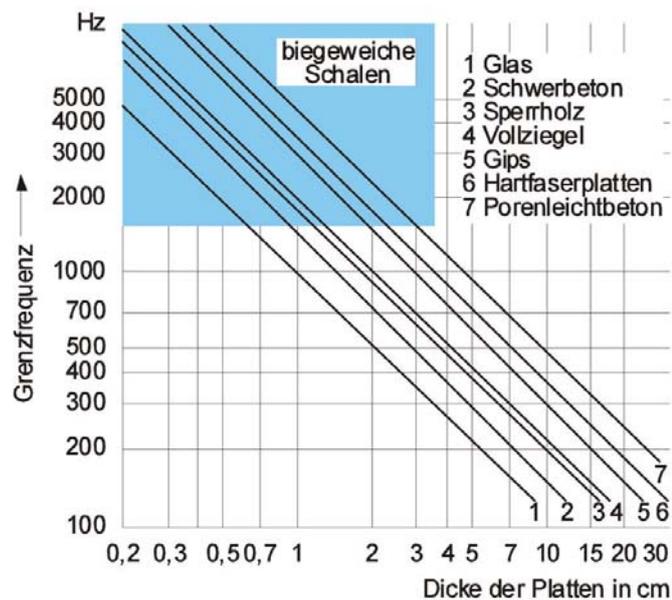


Abb. 1.3.2

Bei biegesteifen, schweren Bauteilen (Mauerwerk hoher Rohdichte, Stahlbeton) liegt diese Frequenz zwischen 100 und 200 Hz, bei ausreichend dünnen, biegeweichen Bauteilen oberhalb von etwa 2500 Hz. Diese Grenzfrequenzen am oberen und unteren Rand des relevanten Messbereiches sind für die Bauakustik wenig störend. Mehrschalige Leichtbauteile mit Einzelschalen aus dünnen, biegeweichen Platten weisen deswegen eine sehr gute Schalldämmung auf.

Problematisch für Schallübertragung sind biegesteife, aber zu leichte Baustoffe

Problematisch für die Schallübertragung sind die in der Baupraxis häufig anzutreffenden einschaligen Trennwände aus schon biegesteifen, aber noch zu leichten Baustoffen (Leichtziegel, Porenbeton, Gipswandbauplatten u.s.w.), deren Grenzfrequenz mitten im bauakustischen Bereich liegt (Abb. 1.3.3).

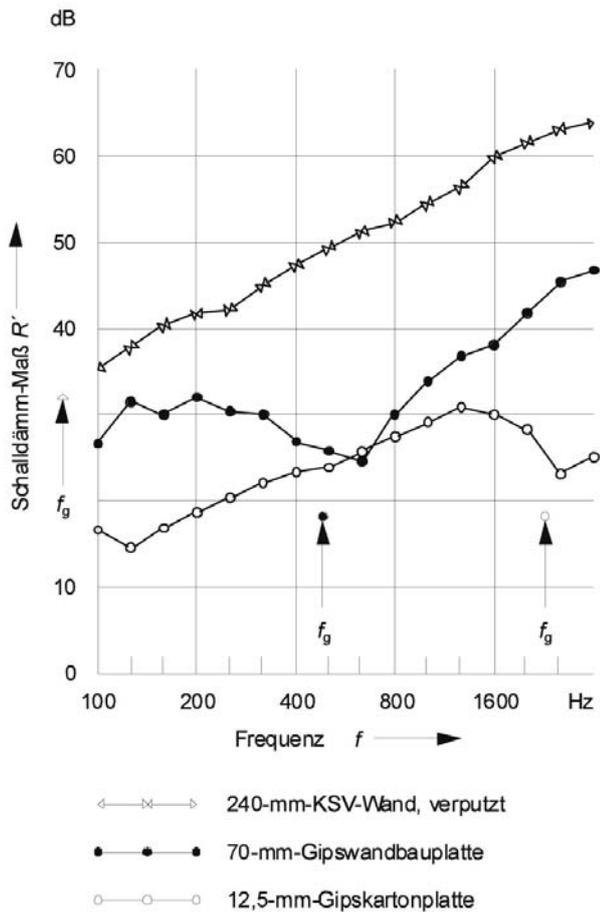


Abb. 1.3.3

Zweischalige Bauteile

Ordnet man zwei „Schalen“ in dichtem Abstand hintereinander an, so spricht man von einem zweischaligen Bauteil. Zweischalige Einzelschalen sind im Massivbau nur bei hohen Schallschutzanforderungen (z. B. Gebäudetrennwand) üblich. Dagegen sind Leichtbauteile, z. B. im Holzrahmenbau und im Trockenbau, immer mehrschalig aufgebaut, mit mindestens einer biegeweichen Einzelschale.

Bei zweischaligen Bauteilen wird Schallenergie, die auf die erste der beiden Bauteilschalen trifft, zum Teil als Luftschall über den Hohlraum und zum Teil als Körperschall über die Verbindungselemente (z. B. die Unterkonstruktion) und unplanmäßige Verbindungen (Schallbrücken) auf die zweite Schale weitergeleitet und von dort in den Nachbarraum abgestrahlt. Wegen dieser Kopplung kann ein zweischaliges Bauteil als Masse-Feder-Masse-System aufgefasst werden. Als Feder wirken die im Hohlraum eingeschlossene Luft, eingebaute Dämmstoffe sowie die Verbindungselemente. Ein zweischaliges Bauteil stellt ein Schwingungssystem dar, das eine Resonanzfrequenz f_0 besitzt, bei der die Massen (= Einzelschalen) bei Einwirken eines Wechsel-

druckes starke Schwingungen ausführen. Im Bereich der Resonanzfrequenz der Doppelschale tritt eine erhebliche Verschlechterung der Schalldämmung gegenüber der gleich schweren Einzelschale ein. Die Resonanzfrequenz von leichten und massiven Doppelwänden kann nach ÖNORM B 8115-4, Abschnitt 4.3.3, bemessen werden.

*Dimensionierung mehrschaliger
Leichtbauteile*

Mehrschalige Leichtbauteile sind so zu dimensionieren, dass einerseits eine möglichst niedrige Resonanzfrequenz des Gesamtsystems erreicht wird, die unterhalb des bauakustischen Messbereiches (< 100 Hz) liegt, und andererseits die Resonanzfrequenz der biegeweichen Einzelschale (Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g) oberhalb des bauakustischen Bereiches liegt (Abb. 1.3.4). Da die Resonanzfrequenz proportional zur Federsteifigkeit und umgekehrt proportional zur flächenbezogenen Masse ist, bieten sich dafür folgende Maßnahmen an:

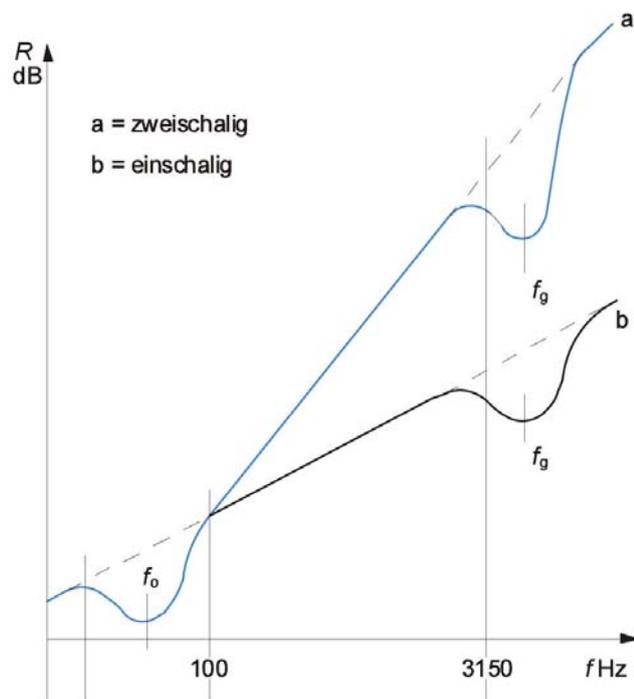


Abb. 1.3.4

Biegeweiche Schalen möglichst hoher flächenbezogener Masse

Für eine gute Schalldämmung muss die Einzelschale (= Beplankung) im schalltechnischen Sinne „biegeweich“ sein. Biegeweiche Schalen sind nach ÖNORM B 8115-4 z. B.:

- Stahlblechplatten mit Dicken ≤ 2 mm,
- Gipskarton- und Gipsfaserplatten mit Dicken ≤ 15 mm,
- Holzspanplatten mit Dicken ≤ 20 mm,
- schwimmende Estriche

Insofern handelt es sich im bauakustischen Sinne bei den im Trockenbau und Holzrahmenbau üblichen Bekleidungen in der Regel um biegeeweiche Schalen. Die Masse der Beplankung hat positiven Einfluss auf die Schalldämmung eines Bauteils, je höher bei vergleichbarer Biegeweichheit die flächenbezogene Masse ist, desto besser ist die Schalldämmung des Bauteils.

Im Trockenbau und im Holzrahmenbau üblicherweise biegeeweiche Schalen

Möglichst weiche, federnde Verbindung der Schalen:

Die Verbindung (z. B. Ständer) der beiden Schalen stellt zum einen eine „Schallbrücke“ dar, über die eine direkte Körperschallübertragung von der Vorderseite auf die Rückseite des zweischaligen Bauteils erfolgt, zum anderen sind die beiden Schalen durch die Verbindung gekoppelt, was Einfluss auf deren Steifigkeit und Schwingverhalten hat. Deshalb sollte die Verbindung im bauakustischen Sinne möglichst weich und federnd oder im Idealfall getrennt sein. Dadurch wird eine Entkopplung erreicht, was zu einem deutlich günstigeren Schalldämmmaß führt. Auch die im Hohlraum eingeschlossene Luft stellt eine Kopplung der Einzelschalen dar. Ein größerer Schalenabstand verbessert die Schalldämmung, da die Feder „Luft“ dadurch weicher wird.

Weiche, federnde Verbindung für mehr Schalldämmung

Hoher Füllgrad des Hohlraums mit schallabsorbierenden Dämmstoffen:

Zur Erhöhung der Schalldämmung wird der Hohlraum mit schallabsorbierendem Material (offenporige Dämmstoffe), in der Regel Mineralwolle, vollgefüllt. Der längenbezogene Strömungswiderstand der Dämmstoffe muss dabei mindestens $5 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ betragen. Ein hoher Füllgrad des Hohlraums (80–100 %) macht sich positiv bemerkbar, idealerweise erfolgt eine Volldämmung. Geschlossenzellige Dämmstoffe, wie z. B. Hartschäume, sind für Aufgaben der Schallabsorption nicht geeignet.

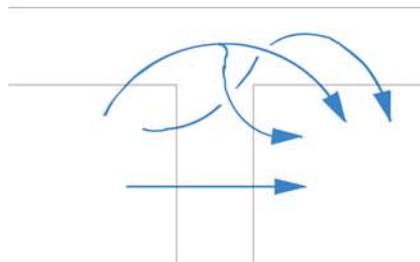
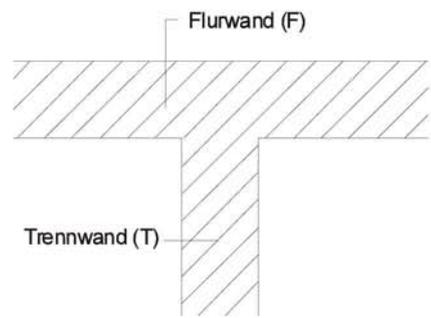
Vollfüllung des Hohlraums verbessert Schalldämmung

Anschlussausbildung an flankierende Bauteile

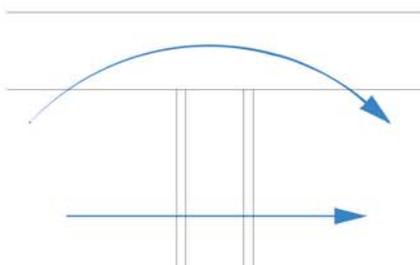
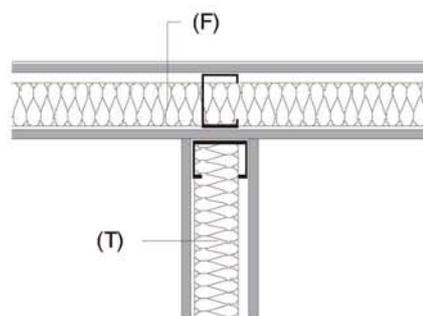
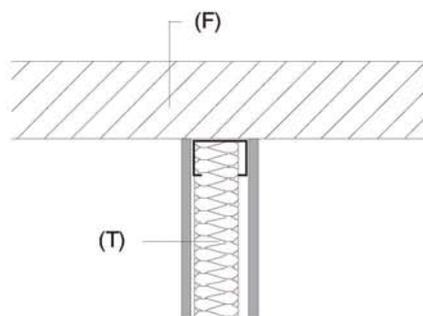
Luftschall zwischen zwei aneinandergrenzenden Räumen wird nicht nur über trennende Bauteile übertragen. Es erfolgt auch eine Schallübertragung über Nebenwege wie z. B. flankierende Bauteile, Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen, Rohrleitungen und Ähnliches. Die wichtigste Form der Nebenwegübertragung ist die Schalllängsleitung über angrenzende flankierende Bauteile. Auch hier setzen sich die Schallwellen fort und führen im Nachbarraum zu einer Schallabstrahlung. Neben der Schallübertragung über das trennende Bauteil (Weg Dd) muss deshalb auch diese Längsübertragung über flankierende Bauteile (Wege Ff, Df, Fd) berücksichtigt werden.

Schallübertragung über flankierende Bauteile

Die Schalllängsleitung hängt von der Art des trennenden Bauteils und dessen Anbindung an die flankierenden Bauteile ab. Im schalltechnischen Sinne wird zwischen einer biegesteifen und einer gelenkigen Anbindung unterschieden (siehe auch Abb. 1.3.5). Konstruktionen unter ausschließlicher Verwendung biegesteifer Bauteile verhalten sich schalltechnisch ganz anders als Konstruktionen unter Verwendung von Bauteilen aus biegeweichen Schalen.



Schallübertragungswege bei biegesteifer Anbindung



Schallübertragungswege bei gelenkiger Anbindung

Abb. 1.3.5: Wege der Schallübertragung zwischen zwei Räumen

1) Biegesteife Anbindung:

Tritt nur bei ausschließlicher Verwendung biegesteifer Bauteile im Massivbau auf, z. B. Mauerwerks-T-Stoß. Die Bauteile behindern sich durch die im akustischen Sinne biegesteife Anbindung gegenseitig in ihrem Schwingungsverhalten, was zu einer Dämmung (Senkung) der übertragenen Körperschallschwingungen führt, der so genannten „Stoßstellendämmung“, (vgl. ÖNORM B 8115-4, Abschnitt 6.2.1.5.3 „Stoßstellen-Dämmmaß K_{ij} “). Für jedes flankierende Bauteil existieren drei unterschiedliche Übertragungswege.

Bauteile behindern sich gegenseitig in ihrem Schwingungsverhalten

2) Gelenkige Anbindung:

Tritt auf, wenn zumindest ein Bauteil unter Verwendung biegeweicher Schalen hergestellt ist. Bei der Verwendung von Leichtbauteilen aus biegeweichen Schalen sind trennendes und flankierendes Bauteil praktisch unabhängig voneinander. Durch die im akustischen Sinne gelenkige Anbindung zwischen den Bauteilen entfällt die Stoßstellendämmung, die Schalllängsleitung über die flankierenden Bauteile wird von den Eigenschaften der Trennwand nicht beeinflusst. Wegen der fehlenden gegenseitigen Beeinflussung bleibt nur ein Übertragungsweg über das flankierende Bauteil übrig (Weg Ff), der zu beachten ist.

Trennendes und flankierendes Bauteil sind praktisch unabhängig voneinander

2a) Kombination von Bauteilen aus biegeweichen Schalen mit massiven Bauteilen:

Besondere Beachtung muss der Schalllängsleitung bei der Kombination von leichten und massiven Bauteilen geschenkt werden, z. B. bei

- leichten Trennwänden mit flankierenden Massivwänden und Decken,
 - Holzbalkendecken in Massivbauten,
 - massiven Trennwänden mit durchlaufenden flankierenden Leichtbauteilen,
- da die vom reinen Massivbau her bekannte Stoßstellendämmung hier nicht wirkt.

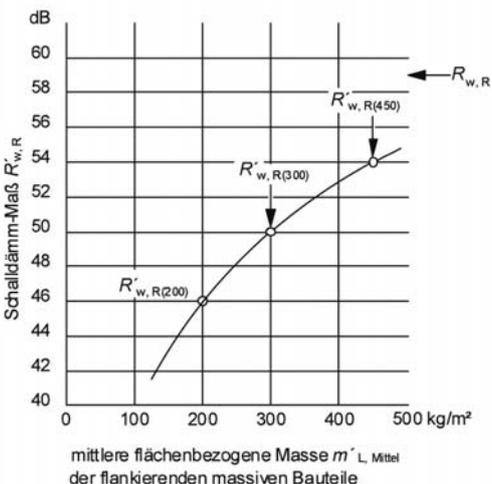
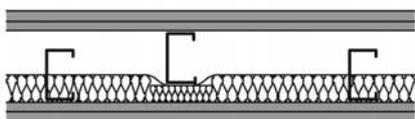


Abb. 1.3.6

Wie aus Abbildung 1.3.6 für eine Gipskarton-Trennwand ablesbar ist, variiert das resultierende Schalldämmmaß bei dieser Ausführung bei einer Änderung der flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile von 200 auf 450 kg/m² um 8 dB. Damit eine hochschalldämmende leichte Trennwand wirkungsvoll ist, müssen flankierende Massivbauteile ausreichender Flächenmasse vorhanden sein.

