



Prognose und Wirklichkeit

*Heinz Weber
Architekt HTL, Bauphysik
Berner Fachhochschule
Weber Energie und Bauphysik
Bern, Schweiz*

Prognose und Wirklichkeit

1 Einleitung

Die Planung von Bauten und letztlich auch die Qualität des Schallschutzes ist Bestandteil der Planung und dadurch auch Formulierungen von Vorstellungen. Oft erst nach Vollendung des Bauwerkes können die Vorgaben einer Schallschutzplanung mit der tatsächlichen Situation verglichen werden. Die Formulierung der Zielsetzungen des Schallschutzes richtet sich primär an der Einstufung, wie sie die Normen enthalten. Dabei wird im Wesentlichen zwischen keine Anforderungen, Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen oder spezielle Anforderungen unterschieden.

Der Benutzer beurteilt die Qualität des Schallschutzes nach seinem subjektiven Empfinden. Durch Messungen und Auswertung der Messresultate wird die Qualität des Schallschutzes mit den Anforderungen in den Normen verglichen.

2 Subjektive Empfindung

Prognosen sind letztlich immer abhängig von den getroffenen Annahmen und diese verändern sich im Laufe der Zeit. Die Schallschutznormen wurden vor kurzem revidiert mit dem Ziel den heutigen Bedürfnissen der Bewohner gerecht zu werden. Die Erfassung der Bedürfnisse und diese in der Norm in Form Wort und Zahlen abzubilden, ist keine leichte Aufgabe.

Die Wahrnehmung der Schalls durch den Menschen im Vergleich zur messtechnischen Erfassung und Beurteilung der Schalldämmqualität eines Bauteils in Form eines Wertes (Schalldämmmass) resp. Werte in Abhängigkeit der Frequenzen wie Oktav- oder Terzband und dessen Vergleich mit den Normen, haben Grenzen.

Ein Grund liegt in der Definition der zu erfassenden Frequenzen (Tonhöhen) begrenzt von 100Hz bis 3125Hz gemäss bisherigen Normen. Die Frequenzen von 50 Hz bis 5000 Hz werden nach neuen Europa-Normen EN künftig erfasst und mit Spektrumsanpassungswerten (C_i , C_{tr}) ergänzt werden bei der Beurteilung der Schalldämmung von Bauteilen. Diese Korrekturwerte haben zum Ziel, die Messwerte besser dem Hörempfinden anzupassen.

2.1 Wahrnehmung des Schalls

Was wir durch unser Ohr wahrnehmen bezeichnen wir als Schall. Dieser umfasst Tonhöhen zwischen 20 und 20'000 Hz, jedoch mit unterschiedlicher Empfindlichkeit. In der Bauakustik wird das Frequenzspektrum zwischen 100 und 3'150 Hz berücksichtigt. In den letzten Jahren wurden Betrachtungen angestellt den Frequenzbereich bis 50 Hz in tiefen und bis 5000 Hz bei hohen Frequenzen zu erweitern. Zur einfacheren Beschreibung des Schallschutzes soll auch weiterhin mit Einzahlangaben der verschiedenen Grössen gerechnet werden können.

Der durch Druckschwankungen erzeugte Schall umfasst einen Bereich von der Hörschwelle bei 20 μ Pa bis zur Schmerzgrenze von 100'000'000 μ Pa was 100 Pa entspricht, besser fassbar durch die Umrechnung in den Massstab von 0 dB bis 120 dB.

2.2 Zufriedenheit der Bewohner

Das Ziel von Massnahmen zur Minderung der Störung durch Lärm muss die Zufriedenheit der Bewohner/Nutzer sein. Eine Voraussetzung dazu ist die Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen und die Umsetzung der zwischen Bauherr, Planer und ausführenden Unternehmen schriftlich vereinbarten Anforderungen.

Der Planer ist verpflichtet (siehe SIA 181 Ziffer 2.2.4) die Anforderungen an den Schallschutz zu definieren und vertraglich festzuhalten. Die geplanten Nutzungen sind entsprechend den Anforderungen gemäss Norm SIA 181 einzustufen und umzusetzen. Dabei gilt es die Vorstellungen der Bauherrschaft zur Qualität des Schallschutzes in dB-Zahlen zu fassen. Um unerwünschte Überraschungen auszuschliessen soll dies bereits in einer frühen Planungsphase stattzufinden. Die Wahl des Konstruktionsprinzips und die erforderlichen zusätzliche Massnahmen sind zudem kostenrelevante Faktoren.

Die Resultate aus verschiedenen Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Schallschutz und der Störung durch Lärm des Nachbarn zeigt die Notwendigkeit des Schallschutzes:

% Personen finden Bedingungen zufriedenstellend	Luftschalldämmung $R'_w + C_{50-3150}$ [dB]	Normtrittschallpegel $L'_{n,w} + C_{l, 50-2500}$ [dB]	SIA 181 (2006) Mindestanforderungen [dB]	
80 %	63	48	Luftschall ≥ 52	Tritt-schall ≤ 53
60 %	58	53		
40 %	53	58		
20 %	48	63		

Zusammenhang zwischen %-Anteil Personen, die die akustischen Bedingungen zufriedenstellend bezeichnen; Quelle: Rasmussen et al, 2003 [8]

2.3 Grundgeräusch

Die Höhe des Geräuschpegels im eigenen Raum (Grundgeräuschpegel) beeinflusst die Wahrnehmung des Schalls aus den benachbarten Räumen. In einer ruhigen Umgebung oder nach dem Einbau von gut schalldämmenden Fenstern bei hohem Aussenlärm, werden danach oft die Geräusche innerhalb des Gebäudes wesentlich deutlicher wahrgenommen.

Angaben zu diesem Zusammenhang sind in der SIA 181 [1] enthalten.

