



Schallschutz im Holzbau

Subjektive Wahrnehmung

Olin Bartlomé

Dipl. Ing. (FH)

Projektleiter Technik

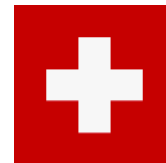
Lignum

olin.bartlome@lignum.ch

Ausgangslage | Situation in Europa

- Was war der Trend in den letzten Jahren in vielen europäischen Ländern?







«Apartment Building», Trondheim (N), 2007



«Casa Montarina», Lugano (2008)



«Murray Grove», London (UK), 2009





«Hotel Ammerwald», Reutte (A), 2009





«Badenerstrasse 380», Zürich (CH), 2010





«Bridport House», London (UK), 2011





«LifeCycle Tower», Dornbirn (A), 2012





«Grünmatt», Zürich (2010 – 2014)



«Sihlbogen», Zürich (CH), 2011 – 2013



Ausgangslage | Situation in Europa

- Zunahme der verdichteten Bauweise
 - Weniger EFH, zunehmend mehrgeschossige Gebäude (hauptsächlich 6-8 Stockwerke)
 - Holzgebäude im städtischen Umfeld (Zürich, London, Wien *et al.*)

- Einfamilienhäuser
 - 2003: € 2,25 Mia.; 2011: € 2,39 Mia.
 - Anteil Holz 2003: ca. 18,5 %, Anteil Holz 2011: ca. 20 %
- Mehrgeschossige Gebäude
 - 2003: € 2,35 Mia.; 2011: € 4,5 Mia.
 - Anteil Holz 2003: 0 %; Anteil Holz 2008: 6,8%



- ›Erhöhte‹ Anforderungen der Bewohner bezüglich des Komforts
- Strengere Normen, z.B. Norm SIA 181 ›Schallschutz im Hochbau‹

Quelle: Baublatt Nr. 45, 2011 und BAFU – BFH, Holzverbrauch Schweiz 2012

Ausgangslage | Ziel der akustischen Gestaltung

- Geeignete Bedingungen für die Nutzer schaffen
 - Luftschalldämmung gegenüber Innen- und Aussengeräuschen
 - Trittschall- und Körperschalldämmung
 - Schallabsorption (Raumakustik)

Ausgangslage | Warum Schallschutz?

- Populäre Einschätzung:

«Lärm stört nicht und man kann sich daran gewöhnen»

- Schliesst mögliche langfristige gesundheitliche Beeinträchtigung nicht aus (BAFU)
- Körperliche Veränderungen treten auf, ohne dass diese bewusst wahrgenommen werden (WHO)

Ausgangslage | Warum Schallschutz?



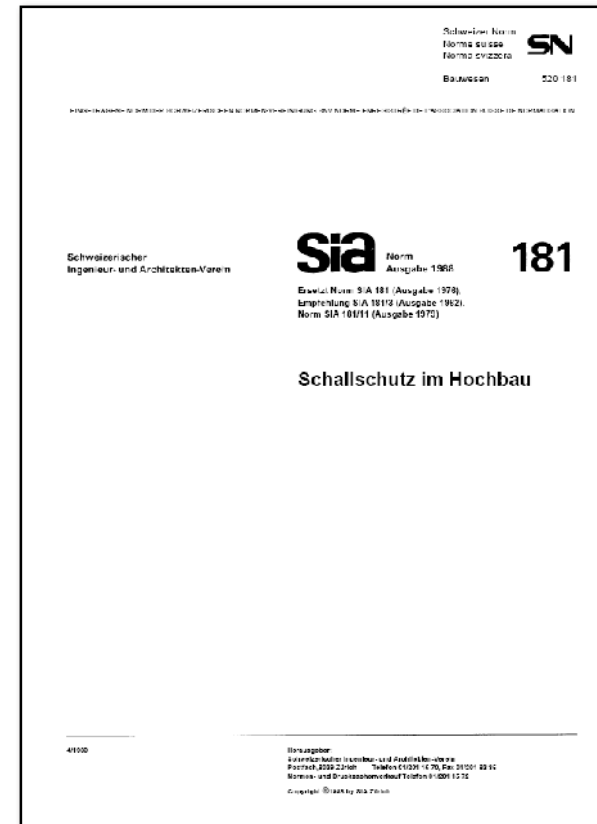
- Lärmschutz grösstenteils noch immer ungenügend
 - 16 % aller Schweizer/innen sind täglich schädlichem Lärm ausgesetzt (1,3 Mio. Menschen)
 - 64 % aller Schweizer/innen haben subjektiv den Eindruck, sich durch Lärm gestört zu fühlen

Quelle: BAFU (2009)

Subjektive Wahrnehmung

Subjektive Wahrnehmung

- Schallschutztechnischen Anforderungen sind normativ geregelt
 - Zwischen Räumen und gegen Aussenlärm
 - In der Schweiz in der SIA 181; in Deutschland in der DIN 4109 etc.



