

Bauphysik für den Trockenbau

Die Grundlagen

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
Brandschutz	4
Brandschutz Grundlagen	4
Das Verhalten von Gips im Brandfall	5
Vorschriften und Richtlinien	5
Klassierung von Baustoffen	6
Brennbare Baustoffe	6
Nicht brennbare Baustoffe	6
Klassierung von Bauteilen	7
Allgemein anerkannte Bauprodukte und Bausysteme	8
Kapselkriterium	10
Rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit	11
Das Wichtigste in Kürze	12
Schallschutz	13
Schallschutz Grundlagen	13
Schallübertragung	13
Flankenübertragung	14
Luftschalldämmung	15
Einschalige Bauteile	15
Zweischalige Bauteile	16
Nachweis der Luftschalldämmung nach SIA 181	17
Schalldämmung mit Rigips® Trennwandsystemen	18
Das bewertete Schalldämm-Mass R_w mit den Spektrum-Anpassungswerten C und C_{tr}	18
Definition der erforderlichen Schalldämmung $R_w + C$	20
Bewertung der Einflussfaktoren auf die Schalldämmung	21
Einfluss der Holraumdämmung	24
Schalldämmung mit Rigips® Vorsatzschalen	26
Luftschallverbesserungsmass von Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen	26
Luftschallverbesserungsmass von Vorsatzschalen mit Verbundplatten	27
Schalldämmung mit Reduzieranschluss	28
Berechnung der Schalldämmung zusammengesetzter Flächen	29
Rigips Reduzieranschlüsse	30
Resultierende Schalldämmmasse	31
Anschluss der Reduzieranschlüsse an das Bauteil	32
Das Wichtigste in Kürze	33
Raumakustik	34
Einleitung der Akustik-Planung	34
Nachhallzeit	34
Schallabsorption	34
Einflussgrößen des Absorptionsverhalten	37
Lochflächenanteil	37
Abhängehöhe/Lufthohlraum	37
Mineralwollauflage	37
Raumakustische Planung	38
Planung nach SIA 181	38
Planung nach DIN 18041	39
Das Wichtigste in Kürze	41

Wärme- und Feuchteschutz	42
Wärmeschutz	42
Wärmeleitfähigkeit λ und Wärmedurchlasswiderstand R	42
Wärmedurchgangskoeffizient U	44
Feuchteschutz	46
Kritische Oberflächenfeuchte	46
Begrenzung der Feuchte in Konstruktionen	47
Behaglichkeit	48
Behaglichkeit im Winter	48
Behaglichkeit im Sommer	48
Das Wichtigste in Kürze	49
Statik	50
Statische Planung	50
Einwirkende Lastfälle für nicht tragende Trennwände	50
Ersatz-Flächenlast (Windlast)	50
Konsollasten	50
Keramische Beläge	50
Gebrauchstauglichkeit (Verformungskriterien)	50
Maximal zulässige Wandhöhen von Rigips® Wandsystemen	51
Tabellen	51
Rahmenbedingungen	56
Hinweise	56
Das Wichtigste in Kürze	57
Erdbeben	58
Erdbeben Grundlagen	58
Erdbebensicherheit nichttragender Trennwände	59
Berechnung der Ersatzkräfte infolge Erdbebenwirkung	59
Anforderungen an Befestigungen im Beton	63
Bauwerksklassen	63
Seismische Leistungskategorien für Befestigungsmittel	64
Empfohlene Befestigungsmittelabstände	65
Interaktion zwischen Haupttragkonstruktion und nichttragende Bauteile	66
Verzicht auf Nachweis für seismische Leistungskategorien der Dübel	66
Deckenbekleidungen und Unterdecken bei Erdbebenbelastungen	67
Das Wichtigste in Kürze	68
Literaturverzeichnis	69

Brandschutz

Brandschutz Grundlagen

Um sinnvolle Massnahmen im baulichen Brandschutz treffen zu können, ist es notwendig die einzelnen Phasen eines Brandverlaufes genauer zu kennen.

Bei der Entzündung eines aufgeheizten Stoffes geht der sogenannte Schwelbrand in den Flammenbrand über. Einen örtlich begrenzten Flammenbrand nennt man Entstehungsbrand. Die Art und Intensität der Zündquelle und der beteiligten Stoffe entscheiden über die Geschwindigkeit der Brandentwicklung. Es sind kaum sichtbare Glutstellen vorhanden, welche den Schwelbrand (auch Mottbrand genannt) unterstützen. Werden nach einer gewissen Zeit grössere Mengen brennbarer Substanzen erfasst, steigen die freigesetzte Wärmemenge und die Temperatur exponentiell an. Entgegen einer langsamen Brandentwicklung, kann es in ungünstigen Fällen durch ein Gemisch aus brennbaren Gasen, Dämpfen oder Staub mit Luft zu einem Explosionsbrand kommen.

Mit weiterem Temperaturanstieg entsteht eine massive Vergasung der brennbaren Substanzen mit ausgedehnter Flammenbildung. Dabei geht der Entstehungsbrand in einen Vollbrand über. Vor Eintritt des Flash-overs besteht eine erhöhte Chance zur Eindämmung des Brandes. Andernfalls ist ein Totalschaden in der Regel unabwendbar. Bei genügendem Sauerstoff wird der weitere Verlauf des Vollbrandes durch die Menge und Anordnung des brennbaren Materials gesteuert. Die Brandleistung sinkt erst mit der Erschöpfung des Brennstoffvorrates (materialgesteuerter Vollbrand). Bei beschränkter Luftzufuhr kann das Feuer eventuell «erstickt» werden, wobei eine plötzliche, erneute Luftzufuhr ein sofortiges Wiederaufblammen bewirken würde (luftgesteuerter Vollbrand). (Zürcher & Frank, 2010)

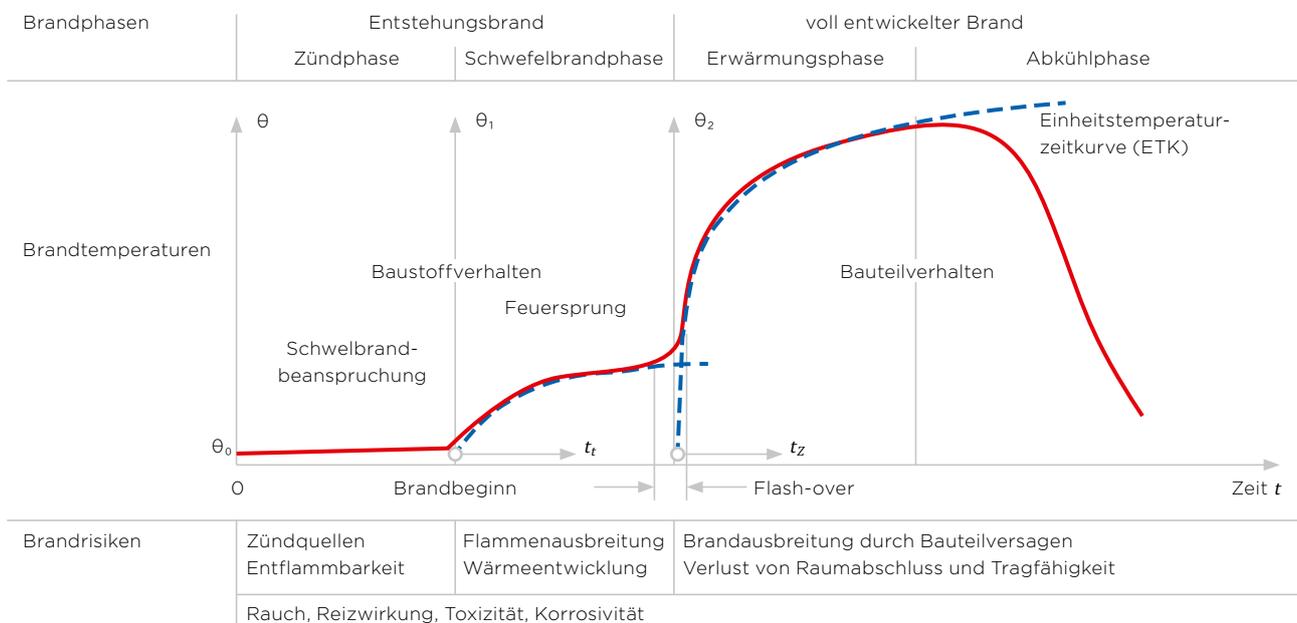


Abbildung 1: Brandverlauf eines normalen Naturbrandes (Zürcher & Frank, 2010)

Das Verhalten von Gips im Brandfall

Rigips® Bauplatten basieren auf dem Naturprodukt Gips. Dieses enthält kristallgebundene Wasseranteile, die im Brandfall als «Löschwasser» dienen. Der austretende Wasserdampf bewirkt, dass die Temperatur der zu schützenden Oberflächen nicht höher als 100°C ansteigen kann, solange sich Wasserdampf bildet. In einer 20 mm dicken Rigips® Feuerschutzplatte sind, ausgehend von einem Durchschnittsanteil des kristallgebundenen Wassers von 21% pro Quadratmeter, über 4 Liter «Löschwasser» enthalten. Zudem wirkt der entwässerte Gips als Isolator, da der Wärmeleitwert mit abnehmendem Wassergehalt sinkt.

Vorschriften und Richtlinien

Die rechtliche Grundlage für den Brandschutz in der Schweiz bilden die Schweizerischen Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF. Die Brandschutznorm und die darauf aufbauenden Richtlinien dienen als Basis zur Begriffsdefinition sowie der Klassierung von Baustoffen und Bauteilen. Die VKF als oberste Schweizer Brandschutzbehörde erteilt die entsprechenden Brandschutznachweise für Systeme je nach Anwendungsart.

Bauwerke sind bereits im Projektierungsstadium so zu konzipieren, dass sie im Brandfall eine optimale Sicherheit gewährleisten. Dies anhand eines wirtschaftlich tragbaren Brandschutzkonzeptes. Grundsätzlich sind Gebäude und andere Anlagen einschliesslich der Betriebs-einrichtungen so zu erstellen, zu betreiben und zu unterhalten, dass

- die Sicherheit der Bewohner/Benutzer gewährleistet ist,
- der Entstehung von Bränden und Explosionen vorgebeugt und die Ausbreitung von Flammen, Hitze und Rauch begrenzt wird,
- die Tragfähigkeit während eines bestimmten Zeitraumes erhalten bleibt,
- eine wirksame Brandbekämpfung möglich, sowie die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist und die Umwelt minimal belastet wird. (VKF, 2017)

Klassierung von Baustoffen

Massgebend für die brandschutztechnische Beurteilung von Baustoffen sind die Brennbarkeit, die Qualmbildung und das Abtropfverhalten.

Brennbare Baustoffe

Als leicht brennbar gelten Baustoffe, die durch die Flamme eines Streichholzes in atmosphärischer Luft entflammen und ohne zusätzliche Wärmezufuhr selbständig und rasch abbrennen.

Mittel brennbare Baustoffe brennen nach einer Entflammung in atmosphärischer Luft ohne zusätzliche Wärmezufuhr selbständig weiter.

Unter der Einwirkung von Feuer und Wärme schwer entflammbar und nur bei zusätzlicher Wärmezufuhr mit geringer Geschwindigkeit abbrennende Baustoffe gelten

als schwer brennbar. Bei diesen Baustoffen erlöschen die Flammen kurze Zeit nach dem Verschwinden der Wärmequelle und auch das Nachglimmen hört auf.

Nicht brennbare Baustoffe

Als nicht brennbar gelten Baustoffe, die nicht entflammen, verkohlen oder veraschen. Baustoffe mit sehr geringem Anteil an brennbaren Komponenten können ebenfalls als nicht brennbar bewertet werden. Die bis anhin unübersichtliche Struktur sowie die Fülle an eigenschaftsbezeichnenden Brandkennziffern für Bauprodukte wurde mit den aktuellen Brandvorschriften vereinfacht. Das Rigips® Bauplattensortiment fällt grösstenteils neu unter die Brandverhaltensgruppe RF1 (abk. von französisch «réaction au feu»), was Produkten ohne Brandbeitrag entspricht. (Zürcher & Frank, 2010)

Produktbezeichnung/ Produktnorm	Technische Bedingungen	Brandverhaltensgruppe
OSB	Platten aus langen, schlanken ausgerichteten Spänen	RF3
Spanplatte	Spanplatten	RF3
Sperrholz	Sperrholzplatten	RF3
Zementgebundene Spanplatte	Rohdichte $\geq 1200 \text{ kg/m}^3$ Dicke $\geq 10 \text{ mm}$ Zementgehalt ≥ 75 Masseprozent	RF1
Gipsplatte/SN EN 520 Papier/SN EN ISO 536	Dichte $\geq 800 \text{ kg/m}^3$ Plattendicke $\geq 6.5 \text{ mm}$ Papiergewicht $\leq 220 \text{ g/m}^2$ ($\leq 5\%$ organischem Zusatz)	RF1

RF1 Brandverhaltensgruppe der Baustoffe ohne Brandbeitrag

RF2 Brandverhaltensgruppe der Baustoffe mit geringem Brandbeitrag

RF3 Brandverhaltensgruppe der Baustoffe mit zulässigem Brandbeitrag

Abbildung 2: Allgemein anerkannte Baustoffe mit Zuordnung zu Brandverhaltensgruppen (VKF, 2017)

Klassierung von Bauteilen

Für die meisten Rigips® Systeme ist es wichtig, dass sie unter der Einwirkung einer Brandbelastung bis zu einer bestimmten Temperatur über eine gewisse Zeit ihre Funktion aufrechterhalten können. Das Brandverhalten von Bauteilen wird insbesondere durch die Feuerwiderstandsdauer gekennzeichnet. In der Schweiz wird der Feuerwiderstand von Bauteilen anhand der EN 13501-2 oder nach VKF klassiert.

Bauteilanwendungen	Klassifizierung nach VKF	Klassifizierung nach EN 13501-2
Tragende Bauteile	F	R
Tragende raumabschliessende Bauteile	F	REI
Nicht tragende raumabschliessende Bauteile	F	EI
Rauch- und flammendichte Abschlüsse	R	E
Brandschutzklappen	K	EI
Abschottungen	S	EI

Tabelle 1: Klassierung von Bauteilen nach EN-Norm und VKF (Zürcher & Frank, 2010)

Der Klassierung nach EN-Norm liegen folgende Herleitungen und Definitionen zu Grunde.

Herleitung des Kurzzeichens	Kriterium	Anwendungsbereich
R (Résistance)	Tragfähigkeit	Beschreibung der Feuerwiderstandsfähigkeit von linearen und flächigen, brandabschnittsbildenden Bauteilen
E (Etanchéité)	Raumabschluss	
I (Isolation)	Wärmedämmung (unter Brandeinwirkung)	
W (Radiation)	Begrenzung des Strahlungsdurchtritts	
M (Mechanical)	Mechanische Einwirkung auf Wände (Stossbeanspruchung)	Rauchschutztüren, Lüftungsanlagen einschliesslich Klappen
S (Smoke)	Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit (Dichtheit, Leckrate) sowohl bei Umgebungstemperatur als auch bei 200 °C	
C (Closing)	Selbstschliessende Eigenschaft einschliesslich Dauerfunktion	Bewegliche Brandschutzabschlüsse
K	Brandschutzfunktion	Wand- und Deckenbekleidungen
i → o i ← o i ↔ o	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Nicht tragenden Wände, Installationsschächte/-kanäle, Lüftungsanlagen/-klappen
a → b a ← b a ↔ b	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Unterdecken
v _e h _o	Für vertikalen/horizontalen Einbau	Lüftungsleitungen/-klappen

Tabelle 2: Erläuterung der Kurzzeichen nach EN 13501-2 (Zürcher & Frank, 2010)

Allgemein anerkannte Bauprodukte und Bausysteme

Bauprodukte und Systeme ohne VKF Brandschutznachweis können angewendet werden (Brandschutzanwendung im Einzelfall), sofern deren Eignung nach dem Stand der Technik, aufgrund bestehender Versuchsergebnisse oder durch rechnerische Bestimmung nach validierten Verfahren nachgewiesen ist.

Grundsätzlich werden Rigips® Systeme anhand der entsprechenden Prüfnorm auf deren Feuerwiderstand getestet und auf Basis Europäischer Normen klassiert. Jedoch gibt es für Trockenbausysteme (Holz- und Stahl-Leichtbau) Norm-Konstruktionen, welche in der DIN 4102-4 sowie der SIA 1363-1 definiert sind. Diese dürfen ohne weitere Brandprüfungen und Nachweise angewendet werden.

Von der VKF allgemein anerkannte Bauprodukte enthalten eine gewisse Reserve, was zu einer brandschutztechnischen Robustheit führt. Zu den sogenannten

Brandschutzplatten (BSP) werden auch Rigips® Gips-, Gipsfaser- und Gips-Wandbauplatten gezählt. Brandschutzplatten werden z.B. an einer für die Einwirkungen unter Normaltemperatur bemessenen Holzstütze eingesetzt, um die Tragfähigkeit der Stütze während der Feuerwiderstandsdauer der Brandschutzplatte zu gewährleisten. Oder als beidseitig an einem für die Einwirkungen unter Normaltemperatur bemessenen Bauteils (z.B. Decke) um die tragende und brandabschnittsbildende Funktion zu gewährleisten. Brandschutzplatten sind zur Erreichung eines Bauteils mit Feuerwiderstand in der Regel allseitig (für lineare Bauteile z.B. Stützen) bzw. beidseitig (für flächige Elemente z.B. Wände) anzubringen. Die einseitige Anordnung einer Brandschutzplatte (BSP) genügt nicht für die Gewährleistung eines brandabschnittsbildenden Bauteils (EI). Für den Einsatz im Bodenaufbau müssen Brandschutzplatten vollflächig auf einer tragfähigen Unterlage aufgelegt sein.

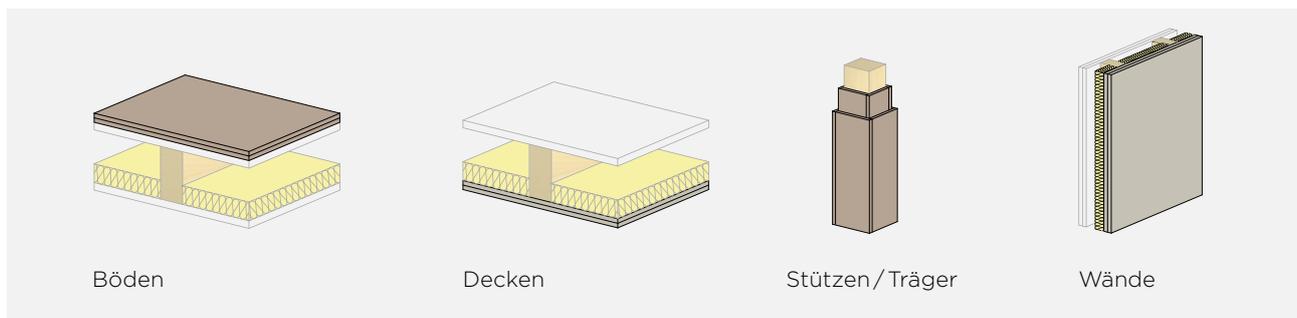


Abbildung 3: Bauteile mit BSP Beplankung (Lignum, 2015)

Für den Einsatz von Brandschutzplatten sind die Anwendungs- und Verarbeitungsvorgaben der Rigips® AG einzuhalten. Die nachfolgende Tabelle zeigt die geforderte Bekleidungsstärke für die Feuerwiderstandsdauer von 30, 60 und 90 Minuten.

Feuerwiderstandsdauer [Minuten]	Minimale Bekleidungsstärke [mm]			Brandverhaltensgruppe	Dauerwärmeständig
	30	60	90		
Blähglimmerplatten (Rohdichte > 700 kg/m ³)	22	30	40	RF1	Ja
Gipsplatten	18	2×15	3×15	RF1	—
Gips-Wandbauplatten	25	40	2×25	RF1	—
Gipsfaserplatten, homogen (Rohdichte > 800 kg/m ³)	18	2×12.5	3×12.5	RF1	—
Holzwerkstoffplatte (Rohdichte > 580 kg/m ³)	30	—	—	RF3	—
Kalziumsilikatfaserzementplatten (Rohdichte > 450 kg/m ³)	20	30	40	RF1	Ja
Leichtbeton, Porenbeton, Gasbeton, Blähton	40	40	40	RF1	Ja
Calciumsulfatgebundene Estriche	20	30	50	RF1	—
Zementgebundene Estriche	20	30	50	RF1	Ja
Zementgebundene Spanplatten (Rohdichte > 1200 kg/m ³ , Zementgehalt > 75% Masseprozent)	20	30	40G	RF1	Ja

Tabelle 3: Brandschutzplatten gemäss «Allgemein anerkannte Bauprodukte» (VKF, 2017)

Zudem können Rigips® Gipsmörtel und Spachtelmassen gemäss nachfolgender Tabelle zur Erreichung einer bestimmten Feuerwiderstandsdauer eingesetzt werden. Zum Beispiel bei Sanierungen in bestehenden Bauten, für mit Putz oder Mörtel abgedeckte Bauteile wo keine Zuordnung zum Feuerwiderstand möglich ist.

Feuerwiderstandsdauer [Minuten]	Minimale Verputzdichte [mm]		
	30	60	90
Kalk-, Zement- und Gipsmörtel	20	30	50
Mineralfaser- und Spritzputze	20	30	45
Perlite- und Vermiculitemörtel	20	25	35

Tabelle 4: Putze gemäss «Allgemein anerkannte Bauprodukte» (VKF, 2017)

Rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit

Bei Rigips® Wandsystemen, wo die Einbauhöhe der im Brandfall geprüften Höhe inklusive des direkten Anwendungsbereiches entspricht, gilt die minimal geforderte Standsicherheit als nachgewiesen. Falls die Einbauhöhe jedoch die geprüfte Höhe (inkl. direkter Anwendungsbereich) übersteigt, ist gemäss VKF Brandschutzrichtlinien ein separater Nachweis für die minimal geforderte Standsicherheit notwendig. Zudem reicht die minimal geforderte Standsicherheit in der praktischen Anwendung meist nicht aus, wodurch einige zusätzliche Punkte für den Einsatz von Rigips® Wandsystemen berücksichtigt werden müssen.