2b) Trennende und flankierende Bauteile aus biegeweichen Schalen

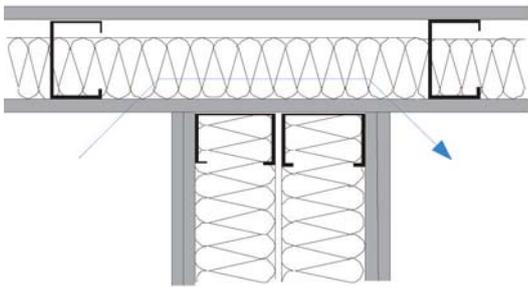
Bei der ausschließlichen Verwendung von Bauteilen aus biegeweichen Schalen ist die Schalllängsleitung eines biegeweichen flankierenden Bauteils (z. B. Ständerwand, Unterdecke) bei konstruktiv richtiger Ausführung des Anschlusses an das trennende Bauteil relativ gering, es wird kaum Schallenergie über das flankierende Bauteil übertragen.

Grundsätzlich existieren bei flankierenden Leichtbauteilen zwei Wege, auf denen Schall übertragen wird, unabhängig davon, ob es sich um Decken, Böden oder Wände handelt:

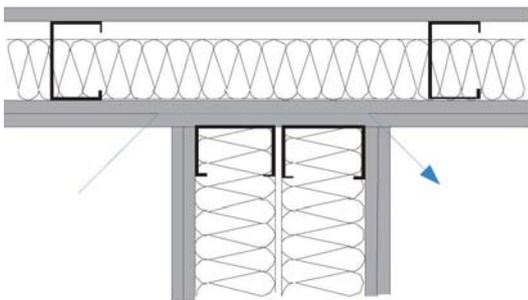
- Übertragung über den Hohlraum
- Übertragung über die Beplankung (z. B. Decklage, Wandschale)

Alle Maßnahmen zur Verringerung der Schalllängsleitung greifen an diesen beiden Übertragungswegen an.

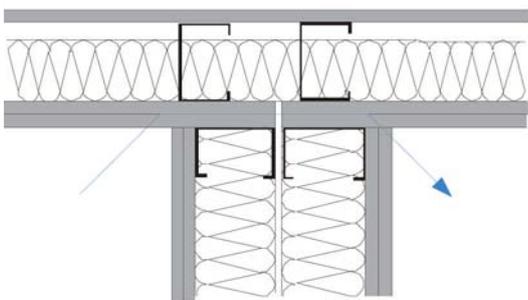
- Um eine Übertragung von Schallwellen im Hohlraum zu minimieren, wird dieser mit schallabsorbierendem Dämmstoff (i.d.R. Mineralwolle) bedämpft oder im Anschlussbereich des trennenden Bauteils abgeschottet.
- Die Schallübertragung über die flankierende Schale (z. B. Wandbeplankung, Decklage) wird durch den Aufbau dieser Schale beeinflusst. Bei biegeweicher Beplankung wirkt sich eine höhere Masse positiv aus, so ist z. B. die Schalllängsleitung über eine doppelte Beplankung geringer als über eine einfache.
- Am wirkungsvollsten ist eine Trennung der Beplankung des flankierenden Bauteils im Anschlussbereich an das trennende Bauteil, d. h. es existiert keine durchgehende Beplankung zwischen zwei Nachbarräumen. Bei derartigen Konstruktionen ist die Schalldämmung in Längsrichtung so hoch, dass eine Schalllängsleitung über das flankierende Bauteil praktisch kaum mehr stattfindet. Dies stellt die schalltechnisch günstigste Konstruktion dar.



Hohlraumdämmung



schwere (z.B. doppelte)
Beplankung



Unterbrechung der schall-
übertragenden Beplankung

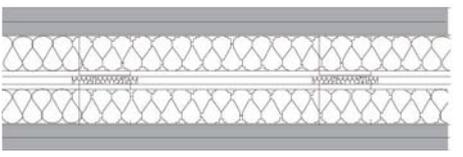
Abb. 1.3.7: Maßnahmen zur Verringerung der Schalllängsleitung

1.3.3 Luftschallschutz von Leichtbauwänden und Vorsatzschalen

Schallschutz leichter Trennwände

Bewertet man das Schalldämmmaß leichter Trennwände im Verhältnis zum Eigengewicht, der Bauteildicke und der Wirtschaftlichkeit sind diese Massivbauteilen deutlich überlegen.

Leichte Trennwände, z. B. Metallständerwände aus Gipsplatten, stellen aus

Konstruktion	Bauteile	flächenbez. Masse kg/m ²	bew. Schalldämmmaß R _w
<p>Massive Ziegel- und Kalksandsteinwände</p> 	<p>205 mm 175 mm + 2 x 15 mm Putz</p>	<p>240–300</p>	<p>51–54 dB (ÖNORM B 8115-4, Bild 1)</p>
<p>Metallständerwand CW 50+50/155</p> 	<p>155 mm</p>	<p>50</p>	<p>≥ 60 dB (ÖNORM B 3358-6, Tab. A.3)</p>

Tab. 1.3.8: Vergleich der Schalldämmung, der Bauteildicke sowie des flächenbezogenen Gewichtes von massiven und leichten Trennwänden.

bauakustischer Sicht zweischalige Bauteile mit biegeweicher Beplankung dar, die sich bauakustisch prinzipiell so verhalten wie in Abschnitt 1.3.2 beschrieben. Im Vergleich zu einer massiven Wand handelt es sich bei Ständerwänden um ein zusammengesetztes System, das aus mehreren Einzelkomponenten (Platten, Unterkonstruktion, Dämmstoff, Verbindungsmittel etc.) montiert wird. Die Eigenschaften der Einzelkomponenten, der Schichtaufbau, die Verbindung, die Verarbeitungsqualität auf der Baustelle und die baulichen Randbedingungen haben wesentlichen Einfluss auf das resultierende Schalldämmmaß der Trennwand. Die wichtigsten Einflussfaktoren sind in Tabelle 1.3.10 (der folgenden Seite) beschrieben.

Richtwerte für das bewertete Schalldämmmaß von Metall- und Holzständerwänden können der ÖNORM B 8115-4, Anhang A, sowie der ÖNORM B 3358-6 entnommen werden. Die dort angegebenen Werte R_w bieten ausreichende Planungssicherheit und dürfen ohne weitere Nachweise als Eingangswerte für die Berechnung der bewerteten Standard-Schallpegel-

differenz $D_{nT,w}$ eingesetzt werden. Mit einzelnen Systemen oder Systemvarianten können auch höhere Werte erzielt werden, dies ist durch Prüfatteste der Systemgeber zu belegen.

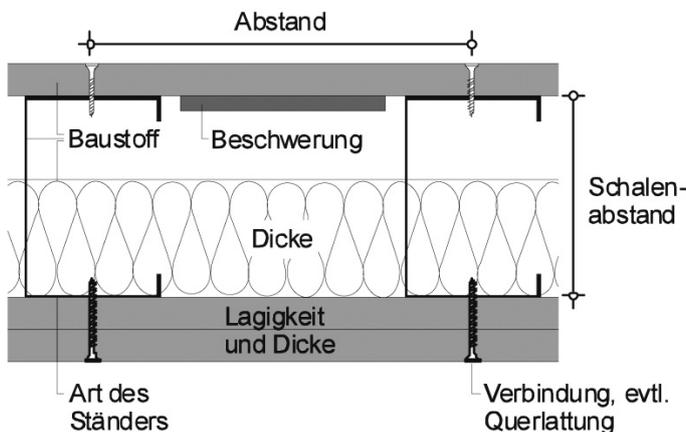


Abb. 1.3.9: Systemkomponenten mit Einfluss auf das schalltechnische Verhalten von leichten Trennwänden

Systembestandteil	Physikalischer Einflussfaktor	Praktischer Einflussfaktor mit positiver Wirkung auf die Schalldämmung
Beplankung (Einzelschale)	Biegeweichheit	<ul style="list-style-type: none"> ▮ Begrenzung der Plattendicke¹⁾ ▮ Plattenstruktur, Plattenwerkstoff²⁾
	flächenbezogene Masse	<ul style="list-style-type: none"> ▮ mehrlagige Beplankung ▮ Rohdichte des Plattenwerkstoffs ▮ Beschwerung der Beplankung³⁾
Unterkonstruktion, Verbindungselemente	Entkopplung der Schalen	<ul style="list-style-type: none"> ▮ Akustisch optimierte Ständer (z. B. sind spezielle federnde Metallständerprofile akustisch besser als CW-Standardprofile, diese sind wiederum besser als Holzständer) ▮ Großer Ständerabstand) ▮ Großer Schalenabstand (Bauteildicke) ▮ Getrennte Unterkonstruktion, z. B. Doppelständerwand ▮ Zwischenelemente (z. B. Querlattung, Dämmstreifen oder Federelemente) ▮ Befestigung der Beplankung (z. B. Verbindungsmittelabstand, Art der Befestigung)
Dämmstoff	Schallabsorption im Hohlraum	<ul style="list-style-type: none"> ▮ Hoher Füllgrad des Hohlraums (Volldämmung) ▮ Art und Eigenschaften des Dämmstoffs (z. B. Strömungswiderstand > 5 kPas/m²)

1) Beispiele für biegeweiche Beplankungen sind Gipskartonplatten und Gipsfaserplatten ≤ 15 mm Dicke.
 2) Spezielle Gipskarton-Schallschutzplatten weisen gegenüber herkömmlichen Gipskartonplatten eine geringere Biegesteifigkeit auf.
 3) Eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse, z. B. durch Beschwerung der Innenseite der Schalen mit Bleiblech.

Tab. 1.3.10: Einflussfaktoren auf die Schalldämmung von Metallständerwänden

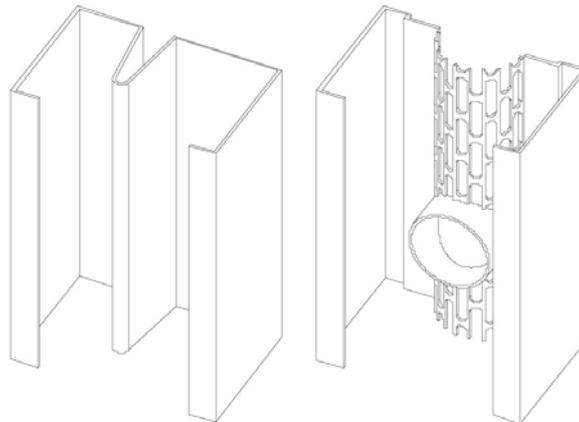


Abb. 1.3.11: Beispiele für Schallschutz-Sonderprofile

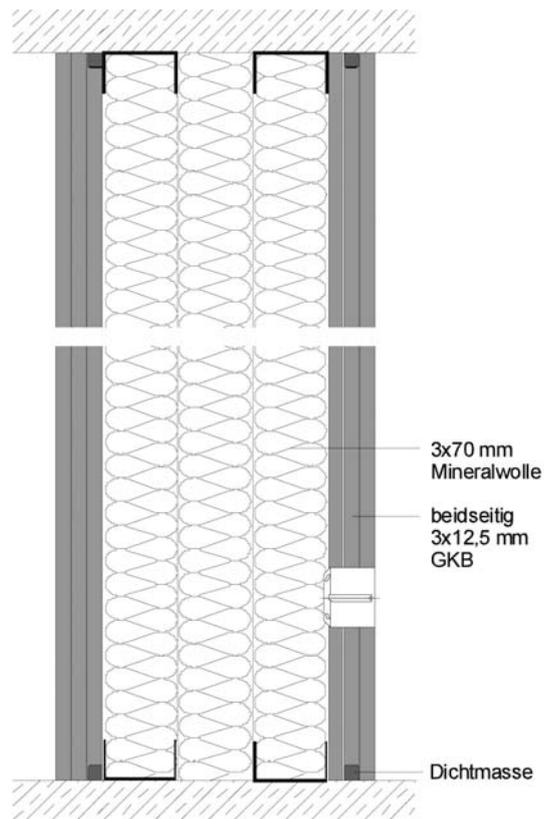


Abb. 1.3.12: Beispiel für eine hoch schalldämmende Metallständerwand

Schallschutzverbesserung durch biegeweiche Vorsatzschalen

Zur Verbesserung der Schalldämmung und Reduktion der Schalllängsleitung von Massivwänden werden Vorsatzschalen eingesetzt (Tab. 1.3.14). Die prinzipiellen Einflussgrößen auf die Schalldämmung von biegeweichen Vorsatzschalen entsprechen denen von Leichtbauwänden (Tab. 1.3.10). Das durch eine biegeweiche Vorsatzschale erzielbare Luftschallverbesserungs-

maß ist abhängig von der flächenbezogenen Masse der bekleideten Massivwand sowie der Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale. Besonders hohe Verbesserungen sind bei bauakustisch schlechter Ausgangssituation, d. h. leichten Massivwänden, zu erzielen sowie mit Vorsatzschalen niedriger Resonanzfrequenz, wie sie im Trockenbau üblich sind.

Das bewertete Luftschallverbesserungsmaß ΔR_w durch eine biegeweiche Vorsatzschale in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz f_0 und dem bewerteten Schalldämmmaß R_w der Rohwand oder Rohdecke kann der ÖNORM B 8115-4, Tabelle 5, entnommen werden. Bei beidseitig angebrachten Vorsatzschalen ergibt sich das bewertete Luftschallverbesserungsmaß ΔR_w aus der Summe der Verbesserungsmaße der einzelnen Vorsatzschalen, wobei für die Vorsatzschale mit dem kleineren Wert nur der halbe Wert angesetzt werden darf.

Für eine schalltechnisch hochwertige Konstruktion sollten Schallbrücken zwischen Vorsatzschale und Wand vermieden werden. Dies wird durch frei stehende Vorsatzschalen erreicht. Ähnlich gute Ergebnisse werden auch über punktweise mit der dahinter liegenden Wand verbundene Vorsatzschalen erreicht, wenn die Befestigung über Dämmstreifen erfolgt und die Anzahl der Befestigungspunkte möglichst gering gehalten wird.

*Schallbrücken zwischen
Vorsatzschale und Wand vermeiden*

Eine wichtige Voraussetzung für die bauakustische Wirksamkeit biegeweicher Vorsatzschalen ist die Fugenfreiheit der zu bekleidenden Wand. Fugen und Undichtheiten sind zu schließen, im Zweifelsfall empfiehlt es sich, zumindest eine Wandseite vollständig zu verputzen.

Fugenfreiheit der bekleideten Wand

Trockenbau-Maßnahmen	Bewertung	Beschreibung
Trockenputz	nicht geeignet	starre Verbindung zwischen Plattenrückseite und der Mauerwerkswand über den Ansetzbinder
Hartschaum-Verbundbauplatte	nicht geeignet	starre Verbindung zwischen Platte, Hartschaum und Wand
Mineralwolle-Verbundbauplatte	geringe Verbesserung	relativ starre Verbindung zwischen Platte, Mineralwolle und Wand
Direkt befestigte Vorsatzschale	gut geeignet	je loser die Verbindung ist (z. B. Federschienen statt Holzlatten), desto höher ist die erzielbare Verbesserung
Frei stehende Vorsatzschale	sehr gut geeignet	keine Verbindung zwischen Wand und Platte, „federnde“ UK vorteilhaft (z. B. Metallständer statt Holzständer)

Tab. 1.3.13: Eignung von Bekleidungen und Vorsatzschalen zur Verbesserung des Schallschutzes von Wänden

Massivwand flächenbez. Masse [kg/m ²]	Konstruktionsbeschreibung ¹⁾			Schalldämmmaß R _{w,r} [dB]
	Beklankung Dicke [mm]	Mindest- Dämmstoffdicke	Gesamtdicke Vorsatzschale [mm]	
300	12,5 Gipskarton	40	72,5	60
185	12,5 Gipsfaser ²⁾	40	≥ 65	62
	12,5 + 10 (12,5 + 12,5) Gipsfaser ²⁾		≥ 75 (≥ 80)	64
460	12,5 Gipsfaser ²⁾	40	≥ 65	68
	12,5 + 10 (12,5 + 12,5) Gipsfaser ²⁾		≥ 75 (≥ 80)	70
350	10 oder 12,5 Gipsfaser ²⁾	40	≥ 70	61 ³⁾

1) Die genauen Konstruktionsaufbauten sind den Unterlagen der Systemanbieter zu entnehmen.

2) Die Angaben gelten für Gipsfaserplatten des Typs Fermacell.

3) Vorsatzschale an der Rohwand befestigt.

Tab. 1.3.14: Schalldämmmaß von Massivwänden mit biegeweichen Vorsatzschalen aus Prüfstandsmessungen in Prüfständen ohne Flankenübertragung

Anchlussausbildung von Wänden

Die prinzipiellen Einflussgrößen der Anschlussausbildung von leichten Trennwänden auf die Schalllängsübertragung über flankierende Bauteile sind in Abschnitt „Anschlussausbildung an flankierende Wände“ auf Seite 63 dargestellt. Für Holzständerwände gelten die gleichen Konstruktionsprinzipien.

Beim Anschluss von leichten Trennbauteilen an Massivbauteile ist die Schalllängsleitung von der flächenbezogenen Masse der massiven Bauteile abhängig. Eine geringe Schalllängsleitung über flankierende Leichtbauteile wird mit den im Folgenden aufgeführten Maßnahmen erreicht, wobei die Wirkung mit der Reihenfolge der Aufzählung zunimmt.

Bodenanschluss

Aufschneiden von schwimmenden Estrichen im Verlauf der Trennwand oder vollständige Unterbrechung des Estrichs durch die Trennwand.

Wandanschluss

Dämmung des Hohlraums der flankierenden Wand, mehrlagige Beklankung der flankierenden Wand, Unterbrechung der Beklankung im Anschlussbereich der Trennwand durch eine Fuge oder über die gesamte Wandtiefe.

Deckenanschluss

Faserdämmstoffauflage (Mineralwolle) auf der Unterdecke, mehrlagige Bekleidung bei flankierenden Decken mit geschlossener Fläche, Unter-

*Varianten der Anschlussausbildung
von Wänden an Boden, Wand
und Decke*

brechung der Bekleidung im Anschlussbereich der Trennwand durch eine Fuge oder über die gesamte Wandtiefe, vollständige Abschottung des Deckenhohlraums im Anschlussbereich der Trennwand durch ein Absorberschott oder Plattenschott oder durch Führen der Trennwand bis an die Rohdecke.

Bei Unterdecken mit gegliederter Fläche (Rasterdecken mit Einlegemontage) ist die Schallübertragung über den Hohlraum von maßgeblicher Bedeutung, da die Deckenfläche selber durch die Elementierung nur bedingt schalldicht ist. Von weiterem Einfluss ist die Abhängigkeit der Unterdecke.