Grundgeräusch und Empfindung Luftschalldämmung

Spektral- und volumenkorrigierte bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{i,tot}$ in dB		Sprachverständlichkeit von normaler Unterhaltungssprache
Grundgeräusch 20 dB(A)	Grundgeräusch 30 dB(A)	
65	55	kaum hörbar
55	45	hörbar, jedoch nicht zu verstehen
50	40	teilweise zu verstehen
40	30	gut zu verstehen

Quelle: SIA 181 Tabelle H.1 Subjektive Empfindung des Luftschallschutzes zwischen Räumen in Abhängigkeit vom Grundgeräusch

Grundgeräusch und Empfindung Trittschallschutz

Spektral- und volumenkorrigierter bewerteter Standard-Trittschallpegel L'_{tot} in dB		Normales Gehen mit Strassen- oder Hausschuhen	Rennen von Kindern, Barfussgehen	Möbelrücken, mehrere tobende Kinder
Grundgeräusch 20 dB(A)	Grundgeräusch 30 dB(A)			
60	70	gut hörbar	sehr gut hörbar	äusserst gut hörbar
55	65	hörbar	gut hörbar	äusserst gut hörbar
50	60	schwach hörbar	hörbar	sehr gut hörbar
45	55	unhörbar	schwach hörbar	gut hörbar
40	50	unhörbar	unhörbar	hörbar
35	45	unhörbar	unhörbar	schwach hörbar

Quelle: SIA 181 Tab H2: Subjektive Empfindung des Trittschallschutzes zwischen Räumen

3 Vorschriften über die Anforderungen gegen Innenlärm

Die öffentlich rechtlichen Vorgaben sind im Schweizer „Umweltschutzgesetz“ (USG) allgemein festgelegt: „Dieses Gesetz soll Menschen, Tiere und Pflanzen ...gegen schädliche oder lästige Einwirkungen schützen.“ Die Schweizer Lärmschutzverordnung (LSV) konkretisiert diese Vorgaben. Zum Vollzug fordert sie die Einhaltung der Mindestanforderungen nach Norm SIA 181 Schallschutz im Hochbau nur für „lärmempfindliche Räume“:

- a) Wohnräume, ausser Küchen, Sanitär- und Abstellräumen
- b) Betriebsräume mit längerem Personenaufenthalt, ausser Betriebsräumen mit erheblichem Betriebslärm

Die Anforderungen gelten zum Schallschutz zwischen organisatorisch bzw. rechtlich unabhängigen „Nutzungseinheiten“. Abweichend von obigen Festlegungen für lärmempfindliche Räume wurden schon in den bisherigen Fassungen der Norm SIA 181 zusätzlich Küchen, Bad, WC, allerdings mit geringeren Anforderungen, berücksichtigt.

3.1 Anforderungen gemäss Norm SIA 181 „Schallschutz im Hochbau“

Mit dem 01. Juni 2006 trat die revidierte Norm SIA 181 (2006) in Kraft. Die neue Norm berücksichtigt das gestiegene Ruhebedürfnis der Bevölkerung und die Entwicklung der internationalen Normierung. Die Mindestanforderungen wurden dazu um ca. 2 dB angehoben. Die erhöhten Anforderungen sind mit den Werten der bisherigen Fassung in etwa vergleichbar und 3 dB strenger als die Mindestanforderungen. Mit Verweis auf die SIA-Normung werden für neue Doppel- und Reiheneinfamilienhäuser sowie für neu errichtetes Stockwerkeigentum die erhöhten Anforderungen obligatorisch.

Für mehr Transparenz zwischen Bauherrn und Planer, bezüglich des zu erwartenden Schallschutzes, müssen die Anforderungen prinzipiell vertraglich geregelt werden. Dies gilt für die Mindestanforderungen gleich wie für die erhöhten oder die speziellen Anforderungen. Zur Interpretation des Schallschutzniveaus ist im Anhang der Norm die subjektive Empfindung des Schallschutzes in Abhängigkeit des Grundpegels erläutert.

Die Änderungen in der vorliegenden Norm (Ausgabe 2006) erfolgen nach den Gesichtspunkten:

- Neue Gliederung der Anforderungen nach internen und externen Quellen.

- Berücksichtigung aktueller EN- bzw. ISO-Prüf-, Bewertungs- und Prognosenormen für den Schallschutz im Hochbau mit anteiliger Beibehaltung der Messvorschriften für die Gebäudehülle und deren Bauteile.
- Obligatorische Berücksichtigung der Spektrum-Anpassungswerte C , C_{tr} und C_1 in Nachweisen zum Luft- bzw. Trittschallschutz.
- Hinweise auf Nachweise zum abgestrahlten Körperschall entsprechend der künftigen eidg. Verordnung über den Schutz vor Erschütterungen.
- Einführung der Volumenkorrektur C_V als Ersatz für die volumenabhängige Bezugsnachhallzeit T_0 in SIA 181 (1988).
- Verfahren zur Simulation haustechnischer Benutzungsgeräusche.
- Schallschutz gegenüber Lokalen mit Musik oder Produktionsbetrieben mit tieffrequenten Emissionen (nachts).
- Berücksichtigung der Hörsamkeit in Räumen mit Verweis auf DIN 18041.
- Empfehlungen zum Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten (Wohnung, Bürobetrieb, Schule, Hotel, Altersheim, Spital, Räume für Sozialkontakte mit speziellen Vertraulichkeitsanforderungen).
- Trittschalluntersuchungen auch für Aussenbauteile wie Terrassen, Laubengänge, Balkone anzuwenden

Keine Anforderungen

Keine Anforderungen gelten für den Schallschutz von Räumen, die planmässig nur kurzfristig durch Personen genutzt werden, wie Abstellräume, Treppenhäuser, Laubengänge, Einstellgaragen, Heizungs-, Haustechnikräume, Hobbyräume usw.