Wandhöhe – Bemessung im Normalfall

Grundlagen Rigips® AG:

- Maximale Durchbiegung für Wandhöhen $h \leq 4.00$ m auf $f \leq h/200$
- Maximale Durchbiegung für Wandhöhen $h > 4.00$ m auf $f \leq h/350$
- Maximale Durchbiegung für Wandhöhen mit verformungsempfindlichen Wandbelägen $f \leq h/500$
- Linienlast: 0.5 kN/m für Einbaubereich 1; 1.0 kN/m für Einbaubereich 2
- Konsolmoment: 210 Nmm/mm (70 kg \times 0.3 m)
- Ersatz-Flächenlast: 0.285 kN/m²

Somit sind die in den VKF Richtlinien geforderten 0.2kN/m² Ersatz-Flächenlast zur Kaltbemessung im Brandfall für die Standsicherheit von Rigips® Ständerwänden erfüllt.

Die von der Rigips AG berücksichtigten Lastannahmen und Verformungsvorgaben werden daher für die Wandhöhen massgebend. Folgende konstruktive Rahmenbedingungen müssen zusätzlich berücksichtigt werden:

- Unterkonstruktion aus Rigips® Metall-Ständerprofilen mit einer nominellen Blechdicke von 0.6 mm und einer Mindeststreckgrenze von 240N/mm²
- Beplankung mit Rigips® Gips- und Gipsfaserplatten mit Fugenversatz der Querstösse von 400 mm und Fugenverspachtelung in allen Plattenlagen
- Befestigung mit Rigips® Schnellbauschrauben, Nenndurchmesser ≥ 3.5 mm, Schraubenabstände in der oberen Plattenlage von 250 mm und der unteren Plattenlage von 750 mm
- Wandhöhen bis max. 12.00 m

Alternativ zum gegebenen Einfachständer-Abstand bei Vorsatzschalen und Trennwänden kann optional auch ein doppeltes Ständerwerk «Rücken an Rücken» mit verdoppeltem Achsabstand ausgeführt werden. Zum Beispiel Ständer «Rücken an Rücken» mit $e = 625$ mm anstelle Einachständer mit $e = 312.5$ mm. Die Befestigung der Beplankung muss dabei in alle Ständerprofile erfolgen. (IGG, 2016)

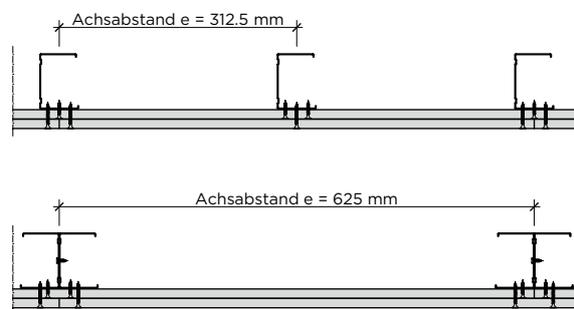


Abbildung 5: Ausführung Unterkonstruktion «Rücken an Rücken» (Quelle: IGG, 2016)

Das Wichtigste in Kürze



Wie Löschwasser

Das Wasser in den Gipskristallen dient im Brandfall als «Löschwasser»

Ohne Brandbeitrag

Rigips® Gipsplatten entsprechen der Brandverhaltensgruppe RF 1 - Baustoffe ohne Brandbeitrag

Nicht brennbar

Mit Rigips® Gipsplatten werden brennbare Bauteile zu nicht brennbaren Bauteilen modifiziert

Statische Anforderungen

Rigips® Wandkonstruktionen erfüllen auch im Brandfall sämtliche statischen Anforderungen

Schallschutz

Schallschutz Grundlagen

Ständig sind wir von Geräuschen – von Schall – umgeben. Und Lärmquellen wie Verkehr oder Baumaschinen aber auch Tätigkeiten im Gebäudeinneren wirken auf uns oft störend und sind Anlass für Reklamationen. Lärm ist übermässiger Schall, der das Wohlbefinden eines Menschen beeinträchtigen kann. Das trifft insbesondere dann zu, wenn wir in den eigenen vier Wänden gestört werden. Sind wir am Arbeitsplatz zu hohen Immissionen ausgesetzt, dann beeinträchtigt das die Konzentrationsfähigkeit.

Wird dem Schallschutz zu wenig Bedeutung beigemessen oder wird dieser aus Kostengründen vernachlässigt, bedeutet das nicht nur einen Verlust an Lebens- und Arbeitsqualität, sondern auch immer einen geringeren Wert der Liegenschaft. Nachträgliche Lärmschutzmassnahmen sind oft nicht mehr, oder nur mit unverhältnismässig grossem Kostenaufwand möglich. Deshalb ist ein optimaler Schallschutz integrierender Bestandteil der Planung eines Objektes.

Die Aufgabe des Schallschutzes ist es, bei Geräuschentwicklung in einem Raum den Nutzer des Nachbarraumes vor einer zu starken Geräuscheinwirkung zu schützen. Abhängig von der Nutzung ist der Schallpegel in dem «lauten Raum» sehr unterschiedlich; im Nachbarraum soll aber in etwa immer der gleiche Endschallpegel erreicht werden. Deshalb wird von Wänden und Decken zwischen zwei Räumen je nach Nutzung eine unterschiedliche Schalldämmung gefordert.

Schallübertragung

Als Schall werden mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums bezeichnet, insbesondere im Bereich des menschlichen Hörens von etwa 16 bis 20 000 Hz.

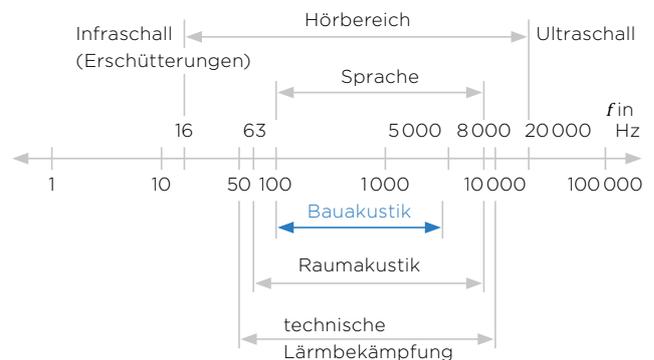


Abbildung 6: Akustischer Frequenzbereich

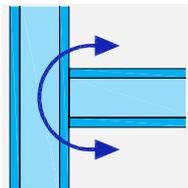
Schall breitet sich in einem Medium als Schallwelle aus. Je nach schallübertragendem Medium wird in der SIA 181 unterschieden zwischen Luftschall, Körperschall und Trittschall.

	Luftschall	In der Luft über Teilchenschwingung (Schallwellen) sich ausbreitender Schall.
	Körperschall und Trittschall	Beim Begehen und bei ähnlicher stossartiger Anregung einer Wand, Decke, Treppe usw. entstehender Schall, der durch die Konstruktion übertragen und als Luftschall abgestrahlt wird.

Flankenübertragung

Luftschall zwischen zwei aneinander grenzenden Räumen wird nicht nur über trennende Bauteile übertragen. Es erfolgt auch eine Schallübertragung über Nebenwege, wie z. B. flankierende Bauteile, Undichtheiten, Lüftungsanlagen, Rohrleitungen usw. Die Längsübertragung hängt von der Art des trennenden Bauteils und dessen Anbindung an die flankierenden Bauteile ab.

Die wichtigste Form der Nebenwegübertragung ist die Schallleitung über angrenzende, d.h. flankierende Bauteile. Auch hier setzen sich die Schallwellen fort und führen im Nachbarraum zu einer Schallabstrahlung. Neben der Schallübertragung über das trennende Bauteil muss deshalb auch diese Längsübertragung über flankierende Bauteile berücksichtigt werden.



Flanken- übertragung bei Luftschall

Anteil der Luftschallübertragung zwischen Räumen, der nicht über gemeinsame Trennbauteile, sondern anteilig oder insgesamt über die flankierenden Bauteile (Decken, Wände usw.) erfolgt.

Luftschalldämmung

Die Schalldämmung ist eine Massnahme zur akustischen Trennung von unterschiedlichen Räumen gegen nicht erwünschten Schall von Nachbarräumen oder von draussen.

Erfolgt die Schallübertragung allein über das trennende Bauteil ohne Flankenübertragung, so spricht man vom Schalldämm-Mass R dieses Bauteils. Das Schalldämm-Mass R ist abhängig von der Frequenz des auftretenden Schalls und wird nach EN ISO 140 im Frequenzbereich zwischen 100 und 5000 Hz gemessen.

Der Schallschutz zwischen Räumen in Gebäuden wird durch alle an der Schallübertragung beteiligten Bauteile bestimmt. Dazu gehören Wände und Decken als trennende und flankierende Bauteile, aber auch Schächte, Kanäle sowie Undichtigkeiten und Körperschallbrücken. Deshalb wird als kennzeichnende Grösse des Trennbauteils – im Bau gemessen – das Bauschalldämm-Mass R' verwendet.

Einschalige Bauteile

Einschalige Bauteile schwingen als Ganzes. Die Schalldämmung von dichten, einschaligen, homogenen Bauteilen (z.B. eine Alba®-Massivwand) hängt in erster Linie von ihrer flächenbezogenen Masse ab. Je schwerer ein solches Bauteil ist, desto höher ist die Schalldämmung. Für das «theoretische Massengesetz» gilt, dass bei konstanter Frequenz f und Verdoppelung des Gewichts die Schalldämmung um 6 dB zunimmt.

Innerhalb eines bestimmten Frequenzbereiches tritt jedoch eine Verschlechterung des schalldämmenden Verhaltens ein. Die niedrigste Frequenz, bei der das beschriebene Phänomen für ein Bauteil auftritt, heisst Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g . Um diese Koinzidenz-Grenzfrequenz ist die Minderung der Schalldämmung besonders hoch.

Die Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g einer Einzelschale ist, wie bereits erwähnt, von der flächenbezogenen Masse und der Biegesteifigkeit abhängig. Bei biegesteifen, mittelschweren Bauteilen (z.B. Alba®-Massivwände) liegt diese Frequenz zwischen 100 und 300 Hz. Bei leichten, biegeweichen Bauteilen (z.B. Alba®- und Rigips®-Vorsatzschalen) oberhalb von etwa 2500 Hz.

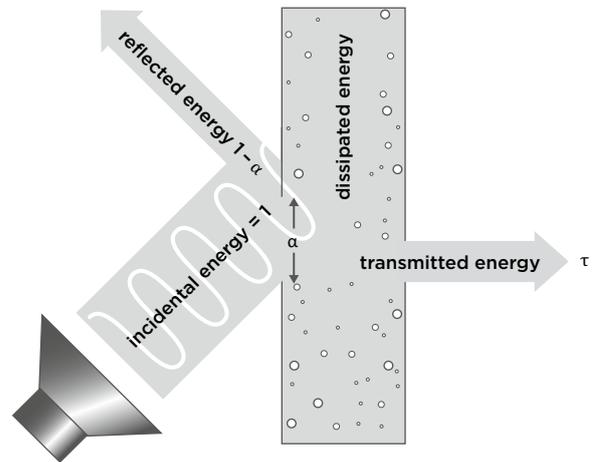


Abbildung 7: Energiewege bei der Luftschalldämmung

Der Transmissionsfaktor τ (tau) gibt uns das Verhältnis von übertragener Schallenergie zu einfallender gesamter Schallenergie an.

$$\tau = \frac{\text{übertragene Energie}}{\text{Gesamtenergie}} [-]$$

Die Beziehung zwischen τ und dem Schalldämm-Mass R wird ausgedrückt mit:

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau}$$

Da es sich um eine logarithmische Funktion zur Basis 10 handelt, würde sich bei einer Reduzierung der Transmission τ auf ein Zehntel das Schalldämm-Mass R um 10 dB verbessern.

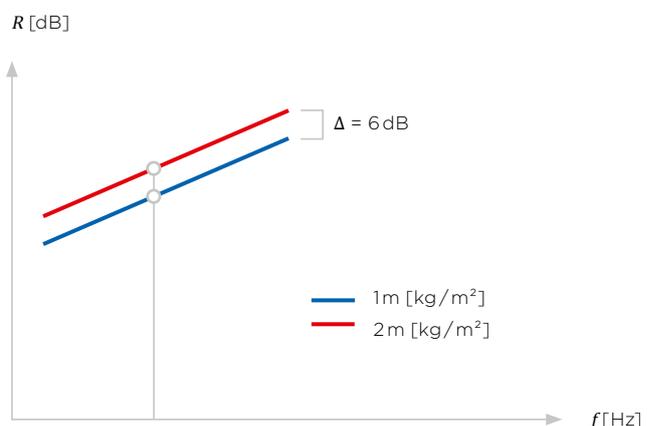


Abbildung 8: Zunahme der Schalldämmung bei der Erhöhung der Masse

Zweischalige Bauteile

Diese Bauweise ist sowohl im Leichtbau als auch im trockenen Innenausbau üblich. Bei zweischaligen Bauteilen sind zwei schwingende Schalen mit einem Abstand hintereinander angeordnet und mit einer weichen Verbindung gekoppelt. Wegen dieser Kopplung kann ein zweischaliges Bauteil als «Masse-Feder-Masse»-System aufgefasst werden. Als Feder wirken die im Hohlraum eingeschlossene Luft, komprimiert eingebaute Dämmstoffe sowie die Verbindungselemente. Somit gibt es hier, anders als bei einschaligen Bauteilen, eine Vielfalt von Einflussmöglichkeiten auf die Schalldämmung des Bauteils.

Schallenergie, die auf die erste der beiden Bauteilschalen trifft, wird zum Teil als Luftschall über den Hohlraum und zum Teil als Körperschall über die Verbindungselemente (z.B. die Unterkonstruktion) und unplanmäßige Verbindungen (Schallbrücken durch Mörtel, Verunreinigungen usw.) auf die zweite Schale weitergeleitet und von dort in den Nachbarraum abgestrahlt.

Aufgrund dieses «Masse-Feder-Masse»-Systems hat das System zwei Resonanzfrequenzen:

- f_0 ist die Resonanzfrequenz des ganzen «Masse-Feder-Masse»-Systems
- f_g ist die Koinzidenz-Grenzfrequenz der Einzelschale

Das System wird dadurch optimiert, dass diese zwei Frequenzen ausserhalb des bauakustischen Messbereiches liegen. Mit diesem Prinzip können leichte und schlanke Konstruktionen bedeutend höhere Schalldämm-Masse erreichen, als es mit einschaligen Bauteilen möglich ist.

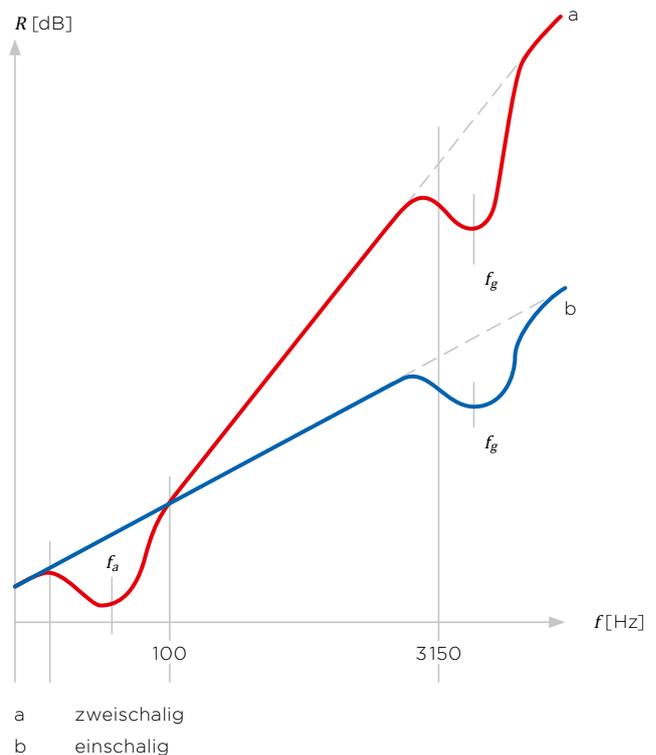


Abbildung 9: Theoretische Schalldämm-Massen und ideale Lage der Resonanzfrequenzen

Nachweis der Luftschalldämmung nach SIA 181

Die Norm SIA 181 regelt in der Schweiz den Schallschutz zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten. Als Mass für den Schutz gegen Luftschall von innen dient die spektral angepasste, volumenkorrigierte Schallpegeldifferenz $D_{i,d}$. Für eine Prognose bei internen Quellen ist folgendes nachzuweisen:

$$D_{i,d} \geq D_i$$

Der Anforderungswert D_i ist je nach Lärmbelastung und Lärmempfindlichkeit in der SIA 181 angegeben. Als Hilfe für die Planer und als Grundlage für entsprechende vertragliche Vereinbarungen enthält der Anhang G der SIA 181 zusätzliche Empfehlungen für Trennbauteile innerhalb einer Nutzungseinheit je nach Raumnutzung. Die Empfehlungen enthalten zwei Stufen. Die Stufe 1 gewährleistet einen Schallschutz, der lediglich erhebliche Störungen zu verhindern vermag. Die Stufe 2 bietet einen Schallschutz, bei dem sich ein Grossteil der Menschen im Gebäude behaglich fühlt.

Der Projekt-Schallpegeldifferenz $D_{i,d}$ ist mit folgender Gleichung definiert:

$$D_{i,d} = D_{nT,w} + C - C_v - K_p$$

Der Schallschutz gegen Luftschall wird durch die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ zwischen Send- und Empfangsraum beschrieben. Die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} ist wie folgt definiert (EN ISO 140-4):

$$D_{nT,w} = R'_w + \Delta L_{LS} = R_w - K_F + \Delta L_{LS}$$

Somit kann der Schallpegeldifferenz berechnet werden:

$$D_{i,d} = R_w - K_F + \Delta L_{LS} + C - C_v - K_p$$

R_w [dB]	Bewertetes Schalldämm-Mass
R'_w [dB]	Bewertetes Bau-Schalldämm-Mass
K_F [dB]	Zuschlag für Flankenübertragung
ΔL_{LS} [dB]	Luftschall-Pegelkorrektur
C [dB]	Spektrum-Anpassungswert
C_v [dB]	Volumenkorrektur
K_p [dB]	Projektierungszuschlag

Nutzung	Raum 1 ¹	Raum 2 ¹	Empfehlung Luftschall	
			Stufe 1	Stufe 2
Wohnen	Schlafen	Schlafen	40	45
	Schlafen	Wohnen	40	45
	Schlafen	Nasszelle	40	45
	Schlafen	Arbeiten	40	45
Büro	Büro	Büro	35	40
	Büro	Sitzung	40	45
	Büro	Direktion	45	50
	Korridor	Büro	30	35
	Sitzung	Direktion	45	50
	Korridor	Direktion	35	40
	Sitzung	Sitzung	40	45
	Korridor	Sitzung	30	35
Schule	Klasse	Klasse	45	50
	Korridor	Klasse	35	40
	Musikzimmer	Klasse	55	60
	Musikzimmer	Musikzimmer	55	60
	Werken	Klasse	50	55
	Werken	Werken	45	50
Hotel	Zimmer	Zimmer	50	55
	Korridor	Zimmer	40	45
	Zimmer	Betrieb	55	60
Altersheim, Spital	Zimmer	Zimmer	50	55
	Korridor	Zimmer	30	35
Räume für Sozialkontakte ²	Zimmer	Zimmer	50	55
	Zimmer	Korridor	35	40

¹ Empfehlungen für Räume ohne Einfluss der Türen und offener Treppe (Messung mit Vorsatzschalen).

² Räume, zwischen denen keine Sprachverständlichkeit gegeben sein darf (z.B. Praxis oder Sozialamt).

Tabelle 6: Empfehlungen des Anforderungswert D_i nach (SIA, 2006)

Schalldämmung mit Rigips® Trennwandsystemen

Bei der Konzipierung des baulichen Schallschutzes ist es dem Planer überlassen, ob er ausgehend vom Schallschutz die dafür benötigte Schalldämmung oder umgekehrt von der erforderlichen Schalldämmung den sich ergebenden Schallschutz berechnet.

Nicht nur die Norm-Prüfbedingungen (Prüfstände, Messtechnik) werden stetig verbessert, auch die relevanten Bau-Produkte wurden kontinuierlich optimiert. Dies betrifft sowohl die Rigips® Gipsplatten als auch Profile und Dämmstoffe. Des Weiteren haben sich die Materialien der flankierenden Bauteile weiter entwickelt und zwingen zu veränderten Betrachtungsweisen.

Mit speziellen Gips-Wandbauplatten für Schallschutzkonstruktionen (optimiert bezüglich Biegeweichheit in Bezug zur Plattenmasse) können höhere Schalldämmwerte erreicht werden. Diese Wände haben auch ein lineares Verhalten in den tiefen Frequenzen, da mit der massiven Konstruktion keine Resonanzen auftreten. Metallständerwände können für vielfältige bauakustische Zwecke eingesetzt werden. Dank des «Masse-Feder-Masse»-Systems haben diese Wände einen besonders hohen Schalldämmwert, vor allem im hohen Frequenzbereich. Mit speziellen, optimierten Gipsplatten für den Schallschutz, wie die Rigips® Duo'Tech kann zusätzliche Schallenergie zerstreut werden, was zu einer Verbesserung der gesamten Leistung der Wand führt.

Für jedes Rigips® Trennwandsystem werden das Bewertete Schalldämm-Mass R_w sowie die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} angegeben.

Alle Alba® und Rigips® Trennwandsysteme haben – zusätzlich zu den schallschutzoptimierten Bauplatten – den Vorteil, dass speziell konzipierte Anschlüsse die Flankenübertragung auf ein Minimum reduzieren.