Werte für die Schalllängsleitung, abhängig vom Aufbau der flankierenden Bauteile und der Anschlussausbildung zur Trennwand, sind den Schallschutznormen sowie Veröffentlichungen und Firmenunterlagen zu entnehmen, wenn diesen Angaben Prüfatteste zugrunde liegen.

1.3.4 Schallschutz von leichten Deckensystemen

Ebenso wie Wände können Decken aus schalltechnischer Sicht sowohl trennende als auch flankierende Bauteile darstellen. Deckenkonstruktionen als trennende Bauteile zwischen übereinander liegenden Räumen müssen dabei sowohl Anforderungen an den Luft- als auch an den Trittschallschutz erfüllen.

*Decken aus schalltechnischer Sicht
trennende oder flankierende
Bauteile*

Unter leichten Deckensystemen werden Holzbalkendecken oder Decken in Stahl-Leichtbauweise mit Deckenträgern aus dünnwandigen, kaltgeformten Metallprofilen (Blechdicke bis 2,5 mm) verstanden, die sich im akustischen Sinne ähnlich wie Holzbalkendecken verhalten.

Mit leichten Deckensystemen lassen sich die Anforderungen an den Luft- und Trittschallschutz durch geeignete Deckenaufbauten erfüllen. Da die normativen Anforderungen an den Trittschallschutz bei leichten Deckensystemen schwieriger zu realisieren sind als der geforderte Luftschallschutz, ist die Hauptaufmerksamkeit auf das Erreichen einer ausreichenden Trittschalldämmung zu richten. Man kann davon ausgehen, dass bei ausreichendem Trittschallschutz ein guter Luftschallschutz automatisch gegeben ist.

Das für Massivdecken übliche Rechenverfahren mit Verbesserungsmaßen von Fußbodenaufbauten ist für leichte Deckensysteme nicht anwendbar. Die für Massivdecken ermittelten Verbesserungsmaße für verschiedene Deckenaufbauten, meist schwimmende Estriche, sind nicht auf Konstruktionen mit Holzbalken oder Metallprofilen zu übertragen. Da die Dämmwirkung von schwimmenden Estrichen bei tiefen Frequenzen geringer als bei hohen ist, die Schwachpunkte der Trittschalldämmung bei Massivdecken bei hohen, bei leichten Deckensystemen dagegen bei tiefen Frequenzen liegen, kommt es zu diesem Phänomen.

*Unterschiedliche Rechenverfahren
von Fußbodenaufbauten für massi-
ve und leichte Deckensysteme*

In Abhängigkeit vom Aufbau der leichten Deckensysteme können sich prinzipiell für den gleichen Fußbodenaufbau auf verschiedenen Leichtbaudecken

*Einflussfaktoren für Trittschall-
Verbesserungsmaß*

Unterschiede im Trittschall-Verbesserungsmaß ergeben. Das auf einer bestimmten Leichtbaudecke ermittelte Trittschall-Verbesserungsmaß gilt nur für diese Decke und kann nicht beliebig auf andere Decken übertragen werden. Das Trittschall-Verbesserungsmaß von Leichtbaudecken wird beeinflusst durch:

- Art der Decke (Holzbalkendecke, Metallprofildecke, Brettstapeldecke)
- Balken/Profilabstände
- Balken/Profilquerschnitt
- Art und Dicke der Deckenschalung
- Art, Dicke, Lagigkeit und Befestigung der Unterdecke/Deckenbekleidung, falls vorhanden
- Art der Füllung und Füllungsgrad des Deckenhohlraums
- Beschwerung

Bedingt durch die Vielfalt von Holzbalkendecken, die weit größer als bei Massivdecken ist, sind die Angaben den Schallschutznormen bzgl. der schalltechnischen Eigenschaften dieser Decken relativ eingeschränkt (vgl. ÖNORM B 8115-4, Tabelle B.1). Dazu kommt, dass hier die Streuung der Schalldämmwerte durch Ausführungsvarianten größer ist.

Über Decken mit tragenden Metallprofilen sind in den aktuellen Schallschutznormen keine Angaben gemacht. Da die Metallprofile akustisch weicher sind als Holzbalken, sind die mit derartigen Konstruktionen erreichbaren Schallschutzwerte gleich oder geringfügig besser als die von ansonsten gleichartig aufgebauten Holzbalkendecken.

Maßnahmen zur Schallschutzverbesserung von Decken

*Ausgefüllte Leichtbaudecken
erfüllen Schallschutzanforderungen
problemlos*

Obwohl die Voraussetzungen für einen guten Schallschutz – vor allem in Bezug auf den Trittschallschutz – bei massiven Rohdecken günstiger sind als bei leichten Deckensystemen, erfüllen ausgeführte Leichtbaudecken die Schallschutz-Anforderungen problemlos. Durch richtige Konstruktion und die Kombination verschiedener Verbesserungsmaßnahmen erreichen die leichten Deckensysteme als zweischaliges Bauteil eine Luft- und Trittschalldämmung, die trotz geringer Masse den Anforderungen des erhöhten Schallschutzes genügt.

Um die geforderte Schalldämmung zu erreichen, wird bei leichten Deckensystemen angestrebt, die direkte Körperschallübertragung über die Deckenbalken bzw. -profile zu unterbinden, indem man den Schalleintrag an der Deckenoberseite von der Schallabstrahlung an der Deckenunterseite möglichst entkoppelt. Dies wird durch die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen realisiert.

Fußbodenaufbau

*Weich federnde Dämmschichten
trennen Fußboden und Rohdecke*

Erreicht wird eine Trennung auf der Deckenoberseite durch weich federnde Dämmschichten zwischen Fußboden und Rohdecke, im Allgemeinen wird ein

schwimmender Estrich (schwimmender Zementestrich, Gussasphaltestrich, Trockenestrich) eingesetzt. Folgende Punkte sind für eine schalltechnisch gute Ausführung eines schwimmenden Estrichs zu beachten:

- sorgfältige Ausführung der Anschlüsse an die Wände (Randdämmstreifen)
- Vermeidung von Schallbrücken zu der Rohdecke
- „federnde“ Verbindung zwischen der Estrichplatte und der Rohdecke (Trittschalldämmstoffe geringer dynamischer Steifigkeit)

Bei Baumaßnahmen, bei denen möglichst geringe Lasten eingebracht werden sollen (z. B. Sanierungsmaßnahmen) oder ein schneller Baufortschritt bzw. die Vermeidung von Baufeuchte gefordert ist, bietet sich für den Fußbodenaufbau der Einsatz von möglichst leichten Trockenestrichsystemen an. Trockenestrichsysteme verbessern den Schallschutz von Massivdecken um bis zu 28 dB [1]. Holzbalkendecken können um bis zu 13 dB ertüchtigt werden, bei Einsatz von Schüttungen sind Verbesserungsmaße von bis zu 30 dB erzielbar (vgl. ÖNORM B 8115-4, Tabelle B.3 und [1]).

Trockenestrichsysteme ideal bei Sanierungsmaßnahmen

Positiven Einfluss auf die Schalldämmung, vor allem bei leichten Deckensystemen, hat eine Beschwerung der Decke, z. B. durch Schüttungen, schwere Matten oder das Aufkleben von Betonplatten/Steinen. Maßgeblich für die Verbesserungswirkung ist die flächenbezogene Masse der Beschwerung. Besonders hohe Verbesserungsmaße von Fußbodenaufbauten werden durch die Kombination von Beschwerung und schwimmendem Massivestrich erzielt. Ebenfalls gute Ergebnisse werden mit ausreichend schweren Schüttungen und Trockenestrichen erreicht. Auch die Füllung (Einschub) bei alten Holzbalkendecken bedeutet eine Massenerhöhung und sollte nur entfernt werden, wenn dies unbedingt nötig ist.

Schalltechnische Verbesserung durch Beschwerung der Decke

Weitere schalltechnische Verbesserungen von Decken sind durch weich federnde Bodenbeläge (Teppichbeläge) erreichbar. Diese dürfen für den Nachweis des Mindestschallschutzes nicht angerechnet werden.

Deckenbekleidungen und Unterdecken

Eine Verminderung der Schallabstrahlung von der Deckenunterseite kann durch den Einsatz einer unteren Deckenbekleidung oder Unterdecke erreicht werden. Günstig ist dabei eine akustisch dichte und biegeeweiche Bekleidung, die über eine Unterkonstruktion an der Rohdecke befestigt ist. Eine Dämmstoffeinlage aus Mineralwolle oberhalb der Bekleidung ist schalltechnisch empfehlenswert.

Abgehängte Decken vermindern Schallabstrahlung von Deckenunterseite

Die Art und der Abstand der Befestigung der Bekleidung an der Rohdecke ist, vor allem bei leichten Deckensystemen, von großem Einfluss. Die Verbindung sollte möglichst weich ausgeführt werden, z. B. an über Federbügel mit dem Balken verbundenen Leisten oder an Federschielen. Die Trittschallminderung beträgt bei leichten Deckensystemen (z. B. Holzbalkendecken) im Mittel

ca. 10 dB gegenüber der Befestigung über eine Lattung. Das Aufdoppeln einer zweiten Gipsbauplatte auf die untere Bekleidung erhöht die Trittschalldämmung um ca. 4 dB (vgl. ÖNORM B 8115-4, Tabelle B.2).

Deckenhohlraum

Um eine Luftschallübertragung über den Deckenhohlraum von leichten Deckensystemen zu minimieren, ist eine Hohlraumdämpfung mit porösen Dämmstoffen, in der Regel Mineralwolle, erforderlich. Der Dämmstoff sollte mindestens 50 mm dick verlegt sein, üblich sind 100 mm, je höher der Füllgrad, desto günstiger.

Trockenbausystem	Verbesserung
DECKENBEKLEIDUNGEN / UNTERDECKEN	
unter Massivdecken	$\Delta R'_{w,R} = 3-8 \text{ dB}$ $\Delta L_{w,R} = 2-11 \text{ dB}$
unter Holzbalkendecken mit zuvor sichtbaren Balken	$\Delta R'_{w,R} = 12-24 \text{ dB}$ $\Delta L_{w,R} = 13-22 \text{ dB}$
alte Holzbalkendecke (Rohrputz) bzw. zuvor einfache, direkte Bekleidung	$\Delta R'_{w,R} = 8-12 \text{ dB}$ $\Delta L_{w,R} = 4-10 \text{ dB}$
TROCKENESTRICHSYSTEME (OHNE SCHÜTTUNG)	
auf Massivdecken	$\Delta L_{w,R} = 16-28 \text{ dB}$
auf Holzbalkendecken	$\Delta L_{w,R} = 4-10 \text{ dB}$

Tab. 1.3.15: Verbesserung der Schalldämmung von Decken durch Trockenbausysteme

1.3.5 Optimierung der bauakustischen Leistungsfähigkeit im Leichtbau

Durch die Vielzahl der zusammenwirkenden unterschiedlichen Bauelemente und die Bedeutung der Anschlussausbildung sowie der flankierenden Bauteile müssen zweischalige Bauteile als Gesamtsystem betrachtet werden.

Zweischalige Bauteile als Gesamtsystem betrachten

Die beschriebenen positiven Einflussfaktoren addieren sich in ihrer akustischen Wirkung. Dies wird von den Trockenbau-Systemanbietern bei der Entwicklung bauakustisch hochleistungsfähiger Wandsysteme gezielt genutzt. Werden mit Standardsystemen – je nach Variation des Aufbaus – Schalldämmmaße bis 60 dB erreicht, so sind mit Sondersystemen Schalldämmmaße bis 80 dB zu erzielen. Erreicht wird dies durch bauakustisch optimierte Wandaufbauten, die Sonderprofile, Schallschutzplatten, mehrlagige Beplankungen und Entkopplungsmaßnahmen miteinander kombinieren. Die Masse und die Dicke der Trennwand werden dadurch nur unwesentlich verändert, die bauakustische Optimierung basiert auf der Intelligenz der Schichtung, Verbindung und Baustoffauswahl. Beispielhaft zu nennen sind Kinotrennwände, die bei einer flächenbezogenen Masse von ca. 100 kg/m²

Positive Einflussfaktoren addieren sich

und einer Bauteildicke von ca. 270 mm ein Schalldämmmaß von 78 dB aufweisen und auch im tieffrequenten Bereich die hohen Anforderungen der Kinobetreiber erfüllen. Vergleichbare Schalldämmmaße sind mit einschaligen Massivbauteilen baupraktisch nicht zu erzielen.

Die Bandbreite der Einflussfaktoren ermöglicht eine bauakustische Optimierung trotz restriktiver Planungsrandbedingungen. Auch ohne eine Dicken- oder Massenerhöhung sind Schallschutzverbesserungen erzielbar, z. B. durch den Einsatz von Sonderprofilen und Sonderplatten, modifizierte Befestigungen oder optimierte Dämmstofffüllung etc. Im Umkehrschluss kann bei gegebenen Schallschutzanforderungen eine leichte Trennwand in der Regel bzgl. Schlankheit und Gewicht weiter reduziert werden, wenn entsprechende planerische Vorgaben existieren. Die Entscheidung für ein Trennwandsystem kann sich – neben dem geforderten Schallschutz – an den Kosten, dem Raumbedarf, ökologischen Gesichtspunkten, Vorgaben des Bauherrn und nicht zuletzt anderen bauphysikalischen Anforderungen orientieren.

*Verbesserung des Schallschutzes
ohne Massenerhöhung*

Dem Planer gelingt es, negative baupraktische Einflussfaktoren oder Verarbeitungsfehler ohne grundsätzliche Änderungen am System zu kompensieren. So kann z. B. die bauakustisch ungünstige Anordnung zusätzlicher Ständer für die Befestigung hoher Lasten durch Sonderprofile oder eine weitere Beplankungslage ausgeglichen werden.

*Im Leichtbau viele „Stellschrauben“ zur Optimierung
der Gesamtkonstruktion*

Derartige „Stellschrauben“ existieren bei monolithischen massiven Bauweisen nicht. Die Forderung nach einer Erhöhung des Schallschutzes resultiert automatisch in einem dickeren und/oder schwereren Bauteil, mit den entsprechenden Konsequenzen für den Flächenbedarf oder die Belastung der Tragstruktur.

Eine bauakustische Optimierung beschränkt sich im Leichtbau nicht nur auf die Verbesserung der trennenden Bauteile, sondern umfasst die gesamte Raum- und Anschlusssituation. Durch die leichtbauspezifische Planung der Bauteilanschlüsse sind hohe Schalldämmmaße zu erzielen. Bei gegebenen flankierenden Bauteilen genügt oftmals eine Veränderung der Bauteilfügung um schalltechnische Verbesserungen zu erzielen. Im Umkehrschluss lassen sich, unabhängig von der schalltechnischen Qualität des trennenden Leichtbauteils, Schallschutzvorgaben bei ungünstigen Einbaubedingungen unter Umständen nicht erfüllen.

Ein guter Schallschutz setzt eine Sensibilisierung des Planers und des Ausführenden für akustische Grundlagen und ein Gespür für schalltechnische Schwachstellen voraus. Die Zusammenhänge müssen dem Planer bei der bauakustischen Planung im Leichtbau bewusst sein. Die Vielzahl der Faktoren zur positiven Beeinflussung der Schalldämmung von Konstruktionen in Trocken- oder Holzbauweise erfordert eine systemgerechte Planung der Bauteilaufbauten, Anschlüsse und Details sowie eine sorgfältige Ausführung.

*Schalltechnische Maßnahmen
früh bedenken*

Schalltechnische Maßnahmen sollten bereits in einem frühen Planungsstadium berücksichtigt werden, spätere Nachbesserungen, z. B. der Anschlüsse, sind oft unbefriedigend und aufwändig.

*Raumakustische Maßnahmen
fast ausschließlich mit
Leichtbausystemen*

1.3.6 Raumakustik

Raumakustische Maßnahmen, vor allem mit dem Ziel der Nachhallzeitverkürzung und Lärminderung (Schallabsorption), werden fast ausschließlich mit leichten Ausbausystemen realisiert, die additiv in die tragende Gebäudestruktur, unter Berücksichtigung der jeweiligen raumakustischen und gestalterischen Anforderungen, integriert werden. Herkömmliche massive Systeme sind für diese Aufgaben durch ihre schallharte Oberfläche nicht geeignet, ihre raumakustischen Aufgaben beschränken sich auf Schallreflexion und Schallstreuung.

Um eine gewünschte akustische Raumwirkung zu erzielen, wie z. B. ein angenehm gedämpfter Lärmpegel in Arbeitsräumen oder die Hörsamkeit in Theatern, müssen beim Ausbau eines Raumes meist gezielt akustische Maßnahmen vorgesehen werden. Solche raumakustische Aufgaben werden in Räumen, die nicht speziell für Darbietungen vorgesehen sind, fast ausschließlich von der Unterdecke oder Deckenbekleidung wahrgenommen. Typische Aufgaben sind hierbei z. B. die Reduzierung des Lärmpegels, die Regulierung der Nachhallzeit oder die Schallleitung über gezielte Reflexionen.

*Ausschlaggebend ist die Fähigkeit
zur Schallabsorption*

Entscheidende Eigenschaft für die akustische Wirkung eines Deckensystems ist seine Schallabsorption. Das Maximum der Absorption liegt je nach System bei verschiedenen Frequenzen und ist unterschiedlich hoch. Durch die Wahl eines Deckensystems mit geeignetem Verlauf des Schallabsorptionsgrades ist die Akustik eines Raumes gezielt zu beeinflussen. Einflussgrößen auf die schallabsorbierenden Eigenschaften eines Deckensystems sind dabei:

- das Material (und die Dicke) der Decklage,
- die Oberfläche der Decklage,
- schallabsorbierende Auflagen oder Beschichtungen und Putze,
- die Abhängehöhe,
- die räumliche Anordnung der Decklage.

Als poröse Schallabsorber wirken Decklagen aus Mineralfaserplatten, Holzwolleplatten, Weichschaumstoffplatten auf Melaminharzbasis, Akustikputz o. Ä. Um die schallabsorbierende Oberfläche von porösen Schallabsorberplatten zu vergrößern, ist diese oft dreidimensional strukturiert. Auch eine Lochung oder Nadelung erhöht die Schallabsorption.