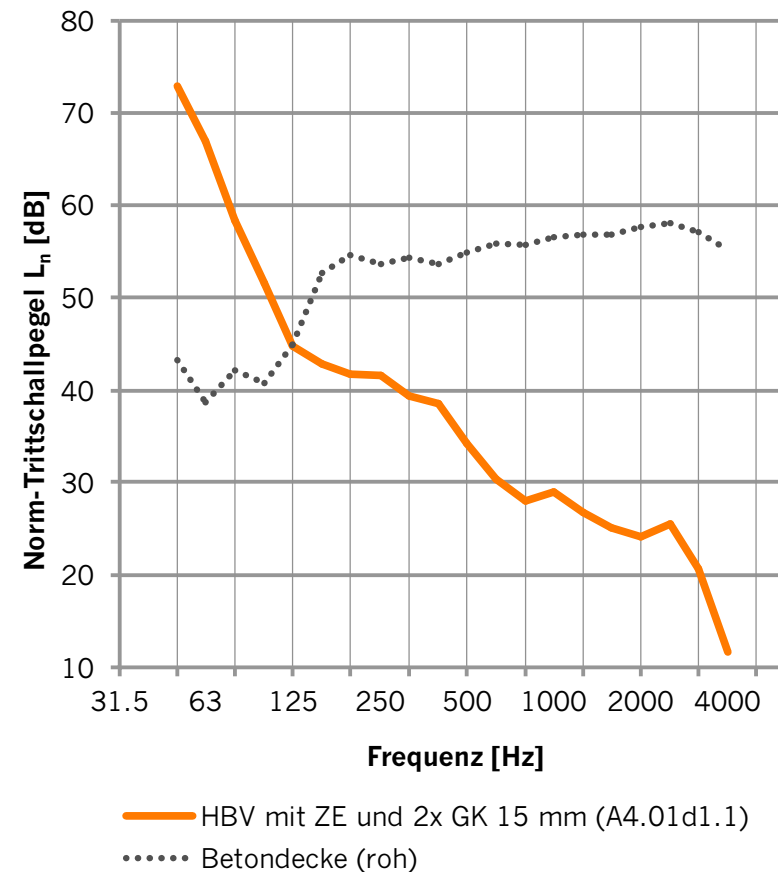
Subjektive Wahrnehmung

- Daneben bestehen bewohnerbedingte Anforderungen
 - Basieren auf dem subjektiven Empfinden der Menschen
 - Führen bei konventionellen Holzdecken häufig zu Reklamation
→ i.d.R. bei erfüllten Normwerten (!)
 - Gemäss Umfragen und der Anzahl Reklamationen ist der störendste Lärm die Trittschallübertragung aus fremden Wohnbereichen
 - Der bemägelte «dumpfer Lärm» wird im darüber liegenden Stockwerk durch Schritte, aber auch durch herumrennende Kinder oder Stühlerücken verursacht
 - Dumpfer Lärm wird auch als Dröhnen bezeichnet → tieffrequente Geräusche
- Wo liegt der Haken?

Quelle: Burkhart, C. (2002) und Hagberg, K.; Persson, T.; Höök, M. (2009)

Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

- Unterschied Massiv- und Leichtbauweise
 - Schallübertragung bei hohen Frequenzen beim Massivbau i.d.R. ausgeprägter
 - Schallübertragung bei tiefen Frequenzen bei Leichtbaukonstruktionen i.d.R. stärker



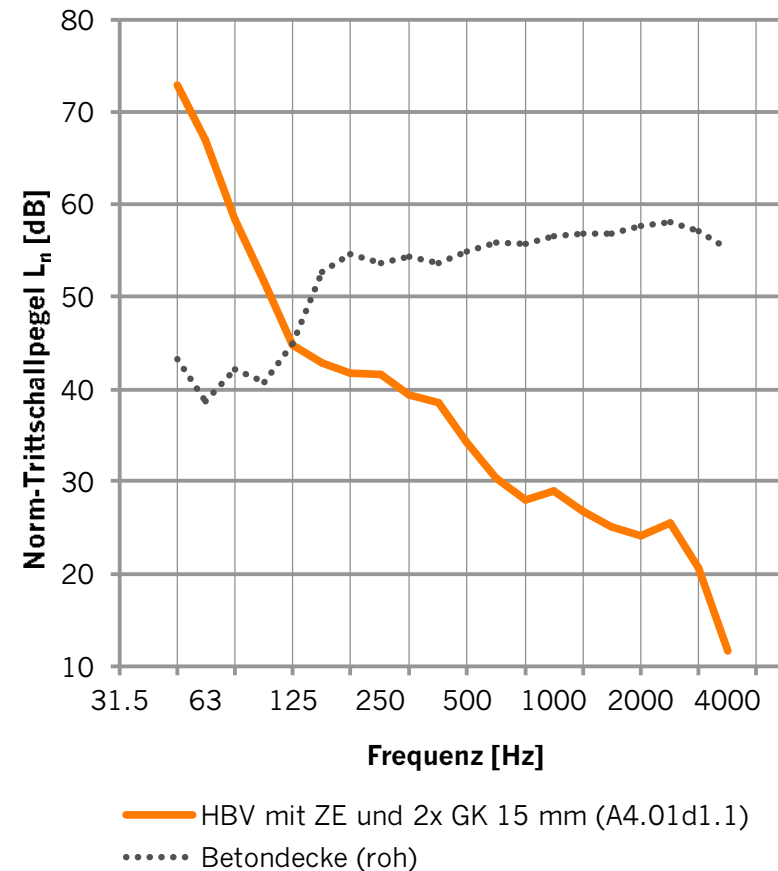
Quelle: Bartlomé, O. (2012)

Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

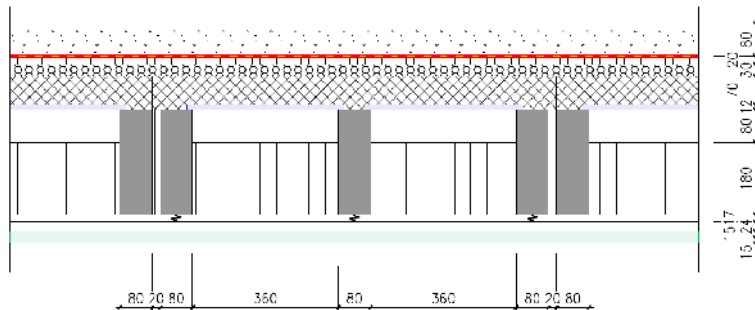
- Unterschied Massiv- und Leichtbauweise
 - Normativer Bereich: 100 – 3150 Hz
 - Mensch hört aber ab 16...21 Hz
 - Frequenzen < 100 Hz werden wahrgenommen → kann zu Reklamationen der Bewohner führen

Decke	$L_{n,w}$	$C_{1,100-2500}$	$C_{1,50-2500}$
HBV mit ZE und 2x GK 15 mm (01d1.1)	38 dB	0 dB	21 dB
Betondecke	63 dB	-19 dB	-11 dB

Quelle: Bartlomé, O. (2012)



Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

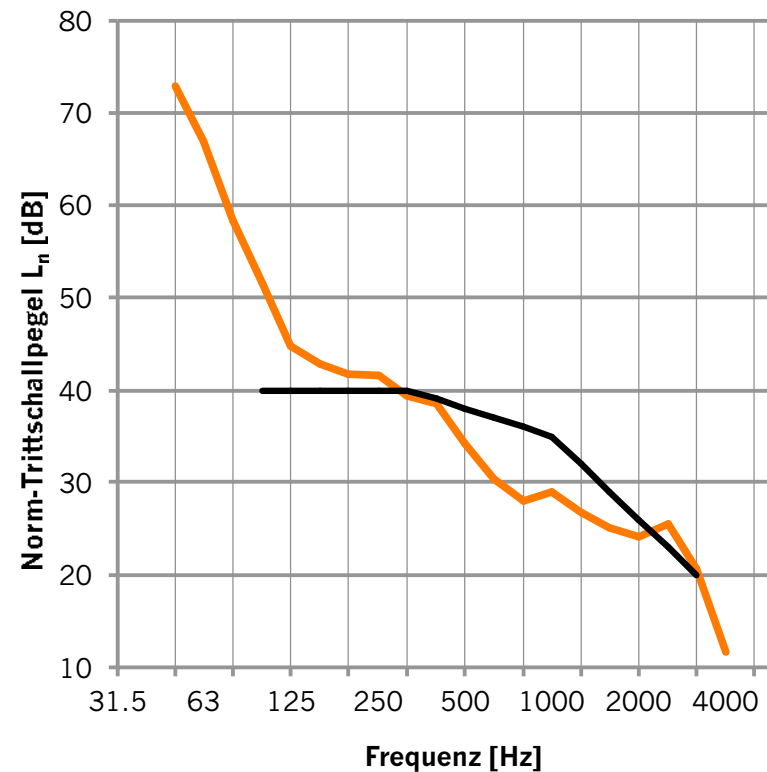


Deckenaufbau:

- Zementestrich 80 mm
- Abdichtungsfolie
- Trittschalldämmung: Mineralfaser 20 mm, $s' = 9 \text{ MN/m}^3$, auf gewalktem EPS 30 mm, $s' < 15 \text{ MN/m}^3$
- HBV-Träger mit Betonplatte 70 mm, OSB-Platte 12 mm, Vollholz-Steg 80/260 mm
- Elementstöße nach der Montage ausgestopft und vergossen
- Hohlraumbedämpfung: Mineralfaser 180 mm, $r = 6.6 \text{ kPa s/m}^2$
- Abhängesystem 17 mm mit Lattung 24/48 mm, $e = 500 \text{ mm}$:
 - Ampack Ampaphon Z 600 (Dinaphon), $e = 440$ bzw. 540 mm
- Bewegliche Vorsatzschale: Hartgipsplatte (DFH2IR) nach EN 520, $2 \times 15 \text{ mm}$, $2 \times 15.5 \text{ kg/m}^2$

Decke	$L_{n,w}$	$L_{n,w} + C_{1,100-2500}$	$L_{n,w} + C_{1,50-2500}$
HBV mit ZE und 2x GK 15 mm (O1d1.1)	38 dB	38 dB	59 dB

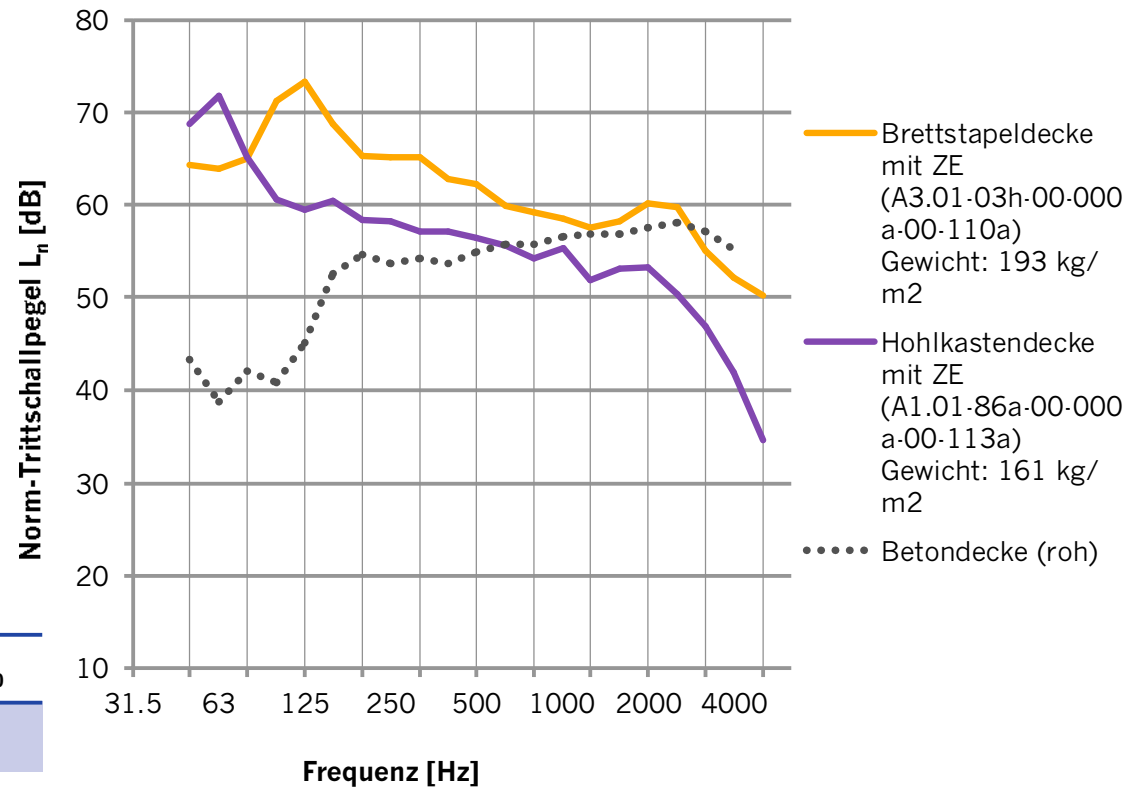
Quelle: Bartlomé, O. (2011)