Das bewertete Schalldämm-Mass R_w mit den Spektrum-Anpassungswerten C und C_{tr}

Weil das Schalldämm-Mass frequenzabhängig über den Tonhöhenbereich von 100 bis 5000 Hz in einzelnen Schritten bestimmt wird, musste ein Bewertungsverfahren festgelegt werden, das die akustische Qualität eines Trennbauteils mit nur einer einzigen Zahl ausreichend zu beschreiben vermag. Bei diesem Bewertungsverfahren wird – nach genau festgelegten Regeln – eine Bewertungskurve über die Messkurve gelegt. Den Schnittpunkt der so verschobenen Bewertungskurve liefert uns bei 500 Hz das «bewertete Bauschalldämm-Mass» R'_w in dB als Einzahlangabe. Je höher das bewertete Bauschalldämm-Mass, desto besser der Schallschutz.

Die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} sind Werte in Dezibel, die zum Einzahlwert R_w hinzuzufügen sind. Damit werden die Besonderheiten spezifischer Schallspektren verschiedener Geräuschquellen berücksichtigt, wie zum Beispiel Strassen- oder Gebäudeinnenlärm. Die Angaben der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} werden nach dem bewerteten Schalldämm-Mass R_w in Klammern angegeben. Der Anpassungswert C geht von einer Lärmwirkung mit einem Spektrum von ziemlich gleichmässiger Frequenzverteilung aus, während der Wert C_{tr} das Spektrum berücksichtigt, das wesentliche Tieftonanteile aufweist. So beispielsweise den Strassenverkehrslärm («tr» für «traffic»). Die Anpassungswerte C und C_{tr} sind in der Regel negative Zahlen. Sie reduzieren also das bewertete Schalldämm-Mass R_w . Kleine Zahlen bedeuten daher ein günstiges, grosse Zahlen hingegen ein ungünstigeres Verhalten gegenüber der Schalldämmleistung, zum Beispiel ist $C = -3$ dB besser als -5 dB.

Nach der Norm SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» muss bei der Beurteilung von Lärmstörungen die Hörwahrnehmung über die Spektrum-Anpassungswerte obligatorisch berücksichtigt werden:

- C_{tr} zum Luftschallschutz gegen Aussenlärm bzw. Tieffrequenzen von Musik
- C zum Luftschallschutz gegen Innenlärm
- $C_{tr50-3150}$ zum Luftschallschutz (Bewertung ab 50 Hz) u.a. bei Discos und speziellen Produktionsbetrieben mit Nachtaktivität

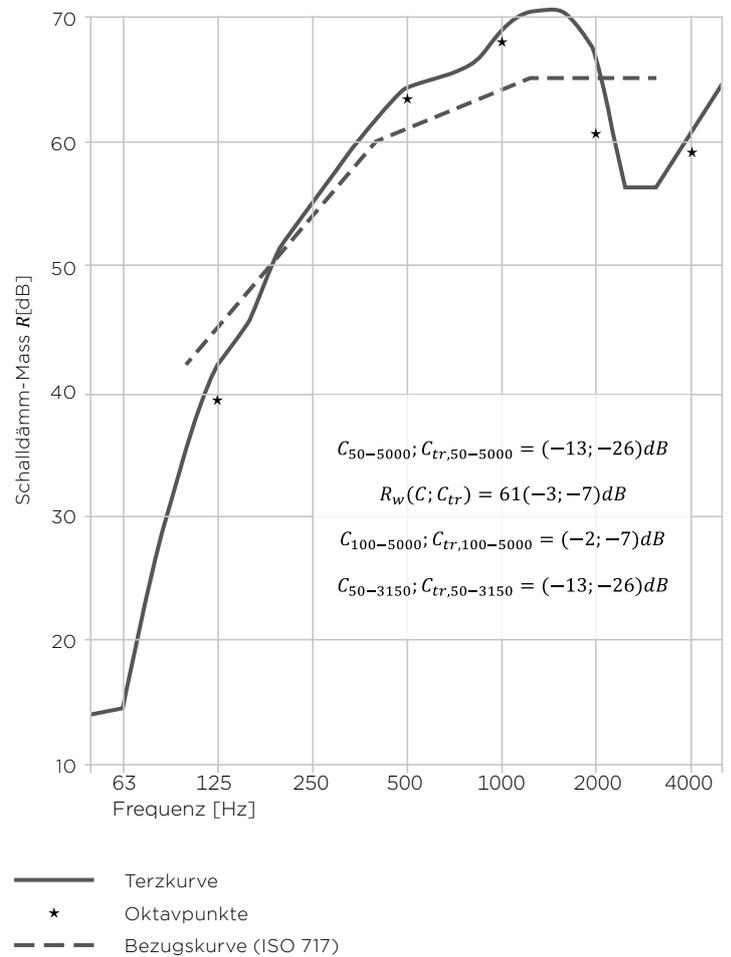


Abbildung 10: Beispiel Bewertung Schalldämm-Mass für eine Rigips® Trennwand CW75/125 mit Habito®

Definition der erforderlichen Schalldämmung $R_w + C$

Die Rigips AG stellt zur Dimensionierung von Bauteilen mit den jeweiligen Anschlüssen die Software «Rigips® Calc» zur Verfügung. Je nach Anforderung an die Schalldämmung können damit entsprechende Lösungen erarbeitet werden.

Für eine Vorbemessung kann in den meisten Fällen nachfolgende Tabelle benutzt werden. Diese zeigt, welchen Rechenwert $R_w + C$ eine Trennwand mindestens haben muss, um den Anforderungswert D_i zu decken. Die Werte sind für eine Beispielwand mit definierten Abmessungen und einige typische Anschlusskonfigurationen an flankierende Elemente berechnet.

$R_w + C$ in Abhängigkeit von Bauteilanschlüssen							
Anforderungswert für Luftschall interner Quellen D_i [dB]	30	33					
	35	38					
	40	43					
	45	48			49		
	50	53	54	55	56	57	

Tabelle 7: Erforderlicher Rechenwert $R_w + C$ der Wand nach Anforderungswert D_i und herkömmlichen Anschlussstypen

Projektierungszuschlag $K_p = 2$ dB

Abmessungen Trennwand $B \times H = 5 \times 3$ m

Volumen des Empfangsraumes $V < 200$ m³

Diese Resultate zeigen, dass die im Regelfall auftretenden Anforderungen komplett mit Rigips®-Konstruktionen abgedeckt werden können.

Eine Trennwand, zum Beispiel für einen Wohnbau mit den beschriebenen Abmessungen und den ausgewählten

Anschlüssen, muss einen Wert $R_w + C \geq 43$ dB aufweisen um die Mindest-Anforderung $D_i \geq 40$ dB abdecken zu können. Entscheidend für die Qualität der am Bau erzielten Schalldämmung sind in erster Linie eine konsequente Planung aller Bauteile samt Anschlüssen sowie eine fachgerechte Ausführung.

Bewertung der Einflussfaktoren auf die Schalldämmung

Die Schalldämmung von Leichtbauwänden ist von mehreren Einflussfaktoren abhängig:

- Ständerprofil: Typ und Achsabstand
- Ausführung der Hohlraumdämmung: Tiefe und Anteil Dämmmaterial
- Beplankung: Typ, Dicke, Gewicht und Anordnung der Beplankungsschalen
- Anschlüsse und flankierende Elemente

Aufgrund mehrerer Untersuchungen sind folgende Erfahrungswerte entstanden.

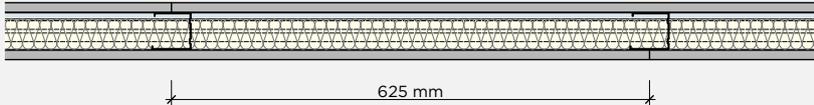
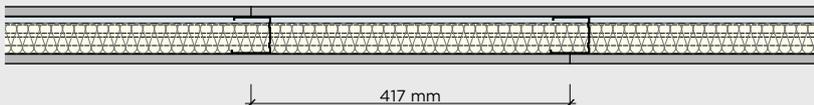
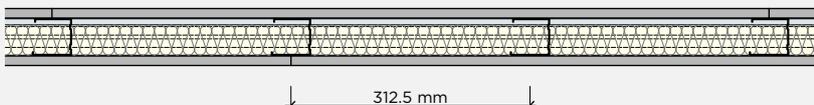
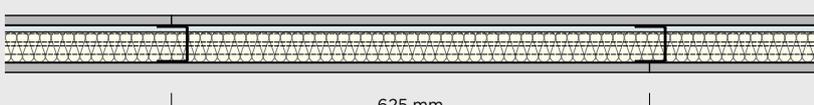
Ausführungsart	Schallschutz-Minderung dB			
	-6	-4	-2	0
CW 50/75 Standardausführung  625 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
CW 50/75  417 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
CW 50/75  312.5 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
UA 50/75  625 mm Blechdicke der UA-Ständerprofile 2.0 mm				

Tabelle 8: Einfluss der Ständer-Anordnung und -Metalldicke auf die Schalldämmung für einfach-beplankte Ständerwände

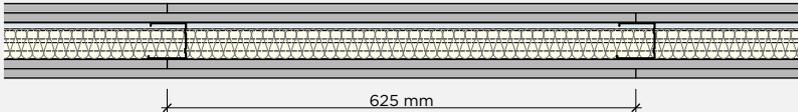
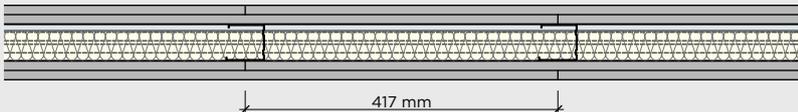
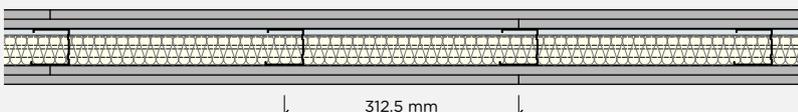
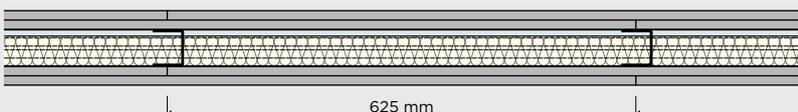
Ausführungsart	Schallschutz-Minderung dB			
	-6	-4	-2	0
CW 50/100 Standardausführung  625 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
CW 50/100  417 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
CW 50/100  312.5 mm Blechdicke der CW-Ständerprofile 0.6 mm				
UA 50/100  625 mm Blechdicke der UA-Ständerprofile 2.0 mm				

Tabelle 9: Einfluss der Ständer-Anordnung und -Metaldicke auf die Schalldämmung von doppelt beplankten Ständerwänden

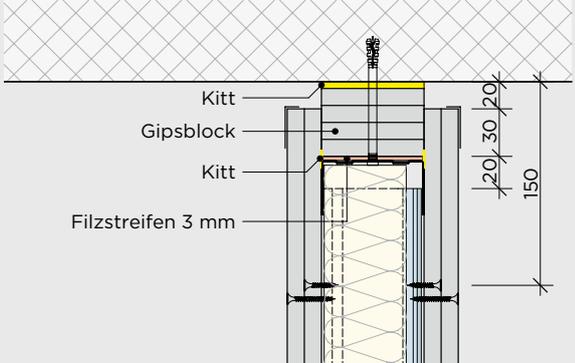
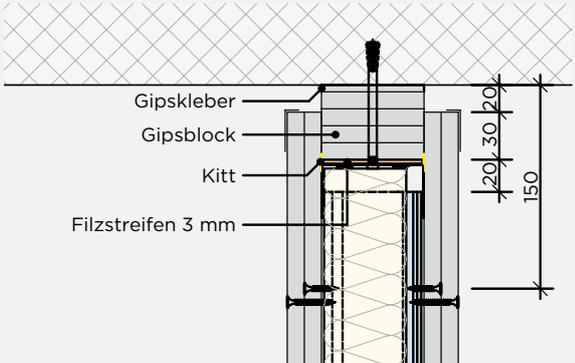
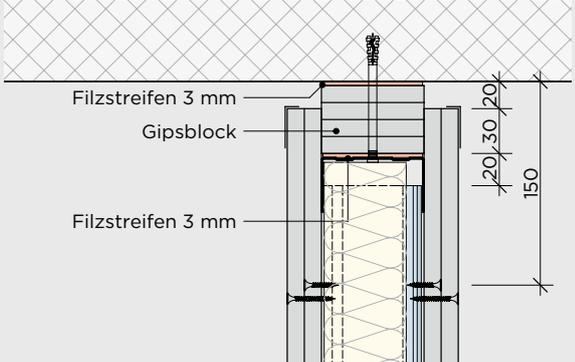
Ausführungsart	Schallschutz-Minderung dB			
	-6	-4	-2	0
<p>Nicht gleitend, Abdichtung Gips oder Kitt (Kitt = Rimastic. Gips = Alba® AGK PLUS, Alba® Albacol PLUS, Rigips® Rifino PLUS oder Rigips® Vario Systemfugenfüller)</p>				
<p>Gleitend bis 20 mm, Abdichtung Kitt-Kitt (Kitt = Rimastic)</p> 				
<p>Gleitend bis 20 mm, Abdichtung Gips-Kitt (Kitt = Rimastic. Gips = Alba® AGK PLUS, Alba® Albacol PLUS, Rigips® Rifino PLUS oder Rigips® Vario Systemfugenfüller)</p> 				
<p>Gleitend bis 20 mm, ohne Abdichtung</p> 				

Tabelle 10: Einfluss der Deckenanschlüsse

Einfluss der Hohraumdämmung

Untersuchungen zum Einfluss einer Hohraumfüllung mit Mineralwolle auf die Schalldämmung einer zweischaligen Leichtbauwand haben aufgezeigt, dass:

- die Federsteifigkeit des Hohraums vermindert,
- der Schalldruckpegel im Hohlraum reduziert und
- der Einfluss von Hohraumresonanzen (in Längs- und Querrichtung) minimiert werden können.

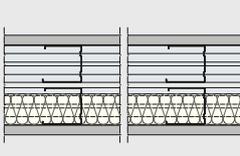
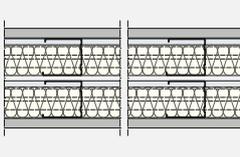
Aufgrund dieser Einflüsse lässt sich somit die Schalldämmung einer zweischaligen Leichtbauwand mit einer Hohraumdämmung aus Mineralwolle verbessern. Folgende Parameter und deren Einfluss auf die Schalldämmung wurden untersucht:

- Längenbezogener Strömungswiderstand
- Füllgrad
- Rohdichte

Als entscheidender Materialparameter wurde der längenbezogene Strömungswiderstand r ($\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$) ermittelt. Für Mineralwolle gilt, je höher der längenbezogene Strömungswiderstand ist, desto mehr Schallenergie wird durch Reibung an der Faserstruktur in Wärme umgewandelt. Der Strömungswiderstand ist umso höher, je feiner und dichter die Gewebestruktur ausgebildet ist. Es zeigt sich, dass sich bei längenbezogenen Strömungswiderständen $r \geq 5 \text{ kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ für übliche zweischalige Leichtbaukonstruktionen keine relevante Erhöhung der Schalldämmung ergibt. Voraussetzung dafür ist ein Füllgrad von mindestens 50 %.

Verschieden Fachveröffentlichungen und Tests zum Einfluss des Füllgrades auf die Schalldämmung zeigen, dass sich eine Erhöhung des Füllgrades mit Mineralwollendämmung positiv auswirkt. Aktuelle Trockenbausysteme weisen einen Füllgrad von ca. 80 % auf. Untersuchungen haben gezeigt, dass üblicherweise bei einer Erhöhung des Füllgrades von 80 % auf 100 % mit einer Verbesserung des Einzahlwertes von nur etwa 1 dB zu rechnen ist. Bei 100 % Füllgrad und straff eingebauter Dämmung mit hoher Steifigkeit ergibt sich aber das Risiko, dass es ungewollt zu einer Kopplung der Schalen (Beplankung) und einer damit einhergehenden Verminderung der Schalldämmung kommen kann.

Der Einfluss der Rohdichte ρ (kg/m^3) von Mineralwollendämmungen in Trockenbausystemen auf die Schalldämmung hingegen ist vernachlässigbar. Dies zeigen verschiedene Untersuchungen an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA (Untersuchungsbericht Nr. 5214010997) und der Höheren Technischen Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt TGM (Gutachten TGM-VA AB 10814) anhand geprüfter Trockenbaukonstruktionen.

Trockenbaukonstruktion	Füllgrad	Dicke	Dämmtyp	Rohdichte	Längenbezogener Strömungswiderstand	Schalldämmmass R_w (C;Ctr)
	50%	50 mm	Glaswolle	11 kg/m^3	5.4 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	48 (-4; -12)
			Mineralwolle	14 kg/m^3	8.0 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	48 (-4; -11)
			Steinwolle	30 kg/m^3	9.4 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	48 (-5; -13)
			Glaswolle	115 kg/m^3	39 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	48 (-5; -12)
			Steinwolle	128 kg/m^3	34 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$	48 (-5; -13)
				100%	2 x 50 mm	Glaswolle
Mineralwolle	14 kg/m^3	8.0 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				53 (-4; -11)
Steinwolle	30 kg/m^3	9.4 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				53 (-5; -13)
Glaswolle	115 kg/m^3	39 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				52 (-3; -10)
Steinwolle	128 kg/m^3	34 $\text{kPa} \cdot \text{s}/\text{m}^2$				54 (-4; -11)

Schalldämmung mit Rigips® Vorsatzschalen

Die Vorsatzschale ist eine einfache Art, die Schalldämmung von bestehenden oder neuen massiven Bauteilen zu verbessern. Dank des Feder-Masse-Systems ist diese Konstruktion besonders effizient. Rigips® bietet je nach Anforderungen verschiedene Systeme. Diese können grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilt werden:

- Vorsatzschalen mit Verbundplatten: Alba®phon und Rigitherm® MW (Die Dämmschicht wird unmittelbar am Grundbauteil befestigt.)
- Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen

Für optimale Ergebnisse müssen folgende Aspekte beachten werden:

- Möglichst biegeweiche Konstruktion
- Mechanische Entkoppelung der Vorsatzschale von der Massivwand
- Poröse Dämmschicht im Hohlraum mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand

$$r \geq 5kPA \frac{s}{m^2}$$

Je nach Anforderung kann die Hohlraumtiefe von Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen optimiert werden. Die Grundlagen im folgenden Kapitel sollen dabei die Planung unterstützen.

Die Verbesserung der Schalldämmung durch eine Vorsatzschale hängt von der Art des Grundbauteils ab, an dem die Vorsatzkonstruktion angebracht ist. Im Folgenden werden Informationen über eine realistische und praktische Vorgehensweise gegeben.

Luftschallverbesserungsmass von Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen

Alba® und Rigips® Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen sind für die Schallverbesserung optimiert. Bei umfangreichen Prüfungen der Rigips® wurden gegenüber der Norm DIN EN 12354-1 bessere Werte für Verbesserungsmasse erzielt.

In Abhängigkeit von der Schalldämmung des bestehenden Bauteils können für die Vorsatzschalen die Schallverbesserungswerte ΔR_w [dB] mit den drei Kurven A1–A3 ermittelt werden. Die Kurven werden anhand der Konstruktion und der Dämmstärke der Vorsatzschale angegeben.

Dämmstärke d [mm]	Einfach-Beklankung oder Alba® 25	Doppel-Beklankung oder Alba® 40	Dreifach-Beklankung
$30 \leq d < 60$	A3	A2	A2
$60 \leq d < 80$	A2	A1	A1
≥ 80	A1	A1	A1

Tabelle 12: Definition der Bemessungskurve für Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen

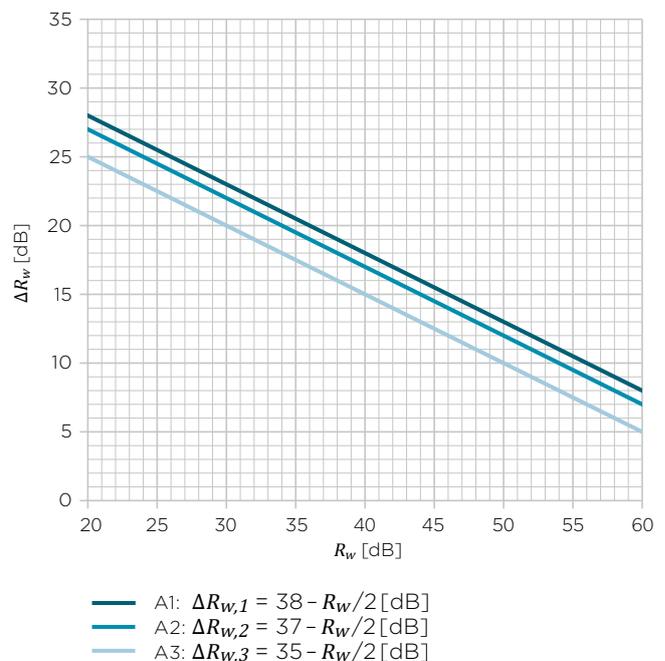


Abbildung 13: Bemessungskurven für Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen

Beim Einsatz von Rigips® Performance Platten wie Habito®, Duraline®, Aquaroc, Rigidur® H, Glasroc F und X-Ray Protection in allen Beplankungslagen, wird die Schalldämmung zusätzlich um 1 dB verbessert.

Luftschallverbesserungsmass von Vorsatzschalen mit Verbundplatten

Die Vorsatzschalen mit Verbundplatten bestehen aus kaschierten Alba®- und Rigips®-Platten, wobei die Mineralwolle vollflächig oder im Punkwulst-Verfahren an dem bestehenden Bauteil angeklebt wird. Da die Federung vom «Masse-Feder-Masse» System durch die Dämmschicht übernommen wird, ist neben den Massen die Dynamische Steifigkeit des Dämmstoffes relevant und wurde deshalb optimiert.

In Abhängigkeit von der Schalldämmung des bestehenden Bauteils können für die Vorsatzschalen die Schallverbesserungswerte ΔR_w [dB] mit den vier Kurven B1 und B2 ermittelt werden. Die Kurven werden in Abhängigkeit der Verbundplatte und der Dämmstärke angegeben.