Nicht poröse Decklagen mit geschlossener oder gelochter Oberfläche wirken als Plattenresonator, als Helmholtzresonator oder als Kombination verschiedener schallabsorbierender Mechanismen. Dünne plattenförmige Absorber wie Gipskarton oder Metallplatten sind für einen Durchgang der Schallwellen

geloht oder geschlitzt und weisen auf der Rückseite meist schallabsorbierende Auflagen auf, wie Mineralwolle oder Akustikfilze und Vliese. Teilweise ist Mineralwolle als Rieselschutz in geeignete Folien eingeschweißt, was nichts an ihrer akustischen Wirksamkeit ändert. Art und Größe der Lochung sowie der Lochanteil beeinflussen die Schallabsorption.

Im Allgemeinen steigt der Schallabsorptionsgrad bei hohen und tiefen Frequenzen mit der Abhängöhe der Decke, wogegen für den mittleren Frequenzbereich eine geringere Abhängöhe bessere Schallabsorptionswerte ergibt. Poröse Absorber sind auch bei direktem Aufkleben auf die Rohdecke wirksam. Sie werden auch als Lamellen, Waben oder Zylinder (Baffels) in den Raum gehängt, was zu einer Erhöhung der schallabsorbierenden Fläche beiträgt.

Schallabsorption für hohe, mittlere und tiefe Frequenzen

Für eine gute Raumakustik müssen geeignete Deckensysteme ausgewählt werden und auch von ihrer Größe (Quadratmeterzahl) und Anordnung im Raum optimiert werden. Für Decken mit raumakustischen Anforderungen sind eine Vielzahl von Materialien und Systemen auf dem Markt. Die jeweilige frequenzabhängige Schallabsorption ist den Herstellerangaben zu entnehmen. Für eine akustische Aufgabe kommen meist verschiedene Systeme in Frage, so dass bei der Entscheidung für ein System weitere bauphysikalische Eigenschaften der Decke (z. B. Brandschutz), das Deckendesign und der Preis u.s.w. eine wichtige Rolle spielen.

In großen Räumen wie Konzertsälen können durch mehrfache Reflexionen unerwünschte Echos entstehen. Als Echo wird eine Reflexion verstanden, die mit einer Verzögerung von mehr als 50 ms zum direkten Schall wahrgenommen wird, was bedeutet, dass die reflektierte Schallwelle einen mindestens 17 m längeren Weg als die direkte zurücklegen muss. Echos in großen Räumen können somit durch Verkürzung der Reflexionswege verhindert werden, indem z. B. niedrigere Decken eingezogen oder Reflektoren aufgehängt werden.

Günstig für eine gute Hörbarkeit von Darbietungen ist eine gleichmäßige Versorgung der Zuhörerplätze mit Direktschallenergie, wie dies z. B. durch eine Überhöhung der Sitzreihen und durch möglichst kurze Schallwege zwischen Schallquelle und Zuhörern erreicht werden kann. Dies ist durch entsprechende Raumgestaltung und Aufteilung (Galerien, Balkone) zu erreichen. Als Ergänzung der Versorgung der Zuhörerplätze mit Deutlichkeit erhöhender Direktschallenergie sind insbesondere den hinteren Plätzen und Galerien kurzzeitige Reflexionen zuzuführen. Derartige erwünschte Reflexionen für den hinteren Publikumsbereich lassen sich am besten durch die gezielte Anordnung von Reflexionsflächen erreichen, z. B. durch eine entsprechende Gestaltung der Decke.

Lenkung von Direktschallenergie

Ein Haupteinsatzbereich für schallschluckende Materialien ist die Lärmsenkung im Raum, z. B. in Industrie- und Gewerbebetrieben, Großraumbüros, Räumen mit Publikumsverkehr u.s.w. Je mehr Schallabsorptionsfläche man in

Schallschluckende Materialien zur Lärmsenkung

einen Raum einbringt, desto größer ist in Abhängigkeit von der Raumgeometrie die Lärmsenkung. Da aber in der Praxis die für Schallschluckmaßnahmen verfügbare Fläche meist begrenzt ist (oft steht nur die Decke zur Verfügung), sind der erzielbaren Wirkung Grenzen gesetzt. Durch den Einbau von Akustikdecken sind im Allgemeinen Lärmsenkungen von 5 bis 7 dB erreichbar.

1.4 Brandschutztechnische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Die Entwicklung und das Schadensausmaß von Bränden werden durch eine Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt, die sich hemmend oder begünstigend auf den Brandverlauf auswirken. Entsprechend diesen Auswirkungen im Hinblick auf die brandschutztechnische Sicherheit von Bauwerken wird zwischen potentiellen Gefahren und Schutzmaßnahmen unterschieden. Zur Umsetzung der allgemeinen Schutzziele nach der OIB-Richtlinie 300-048/06 müssen nachfolgende Kriterien sichergestellt werden. Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein,

- ▮ dass der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie die Brandausbreitung wirksam eingeschränkt wird,
- ▮ dass der Entstehung eines Brandes vorgebeugt wird und im Falle eines Brandes die Ausbreitung von Feuer und Rauch begrenzt wird,
- ▮ dass bei einem Brand den Benutzern ein rasches und sicheres Verlassen des Bauwerkes möglich ist oder sie durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- ▮ dass bei der Brandbekämpfung die Sicherheit der Löschkräfte und der Rettungsmannschaften weitestgehend gewährleistet ist und wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Ziele des baulichen Brandschutzes

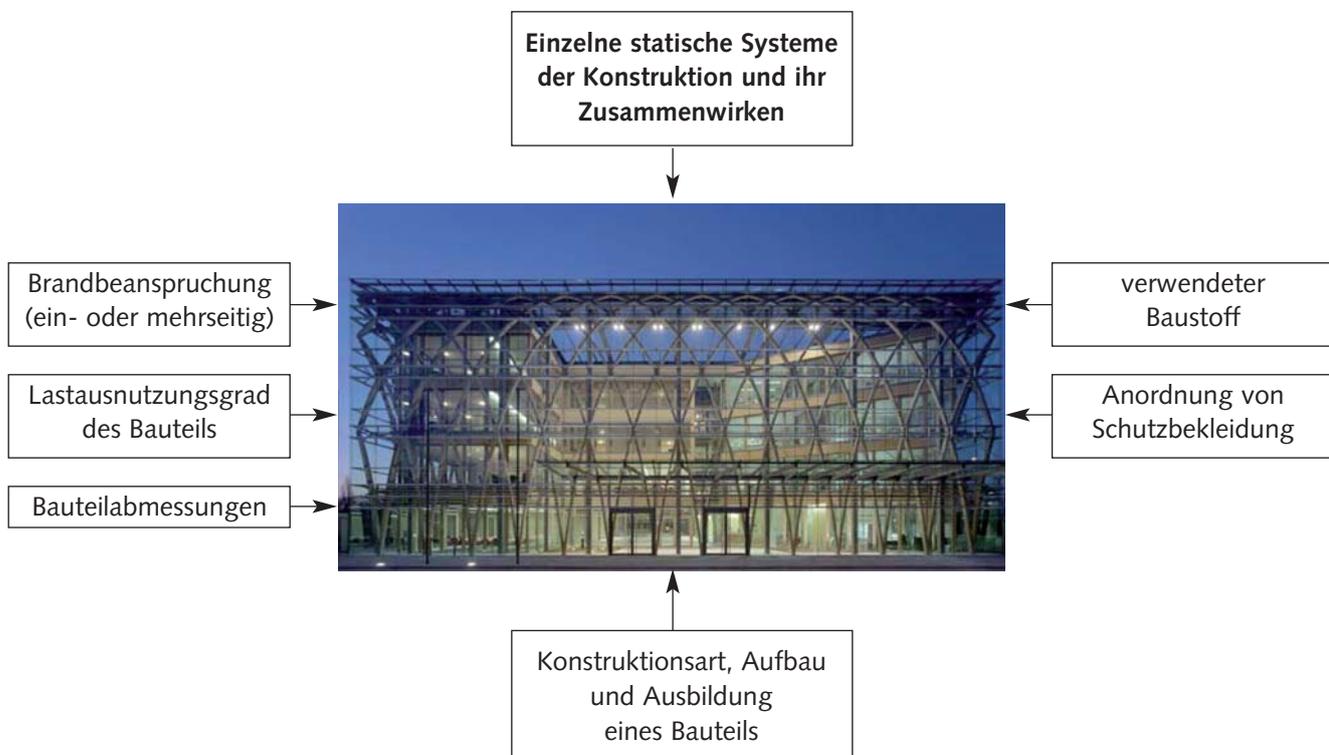


Abb. 1.4.1: Einflussfaktoren auf das Brandverhalten von Gebäuden

*Musterbrandschutzkonzept
des OIB*

Die OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ definiert das brandschutztechnische Sicherheitsniveau und stellt mit den von der Gebäudeklasse abhängigen Anforderungen ein „Musterbrandschutzkonzept“ für Regelbauwerke dar. Von den Anforderungen der Richtlinie kann abgewichen werden, wenn schlüssig nachgewiesen wird, dass nach dem Stand der Technik bzw. Wissenschaften gleichwertig wie bei Anwendung der Richtlinie

- der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie
- die Brandausbreitung eingeschränkt wird.

*Vorbeugender,
organisatorischer,
abwehrender
Brandschutz*

In der Folge muss das Gesamtzusammenspiel aller brandschutztechnischen Maßnahmen zur Umsetzung der Schutzziele des österreichischen Baurechts in sich schlüssig und nachvollziehbar dargestellt werden. Dies erfolgt mittels eines bauwerksspezifischen ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes, das Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem baulichem sowie anlagentechnischem Brandschutz,
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz

unter Berücksichtigung

- der Nutzung,
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadensausmaßes

umfasst. Im Brandschutzkonzept werden die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben und der Zielerreichungsgrad der definierten Schutzziele bewertet.

1.4.1 Beurteilung von bauweisenspezifischen Brandrisiken

Bewertung von Brandrisiken

In Österreich sind, wie auch in anderen europäischen Ländern, Entwicklungen in den baurechtlichen Bestimmungen erkennbar, verstärkt nachhaltige und ressourcenschonende Baustoffe wie Holz und Holzwerkstoffe für neue Anwendungsbereiche zuzulassen. Beispiele dafür sind der Entwurf der OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ (2006) in Österreich, die Einführung der Musterrichtlinie für Brandschutzanforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise („Muster-Holzbaurichtlinie“, M-HFHolz-R) von 2002 in Deutschland und die VKF-Brandschutznorm/ Richtlinien (2003) in der Schweiz.

In der Vergangenheit bestanden Bedenken, dass ein Brandeintrag in die Tragkonstruktion erfolgen könnte und zu einem verzögerten Tragwerksversagen bzw. zu einem Durchbrand in angrenzende Nutzseinheiten führt. Weiterhin wurde daraus abgeleitet, dass die raumabschließenden Bauteile in Holzbauweise im Brandfall keine ausreichende Rauchdichtigkeit aufweisen könnten.

*Feuerwehren positiv
zum Baustoff Holz*

Feuerwehren stehen dem Baustoff Holz aufgrund des kalkulierbaren Abbrandverhaltens grundsätzlich positiv gegenüber. Es wurde in der Vergangenheit

die Frage aufgeworfen, ob in Holzbauten das Schutzziel einer wirkungsvollen Brandbekämpfung erfüllt werden kann. Dies gilt besonders für die Konstruktionen im mehrgeschossigen Holzbau, da mögliche Brände im Inneren der Holzbauteile sowie eine Brandausbreitung über Hohlräume einen Löscherfolg erschweren könnten.

Diese Einschätzung lässt sich auf Grundlage der Bewertung des real vorhandenen brandschutztechnischen Risikos von Holzhäusern widerlegen. Hierzu sind probabilistische Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit von Schäden (Schadenswahrscheinlichkeit oder Schadenshäufigkeit) und zu den Schadensausmaßen vorhanden. Die mangelnde Kenntnis der realen objektiven Risiken führt zu divergenten subjektiven Bewertungen und Einschätzungen. Aufgabe der nachfolgenden Betrachtungen ist es, die bauweisenspezifischen Risiken der Holzbauweise zu bestimmen, zu bewerten und aufzuzeigen.

Das Niveau der brandschutztechnischen Anforderungen an Leichtbaukonstruktionen, vor allem mit brennbaren Baustoffen z. B. in Holzbauweise, wird häufig aus dem brandschutztechnischen Verhalten von Massivkonstruktionen abgeleitet. Dabei legt man das bauartbezogene Brandverhalten von Massivbauarten als ein konstruktionsneutrales „Sicherheitsniveau“ zu Grunde und die Gefährdungspotentiale werden primär im Hinblick auf Brandentstehung, der Entstehung eines Flashovers und Brandausbreitung gleichgesetzt.

Eine solche Betrachtungsweise ist technisch möglich, lässt aber die jeweiligen bauweisenspezifischen Eigenschaften und Einflussfaktoren von hybriden Konstruktionen, wie sie im Holzbau und Trockenbau ausgeführt werden, unberücksichtigt. Bei diesen Konstruktionen nehmen die Vielfalt der verwendbaren Baustoffe, deren Schichtung und die Ausführung einen signifikanten Einfluss auf das lokale Bauteilverhalten und somit auf das globale Bauwerksverhalten.

*Bei Bewertung der Brandgefahr
bauweisenspezifische
Einflussfaktoren berücksichtigen*

Diese Fragestellungen wurden im Rahmen umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsprojekte seit 1996 bis heute unter Leitung der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung an der VHT-Darmstadt in Zusammenarbeit mit dem IBMB in Braunschweig untersucht [1].

Grundlagen der Risikobewertung

Unter einer mathematisch-wahrscheinlichkeitsorientierten Risikoanalyse versteht man die Abschätzung des Gefährdungspotentials, das von einem Objekt (Handlung/Gegenstand – in diesem Fall das Bauwerk) für ein Subjekt (Handlung/Gegenstand = Erreichen der Schutzziele für Personen und Sachgüter) unter definierten und bewerteten Randbedingungen ausgeht.

*Risikoanalyse unter definierten und
bewerteten Randbedingungen*

Das „bewertete brandschutztechnische Gesamtrisiko“ einer Bauweise wird durch drei voneinander unabhängige Kriterien bestimmt. Diese ergeben sich aus den Fragestellungen:

Kriterien für brandschutz-technisches Gesamtrisiko

1. Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der Entstehung und der Ausbreitung eines Brandes?
2. Wie groß ist der materielle und wirtschaftliche Schaden, z. B. wie hoch sind die Instandsetzungs- und Folgekosten?
3. Wie hoch ist der immaterielle Schaden, d. h. welche Gefährdung geht infolge eines Brandfalls für Leben, Gesundheit und Umwelt aus?

Die gewichteten Risikofaktoren resultieren aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit $F_e(t)$ mit dem Schadensausmaß D_R

$$rf_i = F_e(t)_i \cdot D_{Ri}$$

rf_i gewichteter Risikofaktor
 $F_e(t)_i$ Eintrittswahrscheinlichkeit
 D_{Ri} Schadensausmaß

Das bewertete Gesamtrisiko RV ergibt sich danach aus der Summe der Risikofaktoren rf_i :

$$RV = \sum_1^n rf_i$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine stochastische Variable ($0 \leq F_e(t) \leq 1$) und gibt einen objektspezifischen sicherheitstheoretischen Wert an. So ergibt sich beispielsweise die resultierende Eintrittswahrscheinlichkeit von Personenschäden infolge von Hohlraumbränden durch einen elektrischen Kurzschluss aus den folgenden Faktoren:

1. in welcher Häufigkeit tritt ein elektrischer Defekt (Kurzschluss) in einer Hohlraumkonstruktion als Initialzündquelle auf, $\rightarrow F_e(t)_1 = \frac{x_1}{t_1}$
2. wie oft führt dieser zu einer weitergehenden Brandentstehung (Kabelbrand \rightarrow Schwelbrand) und $\rightarrow F_e(t)_2 = \frac{x_2}{t_2}$
3. in welcher Häufigkeit resultieren daraus reale Konstruktionsentzündungen in Holzständerwänden mit einer Vollbrandentwicklung, $\rightarrow F_e(t)_3 = \frac{x_3}{t_3}$
4. in welcher Häufigkeit sind Personenschäden (Leben, Gesundheit) die Folge? $\rightarrow F_e(t)_4 = \frac{x_4}{t_4}$

So ergibt sich $F_{e(t)_{res}} = F_{e1} \cdot F_{e2} \cdot F_{e3} \cdot F_{e4}$

Exemplarische stochastische Betrachtung zu Bränden in Hohlraumkonstruktionen aus Holz und Holzwerkstoffen in Österreich:

Brände in Hohlraumkonstruktionen aus Holz- und Holzwerkstoffen

1. Häufigkeit eines elektrischen Defektes (Kurzschluss) in einer Hohlraumkonstruktion als Initialzündquelle → 2×10^{-4}
2. resultierende weitergehende Brandentstehung (Schwelbrand) → 10^{-3}
3. resultierende Häufigkeit realer Konstruktionsentzündungen in Holzkonstruktionen mit einer Vollbrandentwicklung → $2,5 \times 10^{-1}$
4. in der Folge resultierende Personenschäden → 10^{-1}

Hieraus resultiert ein wahrscheinlichkeitstheoretisch abgeschätztes bewertetes Risiko von $4,5 \times 10^{-9}$ P/a, bezogen auf Österreich mit 8,26 Mio. Einwohnern ergeben sich 0,037 P/a bzw. 1 P/27,0 Jahre. Diese Wahrscheinlichkeit liegt eine Potenz der Größenordnung 3 bis 4 unter der geforderten Eintrittswahrscheinlichkeit.

Das mit dem Eintritt eines Schadens verbundene Schadensausmaß, ist nach ethischen und volkswirtschaftlichen Werten zu gewichten und bauweisenneutral. Exemplarische ungewichtete Schadensausmaße bei Brandschäden sind materielle und immaterielle Wertverluste, Schädigung der Umwelt, Nutzungseinschränkungen etc.