3.2 Anforderungsstufen

Mindestanforderungen	Die Mindestanforderungen gewährleisten einen Schallschutz, die lediglich erheblichen Störungen zu verhindern vermag.
Erhöhte Anforderungen	Die erhöhten Anforderungen bieten einen Schallschutz, bei dem sich ein Grossteil der Menschen im Gebäude behaglich fühlt. Bei Doppel- und Reihen-Einfamilienhäusern sowie bei neu gebautem Stockwerkeigentum gelten die erhöhten Anforderungen.
Spezielle Anforderungen	Bei besonderen Nutzungen oder bei besonderen Schallschutzansprüchen (auch für einzelne Räume oder Lärmarten) sind spezielle Anforderungen festzulegen und zu vereinbaren. Spezielle Verhältnisse sind insbesondere dann gegeben, wenn die Lärmempfindlichkeit und/oder der Grad der emissionsseitigen Lärmbelastung erheblich nach oben oder unten von den angegebenen Beschreibungen abweichen. In jedem Fall sind die Mindestanforderungen einzuhalten.

3.3 Einstufung der Anforderungen nach der Lärmempfindlichkeit:

<i>gering</i>	Räume für vorwiegend manuelle Tätigkeit. Räume, welche von vielen Personen oder nur kurzzeitig benützt werden. Beispiele: Werkstatt, Handarbeits-, Empfangs-, Warteraum, Grossraumbüro (bei Ausschluss späterer Unterteilung in mehrere Nutzungseinheiten oder Einzelbüros), Kantine, Restaurant, Küche ohne planmässige Wohnnutzung, Bad, WC, Verkaufsraum, Labor, Korridor.
<i>mittel</i>	Räume für Wohnen, Schlafen und für geistige Arbeiten. Beispiele: Wohn-, Schlafzimmer, Studio, Schulzimmer, Musikübungsraum, Wohnküche, Büro- raum, Hotelzimmer, Spitalzimmer ohne spezielle Ruheraumfunktion.
<i>hoch</i>	Räume für Benutzer mit besonders hohem Ruhebedürfnis. Beispiele: spezielle Ruheräume in Spitälern und Sanatorien, spezielle Therapieräume mit hohem Ruhebedarf, Lese-, Studierzimmer.

Abbildung 1 Lärmempfindlichkeit [1]

3.4 Anforderungen an den Schutz gegen Luftschall von innen

	Lärmbelastung durch Innenlärm (Luftschall)			
	klein	mässig	Stark*	sehr stark*
Beispiele für emissionsseitige Raumart und Nutzung	Geräuscharme Nutzung: Lese-, Warteraum, Patienten-, Sanitätszimmer, Archiv usw.	Normale Nutzung: Nutzung normal: Wohn-, Schlafräum, Küche, Bad, WC, Korridor, Aufzugsschacht, Treppenhaus, Büro- raum, Konferenzraum, Labor, Verkaufsraum ohne Beschallung	Lärmige Nutzung: Hobbyraum, Ver- sammlungsraum, Schulzimmer, Kinderkrippe, Kindergarten, Heizung, Einstellga- rage, Maschinen- raum, Restaurant ohne Beschallung, usw.	Lärmintensive Nut- zung: Gewerbebetrieb, Werkstatt, Musikübungsraum, Turnhalle, Restaurant mit Be- schallung und dazugehörnde Erschliessungsräu- me
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswert D_i^{**}			
gering	42	47	52	57
mittel	47	52	57	62
hoch	52	57	62	67

Abbildung 2 Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von innen (Auszug aus SIA 181 Tab.4)

* Sonderregelungen für spezielle Nutzungen (siehe Ziffer 3.2.1.4)

** Sonderregelung für spezielle Zugänge (siehe Ziffer 3.2.1.5)

Erhöhte Anforderungen + 3 dB

3.5 Anforderungen an den Schutz gegen Trittschall

Lärmbelastung	Mindestanforderungen an den Schutz gegen Trittschall			
	klein	mässig	stark	sehr stark
Lärmempfindlichkeit gemäss Ziffer 2.3	Archiv, Warte-, Leseraum usw.	Wohn-, Schlafräum, Küche, Bad, WC, Büro, Heiz- und Klimaraum, Korridor, Treppe, Laubengang, Passage, Terrasse, Einstellgarage	Restaurant, Saal, Schulzimmer, Kinderkrippe, Kindergarten, Turnhalle, Werkstatt, Musikübungsraum und zugehörige Erschliessungsräume	Die in der Stufe «stark» festgehaltenen Nutzungen, wenn diese auch in der Nacht von 19.00 h bis 07.00 h vorkommen.
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte L'			
gering	63	58	53	48
mittel	58	53	48	43
hoch	53	48	43	38

Abbildung 3 Mindestanforderungen an den Schutz gegen Trittschall (Auszug aus SIA 181 Tab.5)

Erhöhte Anforderungen: - 3 dB

Umbauten: - 2 dB

Die Anforderungen an den Schallschutz beeinflussen auch den Bauteilaufbau. In den **Nutzungsanforderungen** gemäss Norm 260 Ausgabe 2003 'Grundlagen der Projektierung von Tragwerken' können die Anforderungen an den Schallschutz **in die Nutzungsvereinbarung mit dem Bauherrn aufgenommen werden.**

- Verbesserte Berücksichtigung der Hörwahrnehmung bei der Bewertung von Lärmstörungen entsprechend der Entwicklung in anderen europäischen Ländern in Anlehnung an ISO 717-1 und 717-2 über obligatorische pauschalisierte Spektrumanpassungswerte:
 - mit C_{tr} zum Luftschallschutz gegen Aussenlärm,
 - mit C zum Luftschallschutz gegen Innenlärm,
 - mit $C_{tr50-3150}$ zum Luftschallschutz (Bewertung ab 50 Hz) bei Discos und speziellen Produktionsbetrieben nachts,
 - mit C_l zum Trittschallschutz.
- Verfahren zur Simulation impulshaltiger Benutzungsgeräusche zu haustechnischen Anlagen und sonstiger fester Einrichtungen im Gebäude unter prinzipieller Beibehaltung der bisherigen schweizspezifischen Mess- und Nachweisverfahren für Geräusche haustechnischer Anlagen.
- Auf obligatorisch erhöhte Anforderungen für neu erstelltes Stockwerkeigentum, REFH und DEFH wurde bereits hingewiesen. Das Niveau der erhöhten Anforderungen bleibt gegenüber der Normfassung von 1988 nahezu unverändert.