- HBV mit ZE und 2x GK 15 mm (A4.01d1.1)
- Bezugskurve

Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

- Konstruktionsweisen
 - Hohlkastenkonstruktionen
 - Massivholzkonstruktionen



Decke	$L_{n,w}$	$C_{1,50-2500}$
Hohlkasten mit ZE	58 dB	2 dB
Brettstapel mit ZE	67 dB	-4 dB

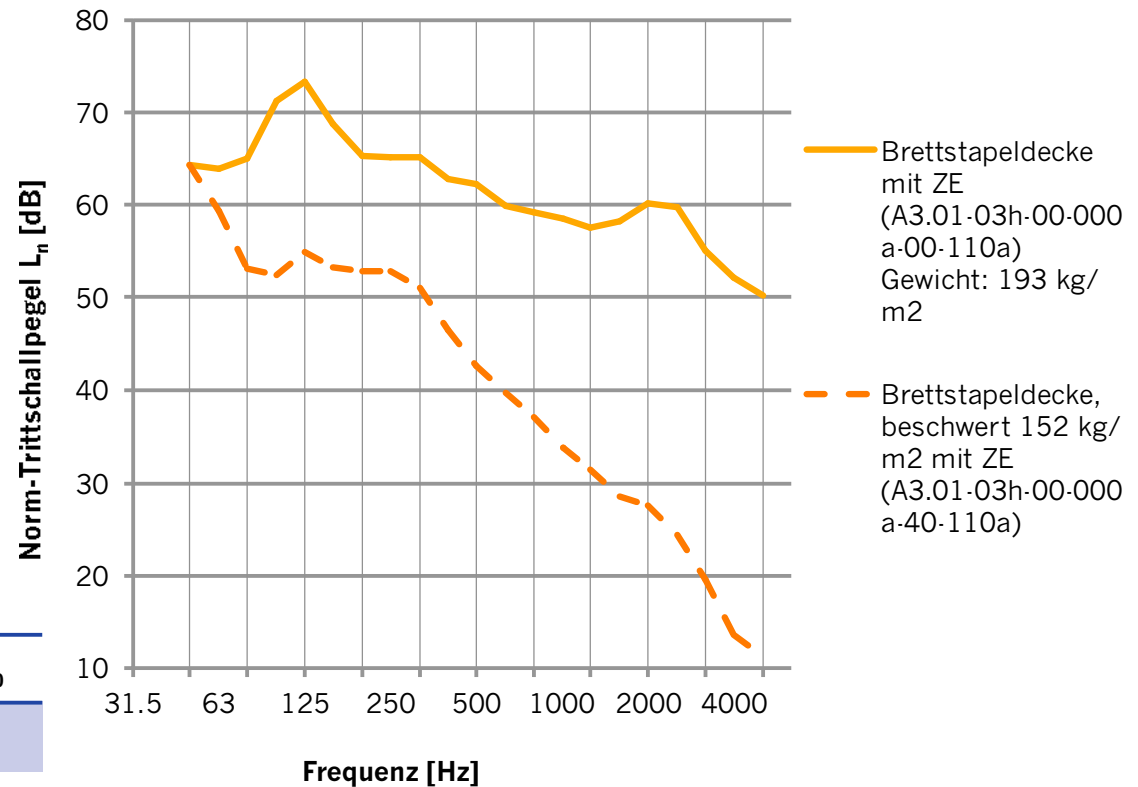
Quelle: Bartlomé, O. (2012)

Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

- Konstruktionsweisen
 - Beschwerung (Brettstapel)

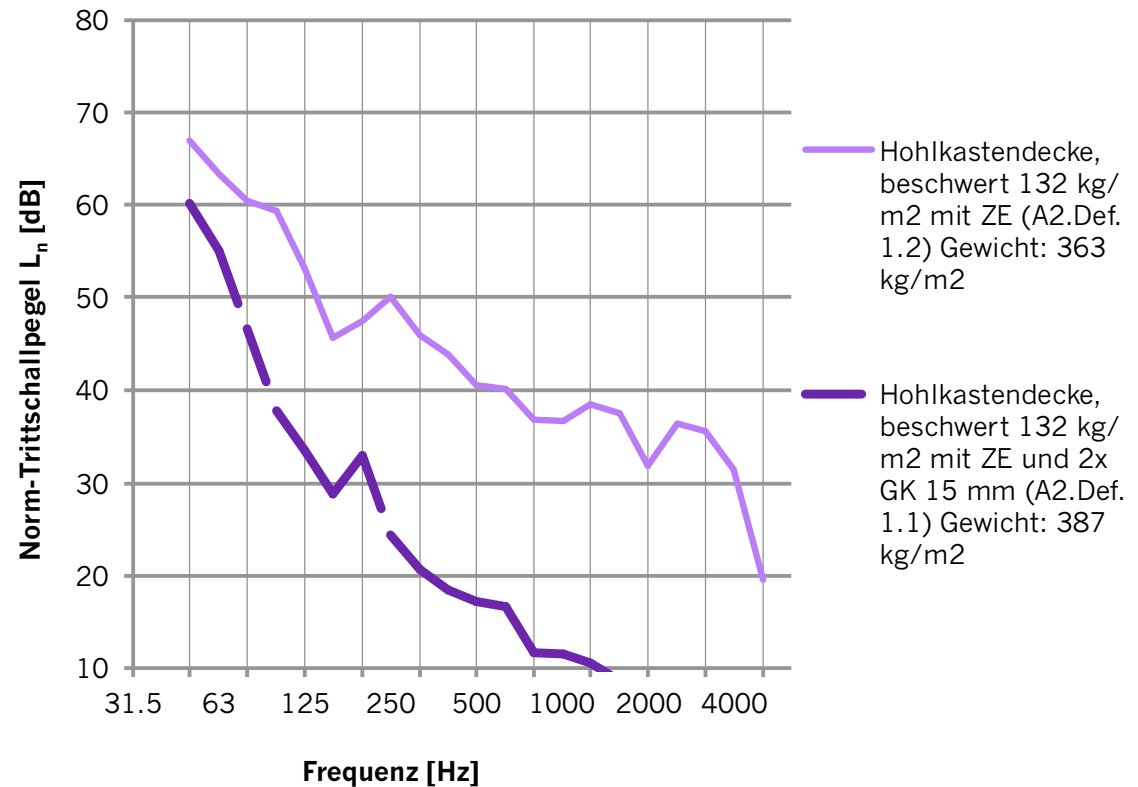
Decke	$L_{n,w}$	$C_{1,50-2500}$
Brettstapel mit ZE	67dB	-4 dB
Brettstapel, beschwert mit ZE	46 dB	6 dB