Zur ganzheitlichen Beurteilung des bewerteten Gesamt-Brandrisikos von Gebäuden in Holzbauweise ist die quantitative Gewichtung der maßgebenden Faktoren notwendig. Nachfolgend benannte theoretische Risiken lassen sich bei Konstruktionen unter Verwendung brennbarer Baustoffe z. B. in Form von Vollholz, Holzwerkstoffen und brennbaren Dämmstoffen oder organischen Dämmstoffen ableiten:

Ganzheitliche Beurteilung des Gesamt-Brandrisikos

- Erhöhung der Brandlasten
- Beitrag zur Rauchgasentwicklung und Bildung von Pyrolyseprodukten
- Bildung von Glutnestern und Gefahr von Wiederaufflammen (Nachentzündungen¹)
- Brandentstehung innerhalb der Konstruktion (Kurzschluss o. Ä.)
- Brandweiterleitung über Installationen in Hohlraumkonstruktionen
- Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit von Duftstoffen (Brandgerüchen) und toxischen Kontaminationen

Im Folgenden werden diese qualitativ, entsprechend ihren realen Auswirkungen im Brandfall bewertet.

¹ Nachentzündungen können bei verdeckten Brandherden in Hohlraumkonstruktionen nach dem Abrücken der Feuerwehr auftreten. Durch die Brandeinwirkung kann ein Schwelbrand in Hohlräumen mit Brandlasten induziert werden, der sich zeitlich verzögert erst nach Ablöschen des Brandes erneut entfacht.

1.4.2 Einflüsse auf das Brandgeschehen und den Brandverlauf

Einfluss von Brandlasten in der Umgebung der Initialzündung

1.4.2.1 Vergleich des Einflusses der bauweisenbedingten Brandlasten

Die Brandentwicklung, Brandausbreitung und das Einsatzgeschehen der Feuerwehren wird maßgeblich durch die sich in der Umgebung einer Initialzündung (Brandausbruchsstelle) befindlichen Brandlasten (mobile und immobile Brandlasten) beeinflusst.

Mobile und immobile Brandlasten

Die Gesamtbrandlast setzt sich aus den mobilen und den immobilen Brandlasten zusammen (Abb. 1.4.2). Mobile Brandlasten resultieren aus der nutzungsspezifischen Ausstattung (Mobiliar und Ausstattungselemente) und bestimmen primär die Größe der Brandbelastung, die unmittelbare Brandentwicklung, maßgebend die Rauchentwicklung und die Gefahren im Brandfall sowie den Brandverlauf. Die mobile Brandlast ist vergleichbar mit den nutzungsspezifischen Verkehrslasten. Hierfür liegen durchschnittliche Erfahrungswerte vor und sie wird in der Regel als oberer Grenzwert nutzungsbedingt festgelegt, sofern keine exakte Ermittlung der nutzungsspezifischen Brandlast vorgenommen wird.

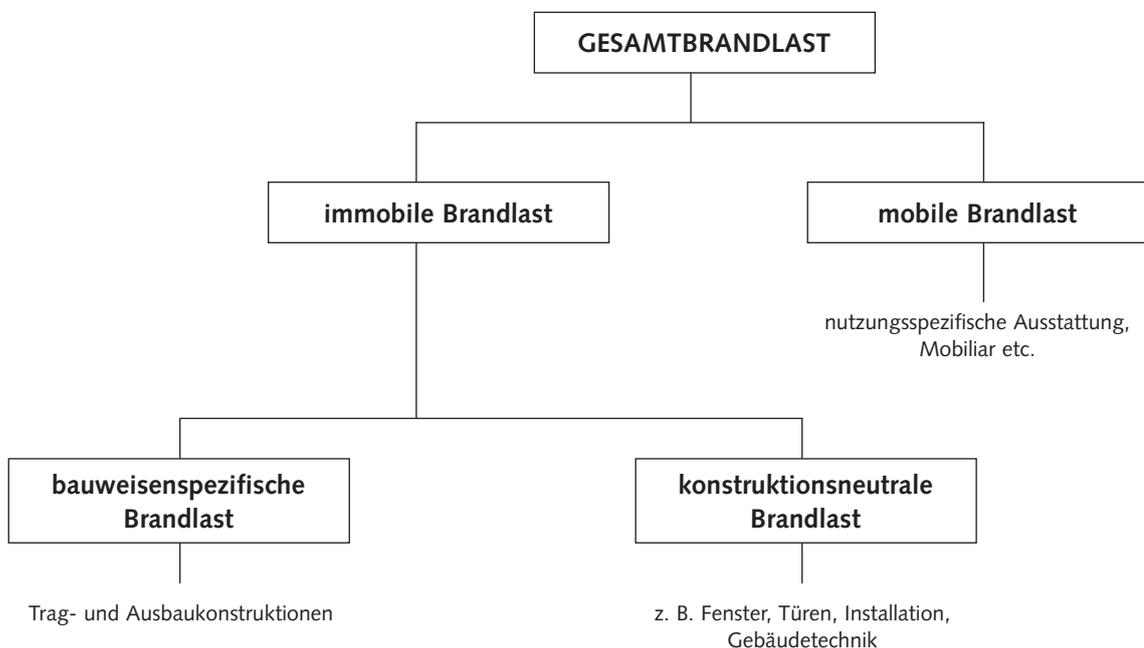


Abb. 1.4.2: Zusammensetzung der Brandlasten in einem Gebäude

Die immobile Brandlast setzt sich aus der bauweisenspezifischen und der konstruktionsneutralen Brandlast zusammen. Beide Größen werden anhand des Gebäudeentwurfs und der festgelegten Bauweise definiert und können eindeutig bestimmt werden. Die bauweisenspezifische Brandlast ist abhängig von der gewählten Trag- und Ausbaukonstruktion und den dabei verwendeten Materialien.

Immobilie Brandlast ergibt sich aus bauweisenspezifischer und konstruktionsneutraler Brandlast

Konstruktionsneutrale Brandlasten bezeichnen Gebäudeelemente, die sowohl bei Massivhäusern als auch bei Holzhäusern Verwendung finden, z. B. Fenster aus Kunststoff oder Holz, Türen, Installationen, sonstige Ausstattungselemente und Anlagentechnik, die einen Beitrag zu den Brandlasten leisten.

Der Anteil und die Wirksamkeit der immobilien Brandlasten resultieren aus den verwendeten Baustoffen der Trag- und Ausbaukonstruktionen. Die „Wirksamkeit“ der in einem Bauteil enthaltenen Brandlasten hängt vor allem ab von

- den verwendeten Materialien, deren konstruktiver Aufbau und Schichtung,
- der Oberflächenausbildung und -behandlung und
- dem Verbund oder der Verbindung mit anderen Baustoffen.

Der Anteil der immobilien Brandlasten durch eine brennbare Tragkonstruktion ist dann von Bedeutung, wenn

Einfluss brennbarer Tragkonstruktion

1. diese im Brandfall thermisch umgesetzt werden können (dem Feuer bzw. einer Oxidation frei zugänglich sind) bzw. die zeitlich abhängige Brandentwicklung der thermischen Umsetzung (dq/dt) der mobilen Brandlasten durch die vorhandenen immobilien Brandlasten maßgeblich negativ beeinflusst wird (beschleunigtes Freisetzen der Wärmeenergie) und
2. diese Brandlasten in einem maßgeblichen Verhältnis zu den Gesamtbrandlasten (mobile und immobile Brandlasten) stehen. Dabei ist bei den immobilien Brandlasten zusätzlich eine Differenzierung in bauweisenabhängige und konstruktionsneutrale Brandlasten vorzunehmen, die in Gebäuden in Leicht- und Massivbauweise in gleichem Umfang vorkommen können.

In der Vergangenheit wurde publiziert, dass die Verwendung von brennbaren Baustoffen im Bauwesen zwangsläufig zu einer Erhöhung des Brandrisikos führt [15]. Dabei wurde fälschlicherweise assoziiert, dass die mit den Baustoffen der Tragkonstruktion eingetragenen Brandlasten unmittelbar und in vollem Umfang einem Brand zur thermischen Umsetzung zur Verfügung stehen und somit der thermische Einfluss und die Brandparallelererscheinungen der Brandlasten der Tragkonstruktion den Brandlasten des Mobiliars gleichgesetzt werden können.

Brennbare Baustoffe führen nicht automatisch zu einer Erhöhung des Brandrisikos

Bei der Bewertung vorhandener immobilien Brandlasten ist zu berücksichtigen, ob und in welcher Form diese aktiviert werden können. Das Zusammenwirken von geschützter und ungeschützter Brandbelastung berücksichtigen

auch normative Regelungen, in der Regel über Abminderungsfaktoren, die bei entsprechender Deaktivierung (Kapselung) der Brandlasten auch den Wert „0“ annehmen können. Der Einfluss von brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen und der verzögerten Freisetzung von Brandlasten brennbarer Baustoffe wurde in [1, 2] untersucht. Werden die Trag- und Ausbaukonstruktionen mit Plattenwerkstoffen wie z. B. Gipsplatten bekleidet, werden die Brandlasten und die damit einhergehenden Brandparallelererscheinungen wie die Rauchgasentwicklung und thermische Festigkeitsreduktion zeitlich verzögert wirksam.

Die in Österreich publizierten fiktiven Brandbelastungen in Holzhäusern basieren auf den Untersuchungen [1]. Dabei wurden jedoch Untersuchungsergebnisse nur singulär zitiert und ungeschützte Holzkonstruktionen mit Massivbauweisen verglichen. Die Untersuchungen über typische Holzkonstruktionen wie diese oftmals mit Plattenbekleidungen aus Gipsplatten in der Praxis ausgeführt werden, wurden dabei um den positiven Einfluss der „Kapselungseigenschaft“ von brandschutztechnisch wirksamen Plattenwerkstoffen „herauskorrigiert“.

Anhand mehrgeschossiger Modellgebäude wurden die real vorhandenen immobilen Brandlasten der Tragkonstruktionen quantifiziert. Ein Vergleich der vorhandenen Brandlasten durch das Mobiliar, der technischen Gebäudeausstattung und bauweisenneutraler immobilier Brandlasten (z. B. Fenster, Türen, und technische Gebäudeausrüstung) ergab einen Aufschluss über das grundsätzliche Risikopotential und wie sich dies gewichtet. Aus den theoretischen Betrachtungen wurden die Brandlastanteile und deren brandschutztechnisches Gefahrenpotential in Abhängigkeit von Wahl der Bauweise, Bauteilaufbauten und Entwurfskriterien im Vergleich zu Massivbauweisen quantifiziert.

Das Brandgeschehen der ersten Minuten wird von brennbaren Einrichtungsgegenständen bestimmt.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgend zusammenfassen: Im Brandfall wird das Brandgeschehen der ersten Minuten in einem Raum, welcher für den Schutz der Personen innerhalb des Raumes maßgebend ist, durch die Art, Qualität und Verteilung der mobilen Brandlasten innerhalb des Raumes bestimmt. Selbst ungeschützte, dem Brand ausgesetzte Konstruktionen sind bei der Brandentstehung um einen Faktor 10 thermisch reaktionsträger als die am Brandherd befindlichen brennbaren Einrichtungs- und Ausstattungsgegenstände. Der kalorische Beitrag der Baustoffe der Trag- und Ausbaukonstruktion ist in der Entstehungsbrandphase des Brandes gegenüber der mobilen Brandbelastung vernachlässigbar. Diese Bauteile beteiligen sich an dem Brandverlauf, jedoch wird der Einfluss in den ersten 10 bis 12 Minuten durch den Einfluss der mobilen Brandlasten überdrückt.

Nach diesem Zeitraum muss bereits der Personenschutz für die betroffenen brandnahen Bereiche abgeschlossen sein. Die Evakuierung der Bewohner ist in der Regel spätestens innerhalb der ersten 10 bis 15 Minuten nach der Brandentdeckung abgeschlossen. Auch die Rettung der ggf. im Hause ver-

bliebenen Personen durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr findet flächen- deckend in Österreich innerhalb der ersten 20 bis 30 Minuten nach der Brandentdeckung statt.

*Rettung von Personen in Österreich
binnen 20–30 Minuten*

Die „mobilen Brandlasten“ sind nutzungsabhängig. Unter der Brandlast Q [MJ] versteht man die Summe der Verbrennungswärme sämtlicher in einem bestimmten Raum oder Körper enthaltenen brennbaren Stoffe, inklusive der Bekleidungen von Decken, Fußböden und Wänden. Die Verbrennungswärme ist die Menge an Energie, die bei der Verbrennung eines Stoffes freigesetzt wird. Brandlast bzw. Verbrennungswärme hängen in hohem Maße von der Art, Beschaffenheit und chemischen Zusammensetzung der brennbaren Materialien ab. Bezieht man die Brandlast eines Raumes oder Abschnitts auf seine Grundfläche, so erhält man die Brandlastdichte q [MJ/m²], welche als Vergleichsmaß der Brandbelastung von Gebäuden herangezogen wird. Die Brandbelastung von Gebäuden ist stark abhängig von deren Nutzung. Nach statistischen Auswertungen können für bestimmte Nutzungsarten Fraktile für die Brandlastdichte angegeben werden. Beispielsweise kann für die brandschutztechnische Bemessung der 80%-Fraktile der Brandbelastung herangezogen werden. Tabelle 4.1 gibt einen Überblick über die Brandlastdichten bei verschiedenen Nutzungen [EN1991-1-2].

*Brandbelastung eines Gebäudes
stark abhängig von dessen Nutzung*

Nutzung	Mittelwert	80%-Fraktile
Wohnung	780	948
Krankenhaus (Zimmer)	230	280
Hotel (Zimmer)	310	377
Bücherei	1500	1824
Büro	420	511
Klassenzimmer/Schule	285	347
Einkaufszentrum	600	730
Theater (Kino)	300	365
Verkehr (öffentlicher Bereich)	100	122

Tabelle 1.4.3 Brandlastdichte q [MJ/m²] für verschiedene Nutzungen nach EN1991-1-2

Wie in Abbildung 1.4.4 dargestellt, wurde in diesen Untersuchungen nachgewiesen, dass die Brandlasten von Holzrahmenbaukonstruktionen zeitlich verzögert aktiviert werden. Je nach Konstruktionsausführung ist auch eine vollständige Kapselung (Kombinationsbeiwert $\psi = 0$) möglich. Die in [15] aufgeführten nicht realen Szenarien einer ungeschützten Holzbauweise, bei der gleichzeitig alle Brandlasten der Tragkonstruktion unter optimalen Ventilationsbedingungen thermisch gleichzeitig einem Brand zugeführt werden können, entsprechen nicht den realen Bedingungen.

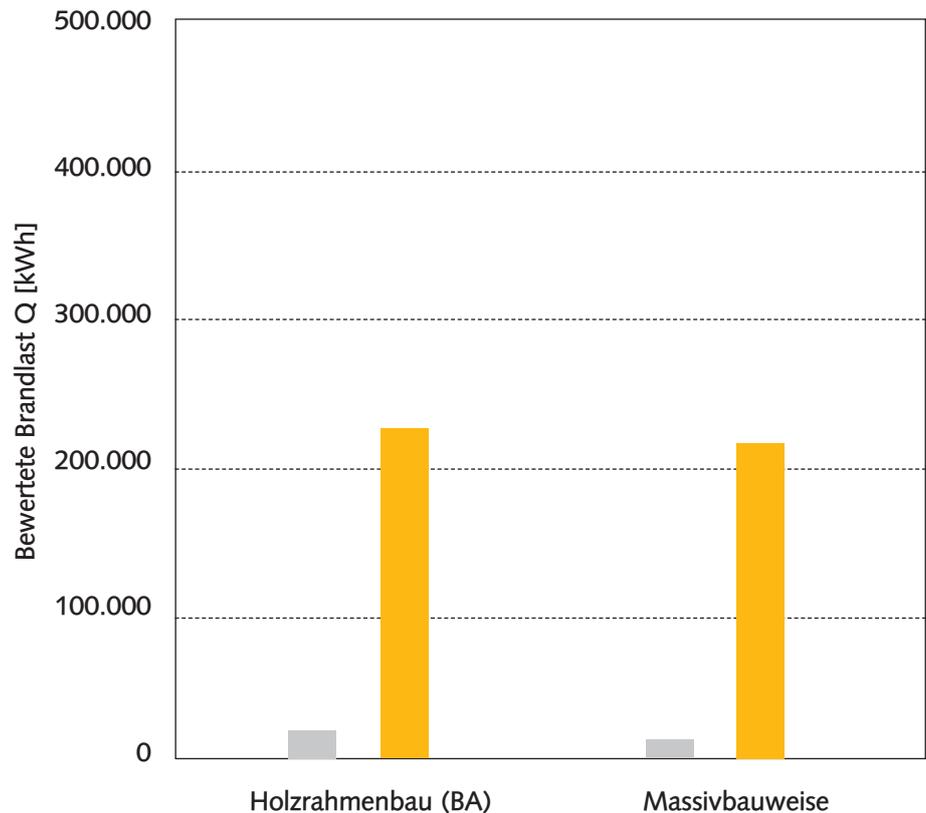


Abb. 1.4.4: Vergleich der realen Brandlasten von Holzgebäuden mit brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen mit Gebäuden in Massivbauweise. Die immobilen Brandlasten sind gelb dargestellt, die Gesamtbrandlasten unter Berücksichtigung einer „Mustermöblierung“ für die Nutzung Wohnen sind blau dargestellt.

*Bekleidung mit Gipskartonplatten
brandschutztechnisch vorteilhaft*

*Bekleidungsdicke steuert
Brandwiderstand*

Wie in den Untersuchungen [1, 2] aufgezeigt, stellen sich bei konsequenter BA-Bauweise die gleichen Temperaturentwicklungen ein, wie bei einem Gebäude in Massivbauweise. Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung von Tragkonstruktionen aus Holz mit Gipsplatten weist positive Eigenschaften im Brandfall auf. Gipsplattenwerkstoffe setzen bei Erhitzung das molekular gebundene Kristallwasser frei. Durch das Verdampfen des freigesetzten Wassers werden die Temperaturen auf der Rückseite des Plattenwerkstoffes von 100 °C nicht überschritten, solange kristalline gebundenes Wasser ausgetrieben werden kann. Durch die Wahl der Bekleidungsdicke und Bekleidungsart ist nahezu jede beliebige Verzögerung und dadurch jeder beliebige Brandwiderstand erzielbar. In der Kombination mit thermisch stabilen Dämmstoffen, bei denen unter anderem Standfestigkeit und/oder Schmelzpunkt für den Brandfall maßgebende Kriterien sind, entstehen hochleistungsfähige Bauteile in Holzbauweise unter hoher thermischer Beanspruchung eines Brandes. Bei der Verwendung von brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen nimmt der Einfluss des Dämmstoffs auf das Brandverhalten von Bauteilen ab.