Dämmstärke d [mm]	Rigitherm® MW geklebt	Alba®phon 25 geklebt	Alba®phon 40 geklebt
20	—	B2	B2
30	—	B2	B1*
40	B2	B2	B1
50	—	B1	B1

*Gilt für flachbezogene Masse vom Bestandbauteil $m > 150$; für Masse $m \leq 150$ Kurve B2

Tabelle 14: Definition der Bemessungskurve für Vorsatzschalen mit Verbundplatten

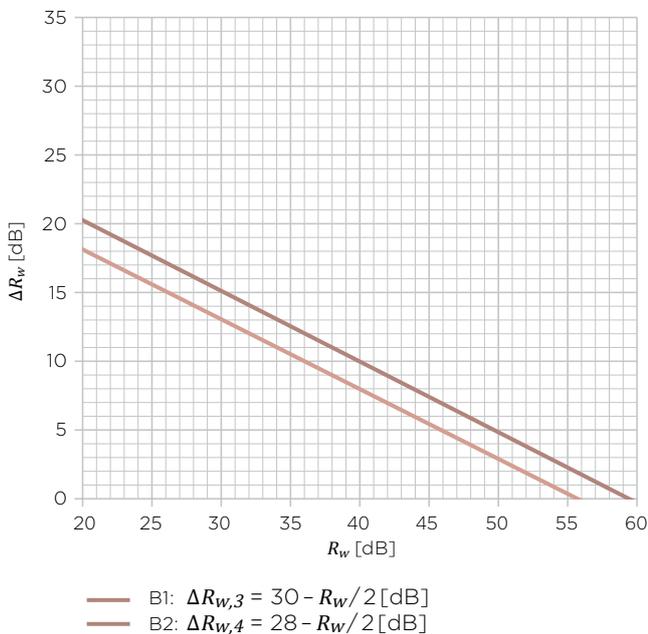


Abbildung 12: Bemessungskurven für Vorsatzschalen mit Verbundplatten

Schalldämmung mit Reduzieranschluss

Für den Anschluss von Rigips®-Metallständerwänden an leichte Aussenfassaden steht oftmals nur ein schmaler Bereich zur Verfügung. In diesem Fall wird die Trennwand mit einem sogenannten Reduzieranschluss («Wandverjüngung» oder auch «Fassadenschwert») angeschlossen.

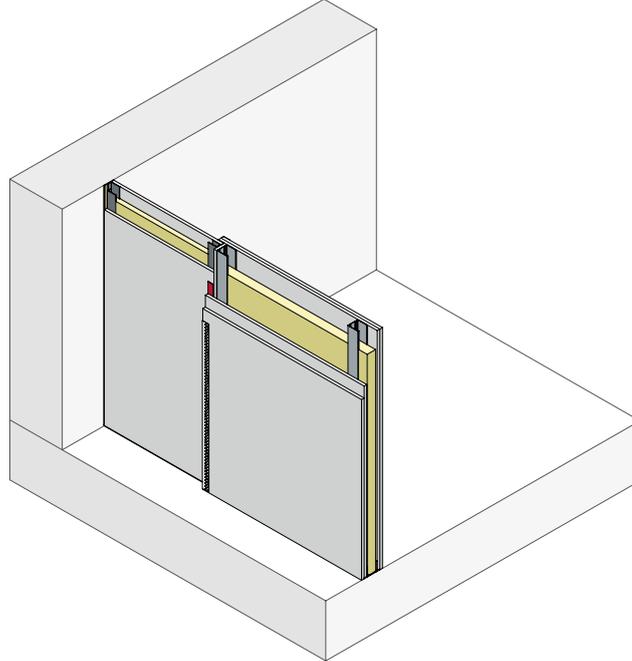


Abbildung 13: Schematische Darstellung eines Reduzieranschlusses

Da der Reduzieranschluss schlanker als die Trennwand ist, resultiert daraus im Regelfall eine geringere Schalldämmung. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen. Der Einfluss des Reduzieranschlusses auf die Schalldämmung von Raum zu Raum wird durch mehrere Faktoren bestimmt:

- Schalldämmung des Reduzieranschlusses selbst
- Schalldämmung der Trennwand
- Flächenverhältnis der Trennwand zum Reduzieranschluss
- Abmessungen des Reduzieranschlusses
- Verwendete Materialien
- Anschluss des Reduzieranschlusses an Fassade und Trennwand
- Schalldämmung der flankierenden Bauteile (insbesondere der «leichten» Fassade)

Berechnung der Schalldämmung zusammengesetzter Flächen

Trennwandkonstruktionen mit Reduzieranschluss sind isoliert betrachtet ein Trennbauteil mit zwei unterschiedlichen Schalldämmwerten. Kennt man das Schalldämmmass der einzelnen Teilflächen, lässt sich das resultierende Gesamtschalldämmmass ($R_{w,res}$) gemäss nachfolgender Gleichung ermitteln:

$$R_{w,res} = -10 \lg \left[\frac{1}{S_s} \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-R_{i,w}/10} \right]$$

Dabei ist:

$R_{w,res}$: Resultierendes, bewertetes Schalldämmmass der Gesamtfläche in [dB]

S_s : Gesamtfläche der Konstruktion in [m²]

S_i : Teilfläche «i» z.B. Türen, Fenster oder Schwertanschluss in [m²]

$R_{w,i}$: Bewertetes Schalldämmmass der Teilfläche «i» in [dB]

In die Berechnung des resultierenden Schalldämmmasses fließen die jeweiligen Flächenanteile und deren Schalldämmwerte mit ein. Das bedeutet, je grösser der Flächenanteil des Reduzieranschlusses an der Gesamtfläche des Trennbauteils ist und je grösser die Schalldämmwerte der Einzelflächen auseinanderliegen, desto mehr Einfluss hat der Reduzieranschluss am resultierenden Schalldämmmass. In solchen Fällen hat eine Erhöhung des Schalldämmwertes der Wand weniger Einfluss auf das resultierende Schalldämmmass.

Wenn der Flächenanteil des Reduzieranschlusses an der Gesamtfläche klein ist, ist eine Kompensation durch Erhöhung des Schalldämmwertes der Wand bis zu einem gewissen Masse möglich.

Das dargestellte Nomogramm gestattet, die Verminderung des Schalldämmmasses in Abhängigkeit von der Differenz der Schalldämmmasse der Teilflächen und vom Flächenanteil der kleineren Teilfläche abzulesen. Beispielhaft an einer Trennwand mit Türe dargestellt:

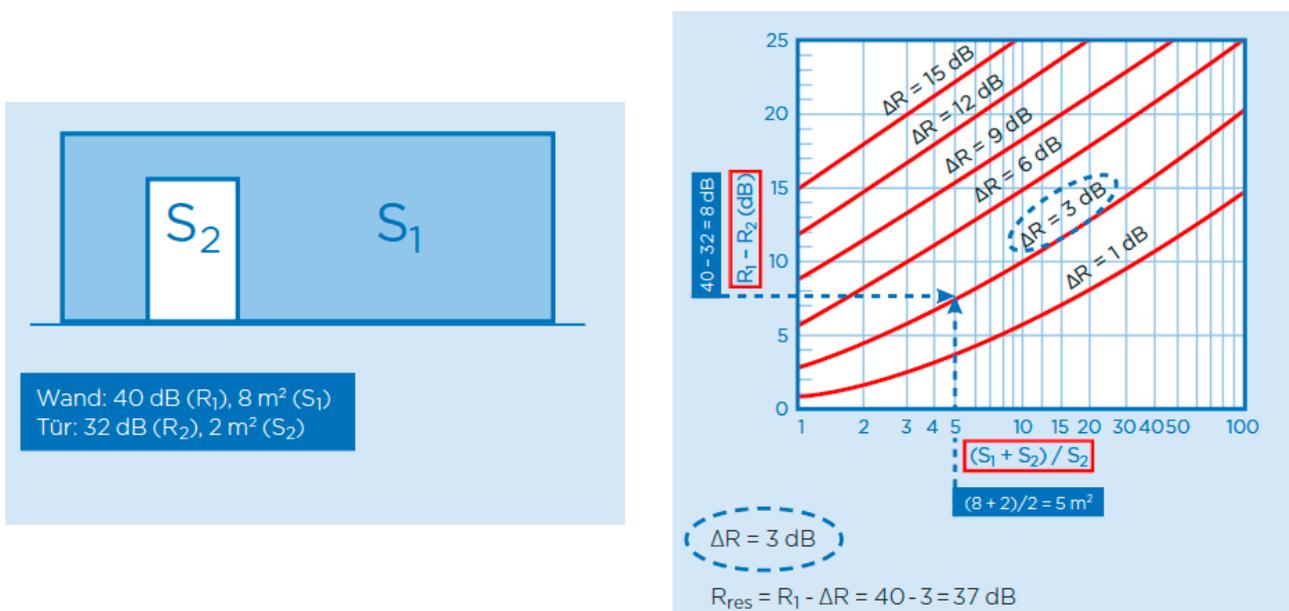


Abbildung 14: Beispiel zur Ermittlung des resultierenden Schalldämmmasses zusammengesetzter Teile

Rigips Reduzieranschlüsse

Rigips hat verschiedene Reduzieranschlussvarianten auf deren schalldämmende Wirkung untersucht. Diese Varianten unterschieden sich, wie in Tabelle 13 dargestellt, in der Beplankung, in der Ausführung mit oder ohne Stahlblech und in unterschiedlich dicker Dämmung. Die Reduzieranschlüsse wurden mit einer Breite von 625 mm geprüft.

Es wurden folgende Schwertvarianten untersucht:

Konstruktionsaufbau	R _w [dB]	Systemskizze
Schwert 1: Rigips® Habito 12.5 mm Rigips® Stahlblech 0.5 mm Rigips® Mineralwolle 20.0 mm Rigips® Stahlblech 0.5 mm Rigips® Habito 12.5 mm Gesamtdicke 46.0 mm	41	
Schwert 2: Rigips® Duraline 15.0 mm Rigips® Mineralwolle 20.0 mm Rigips® Duraline 15.0 mm Gesamtdicke 50.0 mm	44	
Schwert 3: Rigidur® H 15.0 mm Rigips® Mineralwolle 20.0 mm Rigidur® H 15.0 mm Gesamtdicke 50.0 mm	43	
Schwert 4: Estrichelement Rigidur® EE 20 20.0 mm Estrichelement Rigidur® EE 30 MF 30.0 mm Gesamtdicke 50.0 mm	44	
Schwert 5: Rigips® Duo'Tech Duraline 25.0 mm Rigips® Mineralwolle 20.0 mm Rigips® Duo'Tech Duraline 25.0 mm Gesamtdicke 70.0 mm	55	
Schwert 6: Rigips® Duo'Tech Duraline 25 mm Rigips® Mineralwolle 20 mm Rigips® Duraline 12.5 mm Gesamtdicke 57.5 mm	50	
Schwert 7: Rigips® Duraline 12.5 mm Rigips® Mineralwolle 20.0 mm Rigips® Duraline 12.5 mm Gesamtdicke 45.0 mm	43	

Tabelle 13: Geprüfte Schwertvarianten

Bewertete, resultierende Schalldämmmasse

Die in folgender Tabelle angegebenen Schalldämmwerte sind das Resultat für einen flächenmässigen Anteil des Schwertes an der Gesamtfläche von 8% bzw. 16%.

Das entspricht z.B. einer Wand mit den Abmessungen von 7.2m × 3.0m und einem Schwert von 0.625m × 3.0m für 8%. Oder einer Wand mit den Abmessungen von 3.0m × 3.28m und einem Schwert von 0.625m × 3.0m für 16%.

Beschreibung Schwert (Breite 625 mm)	Schalldämmmasse Schwert	Basiswand* R _w = 50 dB		Basiswand* R _w = 56 dB		Basiswand* R _w = 60 dB		Basiswand* R _w = 63 dB		Basiswand* R _w = 70 dB	
		8%	16%	8%	16%	8%	16%	8%	16%	8%	16%
Flächenanteil		Bewertetes, resultierendes Schalldämmmass R _{w,res} [dB]									
°	R _w [dB]										
Schwert 1: 12.5 mm Rigips® Habito 0.5 mm Rigips® Stahlblech 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 0.5 mm Rigips® Stahlblech 12.5 mm Rigips® Habito	41	48	47	50	48	51	48	51	48	52	49
Schwert 2: 15.0 mm Rigips® Duraline 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 15.0 mm Rigips® Duraline	44	49	48	52	50	53	51	54	51	55	52
Schwert 3: 15.0 mm Rigidur® H 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 15.0 mm Rigidur® H	43	48	47	52	50	53	50	53	50	54	51
Schwert 4: 20.0 mm Estrichelement Rigidur® EE 20 30.0 mm Estrichelement Rigidur® EE 30 MF	44	49	48	52	50	53	51	54	51	55	52
Schwert 5: 25.0 mm Rigips® Duo'Tech Duraline 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 25.0 mm Rigips® Duo'Tech Duraline	55	50	50	56	55	59	58	61	60	65	62
Schwert 6: 25.0 mm Rigips® Duo'Tech Duraline 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 12.5 mm Rigips® Duraline	50	50	50	55	54	58	55	59	56	61	57
Schwert 7: 12.5 mm Rigips® Duraline 20.0 mm Rigips® Mineralwolle 12.5 mm Rigips® Duraline	43	48	47	52	50	53	50	53	50	54	51

Tabelle 15: Übersichtstabelle

*Die exakten Aufbauten der Basiswände mit entsprechenden Schalldämmmassen sind in der Technischen Dokumentation zu finden.

Beispiel: Berechnung Schalldämmmasse

Bei einer Rigips® Basiswand mit R_w = 60 dB **a** wird der Schwert 5 **b** mit einem Flächenanteil von 8% **c** verwendet. Somit ergibt sich ein bewertetes, resultierendes Schalldämmmass R_{w,res} = 59 dB **d**.

Beispiel Zeichnung Schalldämmmass

Trockenbauwand mit 60 dB: System 1-HA.1.2-10 (CW 75/125)
 + Schwert 5 → Resultierendes Schalldämmmass $R_{w,res} = 59$ dB

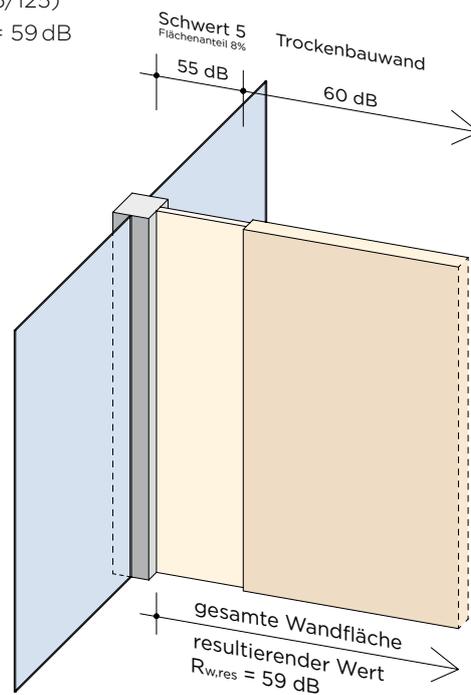


Abbildung 15: Schalldämmmass

Anschluss der Reduzieranschlüsse an das Bauteil

Neben der Berücksichtigung der Schalldämmung der flankierenden Bauteile ist ein fachgerechter und dichter Anschluss des Trennbauteils an die umgebenden Bauteile entscheidend für die schalltechnische Leistungsfähigkeit der Gesamtkonstruktion. Jede Undichtigkeit führt zu einer Verschlechterung der Schalldämmung. Zum Ausgleich von Unebenheiten ist eine Hinterlegung der Randanschlüsse (z.B. Rigips® Filzstreifen) erforderlich und ein dichtes Anspachteln an die umgebenden Bauteile unabdingbar.

Details: Reduzieranschluss an Fassadenpfosten

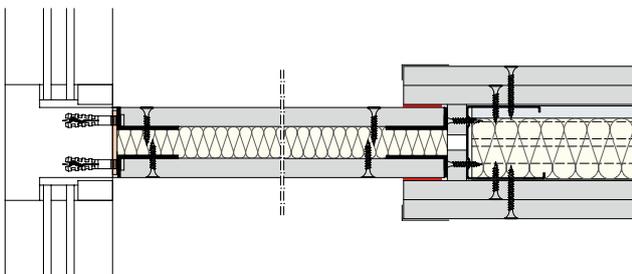


Abbildung 16: Mit Winkelprofilen nach aussen

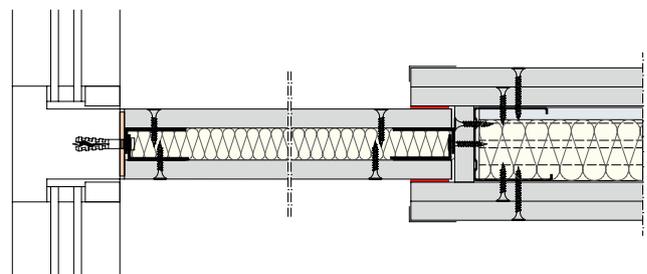


Abbildung 17: Mit Winkelprofilen nach innen

Das Wichtigste in Kürze



Masse und Biegesteifigkeit

Masse und Biegesteifigkeit, welche einen Einfluss auf die Koinzidenz-Grenzfrequenz f_g haben, sind die wichtigsten Merkmale bei der Beurteilung der Schalldämmung von einschaligen Bauteilen

Hohe Schalldämm-Masse

Mit doppelschaligen Bauteilen können durch das «Masse-Feder-Masse»-System, trotz leichten und schlanken Konstruktionen sehr hohe Schalldämm-Masse erreicht werden

Norm SIA 181

Die Norm SIA 181 regelt in der Schweiz den Schallschutz zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten. Neben den Berechnungsverfahren gibt die Norm Empfehlungen für die Schalldämmleistung von trennenden Bauteilen

Einfach und platzsparend

Mit Rigips® Vorsatzschalen können einfach und platzsparend Schallschutzverbesserungswerte erzielt werden

Raumakustik

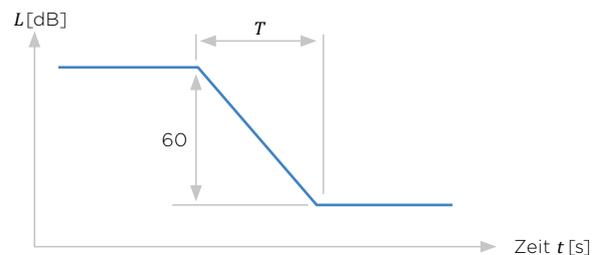
Einleitung der Akustik-Planung

Raumakustik beschreibt die Schallausbreitung innerhalb eines Raumes. Viele Menschen leiden unter den Folgen einer schlechten Raumakustik. Es kann zu rascher Ermüdung oder auch zum Verlust von Informationen bei anspruchsvollen Konversationen kommen. Somit ist das Leistungsvermögen von Menschen in akustisch ungünstigen Räumen stark vermindert.

Nachhallzeit

Das älteste und wohl auch bekannteste raumakustische Kriterium ist die Nachhallzeit. Dieses drückt in Zahlen aus, wie lange man den Klang eines Tones im Raum noch nachklingen hört, obwohl die Schallquelle bereits verstummt ist. De facto ist es die Zeit in Sekunden, die der Schalldruckpegel benötigt, um nach dem Abschalten der Schallquelle um 60 dB abzuklingen. Je länger die Nachhallzeit, umso länger hört man den Ton im Raum. Ist die Nachhallzeit zu kurz, so ist der Raum überdämpft und wir hören den Ton nicht deutlich genug.

Die Nachhallzeit eines Raumes wird vorwiegend durch seine geometrische Gestaltung sowie die Auswahl und Verteilung von schallabsorbierenden und schallreflektierenden Flächen beeinflusst. Für die meisten Raumsituationen wird sie nach der «Sabin'schen Formel» ermittelt.



$$T = 0,163 \cdot \frac{V}{A}$$

T = Nachhallzeit [s]

V = Raumvolumen [m³]

A = Äquivalente Schallabsorptionsfläche [m²]

Abbildung 18: Nachhallzeit

Schallabsorption

Die Schallabsorption ist das wichtigste Hilfsmittel bei der akustischen Gestaltung von Räumen. Sie beschreibt den Entzug von Schallenergie aus einem Raum – durch Umwandlung in eine andere Energieform – wobei das akustische Verhalten durch absorbierende und reflektierende Flächen bestimmt wird. Das Absorptionsverhalten eines Raumes ergibt sich aus der baulichen Gegebenheit,

der Einrichtung und der geplanten Nutzung des Raumes. Dieses Verhalten wird anhand des Schallabsorptionsgrades bewertet.

Der Schallabsorptionsgrad α gibt das Verhältnis der von einer nicht reflektierten Schallenergie zur einfallenden Schallenergie an.



Abbildung 19: Schallabsorptionsgrade für verschiedenen Oberflächen

Multipliziert man den Absorptionsgrad α eines Materials mit seiner Fläche S , so erhält man die äquivalente Schallabsorptionsfläche A .

$$A = \alpha \cdot S [m^2]$$

A = Äquivalente Schallabsorptionsfläche
 α = Absorptionsgrad
 S = Fläche [m^2]

Der Schallabsorptionsgrad α_s ist der frequenzabhängige Wert des Schallabsorptionsvermögens eines Materials und wird durch akustische Prüfungen gemäss EN ISO 354 in Terzbändern gemessen.

Der praktische Schallabsorptionsgrad α_p ist der frequenzabhängige Wert des Absorptionsvermögens in Oktavbändern. Zur Bestimmung von α_p werden die α_s -Werte gemäss EN ISO 11654 auf Oktavbänder umgerechnet.