4 Prognosen für den Schallschutz

Das Ziel einer Prognose ist es die Qualität der Schalldämmung für eine bestimmte Bausituation in der Planung zu quantifizieren und die erforderlichen Massnahmen zu treffen. Aus den Anforderungen an den Schallschutz zwischen zwei Räumen (SIA 181 Tab. 4: Luftschall D_i ; Tab.5: Trittschall L') werden die erforderlichen Schalldämmqualitäten der Bauteile ermittelt. Die örtlichen Gegebenheiten werden durch Volumen und Bauteilfläche bestimmt. Die daraus resultierenden Anforderungen an das Bauteil beinhalten die Bauteileigenschaften inkl. der angrenzenden gebäudebezogenen Randbedingungen, wie Flankenübertragung, Bauteilstossdämmung usw. Unter Berücksichtigung dieser Gegebenheiten kann das bewertete Schalldämmmass des Bauteils ermittelt werden.

4.1 Bauteilkennwerte

Die Wahl der Bauteile kann nun anhand der zur Verfügung stehenden Bauteilkataloge mit den Kennwerten Luftschall: R_w ; C ; C_{tr} ; resp. für Trittschall: $L_{n,w}$; C_I . Diese Werte enthalten keine Flankenübertragungen, allenfalls sogenannte „bauübliche“ Nebenwege. Die Flankenübertragungen sind entsprechend den baulichen Gegebenheiten zu berücksichtigen.

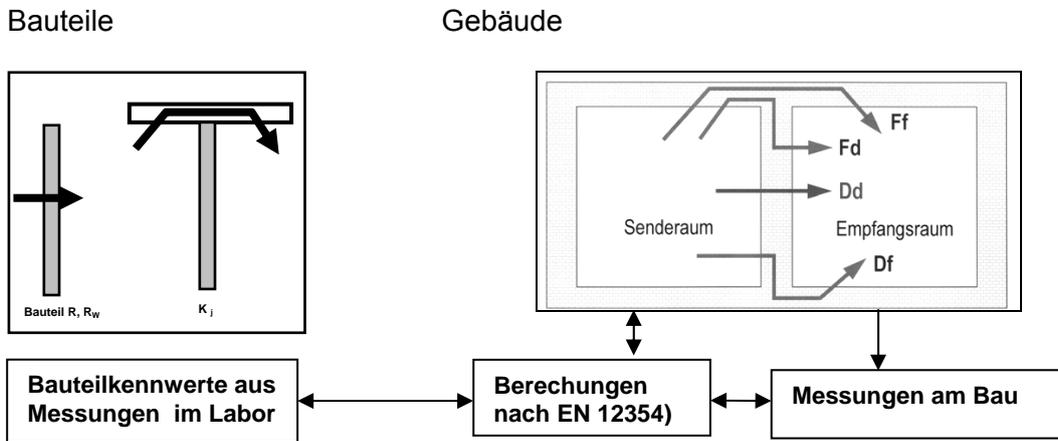
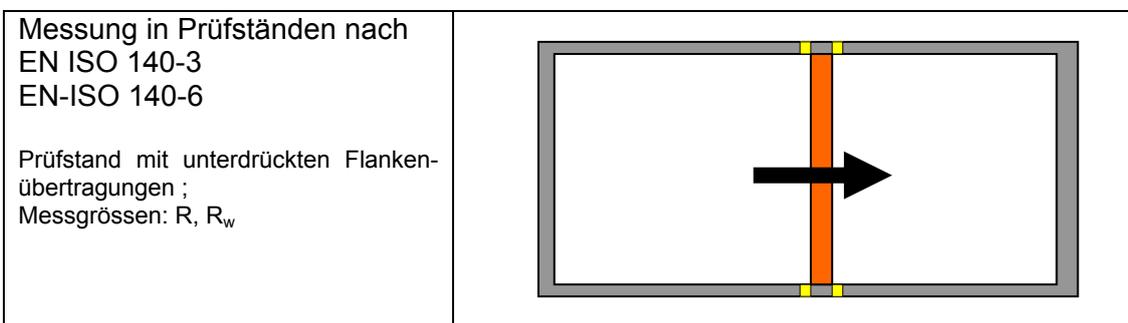


Abbildung 4 Zusammenhang Baueilkennwerte und Gebäude

Bauteilkennwerte für die Prognosen



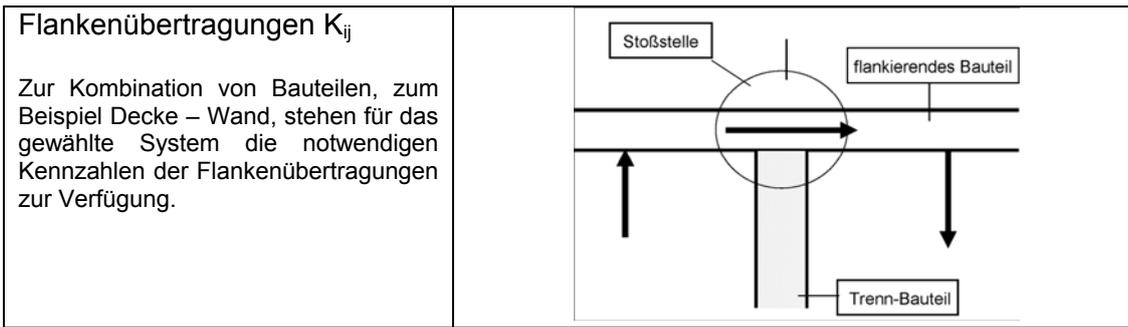


Abbildung 5 Bauteilkennwerte

4.2 Bauteilkennwerte und Prognose

Die Erfüllung der Anforderungen an den Schallschutz gemäss SIA 181 ist in Form einer Prognose (Erfahrungswerte oder Berechnungen) aufzuzeigen. Der zu erwartende Schallschutz in der geplanten Bausituation kann aufgrund von Resultaten aus Labormessungen wesentlich besser prognostiziert werden, als durch Vergleiche mit Messwerten mit unbenannten Bausituationen.