Vergleicht man die brandschutztechnischen Risikopotentiale der einzelnen Bauweisen,

- I reine nichtbrennbare Bauteile wie Massivkonstruktionen,
- II Mischkonstruktionen mit brennbaren Oberflächen,
- III Holzbauweisen mit brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen (K-Bauweise nach EN 13 501-2),
- IV Bauteile im Sinne ÖNORM B 3800 und OIB-Richtlinie 2, wie z. B. Holzbauweisen,

bilden diese keine eindeutig abgestuften Hierarchien. Mit der innerhalb einer Bauweise möglichen Konstruktionsvielfalt sind differente brandschutztechnische Risiken möglich, die sich als „Risikofelder“ darstellen, also Bereiche, in denen sich das bauweisenspezifische Risiko einstellen kann. Erst die Lage und die Größe eines Risikofeldes beschreibt das resultierende Risikopotential. Die Brandweiterleitung über Bauteiloberflächen wird durch brandschutztechnisch wirksame Plattenbekleidungen (z. B. Gipsplatten) unterbunden bzw. wesentlich reduziert. Die K-Bauweise stellt dabei eine besonders hochwertige Bauweise dar.

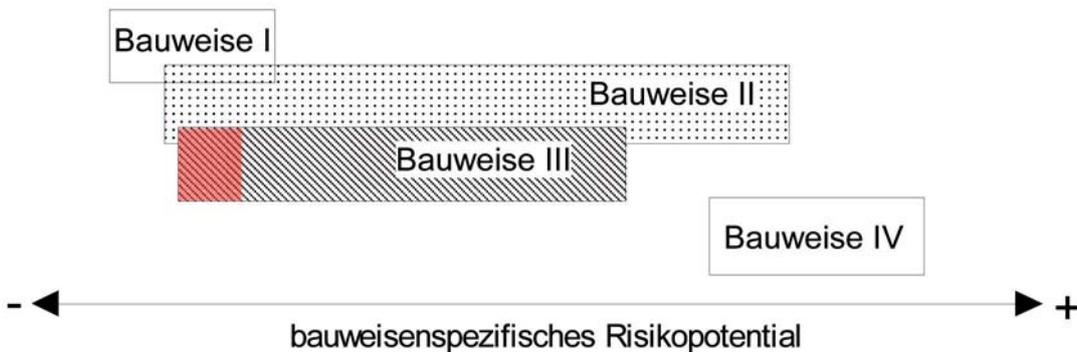


Abb. 1.4.5: Qualitativ bauweisenspezifische Risikofelder

Eigenschaften von Holzbauteilen mit nichtbrennbaren Plattenbekleidungen

Eine Verhinderung der unmittelbaren Brandausbreitung durch nichtbrennbare Oberflächen wird mit der Bekleidung und Beplankung von Wänden und Decken beispielsweise durch Gipsbauplatten, Calciumsilikatplatten oder zementgebundene Plattenwerkstoffe erzielt. Die Bekleidungen schützen den dahinter liegenden brennbaren Baustoff vor einer Entzündung. Solche Bauteile stellen die Regelkonstruktionen des Holzbaus dar. Diese Bekleidungen werden als „Brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ bezeichnet, die bei der Prüfung nach ÖNORM EN 14135 „Brandschutzbekleidungen –

Bekleidungen schützen den dahinter liegenden brennbaren Baustoff vor einer Entzündung

Bestimmungen der Brandschutzwirkung“ für einen definierten Zeitraum verhindert, dass die dem Feuer abgewandte Holzkonstruktion die Entzündungstemperatur erreicht.

*Wirkung nichtbrennbarer
Plattenbekleidungen*

Durch nichtbrennbare Plattenbekleidungen wird

- ein Brennen der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktionen,
- die Einleitung von Feuer und Rauch in die Wand- und Deckenbauteile sowie
- die Weiterleitung von Feuer und Rauch über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume zeitlich verzögert.

*Mit der richtig dimensionierten
Bekleidung können im Holzbau
unterschiedlichste
Sicherheitsanforderungen erfüllt
werden*

Die Holzbauweise kann dadurch je nach Anforderungen unterschiedliche „Sicherheitsanforderungen“ auch über die definierten Schutzziele hinaus erfüllen. Die Eigenschaften der Bekleidung können je nach Schutzziel und Gebäudeklasse abgestuft werden. Folgende Anforderungen könnten beispielsweise an Bekleidungen gestellt werden:

- a) Bekleidungen/Beplankungen deren den Brandwiderstand R, EI oder REI erhöhender Anteil z. B. mindestens der einer 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKF) nach EN 520 entspricht.
- b) Brandschutzbekleidung, d. h. das Leistungskriterium Raumabschluss (E) wird über eine Brandwiderstandsdauer von den Bekleidungsmaterialien alleine erfüllt. Diese Definition wird bei Anforderungen zur Begrenzung der Brandlasten ($\psi^2 = 0$) oder der Rauch- und Pyrolysegasentwicklung z. B. in Fluchtwegen oder Treppenträumen verwendet.

Es konnte im Rahmen von großmaßstäblichen Brandversuchen gezeigt werden [2], dass die Entzündung der Holztragkonstruktion durch geeignete „brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ verhindert wird. Zudem konnte bewiesen werden, dass Anschlüsse im Holzbau bei Einhaltung von konstruktiven Mindestanforderungen eine gute Rauchdichtigkeit aufweisen.

1.4.2.2 Beteiligung an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolyseprodukten

Organische Werkstoffe zersetzen sich bei höheren Temperaturen. Diesen chemischen Abbau unter Wärmeeinwirkung bezeichnet man als Pyrolyse. Bei Zellulose und zellulosehaltigen Materialien, also auch bei Holz, beginnt eine Zersetzung oberhalb von 110 °C. Eine langsame Pyrolyse, die bei minimaler Luftzufuhr auch selbständig abläuft, mit einer Rauchentwicklung ohne Flammen ist typisch für einen Schwelbrand. Die thermische Degradation (Zersetzung und Abbau) setzt nach einer Erhöhung der Temperatur auf über 160 °C massiv ein. Diese beiden Phasen des Brandes, die Trocknung und die thermische Zersetzung, verbrauchen Wärmeenergie, die größtenteils dem Brand entzogen wird. Bei diesen Schwelvorgängen werden Substanzen wie Holzgas (Holzgas ist ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan) sowie

²⁾ Der Kombinationsbeiwert Ψ berücksichtigt die Möglichkeit des Zusammenwirkens geschützter und ungeschützter Brandlasten. Der Variationsbereich von Ψ liegt demnach zwischen 1,0 und 0.

Methylalkohol, Essigsäure und Aceton freigesetzt. Gelangt genügend Sauerstoff an den verkohlten Rückstand, so verglimmt oder verglüht die Kohle; es entsteht ein Glimmbrand. Bei allseits gleichmäßiger und dauernder Erwärmung kann der Vorgang der Pyrolyse ab ca. 280 °C zu einer Selbstentzündung von Holz führen.

Die Gefahr bei der Verwendung von brennbaren Baustoffen liegt neben der höheren Wahrscheinlichkeit bei der Brandentstehung und der Ausbreitung von Feuer und Rauch in der möglichen Risikoerhöhung des Eintritts einer Durchzündung (Flashover).

Im Rahmen des Personenschutzes und der Brandbekämpfung liegt ein wesentliches Ziel in der Vermeidung des „Flashover“-Effektes innerhalb der mehrgeschossigen Gebäude in Holzbauweise. Durch baulich-konstruktive Maßnahmen (Wahl der Bauteilaufbauten, Ausführung der Anschlussdetails, Ausführung von Installationen und Rohrdurchführungen durch raumabschließende Bauteile) muss sichergestellt werden, dass die brennbaren Tragkonstruktionen keinen oder nur einen unwesentlichen Teil zur Entwicklung brennbarer Gase beitragen (Pyrolysegasentwicklung). Maßgebend hierfür sind vor allem die flächig brennbaren Baustoffe wie Holz oder Holzwerkstoffbekleidungen, sekundär trägt die geschützte Holztragkonstruktion zur Pyrolysegasentwicklung bei. Die für die Hohlraumkonstruktionen typischen hohen Fugenteile erhöhen die Gefahr

1. des lokalen Aufheizens des Hohlraums,
2. des Austretens von brennbaren Gasen und
3. des Durchtritts von Rauch und Gasen.

Nach den Untersuchungen der Universität Bochum/Deutschland 1996 [16] ist damit zu rechnen, dass alle Rauchgase mehr oder minder giftig sind. Brandopfer sind überwiegend Rauchopfer (76 %, 2004), weil schon in der Entstehungsphase vor Ausbruch offener Flammen zum Teil sehr große Mengen Rauchgas entstehen. In acht von zehn Fällen ist diese Entwicklung in der Praxis festzustellen. Der Grad der Toxizität hat unmittelbar Einfluss auf die Fluchtmöglichkeit. CO₂ als primäres Verbrennungsprodukt von Holz ist in der Risikobewertung minder einzustufen als entstehende Blausäure oder Dioxine bei Kunststoffen. Bei den durch das Mobiliar, EDV-Anlagen, durch Textil- oder Kunststoff-Beläge freigesetzten, zum Teil hochgradig toxischen Rauchgasen ist die zeitlich verzögerte Beteiligung von gekapselten Brandlasten der Tragkonstruktion (z. B. Holzbauweise) dagegen untergeordnet.

Der Beitrag an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolysegasprodukten von Bauteilen ist nur dann von Bedeutung, wenn diese äquivalent zu den mobilen Brandlasten einen maßgebenden Beitrag in Menge und toxischer Qualität zu den im Brandfall entstehenden Rauch- und Pyrolysemengen liefern.

*Vermeidung des „Flashover“-
Effekts*

*Brandopfer sind überwiegend
Rauchopfer. Rauchgase sind meist
giftig.*

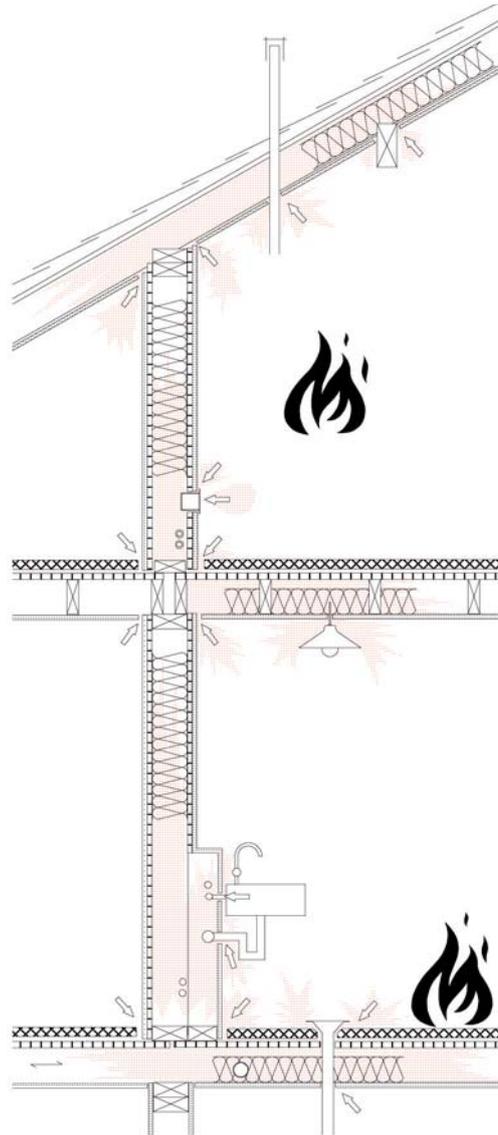


Abb. 1.4.6: Austritt von Pyrolysegasen aus dem Hohlraum brennbarer Konstruktionen durch Anschluss- und Durchdringungsfugen und Installationen

Durch entsprechende Bauteilaufbauten wird die Verbreitung von Rauch- und Pyrolysegasen stark verzögert abgegeben bzw. verhindert. Brandabschnitt-Bauteile ermöglichen mit ihren brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen den Einsatz von brennbaren Tragkonstruktionen auch in brandlastfreien Bereichen wie Flucht- bzw. Rettungswegen. Bei Ausführung einer Installationsebene gemäß Abb. 1.4.7 ist ein Hohlraumbrand in der Tragkonstruktionsebene ausgeschlossen und ein Brand innerhalb der Installationsebene ist unkritisch, weil dadurch weder Tragfähigkeit noch Raumabschluss der Wand gefährdet sind.

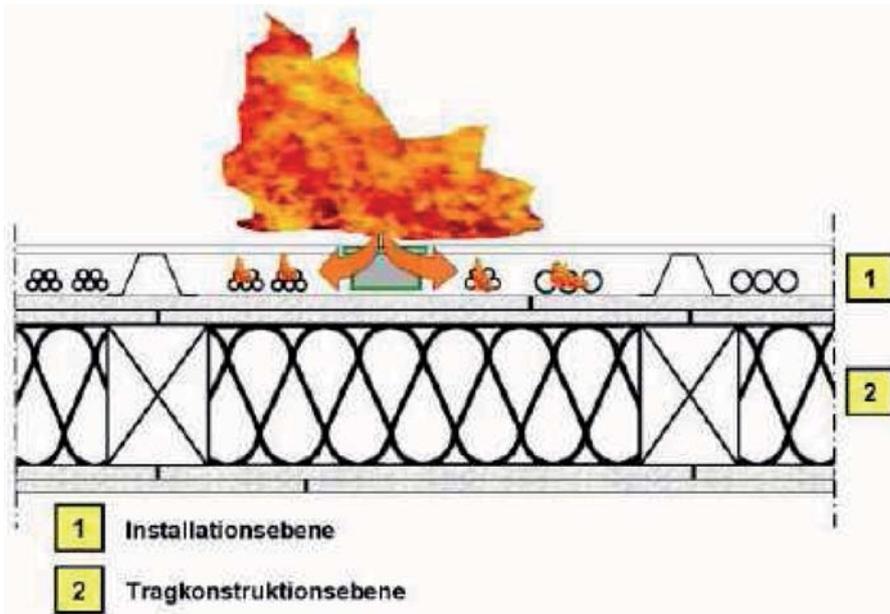


Abb. 1.4.7: Führung von Installationen vor REI 60 Bauteilen in Holzbauweise

Im Rahmen der Untersuchungen von großmaßstäblichen Brandversuchen [2] konnte nachgewiesen werden, dass die Anschlüsse im Holzbau bei Einhaltung von konstruktiven Mindestanforderungen eine sehr gute Rauchdichtigkeit aufweisen. Nicht nur der Eintrag in die Konstruktion wird verhindert, sondern auch in angrenzende Bauteile.

1.4.2.3 Gefahr von Nachentzündungen und Glutnestern

In den Untersuchungen [2] wurde nachgewiesen, dass bei Einhaltung der beschriebenen brandschutztechnischen Bekleidungen die Gefahr für Glutnester und Nachentzündungen unterbunden wird. Eine theoretische Erhöhung des brandschutztechnischen Risikos könnte bei Holzkonstruktionen in Verbindung mit brennbaren Dämmstoffen mit geringer Standfestigkeit im Brandfall entstehen. Dies kann für Unterdeckenkonstruktionen (abgehängte Decken und direkt befestigte Unterdecken) oder bei Wänden mit nachgewiesenem Brandwiderstand zutreffen, wenn z. B. ein Brand durch vertikale oder horizontale Fugen in Anschlussbereichen oder an Installationsdurchdringungen in den Wand- oder Deckenhohlraum gelangen kann. Eine Brandrisikoerhöhung ist weiterhin gegeben, wenn sich im Bauteilinneren potentielle Zündquellen befinden. Zeitgemäße mehrschichtige Bauteilaufbauten, die primär aus schall- und wärmeschutztechnischen Gründen entwickelt wurden, verbessern auch die brandschutztechnischen Eigenschaften solcher Hohlraumkonstruktionen.

Unterbindung von Glutnestern und Nachentzündungen

Mehrschichtige Bauteilaufbauten verbessern die brandschutztechnischen Eigenschaften von Hohlraumkonstruktionen

Ein Holzbauteil mit brandschutztechnisch wirksamen Plattenbekleidungen kann je nach Ausbildung während der ersten 30 bis 60 Minuten nach Brandbeginn

einem nichtbrennbaren Massivbauteil gleichgesetzt werden. Dies setzt voraus, dass sich das brennbare Holztragwerk während dieser Zeitspanne nicht entzündet (d. h. Begrenzung der mittleren Temperaturerhöhung auf der Holzoberfläche auf ≤ 250 K und im Maximum ≤ 270 K gemäß EN 13501-2 [7]).

Diese Anforderung resultiert in erster Linie aus der Gewährleistung einer wirkungsvollen Brandbekämpfung durch die Feuerwehr. Wenn man nun mittels geeigneter Anlagentechnik dafür sorgt, dass der Brand rasch entdeckt wird und Alarmierungszeit verkürzt wird, erscheint es vertretbar, die Bekleidung der Holzbauteile entsprechend zu verringern. Dieser Entwicklung folgt die künftige Forderung nach Rauchwarnmeldern in Aufenthaltsräumen gemäß OIB-Richtlinie 2.

*Risikoreduzierung durch
„brandschutztechnisch ungeschwächte Bauteilebene“*

Die Ausbildung einer „brandschutztechnisch ungeschwächten Bauteilebene“ in mehrschichtigen Bauteilen und Hohlraumkonstruktionen ist eine weitere Maßnahme zur Risikoreduzierung eines theoretischen Brandeintrags in die Hohlraumkonstruktion.