Quelle: Bartlomé, O. (2012)



Subjektive Wahrnehmung | Bauweise

- Konstruktionsweisen
 - Bekleidung (Hohlkasten)



Quelle: Bartlomé, O. (2012)

F&E

- Was sind die aktuellen Schwerpunktthemen bei der Forschung und Entwicklung in Europa?
 - Einerseits natürlich die subjektive Wahrnehmung...

F&E | Subjektive Wahrnehmung

- Ermittlung von schallschutztechnisch relevanten Kennwerten
- Entwicklung von holzbautechnisch optimalen Bauteilen und Gebäuden
 - Detaillösungen < 100 Hz
 - Optimierung der spektraler Anpassungswerte
- Exakte Nachweismöglichkeiten des Schalldämmvermögens von Holzkonstruktionen
- Bereitstellung von Anwendungshilfen für die Planung und Ausführung
 - Bauteilkatalog
 - Normung

F&E | Subjektive Wahrnehmung

- Gemeinsam mit Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP
- IBP und Lignum sind Partner des europäischen WoodWisdom-Net Forschungsprojektes «AcuWood»
 - Gemeinsam mit Schweden, Deutschland und Finland
 - Vorteile:
 - Grössere Datenbasis
 - Analyse der Hörversuche deutlich umfangreicher → Ergebnisse statistisch besser abgesichert
 - Nationale Besonderheiten können verglichen werden
- Massgebliche finanzielle Unterstützung durch Bundesamt für Wohnungswesen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Wohnungswesen BWO
Office fédéral du logement OFL
Ufficio federale delle abitazioni UFAB

F&E | Subjektive Wahrnehmung

- Arbeitsschritte
 - Literatur- und Produkte-Recherche
 - Voruntersuchung im Labor in Stuttgart:
 - Holzbalken-Normdecke; derselben Decke mit bauüblichem schwimmenden Trockenestrich und dieser Decke mit abgehängter Unterdecke
 - Alle drei Deckenvarianten wurden mit bauüblichen Deckenauflagen untersucht (Laminat, Parkett, Fliesen und Teppich)
 - Dieselben Untersuchungen an Betondecke
→ um Referenz und Vergleich zum Massivbau herstellen zu können

F&E | Subjektive Wahrnehmung

■ Arbeitsschritte

■ Fragebogen und Objektliste

- Objektliste mit ca. 250 Mehrgeschosser (≥ 3 Stockwerke)
- An ca. 1550 – 1600 Parteien verteilt (Deutschschweiz)
- 308 ausgefüllte Fragebögen (ca. 20 % Rücklauf!)
- 76 in Deutschland



Danke!

Sehr geehrte Bewohnerin und sehr geehrter Bewohner,
Sehr geehrte Gebäudenutzerin und sehr geehrter Gebäudenutzer,

Wie wir es Ihnen vor ein paar Wochen mitgeteilt haben, wollen wir, dass klimaschonende und energieeffiziente Holzgebäude weiter an Terrain gewinnen. Dazu untersuchen wir gemeinsam mit dem Bundesamt für Wohnungswesen BWO und dem Fraunhofer Institut IBP die Qualität von solchen Gebäuden.

Als EigentümerIn, MieterIn oder NutzerIn eines Gebäudes in Holzbauweise ist uns Ihre Meinung dazu sehr wichtig. Wir sagen deshalb Danke, dass Sie sich Zeit genommen haben, an der Umfrage teilzunehmen.

Falls Sie noch nicht dazu gekommen sind an der Umfrage teilzunehmen, würden wir uns freuen, wenn Sie sich kurz Zeit nehmen und Ihre Einschätzung zur Lebensqualität etc. unter dem Link abgeben:

<http://goo.gl/tuw4n>

Das Beantworten der Fragen dauert nicht mehr als 15 Minuten und Ihre Antworten werden vertraulich behandelt. Die Ergebnisse und Ihre Daten werden nur für diese Forschungsarbeit und keinen anderen Zweck verwendet.

Wenn Sie Fragen haben oder Hilfe beim Bearbeiten des Fragebogens benötigen, dann wenden Sie sich bitte an:

Olin Bartlomé	Dr. Andreas Liebl
Telefon: +41 44 267 47 77	Telefon: +49 711 970 3442
E-Mail: olin.bartlome@lignum.ch	E-Mail: andreas.liebl@ibp.fraunhofer.de

Ganz herzlichen Dank fürs Mitmachen!

Als Dankeschön für Ihre Bemühungen verlosen wir zehn EvoWood 17 Taschenmesser mit schönem Nussbaumgriff von Wenger im Wert von CHF 56,- unter allen Teilnehmenden.