Die im Labor ermittelten Bauteileigenschaften sind deshalb eine bedeutende Voraussetzung für eine richtige Beurteilung der Schalldämmung.

Durch Labormessungen können die folgenden Bauteilkennwerte ermittelt werden:

Bauteilkennwert:	Luftschall	Einzahlangaben	Unterlagen
Messung im Prüfstand ohne Flankenübertragung 		R_w	Verkaufsunterlagen Bauteilkatalog
Spektrumsanpassungswerte		$C ; C_{tr}$	Verkaufsunterlagen Bauteilkatalog
Vergleich mit dem Resultat der Prognose		$R_w + C$	

Abbildung 6 Bauteilkennwerte für Luftschall

¹⁾ Als Übergangslösung werden weiterhin auch noch $R'_w + C$ verwendet mit der Unsicherheit der Anteile der Flankenübertragungen im Vergleich zum geplanten Einsatz des Bauteils. [2]

Durch Labormessungen können die folgenden Bauteilkennwerte ermittelt werden:

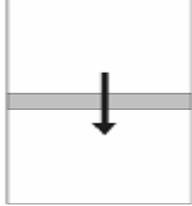
Bauteilkennwert: Trittschall	Einzahl-angaben		Unterlagen
Messung im Prüfstand ohne Flankenübertragung 	$L_{n,w}$		Verkaufsunterlagen Bauteilkatalog
Spektrumsanpassungswerte	C_1		Verkaufsunterlagen Bauteilkatalog
Vergleich mit dem Resultat der Prognose	$L_{n,w} + C_1$		

Abbildung 7 Bauteilkennwerte für Trittschall

¹⁾ Als Übergangslösung werden weiterhin auch noch $L'_{n,w} + C$ verwendet mit der Unsicherheit der Anteile der Flankenübertragungen im Vergleich zum geplanten Einsatz des Bauteils. [2]

Bauteilkatalog

Die akustischen Kennwerte von Bauteilen wurden in Bauteildokumentation SIA D 0189 Ausgabe 2005 [2] zusammengestellt. Diese Sammlung enthält soweit vorhanden die erforderlichen Bauteilkennwerte (Schalldämmung ohne Flankenübertragung und die Spektrumanpassungswerte C , C_{tr} und C_1) zur Berechnung von Prognosen. Ein Teil der aufgeführten Schalldämmwerte stammen aus Labormessungen mit „bauüblichen“ Nebenwegen oder aus Baumessungen.

5 Nachweis der Schalldämmung am Bau

Anforderungen an den Schallschutz im Vergleich zur Messung am Bau

Durch Messungen in Gebäuden ist der Nachweis zu erbringen, dass die massgebenden Anforderungen erfüllt werden. Im Folgenden wird der Nachweis der Anforderungen im Vergleich mit den Resultaten der Messungen dargestellt.

Nutzungen	Anforderungen an die Luftschalldämmung	Trittschalldämmung
Lärmempfindlichkeit Abhängig von der Nutzung im lärmempfindlichen Raum	gering mittel hoch	gering mittel hoch
Lärmbelastung Abhängig von der Nutzung im Raum der Lärmquelle	klein mässig stark sehr stark	klein mässig stark sehr stark

Berechnung der Anforderungen aufgrund der Lärmsituation und dem Bedürfnis nach Ruhe.	↓	↓
Anforderung SIA 181	D_i (Tab. 4)	L' (Tab. 5)
Anforderung SIA 181	D_i (Tab. 4)	L' (Tab. 5)
Evtl. erhöhte Anforderungen	+ 3 [dB]	- 3 [dB] Neubau bzw. -2 dB Umbau
Spezielle Anforderungen nach Absprache	+ x [dB]	- y [dB]
	↕	↕
Resultat der Messung am Bau	$D_{nT,w}$ [dB]	$L'_{nT,w}$ [dB]
Volumenkorrektur	C_V	C_V
Spektrumsanpassungswert aus der Messung	C	C_l
Summe der Kennwerte aus der der Messung	$D_{i,tot} = D_{nT,w} + C - C_V$ [dB]	$L'_{tot} \leq L'_{nT,w} + C_V + C_l$ [dB]
Ziel erreicht, wenn	$D_{i,tot} \geq D_{i,d}$ [dB]	$L'_{tot} \leq L'_{d}$ [dB]

Abbildung 8 Nachweis des Schallschutzes durch Messung im Gebäude

Damit die Wirklichkeit nicht von der Prognose abweicht ...

Projektierungszuschläge K_P [dB]

Damit die Erwartungen auch langfristig erfüllt werden können, muss der Planer gemäss SIA 181 (2006) Ziffer 4.1.2 einen Projektierungszuschläge K_P [dB] mit einbeziehen. Die zu berücksichtigen Faktoren sind:

- Abweichende Abmessungen gegenüber Laborprüfkörpern ¹⁾
 - Üblicher Bauausführungsqualität
 - Alterungseffekte ¹⁾
 - Ausreichende Ab- und Zuschläge K_F für Flankenübertragungen am Bau ¹⁾
 - Spektrum-Anpassungswerte C, C_{tr}
 - Volumenkorrektur
- ¹⁾ mit den grössten Unsicherheiten

6 Einfluss der Konstruktion

Gebäude aus verschiedenen Baumaterialien (Beton, Stein, Stahl oder Holz) unterscheiden sich durch ihren Klang.