1.4.2.4 Kontaminierung und Dauerhaftigkeit von Duftstoffen

Der Kontaminierungsgrad toxischer Ablagerungen und emittierter Duftstoffe (primär organischer Verbindungen) steigt wiederum mit den im Bauwerk vorhandenen Brandlasten und deren brandschutztechnischen Eigenschaften (z. B. Emittierungseigenschaften). Es zeichnet sich ab, dass die Dauerhaftigkeit in Betonoberflächen, Zement, Gips- und Kalkputzen höher ist als beispielsweise in hydrophobierten Gipsbauplatten (Gipskarton-, Gipsfaserplatten) und Calciumsilikatplatten. Wirtschaftlicher ist das Erneuern der raumseitigen, durch den Brand geschädigten Plattenbekleidung einschließlich der Sicherstellung einer luftdichten Ausführung gegenüber dem Abschlagen und Erneuern des Putzes im Massivbau. Hier zeigen die Untersuchungen in [1], dass die Kosten zur Instandsetzung von Brandschäden im Stahlbetonbau und Mauerwerksbau die von modernen Holzkonstruktionen im Mittel um das 1,6- bis 2,2-fache übersteigen. Sind auch tragende Stahlbetonbauteile bei einem Brandschaden betroffen, steigen die Kosten für die Instandsetzung auf den Faktor 3,5 je m^2 zu sanierender Oberfläche im Vergleich zu Leichtbaukonstruktionen an.

*Austausch von raumseitig
beschädigten Beplankungen
besonders wirtschaftlich*

1.4.2.5 Strukturbedingte Eigenschaften von Bauweisen im Brandfall

Gegenüber Massivkonstruktionen weisen Holzkonstruktionen in der Regel kein sprödes, sondern ein duktileres Versagensverhalten unter hoher Temperaturbeanspruchung auf. Linear abtragende Holzkonstruktionen wie Holzbalkendecken und Sparrenkonstruktionen versagen lokal durch das Versagen einzelner Tragglieder. Die durch das Versagen freigesetzte Stoßenergie dieser Bauteile stellt sich in der Größenordnung von 2.000 bis 3.000 Nm ein. Die anderen Bauteile der lastabtragenden Konstruktion sind dabei in der Lage diese Stoßenergie aufzunehmen, ohne dass es zu einem

*Duktileres Versagensverhalten
von Holzkonstruktionen im
Brandfall vorteilhaft*

Gesamtversagen der Struktur kommt – selbst wenn diese durch die Brandeinwirkung bereits vorgeschädigt sind.

Bei massiven Konstruktionen ist der „Massenimpact“ durch Versagen lokaler Bauteile so hoch (in der Regel größer als 4.000 Nm), dass die Tragfähigkeit darunter liegender Bauteile und Konstruktionen nicht ausreichend ist, um ein großflächiges Strukturversagen zu verhindern. Als Beispiel sind Stahlbetondecken zu nennen, die als Flächentragwerk als Einheit versagen und von den Auflagern abgleiten. Die dabei freigesetzte Stoßenergie einer Stahlbetondecke der Dicke von 14 cm mit einer Geschosshöhe von 2,50 m entwickelt eine Stoßenergie von ca. 8.500 Nm/m² und kann von der darunter liegenden Decke nicht mehr aufgenommen werden.

Zusammenfassung

Es gibt nachgewiesenermaßen keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Brandopfern und -verletzten in Abhängigkeit von dem Verhältnis der mobilen Brandlasten zu immobil Brandlasten. Unter Berücksichtigung des grundlegenden Verhaltens von Bauarten lassen sich durch den Holzbau keine erhöhten Risiken nachweisen. Unter Anwendung von brandschutztechnisch wirksamen Plattenbekleidungen weisen Gebäude in Holzbauweise sogar höhere Sicherheiten auf als vergleichbare Massivgebäude. Dies liegt zum einen an den höheren erzielbaren Brandwiderstandszeiten, zum anderen an der geringeren Masse, die bei einem lokalen Versagen zu der Zerstörung von Sekundärstrukturen führt.

Holzbau birgt kein erhöhtes Risiko für Sach- und Personenschäden im Brandfall

In Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass der Aspekt der erhöhten immobil Brandlasten von Holzhäusern bei brandschutztechnischen Bekleidungen vernachlässigbar ist und durch den nicht baurechtlich beeinflussbaren Anteil der mobilen Brandlasten übertroffen wird. Die verwendeten Baustoffe einer Bauweise verlieren in einer Risikoabschätzung im Hinblick auf den Personenschutz weiter an Bedeutung, wenn die Toxizität der Verbrennungsprodukte von Einrichtungsgegenständen (mobile Brandlasten) in die Betrachtungen einbezogen wird.

Brandverhalten von Trockenbau-Baustoffen und Bauteilen

Das Brandverhalten von Bauteilen ist von folgenden Faktoren maßgeblich abhängig:

- ! der Brandbeanspruchung (ein- bzw. mehrseitig)
- ! den Bauteilabmessungen
- ! der Konstruktionsart, Aufbau und der Ausbildung eines Bauteils
- ! den einzelnen statischen Systemen der Konstruktion und ihrem Zusammenwirken
- ! dem Lastausnutzungsgrad des Bauteils
- ! der Anordnung von Schutzbekleidungen
- ! der Kombination der verschiedenen Baustoffe

Beeinflussende Faktoren im Brandverhalten von Bauteilen

Baustoffauswahl als überschätzte Größe

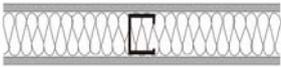
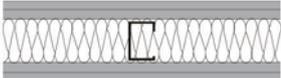
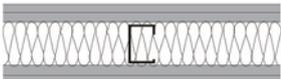
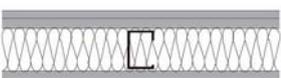
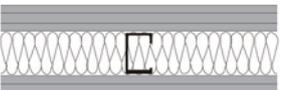
Die Baustoffauswahl ist somit nur eine, oft überschätzte Größe, die zwar das Brandverhalten von Bauteilen, aber nur bedingt die des realen Brandszenarios beeinflusst. Bauteile in Leicht- und Trockenbauweise, welche die Anforderungen an einen Brandwiderstand erfüllen, bestehen aus der vorteilhaften Kombination der einzelnen Baustoffe bzw. Bauelemente.

Wahl der Schichtung entscheidet

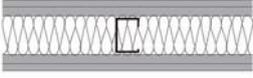
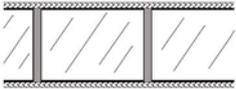
Durch die Wahl der Schichtung der einzelnen Elemente sind nahezu alle Brandwiderstandsklassen mit leichten Konstruktionen erzielbar. Im Vergleich zu massiven Bauteilen aus Stahlbeton und Mauerwerk lassen sich die brandschutztechnischen Qualitäten mit einem wesentlich geringeren Masseneinsatz erzielen.

Geringere Dicken von Holz- und Trockenbauwänden verringern das Eigengewicht und vergrößern die Wohnnutzfläche

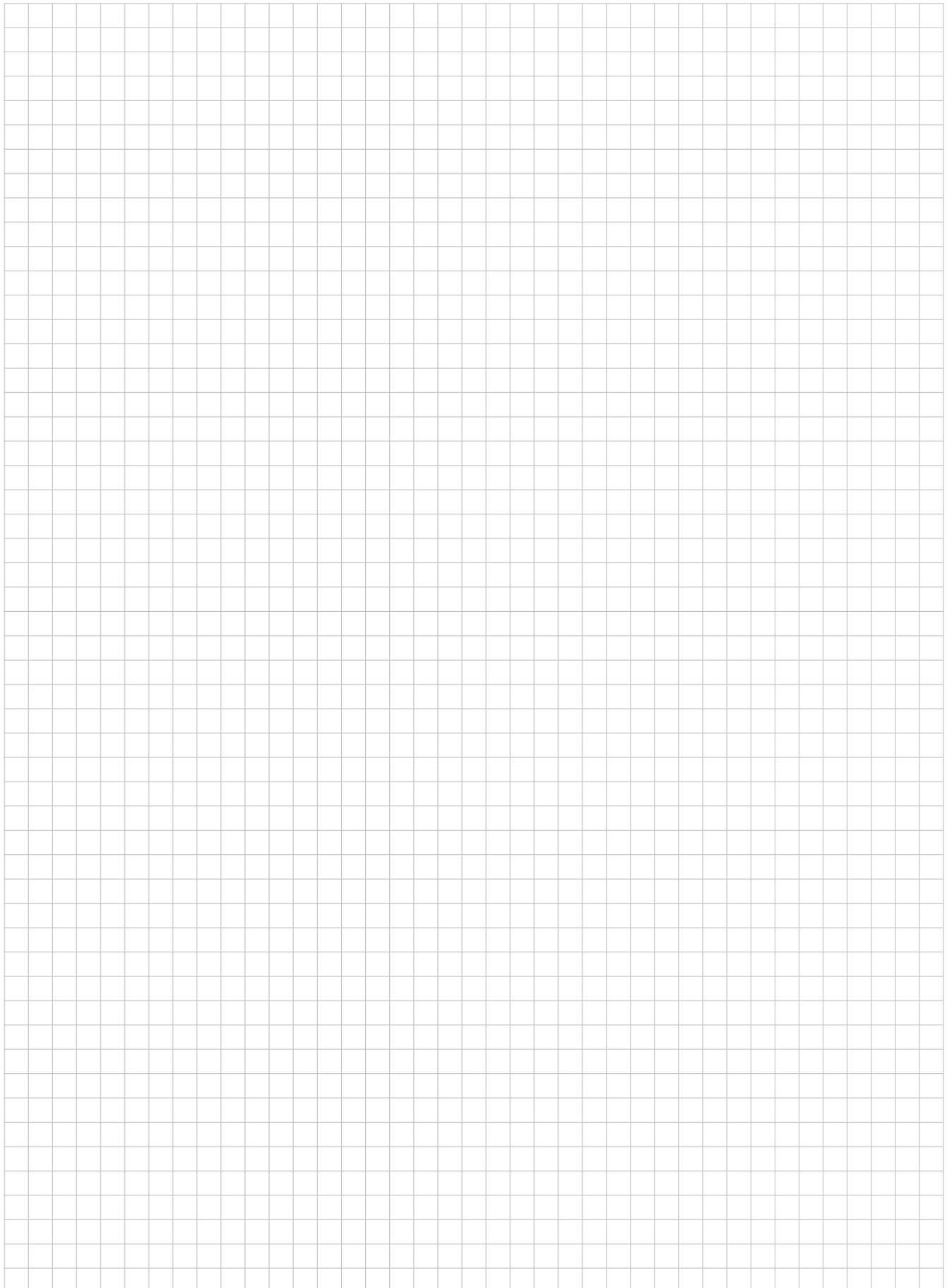
Durch das geringe Gewicht von Holz- und Trockenbausystemen können tragende Bauteile, im Vergleich zu einem Ausbau mit massiven Systemen, für ein niedrigeres Eigengewicht bemessen werden. Eine deutliche Massenreduzierung bei gleichwertigen oder besseren brandschutztechnischen Eigenschaften lässt sich vor allem im Bereich vertikaler Bauteile wie Wänden (Trennwände, Außenwände/Fassade) und Stützen erzielen. Bei Sanierungs- und Umnutzungsmaßnahmen lassen sich Tragwerksverstärkungen durch leichte Brandschutzkonstruktionen kompensieren. Da mit Holz- und Trockenbauwänden bei geringeren Wanddicken die gleichen bauphysikalischen Eigenschaften bezüglich Wärme-, Brand- und Schallschutz erreicht werden als mit massiven Wänden, vergrößert sich zudem die Wohn- und Nutzfläche eines Gebäudes (Tabelle 1.4.8).

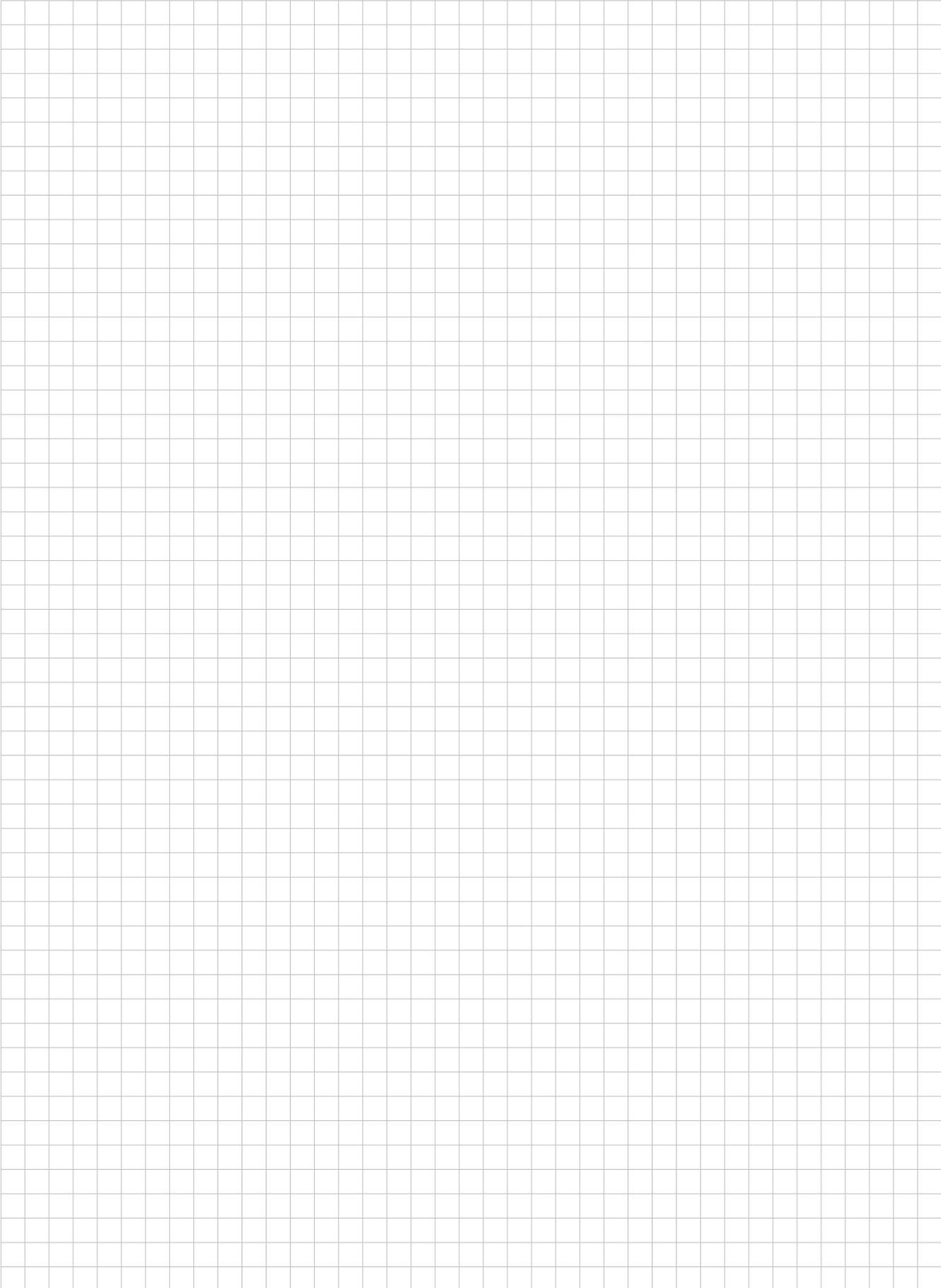
Innenwandssystem						Bauphysik
Beschreibung	Ständer	Beklankung [mm]	Dämmstoff Dicke/Dichte	Dicke [mm]	Masse [kg/m ²]	Brandschutz
	CW 50	12,5 GKF	MW 40/≥ 30	75	25	EI 30
	CW 50	12,5 GF	MW 40/20	75	34	EI 30
	CW 50	2 x 12,5 GKF	MW 40/40	100	49	EI 60
	CW 50	2 x 12,5 GKF	MW 40/100	100	49	EI 90
	CW 50	2 x 12,5 GF	MW 50/50	100	64	EI 90
	CW 50	3 x 12,5 GKF	MW 40/40	125	75	EI 120

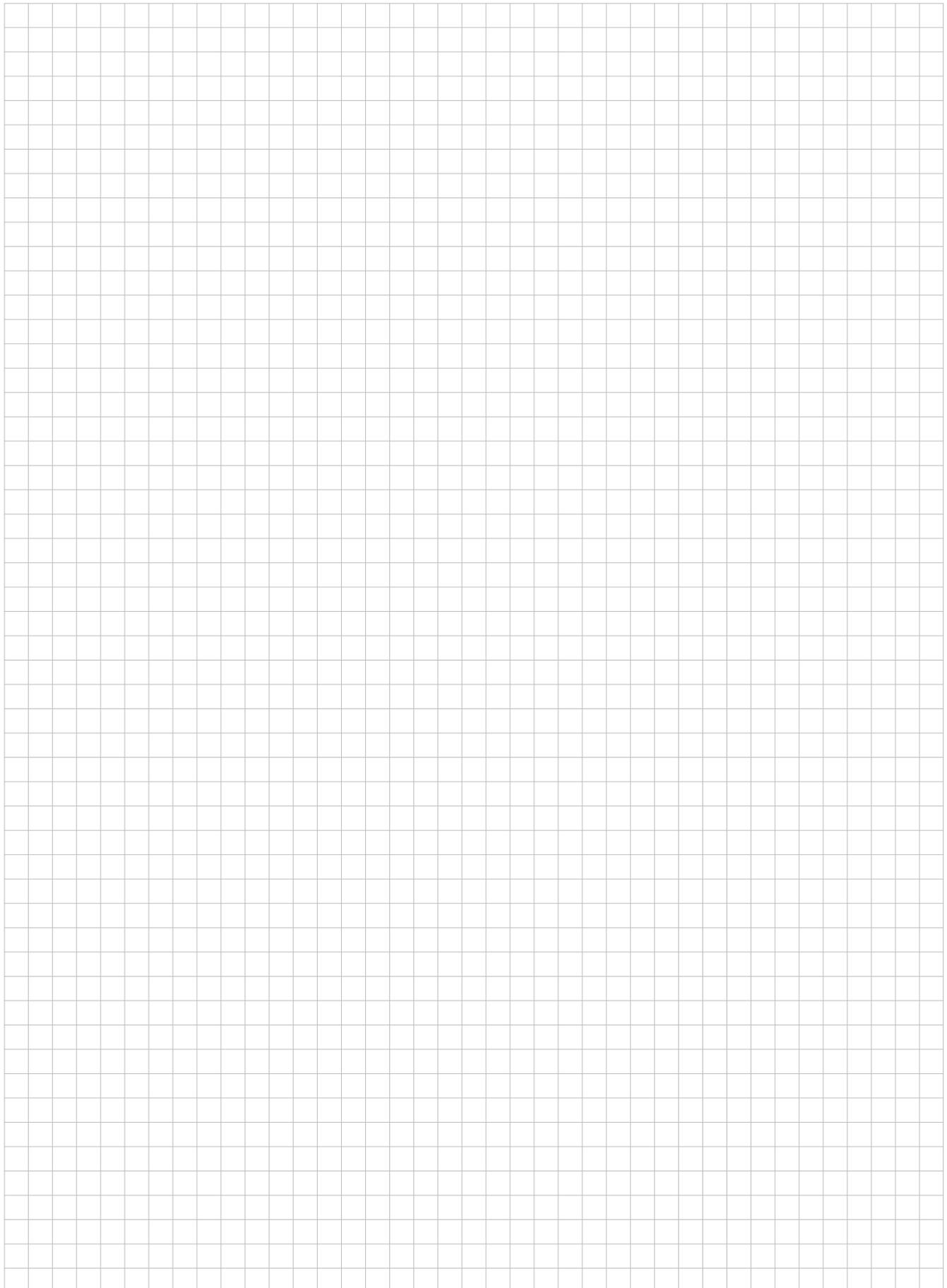
Tab. 1.4.8: Brandwiderstände von Metallständerwänden (Ständerprofil CW 50 x 06).