F&E | Subjektive Wahrnehmung

- Durchführung von Messungen und Aufnahmen bei 4 Bauten:
 - Beschwerte Rippendecke ohne untere Beplankung mit Hohlraumbedämpfung-Teilfüllung
→ Objekt Giesserei der Gesewo, Winterthur
 - Massivholz-HBV mit schwimmendem Estrich
→ Objekt Grünmatt der FGZ, Zürich
 - Massivholz mit wenig Beschwerung
(mit Bitumen aufgeklebten Gartenplatten)
→ Objekt MFH Diener, Küssnacht am Rigi
 - Hohlkasten mit Beschwerung
→ Objekt Seminarstrasse 25, Bern

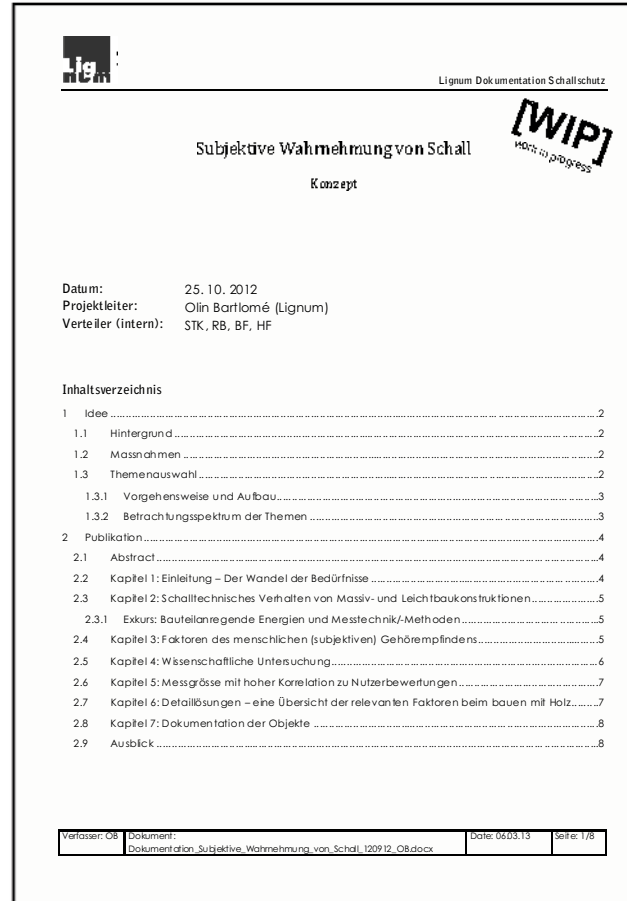


F&E | Subjektive Wahrnehmung

- Vorbereitung und Durchführung von Hörversuchen
 - Durch die Berücksichtigung verschiedenen Messobjekte, Deckenkonstruktionen und Methoden der Anregung entstanden 125 Signale
 - Diese Aufnahmen wurden einer Probandengruppe zur Beurteilung unter Laborbedingungen in Stuttgart präsentiert

F&E | Subjektive Wahrnehmung

- In Bearbeitung:
 - Auswertung der Hörversuche
 - Festlegung einer Messgrösse mit hoher Korrelation zu Nutzerbewertungen sowie eines Vorschlags von abgestuften Anforderungen an diese Grösse
 - Lignum Dokumentation:
Um die Resultate der Studie bekannt zu machen, ist gemeinsam mit designierten Autoren ein Konzept für eine Lignum-Publikation erarbeitet worden



Lignum Lignum Dokumentation Schallschutz

Subjektive Wahrnehmung von Schall
Konzept

[WIP]
work in progress

Datum: 25. 10. 2012
Projektleiter: Olin Bartlomé (Lignum)
Verteiler (intern): STK, RB, BF, HF

Inhaltsverzeichnis

1	Idee	2
1.1	Hintergrund	2
1.2	Massnahmen	2
1.3	Themenauswahl	2
1.3.1	Vorgehensweise und Aufbau	3
1.3.2	Betrachtungsspektrum der Themen	3
2	Publikation	4
2.1	Abstract	4
2.2	Kapitel 1: Einleitung – Der Wandel der Bedürfnisse	4
2.3	Kapitel 2: Schalltechnisches Verhalten von Massiv- und Leichtbaukonstruktionen	5
2.3.1	Exkurs: Bauteilanziehende Energien und Messtechnik-/Methoden	5
2.4	Kapitel 3: Faktoren des menschlichen (subjektiven) Gehörempfindens	5
2.5	Kapitel 4: Wissenschaftliche Untersuchung	6
2.6	Kapitel 5: Messgrösse mit hoher Korrelation zu Nutzerbewertungen	7
2.7	Kapitel 6: Detaillösungen – eine Übersicht der relevanten Faktoren beim bauen mit Holz	7
2.8	Kapitel 7: Dokumentation der Objekte	8
2.9	Ausblick	8

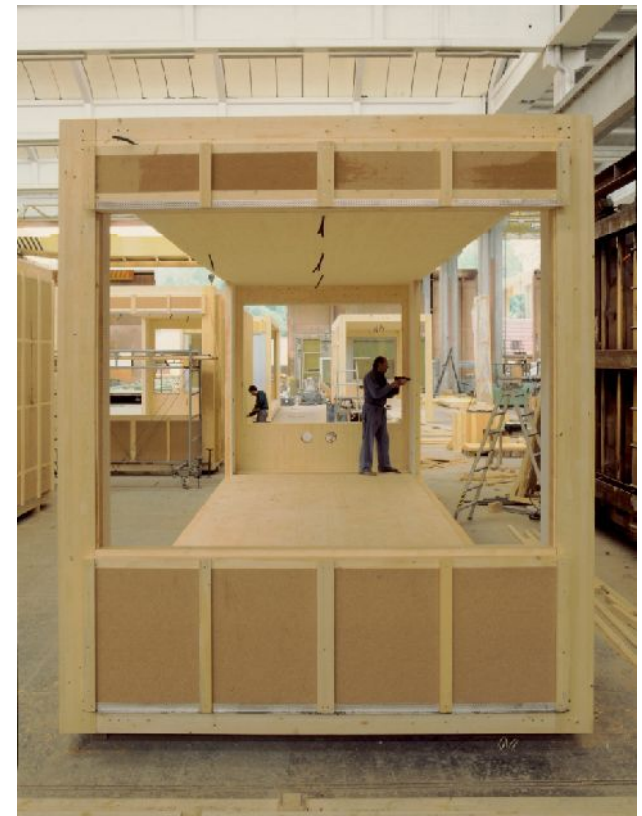
Verfasser: OB Dokument: Dokumentation Subjektive Wahrnehmung von Schall I20912_OB.docx Date: 06.03.13 Seite: 1/8

Massnahmen

- Welche Massnahmen müssen ergriffen werden, um beim Leichtbau gute Resultate bei tiefen Frequenzen zu erreichen?