Die Wahrnehmung des Begehens eines Bodens im darunterliegenden Raum, hängt unter anderem von der Art des Bodenbelags und des Schuhwerks ab.

Bei der subjektiven Beurteilung des vorhandenen Trittschallschutzes und des Messergebnisses nach Norm kann es zu Diskrepanzen kommen. Selbst wenn die Mindestanforderungen bzw. der erhöhte Schallschutz eingehalten sind, kann es zu Beanstandungen über unzureichenden Trittschallschutz kommen.

Ursache für die Unterschiede zwischen subjektiv empfundenem Schall und Messergebnis sind einerseits tieffrequente Störgeräusche unterhalb von 100 Hz, die mit der Messung nach Norm nicht mehr erfasst werden, andererseits die Trittschallanregung durch Gehen oder Springen bei leichten Decken erzeugt höhere Trittschallpegel als das bei der Messung anzuwendenden Normhammerwerk.

6.1 Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte lassen sich mit Decken in Holzbauweise durchaus die schalltechnischen Anforderungen an Wohnungstrenndecken erzielen, wenn die physikalischen Bedingungen der Biegesteifigkeit beschwerter Unterlagsboden und der Zweischaligkeit eingehalten werden.

Einflussfaktoren	Auswirkungen	
	Luftschall	Trittschall
Bezugsgrößen (Volumen, Absorption Bestimmung)	± 5 - 10%	± 5 - 10%
Zementunterlagsboden schwimmend auf Trittschalldämmung	+ 0 bis 20 dB	- 10 bis 15 dB
Schallbrücke Unterlagsboden zu Wand	-	- 5 bis 15 dB
Schallbrücke in der Trittschalldämmung	-	- 5 bis 20 dB
Elementierung des Unterlagbodens	-	- 1 bis 4 dB
Heruntergehängte Decken entkoppelt durch Federschienen oder Federbügel	+ 0 bis 6 dB	- 3 bis 25 dB
Entkoppelung durch elastische Auflager der Geschosstrenndecken und der Trennwände	+ 0 bis 3 dB	- 0 bis 10 dB
Rohdeckenbeschwerung (Masseeffekt)	+ 0 bis 5 dB	- 0 bis 15 dB
Bodenbeläge am Beispiel Teppich	-	- 3 bis 10 dB

Quelle [5]

6.2 Tieffrequente Schallübertragungen

Auftretende störende Frequenzen unter 100 Hz (poltern, dröhnen) werden in den Anforderungsnormen nicht erfasst. Trotzdem die normativen Anforderungen (100 bis 3150 Hz) messtechnisch überprüft und eingehalten sind, können Beanstandungen des Schallschutzes eintreten.

Bei der Beurteilung des Schallschutzes muss in der Planung das Gebäude als ganzes erfasst werden. Nur so können zufriedenstellende Resultate auch im tieffrequenten Bereich erzielt werden.

7 Deckenaufbauten – schwimmender Unterlagsboden

Ein entscheidendes Kriterium für den mehrgeschossigen Holzbau ist die Deckenkonstruktion. Neben den Wünschen an die Struktur und die Oberflächenbeschaffenheit sind die Anforderungen an die Tragkonstruktion, den Schall- und den Brandschutz zu lösen. Die Ansprüche an die konstruktiven Bedingungen wie die Anschlüsse an Fassaden, Fenster, an den Raumbedarf für Haustechnik, usw. sollte wenn immer möglich in einer möglichst schlanken Konstruktion vereint werden.

7.1 Einfluss der Flankenübertragung auf die Schallübertragung Vorsatzschalen

Zur Verminderung der Eintragung von Schallenergie in die Baukonstruktion werden Vorsatzkonstruktionen (Vorsatzschalen, Unterdecken, schwimmende Unterlagsböden, Deckenaufleger, usw....) verwendet. Durch eine elastische Ankopplung an die Tragkonstruktion wird diese durch Luftschall oder Trittschall angeregte Oberflächenschwingung nur vermindert in die dahinterliegende Konstruktion eingeleitet. Die zweite Wirkung der Vorsatzschalen besteht darin, dass die Aufnahme und Abstrahlung der Schallenergie von der Schwingungsform der Oberfläche abhängt. Eine Verwendung von "biegeweichen" Vorsatzschalen, bei denen die Koinzidenzgrenzfrequenz besonders hoch ist, hat dadurch den Vorteil, trotz hoher Schnellepegel an der Oberfläche nur geringe Schalldruckpegel im Raum zu erzeugen.

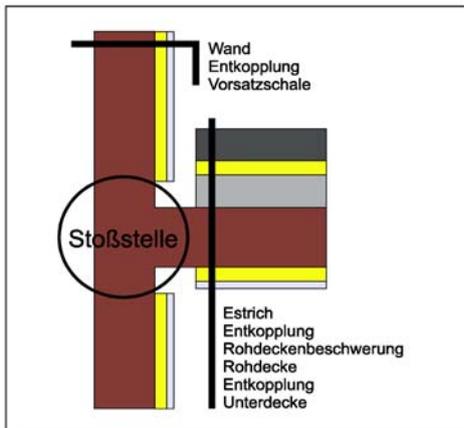


Abbildung 9 Schema einer Tragkonstruktion mit Stossstelle und getrennten Elementen mit Vorsatzschale.

7.2 Uebertragung des Trittschallpegels auf die Wände

Dem Wunsch nach grossen individuell unterteilbaren Wohnungen und fugenlosen Bodenbelägen haben Auswirkungen auf die Bodenkonstruktion. Die gegossenen harten Fliessunterlagsböden können ohne Schwindfugen grossflächig erstellt werden. Die Schalleinleitung in den Unterlagsboden bewirkt eine Längsleitung, die zu einer unerwünschten Schallausbreitung in der eigenen Wohnung führt. Das Risiko der Schallübertragung bei einer Schallbrücke wirkt sich dadurch noch deutlicher aus.