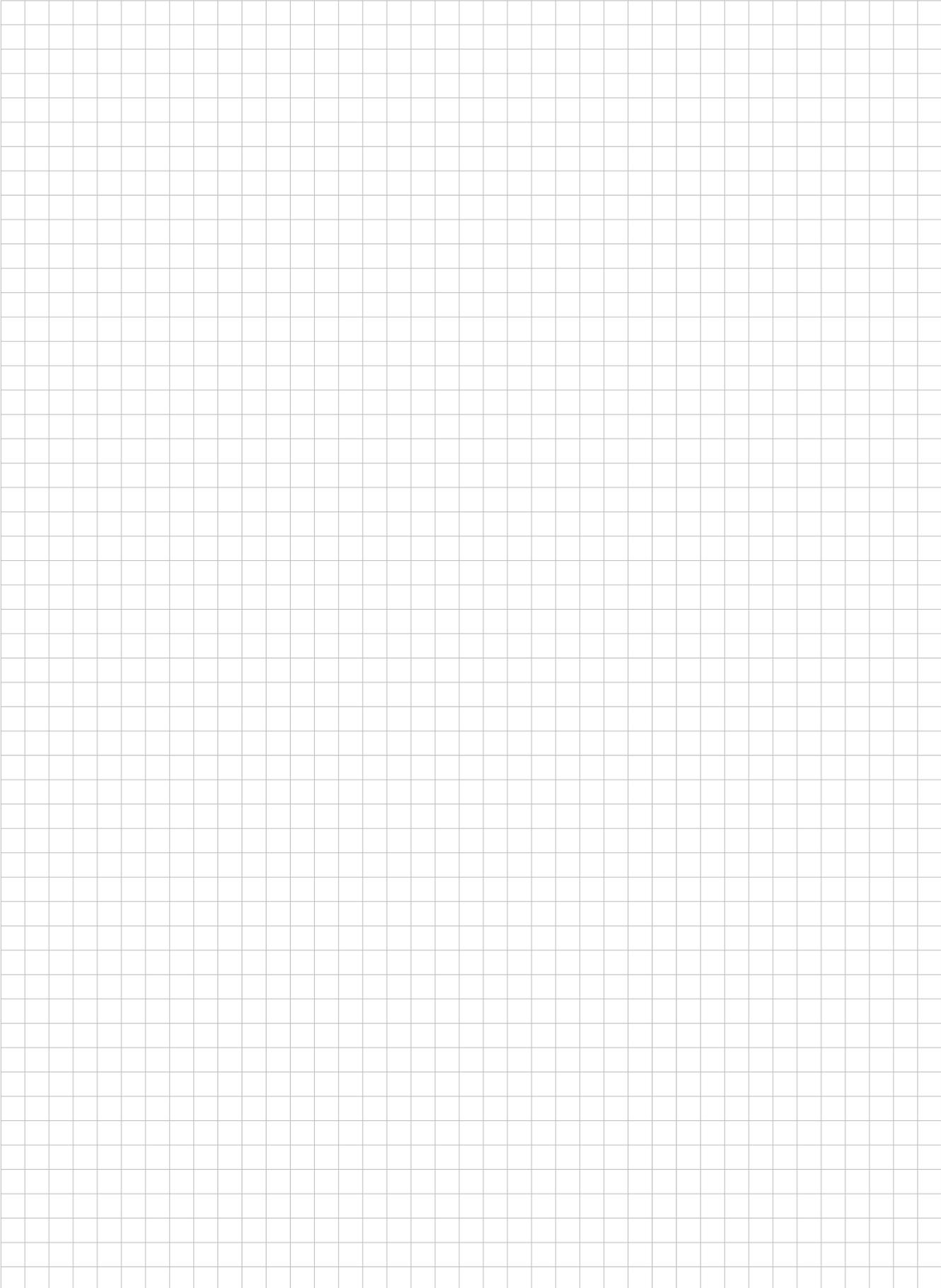
Systembeschreibung	Dicke [mm]	Masse [kg/m ²]	Brandschutz
 <p data-bbox="568 394 815 483">Ständerwand CW 50 2 x 12,5 mm GKF Dämmstoff 50 mm</p>	100	54	EI 90
 <p data-bbox="568 524 807 613">Ziegelwand 115 mm Gipsputz 2 x 10 mm</p>	135	218	EI 90

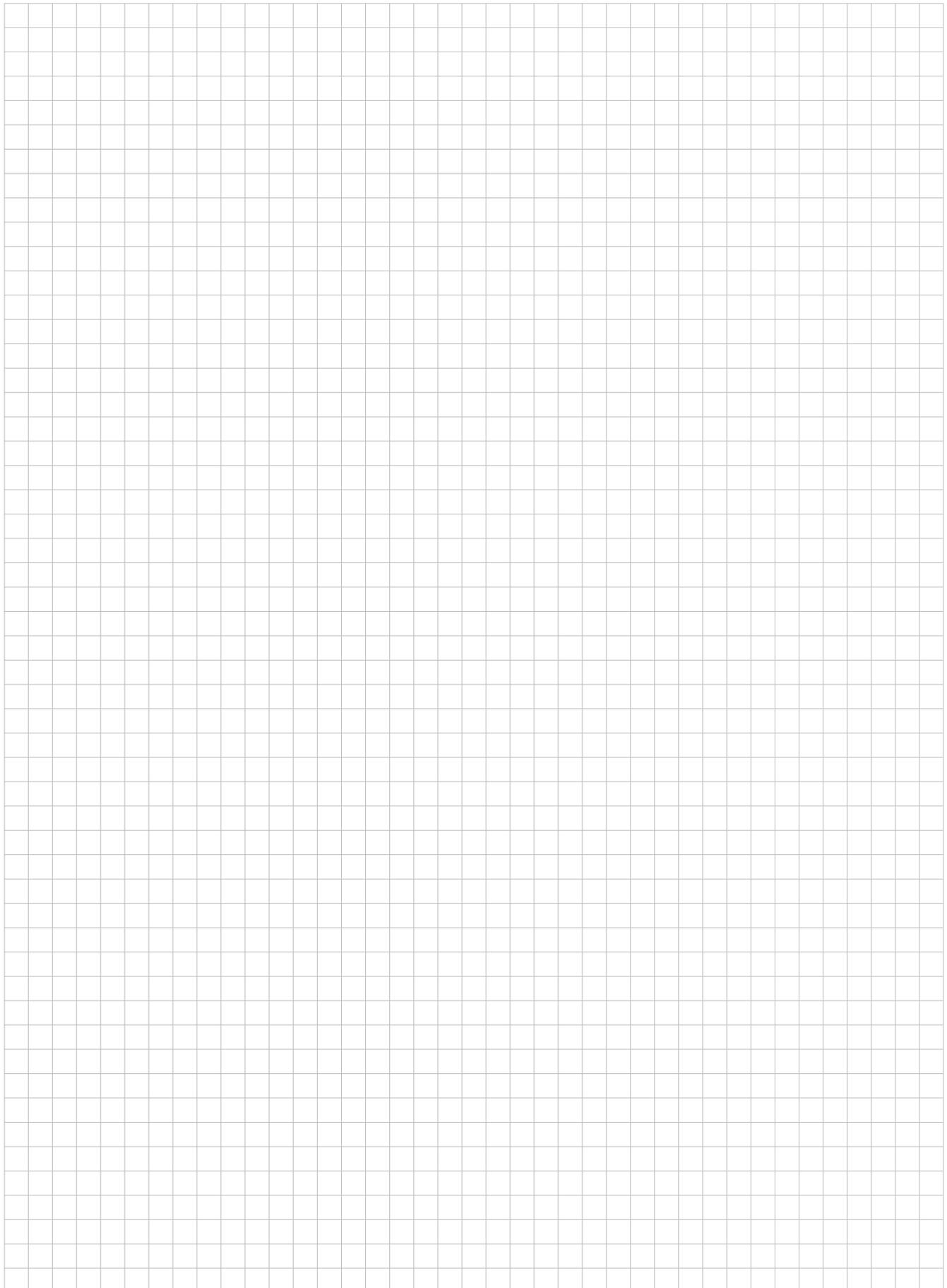
Tab. 1.4.9: Vergleich einer Leichtbauwand mit einer nichttragenden massiven Wand. Beide Wände erreichen die Anforderung EI 90

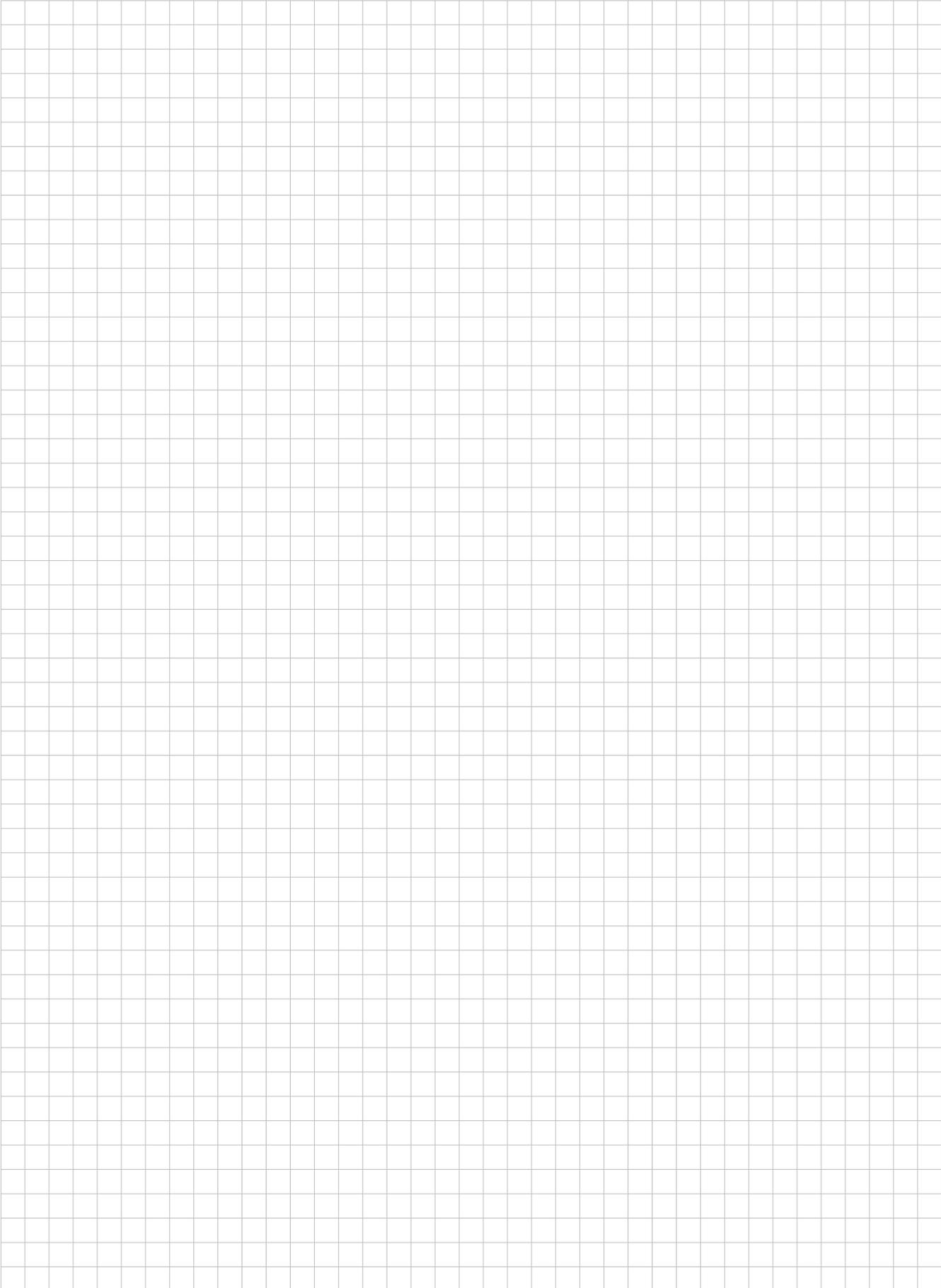


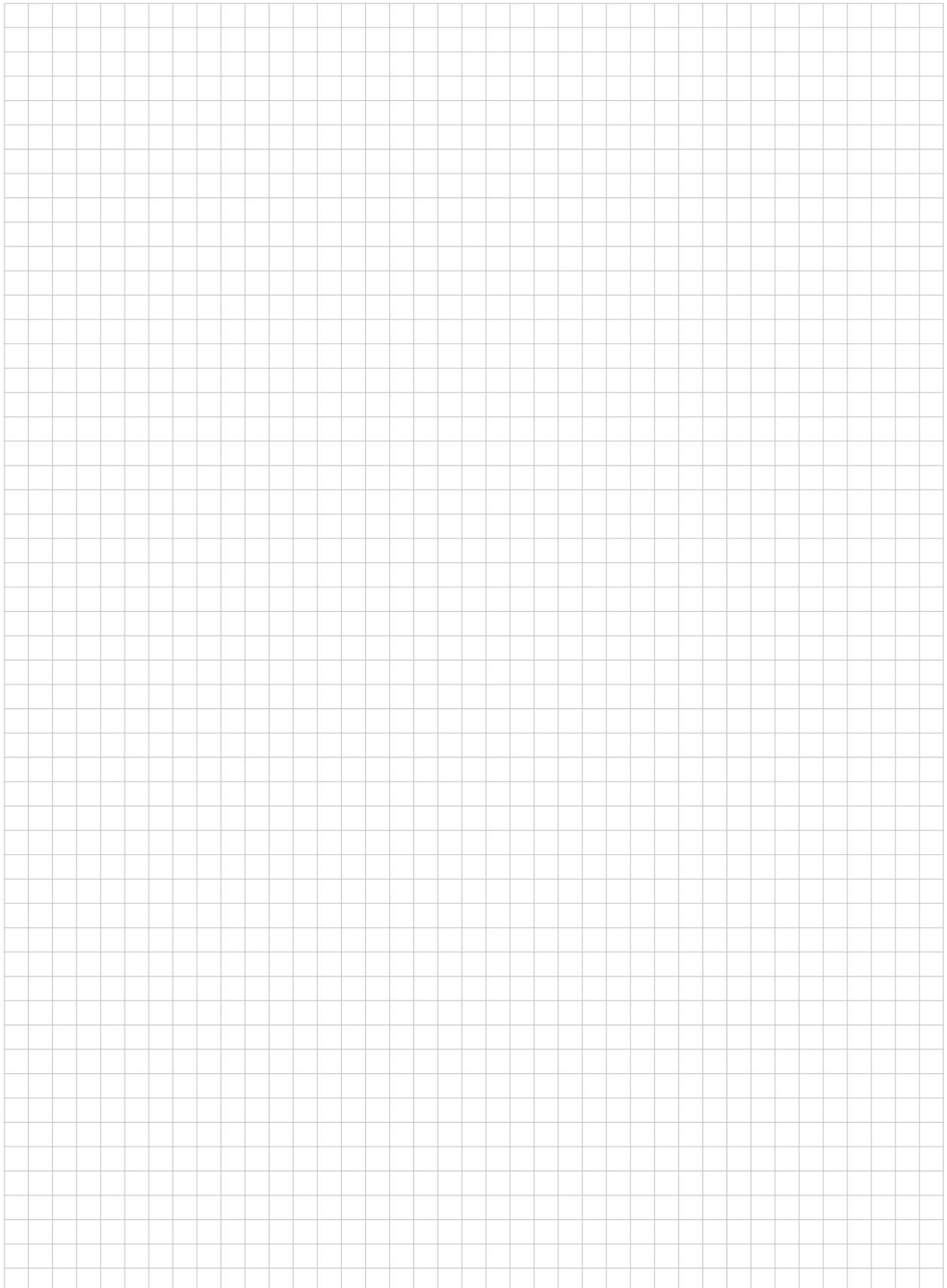












Impressum

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich: BAU.GENIAL. BAU.GENIAL ist eine gemeinsame Initiative der acht führenden Baustoffhersteller Heraklith AG, Knauf GmbH, Lafarge Gips GmbH, Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, Rockwool HandelsgesmbH, Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH, Ursa Dämmsysteme Austria GmbH und Xella Trockenbausysteme. *Fotos:* Fotos und Grafiken im Innenteil von Studienautoren beigestellt. *Layout:* senft & partner, 1020 Wien. *Druck:* jork printmanagement, 1060 Wien. Stand 2007. Druck 2009.