Massnahmen | Allgemein

- Qualitätssicherung
 - Moderner Holzbau hat per se nur sehr geringe Fehlerquellen und höchste Massgenauigkeit etc.
 - Indoor-Fabrikation: Elementbau
→ Varianten: Volumenelemente (Modulbau), flache Elemente
- Designteam
 - Spezialisten/Akustiker
 - Wissen zu System
 - ‹Gesunder Menschenverstand› = trügerische Hilfe
 - Schallschutz ist interdisziplinär



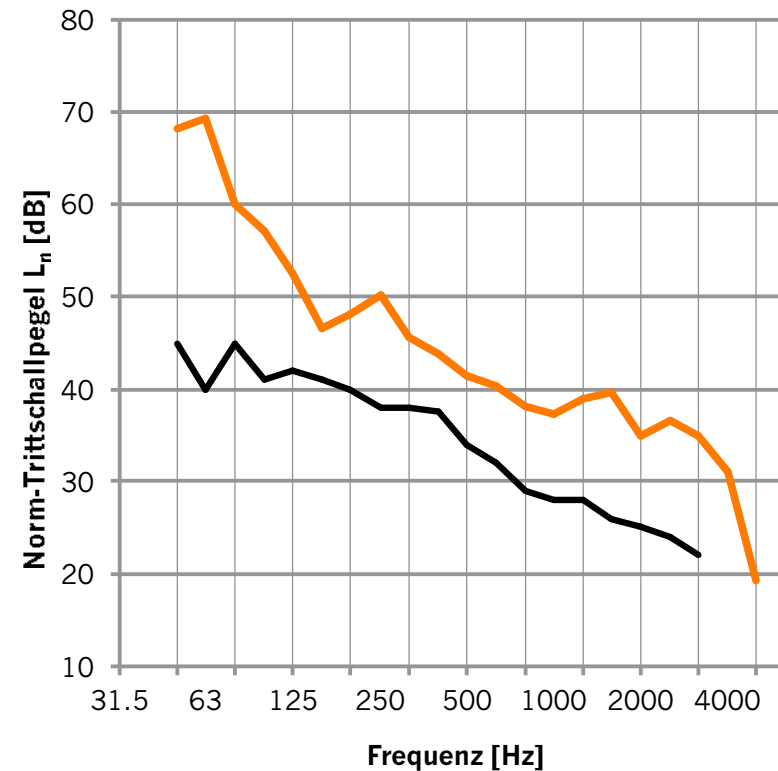
Massnahmen | Decken

Massnahmen | Decken

- Wie bekommt man gute Werte?
- Mehr Masse = Status futururus?
- Resonanzfrequenzen?

Decke	$L_{n,w}$	$C_{1,100-2500}$	$C_{1,50-2500}$
HBV mit ZE und 2x GK 12,5 mm (01d1.1)	38 dB	0 dB	21 dB
Optimierte. Holzdecke	35 dB	-2 dB	2 dB

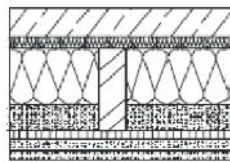
Quelle: Bartlomé, O. (2012)



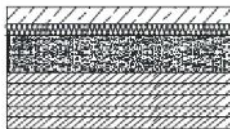
— Hohlkastendecke mit ZE
(A1.01-86a-00-000a-00-113a)

Massnahmen | Decken

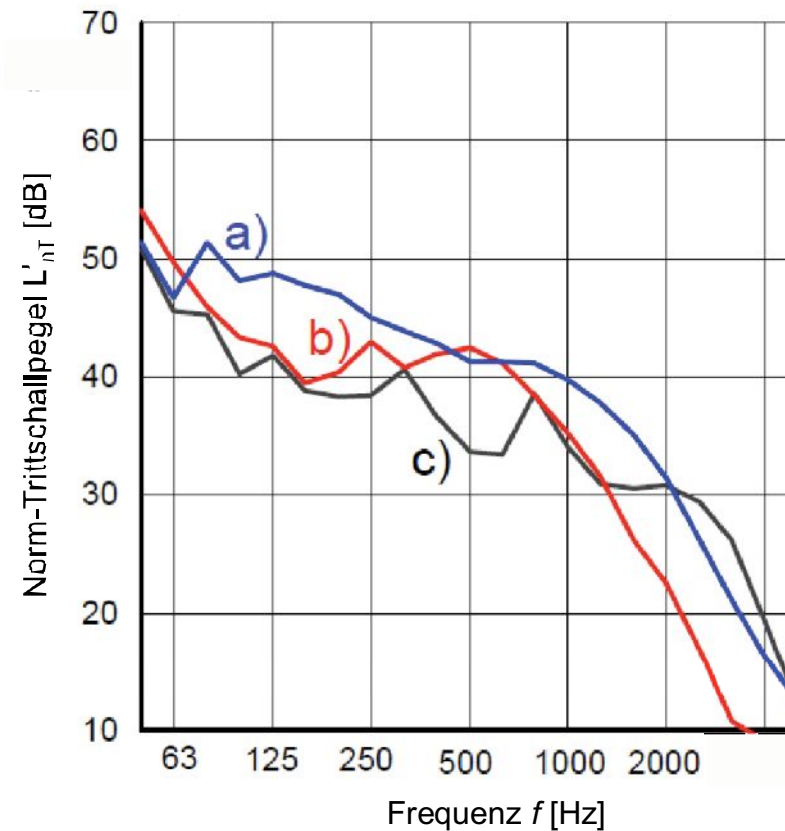
a) Zementestrich auf
Mineralfaser-TSD,
Holzbalkendecke
beschwert mit 80 mm Splitt:
 $L_{n,w} + C_{1,50-2500} = 44 \text{ dB}$



b) Zementestrich auf
Mineralfaser-TSD,
Massivholzdecke
beschwert mit 100 mm Splitt:
 $L_{n,w} + C_{1,50-2500} = 42 \text{ dB}$



c) Zementestrich auf
Mineralfaser-TSD,
Betondecke:
 $L_{n,w} + C_{1,50-2500} = 40 \text{ dB}$