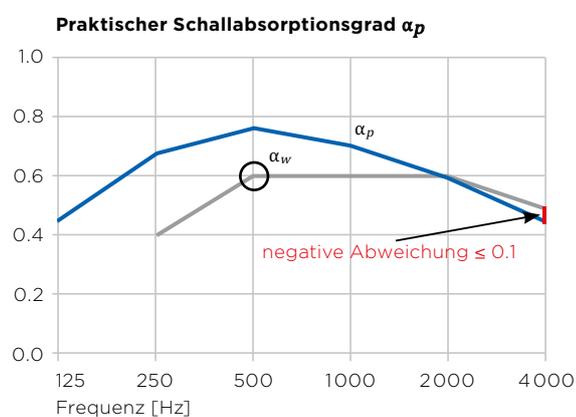
Zum Beispiel für α_p für 250 Hz:

$$\alpha_{p250} = \frac{\alpha_{s200} + \alpha_{s250} + \alpha_{s315}}{3}$$

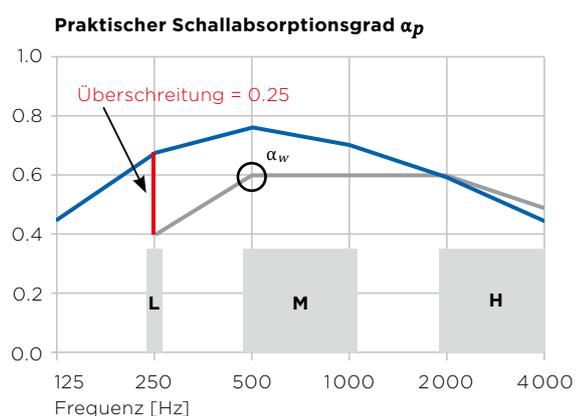
α_p = praktischer Schallabsorptionsgrad
 α_s = frequenzabhängiger Schallabsorptionsgrad

Der praktische Schallabsorptionsgrad α_p wird in Schritten von 0.05 gerundet und ist auf 1.00 begrenzt.

Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w ist eine frequenzunabhängige Einzahlangabe für das Schallabsorptionsvermögen eines Materials und wird nach EN ISO 11654 ermittelt. Zur Bestimmung von α_w wird eine Bezugskurve über die α_p -Werte gelegt und so lange verschoben, bis die Summe der negativen Abweichungen ≤ 0.1 ist. Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w entspricht dem Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz.



— Schallabsorptionsgrad α_p
— verschobene Bezugskurve



— Schallabsorptionsgrad α_p
— verschobene Bezugskurve

Abbildung 20: Ermittlung des bewerteten Schallabsorptionsgrades

Der bewertete Schallabsorptionsgrad α_w kann dazu genutzt werden, um eine Schallabsorberklasse nach EN ISO 11654 festzulegen. Eine höhere Schallabsorberklasse bewirkt jedoch nicht eine automatisch bessere Raumakustik.

Schallabsorberklasse	Bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w
A	0.90; 0.95; 1.00
B	0.80; 0.85
C	0.60; 0.65; 0.70; 0.75
D	0.30; 0.35; 0.40; 0.45; 0.50; 0.55
E	0.25; 0.20; 0.15
Nicht klassifiziert	0.10; 0.05; 0.00

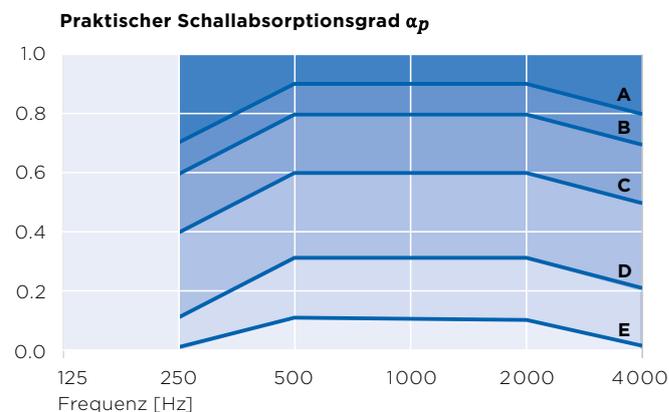


Abbildung 21: Tabellarische und graphische Darstellung der Schallabsorberklassen

Einflussgrößen des Absorptionsverhaltens

Mit dem vielfältigen Sortiment an Rigips®-Akustikdecken lassen sich nahezu alle akustischen Anforderungen erfüllen. Die schallabsorbierenden Eigenschaften von Rigips® Akustiksystemen werden von folgenden Faktoren beeinflusst.

Lochflächenanteil

Die Wahl des Lochbildes hat in der Regel auch Einfluss auf die akustischen Eigenschaften der Deckenkonstruktion. So führt etwa eine Erhöhung des Lochflächenanteils in der Regel zu einer Erhöhung der Schallabsorption. Bei Lochflächenanteilen über 25% verändern sich die Werte jedoch nur noch gering. Im Vergleich eine Rigiton® Ambiance Akustikdecke mit Rundlochung 6/18 gegenüber einer Rundlochung 12/25.

Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p

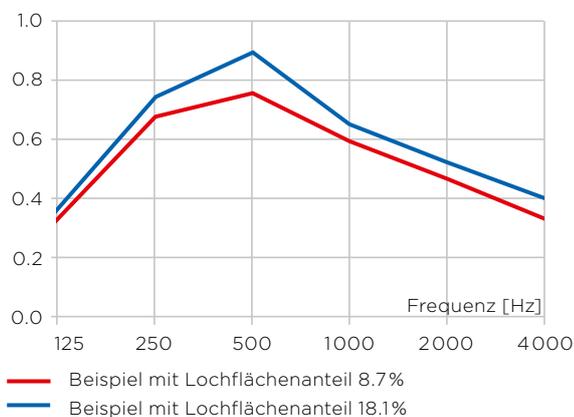


Abbildung 22: Einfluss Lochflächenanteil auf das Absorptionsverhalten

Abhängenhöhe/Lufthohlraum

Neben dem Lochbild hat auch der Lufthohlraum entscheidenden Einfluss auf die akustischen Eigenschaften einer Decke. Bei geringen Abhängenhöhen < 100 mm verschiebt sich die Schallabsorptionskurve in Richtung Mittel- und Hochfrequenzbereich. Eine Vergrößerung der Abhängenhöhe wiederum führt zur Erhöhung der Schallabsorption im niederfrequenten Bereich. Bei grossen Abhängenhöhen ≥ 500 mm verliert sich dieser Effekt wieder.

Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p

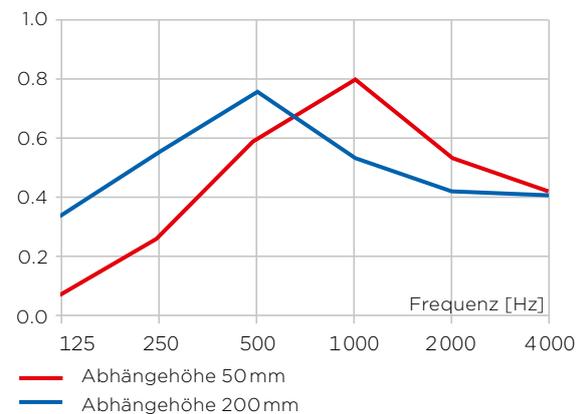


Abbildung 23: Einfluss Lufthohlraum auf das Absorptionsverhalten

Mineralwollauflage

Alle Rigips® Akustikdeckensysteme sind serienmässig mit rückseitig aufgebrachtem Akustikvlies ausgestattet. Dies sorgt für eine optimale Akustik bei durch menschliche Stimmen verursachten Geräuschen z.B. in Büros, Schulen, Vortragsräumen etc.

Eine zusätzliche Mineralwoll-Auflage führt – gerade im tieffrequenten Bereich – zu einer Erhöhung der Schallabsorption. Daher sollte bei Deckenkonstruktionen mit geringen Abhängenhöhen und bei Wandabsorbern immer eine Mineralwoll-Auflage vorgesehen werden.

Beispiel: Rigiton Ambiance 8/18

Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p

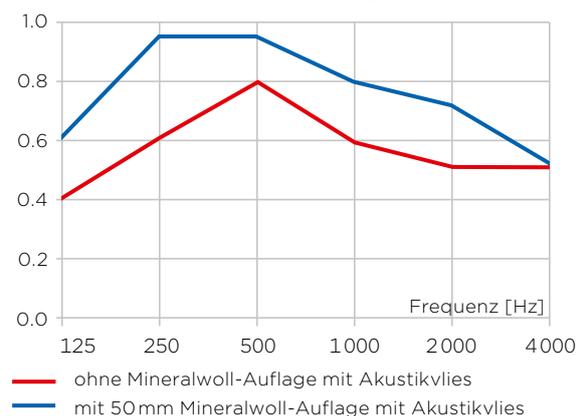


Abbildung 24: Einfluss Akustikvlies und Mineralwoll-Auflage auf das Absorptionsverhalten

Raumakustische Planung

In der Schweiz werden Anforderungen an die Raumakustik in der SIA 181 geregelt, wobei für die genauere Projektierung von Mischnutzungen die DIN 18041 heranzuziehen ist. In der SIA 181 sind lediglich die raumakustischen Anforderungen an Unterrichtsräume und Sporthallen unter Einhaltung bestimmter Faktoren geregelt.

Planung nach SIA 181

Die SIA 181 regelt den ordentlichen Betrieb von Unterrichtsräumen und Sporthallen (ohne Publikum), wobei dafür ein Mindestmass an Sprachverständlichkeit bzw. Hörsamkeit vorausgesetzt wird. So werden für Unterrichtsräume bis 500 m^3 und für Sporthallen von 2000 bis 8500 m^3 Nachhallzeiten T_{soll} festgelegt. Diese Sollwerte gelten für die Situation, bei der die Belegung des Raumes mindestens 80% der normalen Belegung entspricht. Der Nachweis der Einhaltung dieser Nachhallzeit erfolgt entweder rechnerisch gemäss EN 12354-6 oder messtechnisch gemäss der Norm EN ISO 3382.

Die anzustrebenden Nachhallzeiten sollen sich dabei im Frequenzbereich 100 bis 5000 Hz im folgenden Toleranzbereich (bezogen auf T_{soll}) befinden.

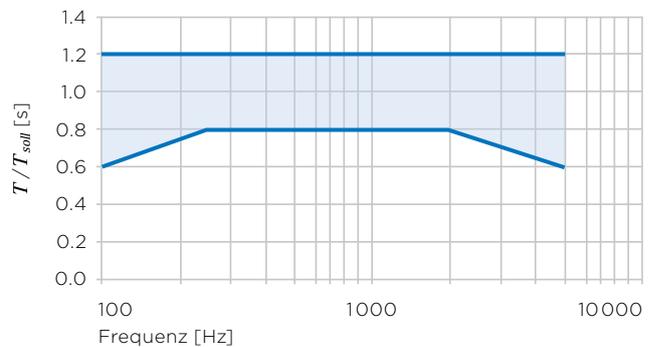


Abbildung 25: Anzustrebender Bereich der Nachhallzeiten für Sprache

Für Sporthallen darf der Sollwert T_{soll} im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz um nicht mehr als 20% überschritten werden. Für grössere Raumvolumen $> 8500\text{ m}^3$ werden Sollwerte im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz von maximal 2,5 s empfohlen. Kürzere Nachhallzeiten sind in jedem Falle vorzuziehen.

Planung nach DIN 18041

In der DIN 18041 werden die akustischen Anforderungen und Planungsrichtlinien zur Sicherung der Hörsamkeit festgelegt. Mit «Hörsamkeit» ist die Eignung eines Raumes für bestimmte Schalldarbietungen – in Abhängigkeit seiner Nutzung – gemeint. Diese bezieht sich vorwiegend auf angemessene sprachliche Kommunikation und musikalische Darbietungen. Die DIN 18041 unterteilt dazu die Räume in zwei verschiedene Raum- und Nutzungsarten. Räume der Gruppe A (Konferenz-, Gerichts-, Unterrichtsräume sowie Sport- und Schwimmhallen) für die Hörsam-

keit über mittlere und grössere Entfernungen und Räume der Gruppe B (Verkaufsräume, Kantinen, Operationsäle, Öffentlichkeitsbereiche) für die Hörsamkeit über geringe Entfernungen.

Bei Räumen der Gruppe A ist der anzustrebende Sollwert der Nachhallzeit T_{soll} in Abhängigkeit von der Nutzungsart und dem effektiven Raumvolumen zu ermitteln. Die Sollwertkurven für Musik, Sprache und Unterricht gelten für Räume im besetzten Zustand.

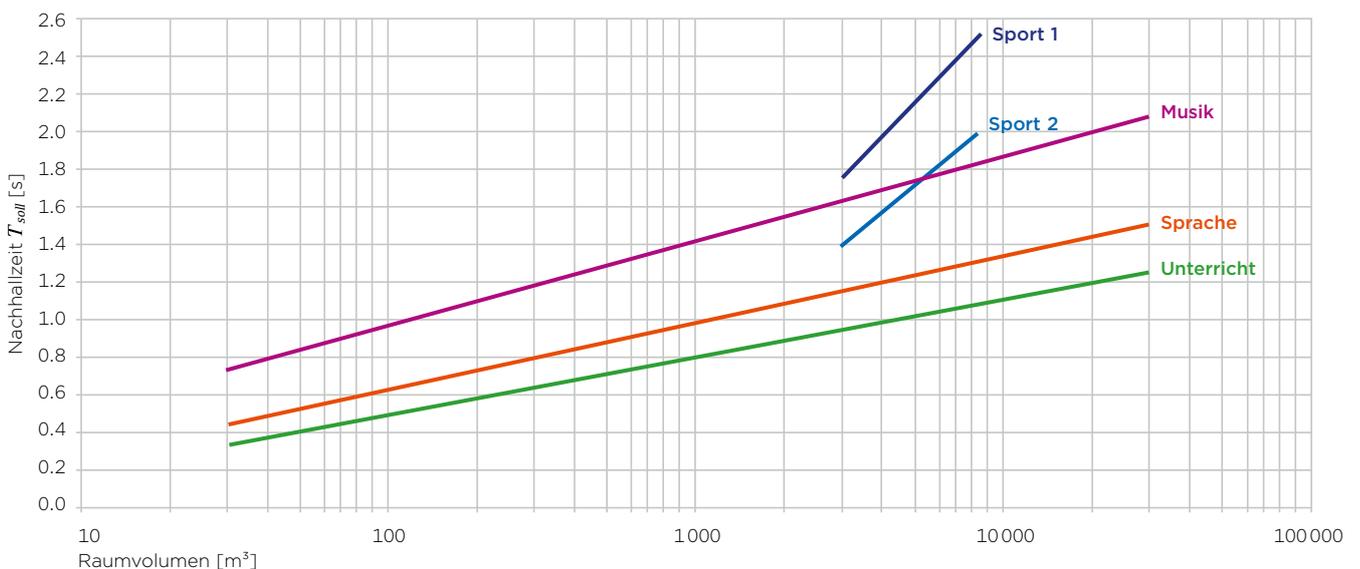


Abbildung 26: Sollwertkurven für unterschiedliche Nutzungsarten

Sport 1: Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für normale Nutzung und/oder einfachen Unterrichtsbetrieb (eine Klasse oder Sportgruppe, einheitlicher Kommunikationsinhalt).

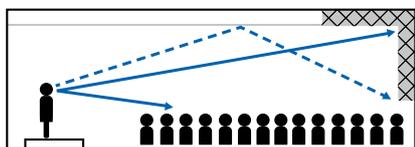
Sport 2: Sport- und Schwimmhallen ohne Publikum für mehrfachen Unterrichtsbetrieb (mehrere Klassen oder Sportgruppen parallel mit unterschiedlichem Kommunikationsinhalt).

Bei Räumen der Gruppe B ist die Einhaltung eines Sollwertes der Nachhallzeit nicht zwingend erforderlich.

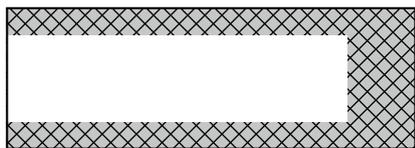
Bei kleinen Räumen bis 250 m^3 ist bei der raumakustischen Gestaltung neben der geeigneten Auswahl von Absorbern auch deren Anordnung von entscheidender Bedeutung. So besteht etwa in Räumen mit rechteckigem Grundriss, in denen die Wände eben und nicht durch Möbel, Regale, Fensterrücksprünge oder grossflä-

chige Tafeln und Pinnwände gegliedert sind, die Gefahr, dass bei einer vollständig schallabsorbierend bekleideten Decke Flatterechos auftreten. Dies kann vermieden werden, indem ein mittleres Deckenfeld schallreflektierend ausgeführt wird.

Günstige Absorberverteilung

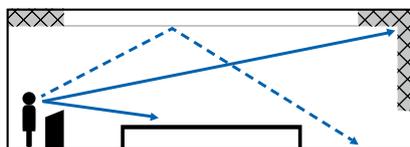


Seitenansicht

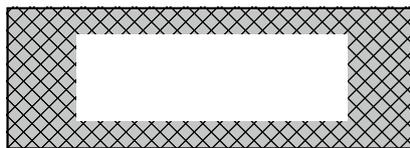


Deckenuntersicht

Günstige Absorberverteilung

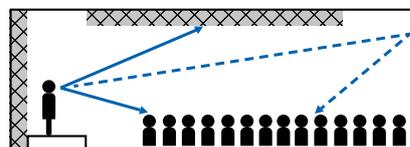


Seitenansicht

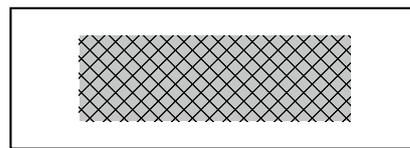


Deckenuntersicht

Ungünstige Absorberverteilung



Seitenansicht



Deckenuntersicht

Abbildung 27: Absorberverteilung in Räumen

Bei mittelgrossen Räumen und kleinen Hallen zwischen 250 und 5000 m^3 ist neben der Anordnung schallabsorbierender Materialien zu beachten, dass nützliche Reflexionen gelenkt und schädliche Reflexionen vermieden werden. Um bei grösseren Entfernungen den nützlichen Schall zu verstärken und so eine verbesserte Sprachver-

ständlichkeit zu erzielen, ist die geeignete Anordnung und Ausrichtung reflektierender Flächen notwendig.

Bei grösseren und komplexeren Räumen ist es sinnvoll, einen Fachplaner einzuschalten.

Das Wichtigste in Kürze



Raumakustisches Verhalten

Das raumakustische Verhalten wird durch die Raumgeometrie sowie absorbierende und reflektierende Flächen bestimmt

Lochflächenanteil

Je höher der Lochflächenanteil von Rigips® Akustiksystemen, desto höher die Schallabsorption

Abhängehöhe

Eine Abhängehöhe zwischen 100 mm und 500 mm wirkt sich positiv auf die Schallabsorption in tieffrequenten Bereichen aus

Schallabsorptionsvermögen

Eine Mineralwollauflage erhöht das Schallabsorptionsvermögen einer Akustikdecke

Wärme- und Feuchteschutz

Wärmeschutz

Ein guter Wärmeschutz ist aus Gründen des Komforts und der Behaglichkeit sowie aus ökologischer und hygienischer Sicht notwendig. Wärmeschutz, klimabedingter Feuchteschutz und Behaglichkeit stehen in einem direkten Zusammenhang.

Ziel des Wärme- und Feuchteschutzes ist es, ein dauerhaftes hygienisches und behagliches Raumklima sicherzustellen, die Baukonstruktion vor Bauschäden zu bewahren und den Heizenergieverbrauch zu reduzieren. Der Nachweis des ausreichenden Wärmeschutzes erfolgt in der Regel nach den physikalischen Gesetzen der Wärmebewegungen im stationären Zustand, d.h. mit festen, unveränderlichen Randbedingungen.

Jede neue oder zu sanierende Gebäudehülle muss heute, neben der Betrachtung anderer architektonischer Aspekte, auch als Schnittstelle zu einem langfristigen, erheblichen Energieeinsparpotenzial bei steigenden Anforderungen an den Wohnkomfort angesehen werden. Durch eine gute Wärmedämmung kann der Heizenergieverbrauch und damit die Schadstoffemissionen auf einen Bruchteil des Wertes ohne Dämmung gesenkt werden. Der Trockenbau ist mit seinen Innendämmungsmassnahmen, wie z.B. Vorsatzschalen mit Alba[®]therm und Rigitherm[®] oder Rigips[®] Vorsatzschalen mit Metallständer-Profilen, in besonderer Weise geeignet dafür einen Beitrag zu leisten.

Wärmeleitfähigkeit λ und Wärmedurchlasswiderstand R

Die Wärmeleitfähigkeit λ ist eine spezifische Stoffeigenschaft und gibt an, welche Wärmemenge in Watt (W) durch eine 1m dicke Materialschicht auf einer Fläche von 1m² in einer Stunde hindurchströmt, wenn eine Temperaturdifferenz zu beiden Seiten der Schicht von 1 K vorhanden ist.

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \Delta\theta \cdot t} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

mit

A	Fläche in m ²	= 1m ²
d	Schichtdicke in m	= 1m
Q	Wärmemenge in W	
t	Zeit in h	
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz in K	= 1 K

Es gibt Baustoffe die Wärme gut leiten (z.B. Metalle), und Stoffe mit geringer Wärmeleitung (z.B. Dämmstoffe, Holz, Gips). Dieses unterschiedliche Verhalten wird durch die Wärmeleitfähigkeit λ beschrieben. Kleine λ -Werte bedeuten eine geringe Wärmeleitung und somit eine gute Wärmedämmung.

Richtung des Wärmestromes			
	aufwärts	horizontal ¹⁾	abwärts
R_{si}	0.10	0.13	0.17
$R_{se}^{2)}$	0.04	0.04	0.04

- ¹⁾ Die Werte für «horizontal» gelten bis $\pm 30^\circ$ Abweichung von der Horizontalen.
- ²⁾ Bei erdreichberührten Bauteilen beträgt der äussere Wärmeübergangswiderstand $0 \text{ m}^2 \times \text{K}/\text{W}$.

Tabelle 16: Rechenwerte des Wärmeübergangswiderstandes in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ nach DIN EN ISO 6946

Wegen der unterschiedlichen Verhältnisse im Innenraum und im Aussenbereich sind auch die Wärmeübergangswiderstände R_s auf der Innen- und Aussenseite unterschiedlich.

Der Wärmedurchlasswiderstand R für einschichtige Bauteile wird wie folgt definiert:

$$R = \frac{d}{\lambda} [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

mit

d Dicke des Bauteils in m

λ Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit des Bauteils in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Der Wärmedurchgang durch ein mehrschichtiges Bauteil R_T ist sinngemäss wie eine Reihenschaltung von Widerständen anzusehen.

$$R_T = R_{si} + \sum_{i=0}^n R_i + R_{se} [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

mit

n Anzahl der Baustoffschichten

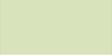
R_i Wärmedurchlasswiderstand der i -ten Baustoffschichten in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

R_{se} Wärmeübergangswiderstand aussen des Bauteils in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

R_{si} Wärmeübergangswiderstand innen des Bauteils in $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Wärmedurchgangskoeffizient U

Für die Definition des Wärmeschutzes gelten in der Schweiz folgende Normenanforderungen.