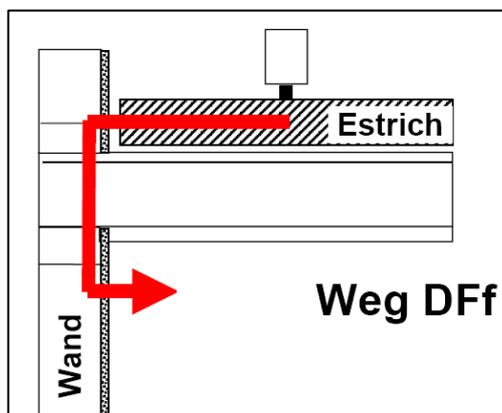


Abbildung 10 Flankenübertragung D_{Ff}

Die Auswirkung des Randstreifens auf die gesamte Schalldämmung hat infolge der guten Schalldämmqualität der Decken an Bedeutung zugenommen.

Die Trennung des Unterlagsboden von der Wand muss mit einem geeigneten Randstellstreifen (min. 10 mm) erreicht werden. Neben dem sicheren Einbau müssen auch allfällige Verformungen der Wand aufgenommen werden können ohne eine Schallbrücke zu bilden.

Wird die Vorsatzschale bis auf die Rohdecke, also vor dem Giessen des Unterlagsboden montiert, ist die Fuge kontrollierbar. Stösst der Randstellstreifen des Unterlagsboden an das Wandelement und wird danach die Vorsatzschale montiert, wird die Trennfuge abgedeckt.

Die Ausführungsqualität der Unterlagsböden ist entscheidend, damit keine Schallbrücken entstehen. Eine Schallbrücke zerstört die geplante und entscheidende Wirkung des Unterlagsbodens. Beim Einbau des Unterlagsbodens ist zur Vermeidung von Körperschallbrücken auf korrekt angeordnete Randstellstreifen und vollflächig abgedeckte Leitungen zu achten. Aussparungen für Leitungsanschlüsse, Lüftungskanäle, usw. die später unbedacht zugeworfen werden in Unkenntnis der Folgen, können den geplanten Schallschutz zu nichte machen.

Der Einleitung von Schallenergie aus Decken in die Wände kann durch Deckenaufleger reduziert werden. Die Wirkungen von derartigen Massnahmen unter den baulichen Gegebenheiten und mit verschiedenen Materialkombinationen sind noch zu wenig erforscht.

Beispiel

Nach der konsequenten Ausbildung der Trennfugen des Unterlagsbodens im Bereich des Randstreifens entlang den Wänden ergaben Messungen gesamthaft eine um 3 dB, lokal bis zu 6 dB, bessere Trittschalldämmung.

7.3 Einfluss von Deckenauflegern

Im Holzbau wird oft auf eine leichte Tragkonstruktion ein schwerer Unterlagsboden gelegt. Auf eine schwere Betondecke wird ein im Verhältnis leichter Unterlagsboden verlegt. Die bekannten Trittschallminderungen ΔL_w für verschiedene Deckenaufleger, gemessen auf Betondecken können, nicht direkt auf den Holzbau übertragen werden.

7.4 Deckenbeschwerung

Ein elementierter Rohdeckenbeschwerung in einer Ausführung mit 50 mm dicken Betonplatten ergibt, bei sonst gleichem Deckenaufbau im Holzbauprüfstand, eine um 8 dB besser bewertete Trittschalldämmung als ein nicht elementierter Zement-Unterlagsboden. Eine deutliche Verbesserung wird im Bereich zwischen 200 und 600 Hz. [4]

Im tiefen Frequenzbereich, dem eigentlichen Schwachpunkt von Holzbalkendecken und Massivholzdecken, lässt sich jedoch keine wesentliche Verbesserung ableiten.

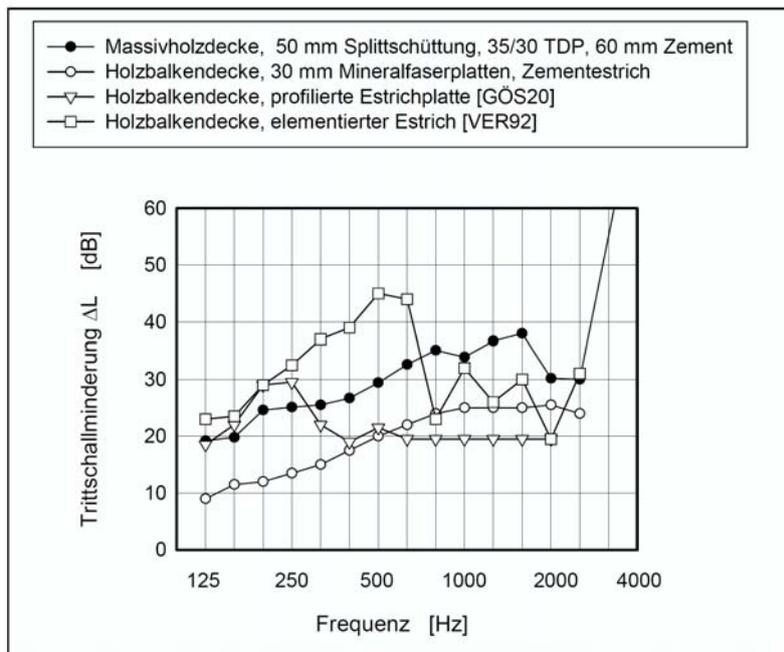


Abbildung 11 Trittschallverminderung durch Beschwerung der Decke [8]

8 Trennwandelemente

Die besten Schalldämmwerte werden durch eine konsequente Trennung erreicht, wie sie meistens bei den Wohnungstrennwänden auch aus brandschutztechnischen Gründen ausgeführt werden.