	U-Wert < 0.15: Neubau, MINERGIE-Einzelbauteil/anzustrebender U-Wert
	U-Wert < 0.17: Neubau, MuKE n 08 und 14 (Einzelbauteilnachweis)
	U-Wert < 0.20: Neubau/Sanierung, Subvention Gebäude Programm Neubau, MuKE n 08
	U-Wert < 0.25: Sanierung, MuKE n 08
	U-Wert < 0.40: Mindestwärmeschutz nach Norm SIA 180:2014 (Systemnachweis 380/1 erforderlich)

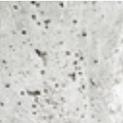
Wandaufbau	EPS Dämmstoffdicken [mm]									
	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160
 Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.38	0.34	0.30	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
 Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16
 Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.83	0.65	0.54	0.46	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17
 Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.00	0.76	0.61	0.51	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
 Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.05	0.78	0.62	0.52	0.45	0.35	0.28	0.24	0.21	0.18

Tabelle 17: Wärmedurchgangskoeffizienten U von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus EPS, $\lambda = 0.031 \text{ W/m}^2\text{K}$ (z.B. mit Verbundplatten Alba[®]therm und Rigit[®]therm[®])

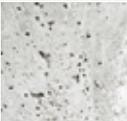
Wandaufbau		XPS-Dämmstoffdicken [mm]								
		30	40	50	60	80	100	120	140	160
	Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.32	0.29	0.26	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13
	Backstein-Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.45	0.39	0.34	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14
	Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.60	0.49	0.42	0.36	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15
	Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.68	0.55	0.45	0.39	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
	Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.70	0.56	0.46	0.39	0.32	0.25	0.21	0.18	0.16

Tabelle 18: Wärmedurchgangskoeffizienten U von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus XPS,
 $\lambda = 0.027 \text{ W/m}^2\text{K}$ (z.B. mit Verbundplatten Alba[®]therm)

Wandaufbau		IPP / RIF Dämmstoffdicken [mm]									
		20	30	40	50	60	80	100	120	140	160
	Einsteinmauerwerk Porenbeton 24 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.38	0.34	0.30	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
	Backstein-Verbandmauerwerk 30 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16
	Natursteinmauerwerk 50 cm mit Aussen- und Innenputz $U = 1.77 \text{ W/m}^2\text{K}$	0.83	0.65	0.54	0.46	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.17
	Sichtbetonwand 25 cm $U = 2.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.00	0.76	0.61	0.51	0.44	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	Betonwand gegen Erdreich 25 cm $U = 3.23 \text{ W/m}^2\text{K}$	1.05	0.78	0.62	0.52	0.45	0.35	0.28	0.24	0.21	0.18

Tabelle 19: Wärmedurchgangskoeffizienten U von verschiedenen Bauteilen und Innendämmung aus Mineralwolle,
 $\lambda = 0.036 \text{ W/m}^2\text{K}$ (z.B. Vorsatzschale Rigips[®] und Alba[®] mit Dämmstoff IPP und RIF)

Feuchteschutz

Ziel des Feuchteschutzes ist es, eine übermässige Feuchte an der Oberfläche oder in Bauteilen zu vermeiden. Feuchte ist in gewisser Menge immer in fast allen Materialien vorhanden. Wasser gehört zum Leben und zum Bauen.

Feuchte Bau- und Dämmstoffe weisen eine verminderte Dämmwirkung auf. Eine länger andauernde Durchfeuchtung kann die Funktionstüchtigkeit verschiedener Baustoffe beeinträchtigen und Schäden verursachen. Luft kann nur eine bestimmte Maximalmenge Wasser in Form von Dampf aufnehmen, bis sie gesättigt ist. Diese Sättigungsmenge ist im Wesentlichen von der Lufttemperatur abhängig.

Solange sich der Wasserdampf in der Luft in Dampf-Form befindet, verhält er sich wie ein trockenes Gas. Ist dieses aber einmal gesättigt so wird die tatsächlich enthaltene Wassermenge grösser als die Sättigungsmenge und es kommt zum Ausscheiden des überschüssigen, flüssigen Wassers. Es kondensiert dann an den in der Luft enthaltenen Kondensationskernen. So bildet sich Nebel oder aber das Wasser schlägt sich an der Oberfläche fester Körper als Schwitzwasser nieder. Man nennt das auch Kondensatbildung durch Taupunkttemperaturunterschreitung. Diese Kondensation findet aber nicht nur in der freien Luft, sondern mit der gleichen Gesetzmässigkeit auch in porösen Baustoffen statt.

Meist enthält unsere Umgebungsluft weniger Wasserdampf als die mögliche Sättigungsmenge. Man bezeichnet dann das Verhältnis der effektiven zur maximal möglichen Menge als relative Feuchtigkeit φ und drückt diesen Quotienten - nach Multiplikation mit 100 - in Prozenten aus.

$$\varphi = \frac{V_{\text{effektiv}}}{V_{\text{sättigung}}} \cdot 100 \quad [\%]$$

Kritische Oberflächenfeuchte

Grundsätzlich muss die Baukonstruktion so bemessen sein, dass an keiner Stelle Oberflächenkondensat auftritt und auch die Gefahr von Schimmelpilzbefall ausgeschlossen ist. Um Schimmelpilzfreiheit zu garantieren, darf die Oberflächenfeuchte - damit ist die relative Feuchte der oberflächennahen Luftschichten gemeint - den Wert von 80% langfristig nicht übersteigen.

Gefährdete Zonen für die Oberflächenfeuchte sind kritische Stellen an Wärmebrücken sowie in Ecken in der oberen und unteren Raumhälfte. Am meisten gefährdet sind dreidimensionale Ecken in der unteren Raumhälfte, wenn man von durch Möbel verhinderter Konvektion absieht. Solche Fälle müssen ohnehin gesondert untersucht werden.

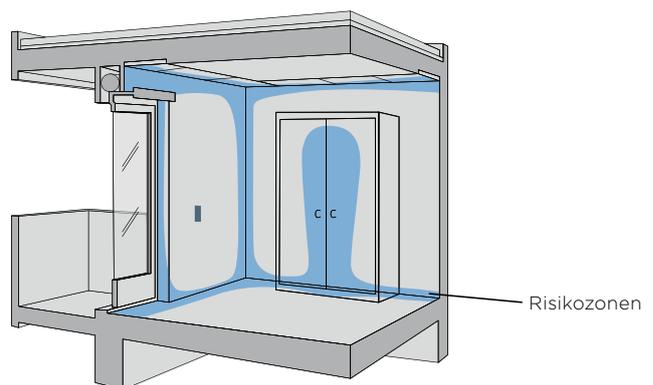


Abbildung 28: Klassische Risikozonen

Begrenzung der Feuchte in Konstruktionen

Sind zwei Räume – im klimatologischen Sinne – durch ein Bauteil getrennt und es besteht auf beiden Seiten ein unterschiedlicher Wasserdampfdruck – wie im vorangehenden Beispiel gezeigt – so findet eine Wanderung der Wasserdampfmoleküle in Richtung geringerer Konzentration statt. Das ist im Winter der Fall, hauptsächlich von der warmen zur kalten Seite. Es muss beachtet werden, dass nicht das Mass der relativen Feuchte die Diffusion antreibt, sondern der gegenseitige Druckunterschied der effektiv vorhandenen Wasserdampfmenen.

Ähnlich der Wärmestromdichte stellt sich bei Druckunterschieden eine Diffusionsstromdichte ein. Und, ähnlich dem Wärmedurchlasswiderstand, weisen Materialien auch einen Diffusionswiderstand auf. Ideal und empfehlenswert ist es, die Konstruktionen derart aufzubauen, dass die Diffusionswiderstände der einzelnen Schichten von der warmen zur kalten Seite hin abnehmen. Damit wird der sich – je nach vorherrschenden Dampfdruckbedingungen – einstellende Diffusionsstrom das Bauteil ungehindert passieren können, ohne dass es zu einer Kondensatbildung kommt. In der Regel liegt ein solcher Aufbau kaum vor und ist mit all den Anforderungen an die Gebäudehülle nicht zu realisieren. Zusätzlich kommt noch die wichtigste Forderung, nämlich die Gebäude vor Feuchtigkeit von aussen zu schützen. Dies geschieht mit wasserdichten Materialien, die fast immer mehr oder weniger dampfdicht sind. Deshalb ist eine begrenzte – nicht schädliche – Anreicherung von Feuchte zugelassen, sofern diese immer wieder austrocknen kann. Oder anders ausgedrückt: Es darf zu keiner kumulierten Anreicherung von Feuchte über die Jahre kommen. Eminent wichtig ist diese Forderung für feuchtigkeitsempfindliche Baustoffe wie zum Beispiel Gips, Holz und Holzwerkstoffe.

Behaglichkeit

Unter Behaglichkeit in Wohnräumen wird der Zustand des Wohlbefindens verstanden, der sich in Bezug auf das Klima eines Raumes bei einer den Raum nutzenden Person einstellt. Die Behaglichkeit hängt von verschiedenen Gegebenheiten ab:

- **Einflüsse des Raumes:**

- Raumlufttemperatur
- mittlere Oberflächentemperatur der umgebenden Flächen
- relative Raumluftfeuchte

- **Einflüsse des Menschen:**

- seiner Tätigkeit
- seiner Bekleidung
- Luftbewegung
- seinem physiologischen Zustand

Weil die thermische Behaglichkeit individuell empfunden wird, also jeder einzelne von uns für sich selbst entscheidet, kann sie nie absolut beurteilt werden, sondern wird immer nur ein statistisches Mass bleiben.

In der Schweiz hat sich die SIA 180-Kommission dafür entschieden, die Komfortbedingungen so festzulegen, dass diese als angemessen gelten, wenn mindestens 80% der Benutzer – unter der Voraussetzung einer für die Nutzung normalen Tätigkeit und mit saisonüblicher Bekleidung – diese als behaglich empfinden.

Das Erfordernis, einen minimalen Aussenluft-Volumenstrom zu gewährleisten, ergibt sich aus hygienischen Gründen. Da die Gebäudehülle grundsätzlich luftdicht sein muss, bedarf es einer Luftzufuhr von aussen, um die Raumluft zu erneuern. Mit dieser kontrollierten Lüftung werden die Anreicherung von Schad- und Geruchsstoffen sowie eine zu hohe Raumluftfeuchte vermieden.

Behaglichkeit im Winter

Die empfundene Temperatur entspricht in etwa dem arithmetischen Mittel aus der Raumtemperatur und der Temperatur der raumseitigen Oberflächen. Eine niedrige Wandoberflächentemperatur macht somit eine höhere Raumlufttemperatur zum Behaglichkeitsbefinden erforderlich.

An Aussenwänden, welche eine tiefere Oberflächentemperatur als die Raumlufttemperatur aufweisen, findet ein Kaltluftabfall statt. Dieser kann zu unerwünschten Zugerscheinungen führen, und die Strömungsgeschwindigkeit ist umso höher, je grösser die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Oberfläche und je grösser die Bauteilhöhe ist.

Die Behaglichkeit ist somit hauptsächlich durch eine gute Wärmedämmung und die Verwendung ausreichende klimatisierender Oberflächenmaterialien, wie z.B. Gips und Holzbaustoffen, konstruktiv zu beeinflussen.

Bei der Verwendung von Innendämmungssystemen (wie z.B. Alba®therm und Rigitherm®) sind die Oberflächentemperaturen höher, was einen positiven Einfluss auf die Behaglichkeit hat.

Behaglichkeit im Sommer

Ein modernes Gebäude muss eine seiner Nutzung entsprechende thermische Behaglichkeit bieten. Diese verlangten Komfortansprüche sollen – wenn immer möglich – mit einer Bauweise ohne aktive Kühlung erreicht werden. Diese Anforderung zwingt zu gewissen baulichen Massnahmen, aber auch zu einem angepassten Benutzerverhalten. Dazu gehört:

- Ein wirksamer Sonnenschutz aller Fenster.
- Die Nutzung von Speichermasse. Zum Beispiel die Verwendung von massivem Baumaterial wie zweilagigen Gipsbauplatten für die innenliegenden Trennwände oder Latent-Wärmespeicher (PCM) wie Alba®balance für vertikale und horizontale Flächen.
- Eine sehr gute Wärmedämmung der Gebäudehülle.
- Interne Wärmelasten sind so gering wie möglich zu halten.
- Und letztlich ein richtiges Benutzerverhalten betreffend nächtlicher Querlüftung.

Das Wichtigste in Kürze



Direkter Zusammenhang

Wärmeschutz, klimabedingter Feuchteschutz und Behaglichkeit stehen im direkten Zusammenhang

Geringe Wärmeleitfähigkeit

Rigips® Gipsplatten weisen eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf

Feuchte

Gipswerkstoffe sollten keiner kumulierten Anreicherung von Feuchte über Jahre ausgesetzt werden

Wärmespeicherkapazität

Bauplatten mit latenter Wärmespeicherkapazität, wie Alba®balance, können als Speichermasse benutzt werden und so zur Behaglichkeit in Innenräumen beitragen

Statik

Statische Planung

Der statische Nachweis der Standsicherheit wird üblicherweise nach DIN 4103-1 und der darauf basierenden Anwendungsnorm DIN 18183-1 sowie der Vorgaben des IGG Merkblattes (Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Industriegruppe Gipsplatten) Nr. 8 geführt.

Einwirkende Lastfälle für nicht tragende Trennwände

Folgende Reihe von praxisnahen Belastungen ist vorgesehen:

- Planmässige Nutzung mit Hängeschränken und anderen direkt an der Beplankung befestigten Konsollasten in einer Höhe von 1.65 m, deren Wirkungslinie max. 30 cm von der Wandoberfläche entfernt ist.
 - 1. leichte Konsollasten von max. 0.4 kN/m (40 kg/m)
 - 2. erhöhte Konsollasten von max. 0.7 kN/m (70 kg/m)
- für Trennwände mit einer Beplankungsdicke ≥ 18 mm. Höhere Konsollasten sind über die Unterkonstruktion abzutragen und gesondert nachzuweisen.
- Unplanmässige Belastung durch Personen.
 - 1. Anprall des menschlichen Körpers (weicher Stoss) mit einer effektiven Stossenergie von 100 Nm
 - 2. Linienlast von 0.5 kN/m (50 kg/m) auf Brüstungshöhe (90 cm über dem Fusspunkt der Wand) durch Anpressdruck von Personen in Bereichen mit geringer Menschenansammlung (Einbaubereich 1)
 - 3. Linienlast von 1.0 kN/m (100 kg/m) auf Brüstungshöhe (90 cm über dem Fusspunkt der Wand) durch Anpressdruck von Personen in Bereichen mit grosser Menschenansammlung (Einbaubereich 2)

Ersatz-Flächenlast (Windlast)

Als praxisgerecht hat sich die Berücksichtigung einer Ersatz-Flächenlast von 0.285 kN/m^2 (28.5 kg/m^2) erwiesen.

Konsollasten

Für Trennwände wird eine erhöhte Konsollast von 0.7 kN/m (70 kg/m) definiert, deren Wirkungslinie max. 30 cm von der Wandoberfläche entfernt ist. Diese darf an jeder beliebigen Stelle der Wand eingeleitet werden, sofern die Beplankungsdicke je Wandseite ≥ 18 mm ist. Für Vorsatzschalen ist die Konsollast, unabhängig von der Beplankungsdicke, normativ auf 0.4 kN/m (40 kg/m) begrenzt.

Keramische Beläge

Bei Verfliesung von geeigneten Trennwänden oder befestigten Vorsatzschalen hat sich ein Fliesengewicht bis zu 25 kg/m^2 bei einer max. Fläche von 1800 cm^2 (z.B. Format $30 \times 60 \text{ cm}$) in der Praxis als unkritisch erwiesen. Sollten keramische Beläge auf freistehenden bzw. angesetzten Vorsatzschalen oder Trockenputz vorgesehen sein, empfiehlt sich, das Gewicht der Fliesen auf 15 kg/m^2 zu begrenzen. Die Verlegung auf imprägnierten Rigips® Bauplatten hat im Dünnbettverfahren mit einer durchlaufenden Kleberschicht zu erfolgen. Die Vorgaben des Hefts 47 der Rigips Verarbeitungsrichtlinien sind zu beachten.

Gebrauchstauglichkeit (Verformungskriterien)

Als Mindest-Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit gegenüber statischen Lasten werden folgende Kriterien der Durchbiegebegrenzung definiert:

- Wandhöhe 2.40 m bis 4.00 m \rightarrow Durchbiegung $f \leq h/200$
- Wandhöhe > 4.00 m bis 12.00 m \rightarrow Durchbiegung $f \leq h/350$

In Einzelfällen (z. B. bei verformungsempfindlichen Wandbelägen wie bei Rigips Sanitärwänden) kann auch der Ansatz eines verschärften Kriteriums der Durchbiegung von $f \leq h/500$, oder ggfs. auch einer absoluten Durchbiegebegrenzung erforderlich sein.

Maximal zulässige Wandhöhen von Rigips® Wandsystemen

Tabelle 20

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Trennwänden mit CW-Ständern und 12.5mm bzw. 15.0mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 0.6$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm			
		1×12.5	2×12.5	3×12.5	1×15.0
CW50	625	(3.20) / -	4.00	5.20	(3.35) / -
	417	3.85	4.00	6.05	4.00
	312.5	4.00	4.35	6.50	4.00
CW75	625	4.00	5.05	7.65	4.00
	417	4.35	5.95	8.35	4.55
	312.5	4.85	6.50	8.75	5.10
CW100	625	5.10	7.15	9.60	5.30
	417	5.95	8.05	10.05	6.25
	312.5	6.60	8.55	10.40	6.90
CW125	625	6.65	9.05	11.00	7.00
	417	7.60	9.65	11.50	8.00
	312.5	8.30	10.10	11.85	8.65
CW150	625	8.20	10.35	12.00	8.60
	417	9.15	10.95	12.00	9.45
	312.5	9.70	11.40	12.00	10.00

○ Wert gilt nur für Einbaubereich 1

Tabelle 21

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Trennwänden mit CW-Ständern und 20.0mm bzw. 25.0mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 0.6$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm	
		1×20.0	1×25.0
CW50	625	(3.40)/2.30	3.85
CW75	625	4.00	4.10
CW100	625	5.60	6.05
CW125	625	7.55	8.20
CW150	625	9.20	9.75

○ Wert gilt nur für Einbaubereich 1

Tabelle 22

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Schachtwänden, freistehenden Vorsatzschalen und Doppelständerwänden mit getrennten CW-Ständern und 12.5 mm bzw. 15.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 0.6$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm			
		1×12.5	2×12.5	3×12.5	2×15.0
CW50	625	(2.70) / -	(2.95) / -	(3.60) 3.15	(3.10) / -
	417	(3.25) / 2.50	(3.60) / 3.20	4.00	3.80
	312.5	(3.65) / 3.35	4.00	4.00	4.00
CW75	625	4.00	4.00	4.00	4.00
	417	4.00	4.00*	4.65	4.15
	312.5	4.15	4.55	5.25	4.75
CW100	625	4.15	4.50	5.15	4.65
	417	4.95	5.40	6.15	5.65
	312.5	5.55	6.15	6.90	6.40
CW125	625	5.25	5.80	6.50	6.00
	417	6.25	6.95	7.70	7.20
	312.5	7.05	7.75	8.55	8.05
CW150	625	6.45	7.15	7.90	7.40
	417	7.65	8.40	9.15	8.70
	312.5	8.50	9.25	9.90	9.50

○ Wert gilt nur für Einbaubereich 1

* Durchbiegung $\leq h/350$

Tabelle 23

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Schachtwänden, freistehenden Vorsatzschalen und Doppelständerwänden mit getrennten CW-Ständern und 20.0 mm bzw. 25.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 0.6$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm		
		1×20.0	2×25.0	2×25.0
CW50	625	(3.55) / 2.80	(2.70) / -	4.00
	417	4.00	(3.35) / 2.65	4.00
	312.5	4.00	3.85	4.05
CW75	625	4.00	4.00	4.05
	417	4.55	4.00	5.00
	312.5	5.20	4.30	5.70
CW100	625	5.00	4.15	5.40
	417	6.10	5.15	6.60
	312.5	6.90	5.90	7.45
CW125	625	6.40	5.45	6.85
	417	7.70	6.65	8.20
	312.5	8.60	7.55	9.10
CW150	625	7.85	6.80	8.30
	417	9.15	8.15	9.55
	312.5	9.95	9.10	10.35

○ Wert gilt nur für Einbaubereich 1

Tabelle 24

Maximale Wandhöhe h nach DIN 18183-1 von Rigips® Doppelständerwänden bei miteinander verbundenen Rigips® CW-Profilen und 12.5 mm dicken Rigips® Gipsplatten (Angabe h in m).

Rigips Metallständer ($d = 0.6 \text{ mm}$)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm
		1×20.0
CW50 + 50	625	(4.50) / 4.00 (4.00)* / 2.60*
CW75 + 75	625	(6.00)* / 5.50*
CW100 + 100	625	(6.50)* / 6.00*

○ Wert gilt nur für Einbaubereich 1

* Durchbiegung $\leq h/500$

Tabelle 25

Maximale Wandhöhe h von Rigips® Trennwänden mit UA-Profilständern und 12.5 mm bzw. 15.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten (Angabe h in m).