Der Transport von vorgefertigten Bauteilen bedingt jedoch eine genügende Stabilität der Elemente. Die dazu erforderlichen Verstärkungen in Form einer Randverbindung kann die Schalldämmung jedoch wesentlich beeinflussen. Die Resultate von Labormessungen ergaben die Differenz von 14 dB mit oder ohne Verbindung im Randbereich gemäss Abbildung 12.

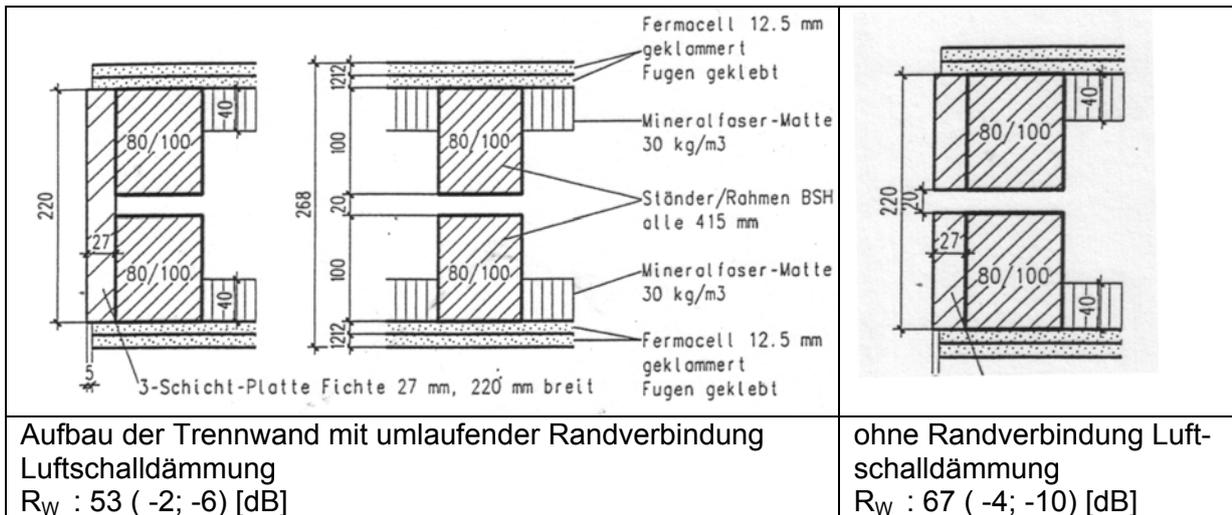


Abbildung 12 Schalldämmung R_W mit und ohne Randverbindung im Labor gemessen.

9 Planungshinweis

Hinweis auf das Vorgehen für die Planung, was unbedingt zu beachten ist:

Projektierungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Konzeptionelles Vorgehen (Schallschutzkonzept) • Detailstudien (An- und Abschlüsse, Durchdringungen usw.) • Klare Darstellung in Plänen und Ausschreibung • Absprache der Anforderungen mit allen Beteiligten • Klare Definition in der Nutzungsvereinbarung festhalten
Ausführungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle von Materialien und Ausführungsqualität durch die Bauleitung vor Ort während allen Bauphasen
Nach Bauvollendung	<ul style="list-style-type: none"> • Nachweis durch Messungen für Luft- und Trittschall • Ergänzungen durch Intensitätsmessungen
Nach Bezug	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Bedarf: detaillierte Luft- und Trittschallmessungen, verbunden mit Nahschallmessungen und weiteren Messverfahren

Abbildung 13 Schmid, M.; Holzzeitung 9/07; Weitere Planungshinweise siehe Norm SIA 181 Anhang D [1]

Prognose entspricht nicht dem Resultat

Die in den Prognosen vorausgesagten Werte werden nicht erreicht, könnten folgende Gründe haben:

- Ungewisse Qualitätserwartung aufgrund fehlender oder mangelhafter Vertragsgrundlagen.
- Kein Schallschutznachweis oder fehlerhafte Nachweise.
- Schalltechnisch ungünstige Grundrissplanungen.
- Unklare Anforderungen an die Güte der zu verwendenden Materialien aufgrund von fehlerhaften Ausschreibungen.
- Produktmodifikationen werden ungenügend beachtet.
- Verwendung falscher Produkte (Rohdichte, Dicke).
- Fehlinterpretationen der normativen Anforderungen.
- Ausführungsfehler.

Fazit

Die Bauten werden immer vielfältiger genutzt. Die Ansprüche der Benutzer zur Erhaltung der Lebens- und Arbeitsqualität steigen auch im Bereich des Schallschutzes. Die daraus entstehenden Anforderungen können auch im Holzbau gelöst werden. Bauten bei denen sowohl Brand- und Schallschutz eine hohe Priorität beigemessen wird, verfügen auch in Zukunft über einen höheren Wert.

Die Wirkung des Schallschutzes erfährt der Benutzer mit der Nutzung der Räume. Die bei der Projektierung festgelegte Prognose wird zur Wirklichkeit. Eine nachträgliche Korrektur erfordert neben vielen Unannehmlichkeiten auch oft hohe Kosten.

Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 181-2006; Schallschutz im Hochbau, SIA Zürich 2006
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA Dokumentation D0189 Bauteildokumentation Schallschutz im Holzbau, SIA Zürich 2005, ISBN 3-908483-55-7 Bauteilkatalog

Forschungsberichte und Publikationen

- [3] Kühn + Blickle; Trittschalldämmung und Gehgeräusche-Immissionen von Geschossdecken aus Holz; Schweizer Holzbau, Heft 7/2004
- [4] GOESELE, K.; Trittschallübertragung bei Holzbalkendecken über Wände, Ernst & Sohn Verlag, Bauphysik 25 (2003)
- [5] Lignum Zürich; Lignatec Schallschutz Decken (in Vorbereitung)