Rigips Metallständer ($d = 2.0 \text{ mm}$)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm			
		1×12.5	2×12.5	3×12.5	1×15.0
UA50	625	4.00	4.00	5.55	4.00
	417	4.00	4.70	6.45	4.05
	312.5	4.35	5.25	6.95	4.50
UA75	625	5.00	6.15	8.15	5.20
	417	5.85	7.15	9.00	6.10
	312.5	6.50	7.80	9.40	6.75
UA100	625	6.90	8.45	10.05	7.15
	417	7.95	9.35	10.75	8.20
	312.5	8.75	9.90	11.20	9.00
UA125	625	8.70	10.10	11.65	9.05
	417	9.70	10.95	12.00	9.95
	312.5	10.45	11.60	12.00	10.65
UA150	625	10.15	11.55	12.00	10.40
	417	11.15	12.00	12.00	11.45
	312.5	12.00	12.00	12.00	12.00

Tabelle 26

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Trennwänden mit UA-Ständern und 20.0 mm bzw. 25.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 2.0$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm	
		1×20.0	1×25.0
UA50	625	4.00	4.00
UA75	625	5.10	5.70
UA100	625	7.35	8.00
UA125	625	9.30	9.85
UA150	625	10.75	11.30

Tabelle 27

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Schachtwänden, freistehenden Vorsatzschalen und Doppelständerwänden mit getrennten UA-Ständern und 12.5 mm bzw. 15.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 2.0$ mm)	Ständerabstände in mm	Beplankungsdicken in mm			
		1×12.5	2×12.5	3×12.5	2×15.0
UA50	625	3.85	4.00	4.00	4.00
	417	4.00	4.00	4.30	4.00
	312.5	4.00	4.20	4.85	4.40
UA75	625	4.45	4.70	5.35	4.90
	417	5.25	5.65	6.40	5.90
	312.5	5.95	6.40	7.15	6.65
UA100	625	6.05	6.50	7.30	6.75
	417	7.15	7.70	8.55	8.00
	312.5	8.05	8.60	9.30	8.90
UA125	625	7.70	8.35	9.10	8.65
	417	9.05	9.55	10.15	9.75
	312.5	9.85	10.35	10.95	10.55
UA150	625	9.30	9.85	10.50	10.05
	417	10.45	11.00	11.65	11.25
	312.5	11.40	11.90	12.00	12.00

Tabelle 28

Maximale Wandhöhe h (in m) von Rigips® Schachtwänden, freistehenden Vorsatzschalen und Doppelständerwänden mit getrennten UA-Ständern und 20.0 mm bzw. 25.0 mm dicken Rigips® Gipsplatten.

Rigips Metallständer ($d = 2.0$ mm)	Ständerabstände in mm	Bepankungsdicken in mm		
		1×20.0	2×25.0	2×25.0
UA50	625	4.00	3.85	4.00
	417	4.20	4.00	4.60
	312.5	4.80	4.00	5.30
UA75	625	5.20	4.45	5.55
	417	6.30	5.45	6.80
	312.5	7.15	6.20	7.70
UA100	625	7.15	6.20	7.60
	417	8.50	7.55	9.00
	312.5	9.35	8.50	9.75
UA125	625	9.05	8.10	9.40
	417	10.15	9.45	10.60
	312.5	11.00	10.25	11.45
UA150	625	10.45	9.65	10.80
	417	11.65	10.90	12.00
	312.5	12.00	11.85	12.00

Wichtig

Die Tabellen 20 bis 28 ersetzen nicht die Angaben der Technischen Dokumentation der Rigips AG. Für die zulässigen Wandhöhen der jeweiligen Rigips® Gips- bzw. Gipsfaserplatten für die Rigips® Wandsysteme (vor allem auch im Brandfall) wird auf die Technische Dokumentation von Rigips AG verwiesen.

Rahmenbedingungen

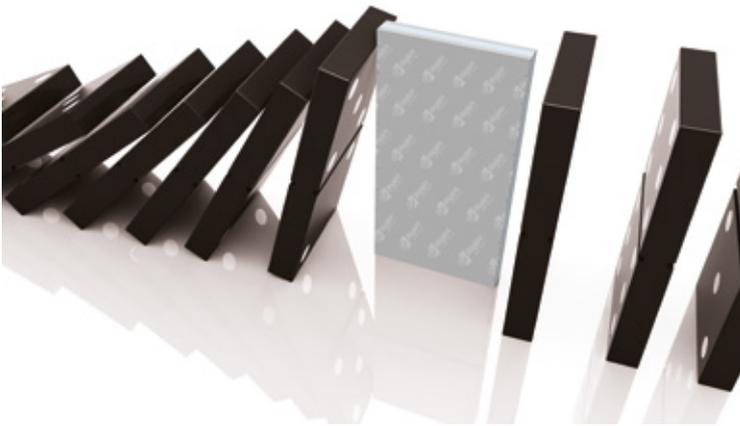
Die Tabellen auf Seite 49 bis 53 wurden unter Berücksichtigung folgender Rahmenbedingungen erstellt:

- Wandhöhen h zwischen 2.40 m und 12.00 m
- Beschränkung der maximalen Durchbiegung f
 - für Wandhöhe $h \leq 4.00$ m auf $f \leq h/200$
 - für Wandhöhe $h > 4.00$ m auf $f \leq h/350$
- Die Wandhöhen werden immer durch die massgebende der beiden folgenden Lastfallkombinationen begrenzt:
 - 1. Linienlast 1.0 kN/m bzw. 0.5 kN/m in Verbindung mit Konsollast 0.4 bzw. 0.7 kN/m
 - 2. Ersatz-Flächenlast 0.285 kN/m² in Verbindung mit Konsollast 0.4 bzw. 0.7 kN/m
- Rigips Metall-Ständerprofile mit einer nominellen Blechdicke 0.6 mm bei CW-Profilen und 2.0 mm bei UA-Profilen
- Fachgerechte Ausführung gemäss Rigips Verarbeitungsrichtlinien
- Schnellbauschrauben mit Nenndurchmesser ≥ 3.5 mm und Schraubenabstände:
 - 1. Beplankungslage 750 mm
 - 2. Beplankungslage 250 mm

Hinweise

Zur Gewährleistung der max. zulässigen Wandhöhen sind als Anschluss- und Verbindungsmaterial ausschliesslich zugelassene Systeme bzw. Rigips® Systemkomponenten zulässig. Die Tragfähigkeit der übrigen Systemkomponenten, insbesondere der Verankerungs- und Befestigungsmittel sowie der Lastweiterleitung in benachbarte Bauteile (z.B. Betondecke, Wände) ist gesondert zu überprüfen. Die Anforderungen an den Brand- und Schallschutz sind ebenfalls gesondert zu betrachten.

Das Wichtigste in Kürze



Planung

Angabe von Linien- und Konsollasten zur Unterstützung der statischen Planung von nicht tragenden Trockenbauwänden.

Sicherheit

Rigips® Wandsysteme mit zuverlässig berechneten Wandhöhen.

Voraussetzung

Zur Gewährleistung der maximal zulässigen Wandhöhen der Rigips® Wandsysteme sind als Anschluss- und Verbindungsmaterial ausschliesslich Rigips® Systemkomponenten zu verwenden.

Ausführung

Fachgerechte Ausführung gemäss Rigips Verarbeitungsrichtlinien.

Erdbeben

Erdbeben Grundlagen

Bilder von durch Erdbeben zerstörte Gebäude oder sogar ganzer Städte kennen die meisten Menschen in der Schweiz glücklicherweise nur aus den Nachrichten. Die Normgrundlagen in der Schweiz verdeutlichen jedoch, dass auch hierzulande grössere Erdbeben möglich sind. Derzeit definiert die SIA 261:2020 die Berechnung der Lasten für Bauwerke im Erdbebenzustand in der Schweiz. Laut dieser Norm sind bauliche Anlagen so zu bemessen und auszubilden, dass sie einem definierten Bemessungs-erdbeben widerstehen können und nach einem Beben über eine ausreichende Resttragfähigkeit verfügen. Auch nicht tragende Bauteile sind so auszubilden, dass sie im Falle eines Erdbebens keine Personen gefährden und der finanzielle Schaden reduziert wird.

Die obersten Ziele sind entsprechend:

- Personenschutz
- Schadensbegrenzung
- Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit unter Einwirkung des Bemessungs-erdbebens

Die Schweiz ist gemäss SIA 261:2020 in fünf Erdbebenzonen eingeteilt, wobei jeder Erdbebenzone ein Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung a_{gd} zugeordnet wird.

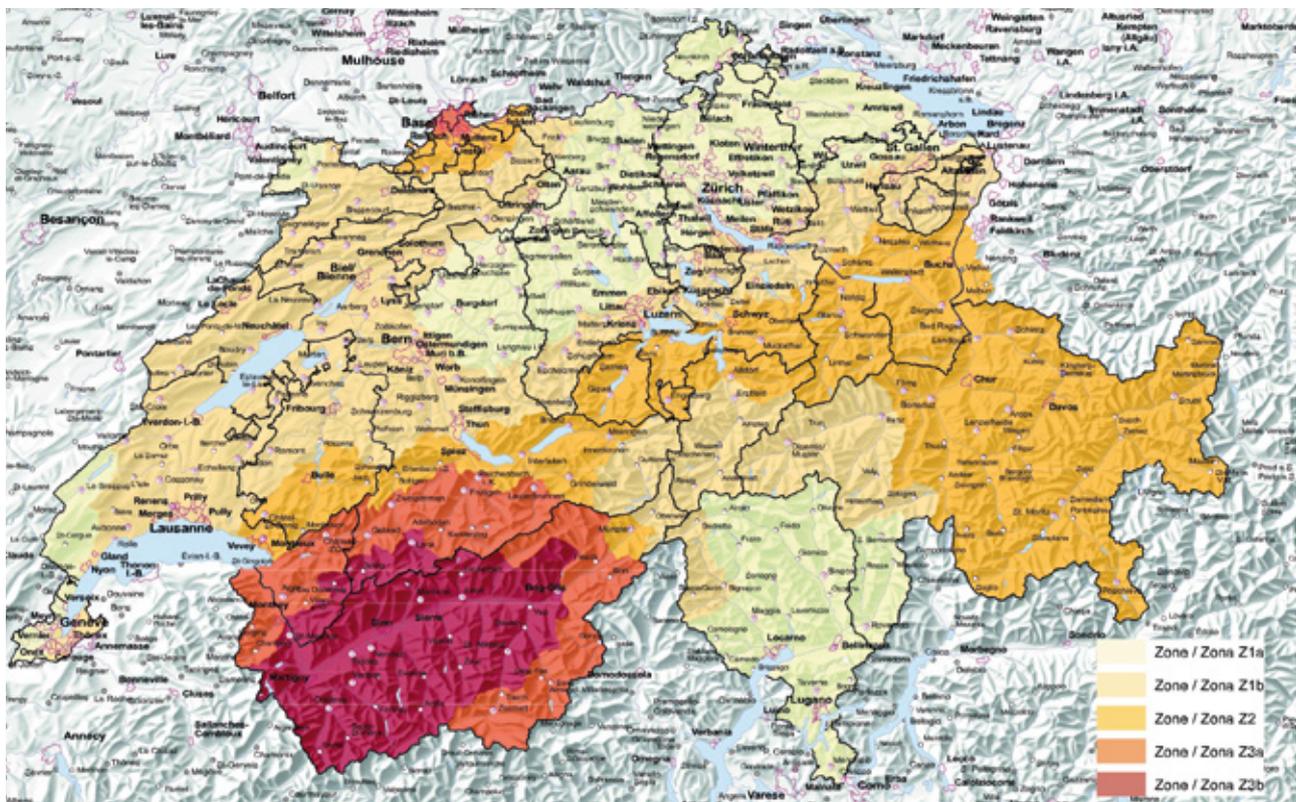


Abbildung 29: Erdbeben-Gefährdungszonen in der Schweiz (Copyright © 2020 by SIA Zürich)

Z1a	$a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$
Z1b	$a_{gd} = 0.8 \text{ m/s}^2$
Z2	$a_{gd} = 1.0 \text{ m/s}^2$
Z3a	$a_{gd} = 1.3 \text{ m/s}^2$
Z3b	$a_{gd} = 1.6 \text{ m/s}^2$

Erdbebensicherheit nichttragender Trennwände

Nebst rechnerischen Nachweisen, welche durch den planenden Ingenieur ausgeführt werden, sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen zur Verbesserung im Erdbebenverhalten wichtig. Auch die statisch nicht tragenden Bauteile, wie Rigips® Wand- und Deckensysteme, leisten einen Beitrag zum Verhalten eines Gebäudes im Erdbebenfall. Je höher die Gesamtmasse des Gebäudes ist, desto höher ist auch die mitschwingende Masse.

Der leichte Innenausbau bietet jedoch in diesem Falle gleich zwei wichtige Vorteile:

- die Reduktion der mitschwingenden Masse
- eine Dämpfung der dynamischen Reaktion

Weil die Masse der Trockenbauweise im Vergleich zu optionalen Bauweisen sehr gering ist, wird für Rigips® Wand- und Deckensysteme die Erdbebenbeanspruchung üblicherweise geringer als die im Normalfall statische Beanspruchung (siehe Kapitel: Brandschutz – Rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit). Trotzdem können für Zonen mit erhöhtem Erdbebenrisiko diverse konstruktive Massnahmen zum optimalen Einsatz von Trockenbaukonstruktionen berücksichtigt werden.

Für Sekundäre Bauteile (Wand- und Deckensysteme) muss sowohl für das Bauteil als auch für dessen Befestigungen oder Verankerungen die Bemessungssituation Erdbeben berücksichtigt werden. Bei erhöhtem Erdbebenrisiko sollte deshalb auf seismisch geprüfte und zugelassene Befestigungsmittel zurückgegriffen werden.

Berechnung der Ersatzkräfte infolge Erdbebenwirkung

Zur Gewährleistung der Erdbebensicherheit muss die Wand ihr Eigengewicht, welches durch die horizontale Bewegung beschleunigt wird, quer zur Wandebene abtragen können. Die SIA 261 stellt ein Nachweisverfahren für nichttragende Bauteile zur Verfügung.

$$F_a = \frac{\gamma_f a_{gd} S G_a}{g q_a} \left[\frac{3 \left(1 + \frac{z_a}{h}\right)}{1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)^2} - 0.5 \right] \geq \frac{\gamma_f a_{gd} S G_a}{g q_a}$$

F_a = Ersatzkraft infolge Erdbebenwirkung für sekundäre Bauteile

γ_f = Bedeutungsbeiwert für Bauwerksklassen

a_{gd} = Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung

S = Parameter zur Bestimmung des elastischen Antwortspektrums

G_a = Eigenlast des Bauteils

g = Erdbeschleunigung

q_a = Verhaltenbeiwert für sekundäre Bauteile

z_a = Höhe des Bauteils über dem Fundament des Bauwerks

h = Gesamthöhe des Bauwerks

T_1 = Grundschiebungzeit der Tragstruktur

T_a = Grundschiebungzeit des nichttragenden Bauteils

Darin wird das Verhältnis zwischen Eigenschwingverhalten der Tragstruktur T_1 und des nichttragendes Bauteils T_a berücksichtigt. In den meisten Fällen wird dieses Verhältnis jedoch ungleich 1 und damit die anzusetzende Erdbebenbelastung geringer als die üblichen Lastannahmen für Trockenbauwände sein. Für den Fall, dass das ungünstigste Verhältnis $T_a/T_1 = 1$ eintritt, können die folgenden maximal zulässigen Wandhöhen für Rigips® Wandsysteme ohne Ermittlung des dynamischen Verhaltens als Richtwerte angesetzt werden.

(Henkel, Holl & Schalk, 2008)

Zulässige Wandhöhen [m] für Trennwände, Ständerachsabstand $s = 625$ mm, Befestigungsabstand Randprofile ≤ 1 m						
$S \times a_g$ [m/s ²]	Einfachständer, einfach beplankt 1×12.5 mm			Einfachständer, doppelt beplankt 2×12.5 mm		
	CW 50	CW 75	CW 100	CW 50	CW 75	CW 100
≤ 2.7						5.75
≤ 3.2	2.75	3.75	4.25	3.5	4.75	5.75 ¹⁾

Tabelle 29: Zulässige Wandhöhen für Einfachständerwände in Abhängigkeit von der Erdbebenbelastung

Zulässige Wandhöhen [m] für Trennwände, Ständerachsabstand $s = 625$ mm, Befestigungsabstand Randprofile ≤ 1 m, Ständer verlascht						
$S \times a_g$ [m/s ²]	Doppelständer, einfach beplankt 1×12.5 mm			Doppelständer, doppelt beplankt 2×12.5 mm		
	CW 50	CW 75	CW 100	CW 50	CW 75	CW 100
≤ 2.7					5.75	7.5 ¹⁾
≤ 3.2	2.75	5.0	6.5	3.5	5.25 ¹⁾	6.75 ²⁾

¹⁾ Befestigungsabstand Randprofile auf 0.75 m reduziert

²⁾ Befestigungsabstand Randprofile auf 0.5 m reduziert

Tabelle 30: Zulässige Wandhöhen für Doppelständerwände in Abhängigkeit von der Erdbebenbelastung

Zulässige Wandhöhen [m] für Vorsatzschalen und Schachtwände, Ständerachsabstand $s = 625$ mm, Befestigungsabstand Randprofile ≤ 1 m						
$S \times a_g$ [m/s ²]	Einfachständer, einfach beplankt 1×12.5 mm			Einfachständer, doppelt beplankt 2×12.5 mm		
	CW 50	CW 75	CW 100	CW 50	CW 75	CW 100
≤ 3.2	—	2.5	3.0	—	3.0	3.25
	Profile Rücken-an-Rücken (stegseitig verbunden)					
≤ 3.2	—	3.5	5.0	3.5	4.75	6.0

Tabelle 31: Zulässige Wandhöhen für Vorsatzschalen und Schachtwände in Abhängigkeit von der Erdbebenbelastung

Die Tabellen beziehen sich auf die Erdbebenbelastung.

Die maximal zulässigen Wandhöhen aus den Systemlisten der technischen Doku müssen zusätzlich geprüft werden.

Um exaktere Berechnungen für grössere Wandhöhen durchzuführen, wird das Eigenschwingverhalten von Metallständerwänden notwendig.

Die Eigenschwingperioden von Metallständerwänden für Erdbebenbemessungen stellen sich folgendermassen dar. (Henkel, Holl & Schalk, 2008)

Wandhöhe [m]	Eigenschwingperioden von Metallständerwänden [s], Ständerachsabstand $s = 625$ mm, Befestigungsabstand Randprofile ≤ 1 m					
	Einfachständer, einfach beplankt 1×12.5 mm			Einfachständer, doppelt beplankt 2×12.5 mm		
	CW 50	CW 75	CW 100	CW 50	CW 75	CW 100
2.75	0.15	0.10	0.07	0.18	0.12	0.09
3.0	0.17	0.12	0.09	0.21	0.15	0.11
3.25	—	0.14	0.10	0.25	0.17	0.13
3.5	—	0.16	0.12	0.28	0.20	0.15
3.75	—	0.18	0.14	0.33	0.23	0.18
4.0	—	0.21	0.16	0.37	0.26	0.20
4.25	—	0.23	0.18	—	0.30	0.23
4.5	—	0.26	0.20	—	0.33	0.25
4.75	—	—	0.22	—	0.37	0.28
5.0	—	—	0.24	—	0.41	0.31
5.25	—	—	—	—	0.45	0.34
5.5	—	—	—	—	0.50	0.38
5.75	—	—	—	—	—	0.41
6.0	—	—	—	—	—	0.45
6.25	—	—	—	—	—	0.49
6.5	—	—	—	—	—	0.53

Tabelle 32: Eigenschwingperioden

Zur zerstörungsfreien Aufnahme grösserer Verformungen an angrenzende Bauteile, können Anschlüsse gleitend ausgeführt werden. Die vom planenden Ingenieur errechnete Stockwerksverschiebung gibt dabei den erforderlichen Bewegungsspielraum für die gleitenden Anschlüsse vor.

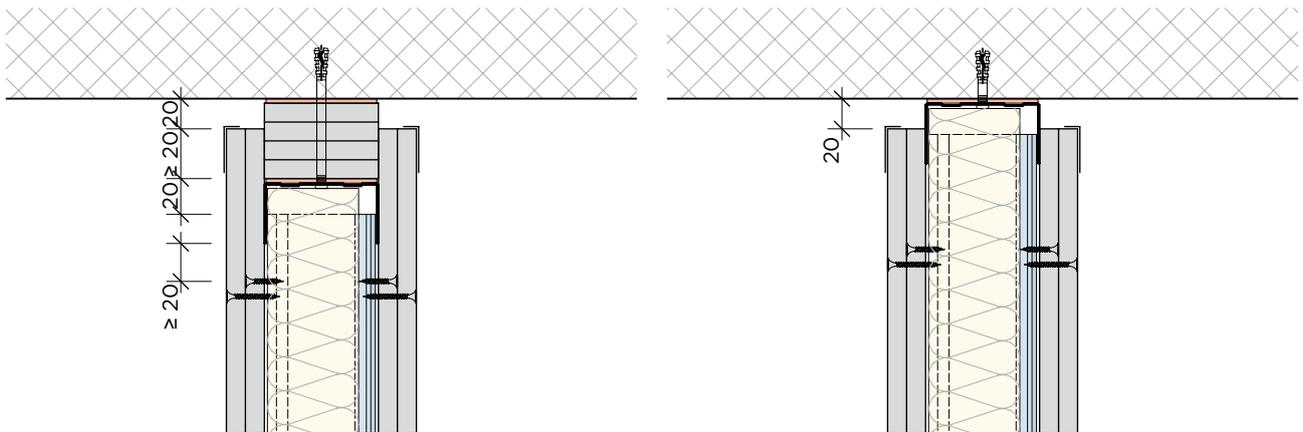


Abbildung 30: Ausführung gleitender Deckenanschlüsse für Deckendurchbiegungen ≤ 20 mm

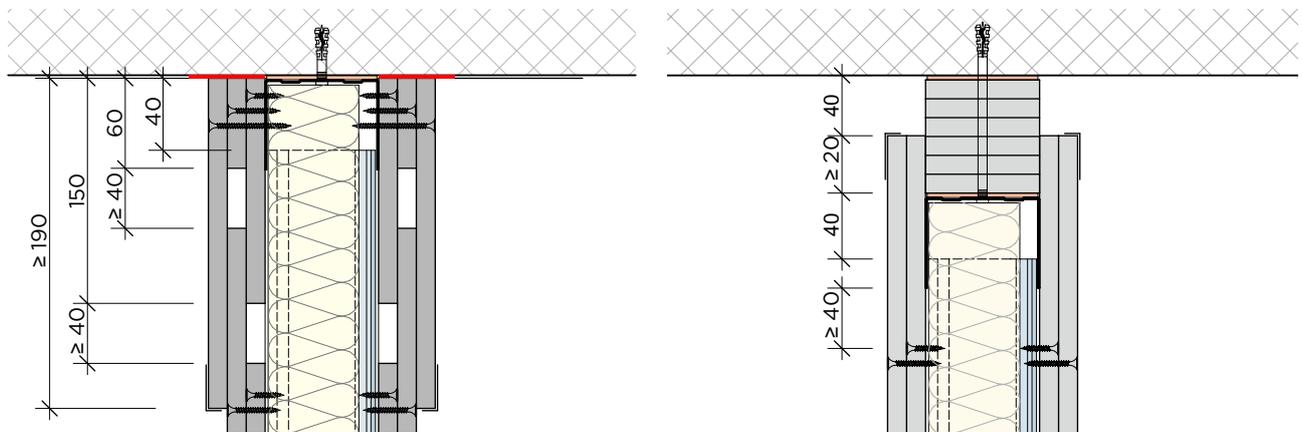


Abbildung 31: Ausführung gleitender Deckenanschlüsse für Deckendurchbiegungen ≤ 40 mm

Anforderungen an Befestigungen im Beton

Befestigungsmittel in Beton für nichttragende Elemente, welche auf die Bemessungssituation Erdbeben ausgelegt werden, müssen:

- Für die seismische Beanspruchung zugelassen sein oder
- Es muss mit einem geeigneten statischen Modell nachgewiesen werden, dass die Dübel unter seismischer Beanspruchung nicht versagen, bzw. dass eine Gefährdung von Personen ausgeschlossen werden kann (Risikobeurteilung des Gesamtsystems).

Die Verantwortung über die Beurteilung der Notwendigkeit der Berücksichtigung des Lastfalls Erdbeben für nichttragende Elemente liegt beim jeweiligen Fachplaner.

Bauwerksklassen

Gemäss Norm SIA 261 besteht das mit der erdbebengerechten Projektierung angestrebte generelle Schutzziel im Personenschutz, der Schadensbegrenzung und der Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wichtiger Bauwerke unter der Einwirkung des Bemessungsbebens.

Mit der untenstehenden Tabelle 33 wird der Schutzgrad für das spezifische Bauwerk festgelegt. Damit wird das Sicherheitsniveau definiert, wie weit die angestrebten generellen Schutzziele unter der Einwirkung des Normerdbebens für das spezifische Bauwerk erfüllt werden.

Bauwerksklassen

BWK	Merkmale	Beispiele	Bedeutungsfaktor γ_f (Tragsicherheit)
I	- Alle übrigen Bauwerke, sofern keine Umweltschäden möglich sind	✓ Wohn-, Büro- und Gewerbegebäude ✓ Industrie- und Lagergebäude	1.0
II	- Personenbelegung PB > 50 Personen - Bedeutende Infrastrukturfunktion	✓ Spitäler (sofern nicht BWK III), Schulen, Einkaufszentren, Gebäude der öffentlichen Verwaltung	1.2
III	- Lebenswichtige Infrastrukturfunktion	✓ Akutspitäler, lebenswichtige Bauwerke	1.5

Tabelle 33: Bauwerksklassen und Bedeutungsbeiwerte, Quelle SIA 261:2020

Baugrundklassen

Der Einfluss der Baugrundverhältnisse ist durch Einordnung des Bauwerkstandorts in eine der Baugrundklassen gemäss folgender Tabelle zu berücksichtigen:

BGK	Beschreibung	Bodenparameter S
A	Fels	1.00
B	Sehr dichter Sand, Kies oder sehr steifer Ton	1.20
C	Dichter oder mitteldichter Sand, Kies oder steifer Ton	1.45
D	Lockereres bis mitteldichtes Lockergestein	1.70
E	Obere Schicht von Lockergestein	1.70

Tabelle 34: Baugrundklassen, Quelle SIA 261:2020

Seismische Leistungskategorien für Befestigungsmittel

Die Eignung von Befestigungen im Beton für den Lastfall Erdbeben wird durch die ETA Richtlinie ETAG 001, Anhang E reglementiert. Diese Leitlinie beschreibt im Technical Report TR 045 ein Verfahren zur Bemessung von Dübeln zur Einleitung seismischer Lasten in Beton- und Stahlbetonbauteile*. Es werden die Leistungskategorien C1 und C2 unterschieden.

In der Tabelle 35 sind die empfohlenen Leistungskategorien (C1 und C2) in Abhängigkeit vom Seismizitätsniveau und von der Bedeutungsklasse des Bauwerks in der Schweiz zusammengestellt.

Die Klassifizierung der Erdbebeneinwirkungen auf ein Bauwerk als «geringe» oder «normale Seismizität» wird anhand des Produktes $a_g \cdot S$ durchgeführt.

Seismizitätsniveau		Bedeutungsklasse des Bauwerks nach SIA 261		
Klasse	$a_g \cdot S^1)$	I	II	III
niedrig	$0.05 \cdot g < a_g \cdot S \leq 0.10 \cdot g$	C1 ²⁾ oder C2 ³⁾		C2
> niedrig	$a_g \cdot S > 0.10 \cdot g$	C2		

Tabelle 35: Empfohlene seismische Leistungskategorien für Befestigungsmittel

Fussnoten

- 1) a_g = Bemessungs-Bodenbeschleunigung auf Untergrund vom Typ A (SIA 261:2020)
S = Beiwert für den Boden (Tabelle 34)
- 2) C1 für Befestigungen nicht tragender Bauteile
- 3) C2 für Verbindungen zwischen primären und/oder sekundären Bauteilen im Erdbebenfall

Herleitung der Tabelle

Verglichen mit der Tabelle im Technical Report TR 045 existieren in der Schweiz zwei statt drei Seismizitätsklassen. Gemäss SIA 261:2020, Abschnitt 16.2.1.2 weist die Schweiz selbst in der niedrigsten nationalen Zone Z1a einen Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_{gd} von 0.60 m/s^2 auf. Im Vergleich liegt dieser Wert, multipliziert mit dem für die Schweiz geringsten Bedeutungsbeiwert γ_f von 1.0 und der günstigsten Baugrundkategorie (Baugrundklasse A, $S = 1.0$) deutlich über der Grenze der «sehr geringen Seismizität» (0.49 m/s^2) gemäss EN 1998-1. Diese Grenze gibt im Wesentlichen an, ob gemäss EN 1998-1 die Erdbebeneinwirkungen auf ein Gebäude vernachlässigbar sind oder nicht. Somit kann davon ausgegangen werden, dass Bauwerke in der ganzen Schweiz auf Erdbebeneinwirkungen bemessen werden müssen.

Ausserdem ist in der Schweiz die Bedeutungskategorie I nach EN 1998-1:2004 nicht vorhanden. Somit hat sich die obenstehende Tabelle 35 ergeben.

Beispiel:

Wohngebäude in Basel:

Zone Z3a → $a_{gd} = 1.30 \text{ m/s}^2$

Wohngebäude → Bedeutungsbeiwert $\gamma_f = 1.0$

Baugrundklasse A → $S = 1.0$

Seismische Leistungskategorie
für Befestigungsmittel: **C2**

Hinweis

*Die Regelungen gelten nicht für Dübel in kritischen Bauwerksbereichen, in denen es zu Abplatzungen des Betons oder zu sehr breiten Rissen kommen kann (z. B. Bereiche von plastischen Gelenken). Hier können die Rissbreiten deutlich grösser sein als die Rissbreiten, für die die Dübel geprüft wurden.

Die Anforderungen für die Kategorie C2 sind höher als für die Kategorie C1. Für die Leistungskategorie C1 sind in den Zulassungen charakteristische Widerstände nur für den Grenzzustand der Tragfähigkeit angegeben, während für die Leistungskategorie C2 sowohl charakteristische Widerstände für den Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch Verschiebungen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit aufgeführt werden. Die Leistungskategorien des jeweiligen Dübels sind in der ETA-Zulassung angegeben.

Empfohlene Befestigungsmittelabstände

Die folgende Tabelle ermöglicht eine schnelle und einfache Auswahl der geeigneten seismischen Befestigungsmittel für Rigips® Trennwände und bietet dem Planer Unterstützung bei der Planung von erdbebensicheren, nichttragenden Systemen.

Empfohlener Befestigungsmittelabstand bei Betondecken [m]		Deckenanschlussdetail					
		Ohne gleit. Anschluss		Gipsblock, Dicke: 25 mm		Gipsblock, Dicke: 50 mm	
Seismische Leistungskategorien		C1	C2	C1	C2	C1	C2
Befestigungsmittel	SISMO SLA 8 × 75 mm	≤ 0.50	≤ 0.50				
	SISMO SLA 8 × 95 mm			≤ 0.33	≤ 0.25		
	SISMO SLA 8 × 115 mm					≤ 0.25	≤ 0.25

Tabelle 36: Empfohlene Befestigungsmittelabstände für Rigips® Trennwände in Betondecken nach seismischen Leistungskategorien

Die obenstehenden Befestigungsmittelabstände für die Rigips® Trennwände an Betondecken sind als Richtwerte zu betrachten und somit dienen sie als Orientierungshilfe. Die auszuführenden Befestigungsmittelabstände hängen vom jeweiligen Einzelfall ab und müssen vom bemessenden Ingenieur festgelegt werden.

Randbedingungen

- Zur Ermittlung der Erdbebenwirkung für Rigips® Trennwände wurden folgende Annahmen getroffen:
 - Das ungünstigste Verhältnis zwischen Eigenschwingverhalten der Tragstruktur und des nichttragenden Bauteils: $T_a / T_1 = 1$
 - $z_a / h = 1$ (am ungünstigsten)
- Die Nachweise für die Dübel werden lediglich für die Querkrafttragfähigkeit geführt. Allfällige Abminderungen infolge randnaher Verankerungen, reduzierte Achsabstände oder durch die Verwendung von Dübelgruppen werden nicht berücksichtigt.
- Die Lastweiterleitung in benachbarte Bauteile (Rohdecke) und die erforderlichen Nachweise auf Betonkantenbruch und rückwärtiger Betonausbruch sind durch den planenden Ingenieur zu gewährleisten.
- Zur Ermittlung der empfohlenen Befestigungsmittelabstände für die Gipsblockfälle wurde eine beschränkte Ausnutzung angenommen. Ausserdem wurde auf der sicheren Seite der Reduktionsbeiwert für die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit des Dübels (gemäss EOTA Technical Report TR 045) sowie das anschliessend beschriebene Ausfallkonzept einzelner Dübel berücksichtigt. Eine Einkleidung der Gipsblöcke mit einem zusätzlichen UW/G Profil wird empfohlen. Die Beurteilung des Systems sowie die Festlegung der auszuführenden Befestigungsmittelabstände muss durch den Ingenieur objektspezifisch erfolgen.
- Alle Ausführungs- und Sicherheitsbestimmungen der SISMO Schwerlastanker sind einzuhalten.

Interaktion zwischen Haupttragkonstruktion und nichttragende Bauteile

Die Erdbebeneinwirkung auf die nichttragenden Bauteile besteht nicht nur aus der horizontaler Beschleunigung der Elementmassen, sondern auch aus der Interaktion zwischen der Haupttragkonstruktion und der sekundären Bauteile. Diese Interaktion ist abhängig von den dynamischen Eigenschaften des Tragwerks, die die Relativverschiebungsmöglichkeiten (zwischen Geschossdecken) definieren. Diese relativ grossen Verformungen des Haupttragwerks müssen durch entsprechende konstruktive Ausbildung der Anschlussfugen für die Trockenbauwände weitgehend zwängungsfrei aufnehmbar sein (z.B. mit gleitenden Anschlüssen) bzw. die in Kauf genommenen Schäden aus Zwängungen müssen mit dem Schutzziel Personenschutz verträglich sein.

Deswegen beziehen sich alle Empfehlungen der Rigips AG lediglich auf die nicht tragenden Systeme und deren Komponenten und nicht auf das gesamte Tragverhalten der Haupttragkonstruktion. Die Wahl der Rigips® Systeme ist nur ein Teil der gesamten Lösung und die Befestigung an der Haupttragkonstruktion sowie die ganze Tragwerksplanung muss vom planenden Ingenieur dimensioniert werden. Demzufolge verbleibt die Verantwortung für die erdbebengerechte Planung und Ausführung bei den zugehörigen Fachplanern und Unternehmern.

Verzicht auf Nachweis für seismische Leistungskategorien der Dübel

Für die Bemessung der Befestigungen der nichttragenden Wände können ingenieurmässige Herangehensweisen gewählt werden, so dass auf Dübel mit Nachweis für seismische Leistungskategorie verzichtet werden kann.

Es kann durch ein geeignetes Modell nachgewiesen werden, dass die Dübel unter seismischer Beanspruchung nicht versagen, bzw. dass eine Gefährdung von Personen ausgeschlossen werden kann bei keiner oder tieferen (C1) seismischen Zulassung.

Die Bewertung ob eine Gefährdung vorliegt, erfolgt durch den zuständigen Fachplaner.

Durch die Berücksichtigung des Ausfalls einzelner Dübel und der Beschränkung der Ausnutzung wird sichergestellt, dass auch bei Erdbebenbeanspruchung die Befestigung nicht versagen kann. Das hängt von der Erdbebenzone in der Schweiz, der Bedeutungskategorie des Gebäudes sowie der projektspezifischen Angaben zur Erdbebenthematik ab. In dem Fall wird vom planenden Ingenieur die maximale Ausnutzung pro Anschluss festgelegt und es wird vorausgesetzt, dass die Dübel für gerissenen Beton zugelassen sind.

Deckenbekleidungen und Unterdecken bei Erdbebenbelastungen

Werden Rigips® Deckensysteme in Bereichen erhöhter Erdbebengefährdung eingesetzt, sind über die entsprechende Bemessung hinaus einige zusätzliche Punkte zu beachten.

- Ausführung der Unterkonstruktion als Doppelrost
- Abhängehöhe so gering wie möglich
- Abhänger mit Tragfähigkeit ≥ 0.4 kN
- Abhänger und Profilverbinder stets mit der Unterkonstruktion verschrauben

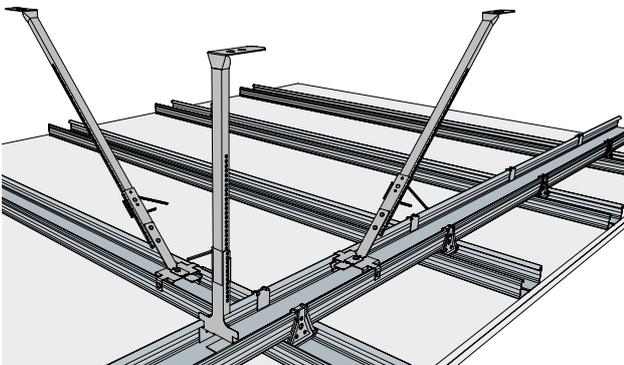


Abbildung 32: Diagonalaussteifung bei grossen Deckenflächen und grossen Abhängehöhen

Für diese Situation sind im Bereich des Abhängers Aussteifungen in zwei Richtungen und einem Winkel von ca. 45° zur Deckenfläche auszubilden. Die Aussteifungen sind in einem Abstand von max. 4 m in beiden Richtungen und max. 2 m von flankierenden Wänden entfernt anzuordnen.

Wir empfehlen einen rein konstruktiven Anschluss an die umlaufenden, flankierenden Wände. Deshalb soll mit der Diagonalaussteifung schon bei der ersten Abhängerreihe

- alle Bauteile, welche bei der Bemessung nicht berücksichtigt wurden (z.B. Installationsleitungen), müssen separat an der Rohdecke befestigt werden
- rein konstruktiver Anschluss an umlaufende Wände (Anschlussprofil als Montagehilfe, keine Tragfunktion!)
- Berücksichtigung horizontaler Anteile der Lasteinwirkung auf Unterdecken im Erdbebenfall und Vermeidung unkontrollierter Pendelbewegung der Unterdecke sowie unerwünschte Lastumlagerung durch Diagonalaussteifungen oder kraftschlüssige Anschlüsse
- Gewicht der Beplankung so gering wie möglich

Unter den folgenden Bedingungen müssen Diagonalaussteifungen in die Unterkonstruktion integriert werden.

- Abhängehöhe ≥ 30 cm und/oder
- Deckenfläche ≥ 25 m²

von der Wand her begonnen werden.

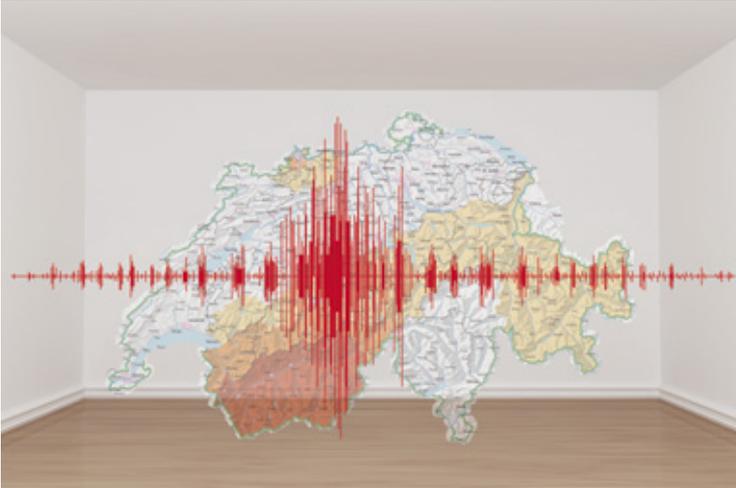
Vertikale Anteile der Lasteinwirkung auf Unterdecken im Erdbebenfall müssen in der Bemessung der Abstände von Profilen und Abhängern berücksichtigt werden. Dies gilt wie bei Trockenbauwänden für den Fall, dass das ungünstigste Verhältnis $T_a/T_1 = 1$ eintritt. Die nachfolgenden Zusatzlasten sind ein Ansatz, um ohne Ermittlung des dynamischen Verhaltens Erdbebenlasten für die Deckenbemessung anzunehmen.

$S \times a_g$ [m/s ²]	Zusatzlast für Deckenbekleidungen und Unterdecken [kg/m ²]					
	Einlagige Beplankung [mm]			Doppelte Beplankung [mm]		
	12.5	18	20	2×12.5	18+15	2×20
0.6	2	3	3	4	6	7
0.8	3	4	5	6	7	9
1.0	4	5	6	7	9	11
1.5	6	8	9	11	14	17
2.0	7	10	12	14	19	23
2.5	9	13	14	18	23	28
3.0	11	16	17	21	28	34
3.5	13 ³⁾	18	20	25	33	39

³⁾ Druckkraft auf Abhänger beachten

Tabelle 37: Zusatzlasten

Das Wichtigste in Kürze



Nicht tragende Bauteile

Auch nicht tragende Bauteile sind so auszubilden, dass sie im Falle eines Erdbebens keine Personen gefährden.

Wichtige Vorteile

Der leichte Innenausbau bietet zwei wichtige Vorteile: eine Reduktion der mitschwingenden Masse sowie eine Dämpfung der dynamischen Reaktion des Bauwerkes.

Geringere Beanspruchung

Weil die Masse der Trockenbauweise im Vergleich zu optionalen Bauweisen sehr gering ist, wird für Rigips® Wand- und Deckensysteme die Erdbebenbeanspruchung üblicherweise geringer als die im Normalfall statische Beanspruchung.

Geprüfte Befestigungsmittel

Bei erhöhtem Erdbebenrisiko muss auf seismisch geprüfte und zugelassene Befestigungsmittel bzw. Verankerungen zurückgegriffen werden.

Literaturverzeichnis

- Böker, H. (1983). Trockenbaupraxis mit Gipskartonplatten-Systemen. Köln-Braunsfeld, Deutschland: Rudolf Müller GmbH & Co.
- Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Industriegruppe Gipsplatten. (April 2016). Merkblatt 8. Wandhöhen leichter trennwände – Stegausschnitte, Anschlüsse, Türen und Öffnungen. Berlin: IGG.
- Deutsches Institut für Normung DIN. (2016). DIN 18041: 2016. Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. Berlin: Beuth.
- Deutsches Institut für Normung DIN. (Mai 2016). DIN 4102-4. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, bauteile und Sonderbauteile. Berlin: Beuth.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Dezember 2000). DIN EN 12354-1 – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften.
- Henkel, F.-O., Holl, D., & Schalk, M. (2008). Erdbebensicheres Bauen mit Trockenbau-Systemen. Iphofen.
- Hungerbühler, A. (1987). Technische Notiz Wärme- und Schalldämmung.
- J. Pfau, K. T. (2014). Trockenbau Atlas, 4. Auflage. Köln, Deutschland: Rudolf Müller GmbH & Co. KG.
- Lignum. (Mai 2015). Lignum-Dokumentation Brandschutz. Bauteile in Holz – Decken, Wände und Bekleidungen mit Feuerwiderstand. Zürich: Lignum.
- Saint Gobain Isover AG/B. Neubrand. (kein Datum). Angewandte Bauphysik. Grundlagen und Berechnungen zum Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz.
- Saint Gobain Rigips® GmbH. (2015). Schallschutz-Lösungen von Rigips. Düsseldorf, Deutschland.
- Saint-Gobain Rigips® GmbH. (2016). Planen und Bauen. Grundlagen Bauphysik. Rigips® GmbH.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA. (2005). D 0189 – Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau – Zusammenstellung gemessener Bauteile. Zürich.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA. (2006). SIA 181: 2006. Schallschutz im Hochbau. Zürich, Schweiz: Beuth.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA. (Januar 2012). EN 1363-1:2012. Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Zürich, Schweiz: Beuth.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA. (2014). SIA 261. Einwirkungen auf Tragwerke. Zürich, Schweiz: Beuth.
- Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF. (Januar 2015). Brandschutzrichtlinien 2015. Bern, Schweiz: VKF.
- Zürcher, C., & Frank, T. (2010). Bauphysik Bau & Energie 3. Auflage. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.