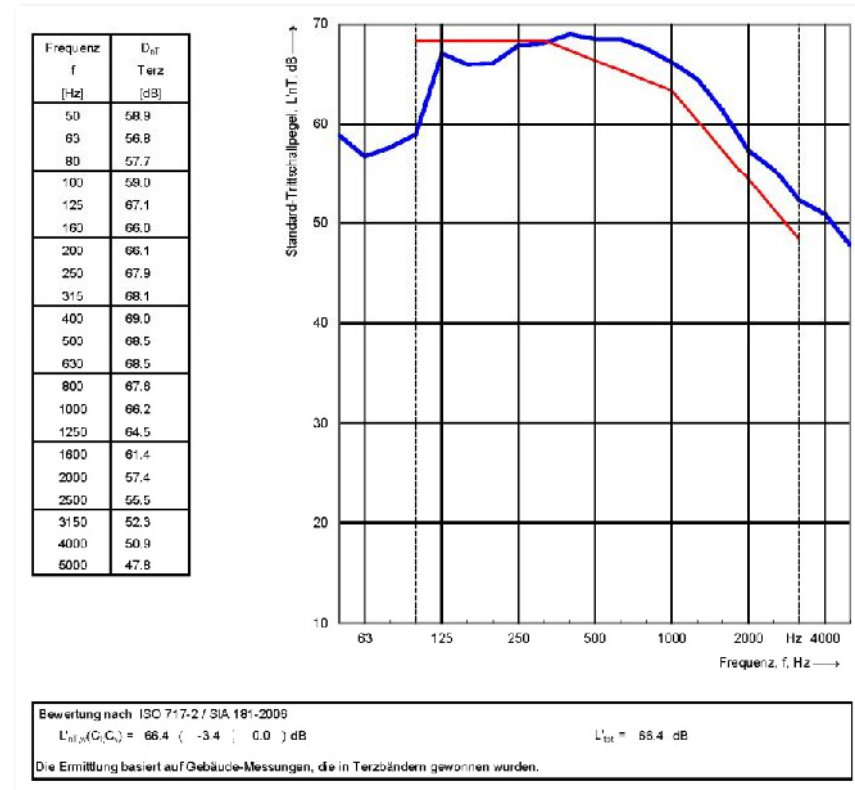
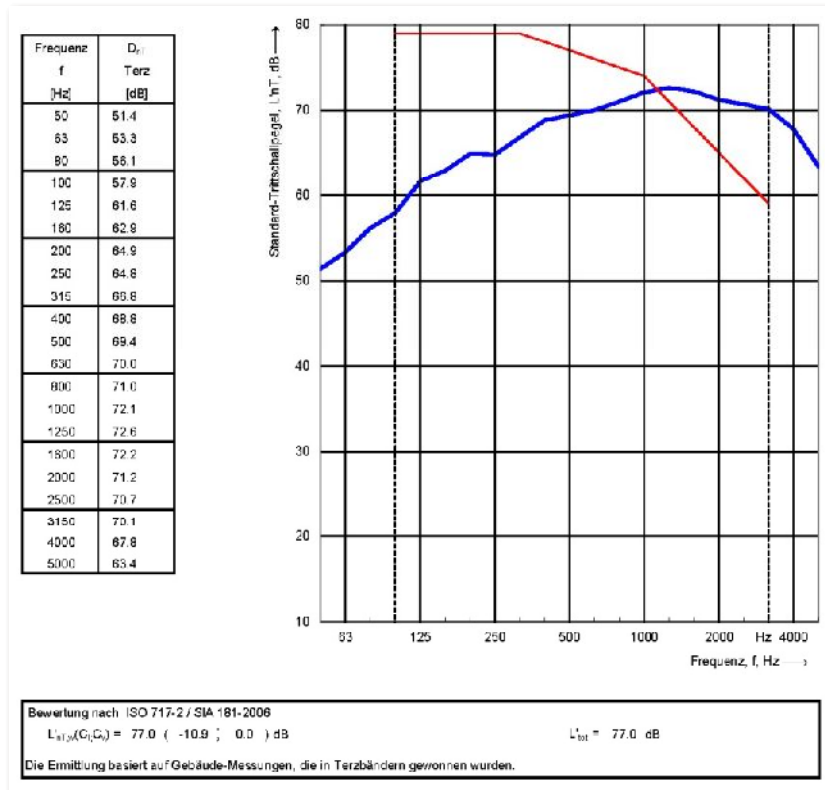
Quelle: Rabold, A.; Düster; Hessinger, J.; Rank, E. (2009)

Massnahmen | Decken

- Resonanzfrequenz f_0
 - Eigenschaft des Masse-Feder-Systems
 - Wichtigste Grösse bei der Dimensionierung des Fussbodenaufbaus
 - Speziell bei Massivholzdecken hat sie einen signifikanten Einfluss, weil der Fussbodenaufbau das einzige Masse-Feder-System bildet
 - bei Holzbalkendecken etc. bilden sich durch die Hohlräume Resonanzen und damit weitere Masse-Feder-Systeme
- Fussbodenaufbau = Tiefpassfilter
 - Oberhalb der Resonanzfrequenz f_0
 - Im Bereich der Resonanzfrequenz f_0 und darunter lässt der Filter die Signale ungehindert passieren
 - Im ungünstigsten Fall ist mit einer Verstärkung der übertragenen Signale in der Grössenordnung von 10 bis 15 dB zu rechnen
 - Tritt dann ein, wenn die inneren Körperschallverluste bzw. Reibung im Dämmmaterial klein sind

Massnahmen | Decken

- Beispiel Hourdisdecke (Hohlkörperdecke)



Massnahmen | Decken

- Beispiel Hourdisdecke

$$f_0 = 160 * \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Eichenparkett	Dicke		17 mm	
	Masse		10 kg	
Trockenestrich (Fermacell)	Dicke	2x 20 mm	2x 15 mm	2x 12,5 mm
	Masse	46 kg	35 kg	28,5 kg
Trittschalldämmung	Dicke		12/10 mm	
	Dynamische Steifigkeit		16 MN/m ³	
Resonanzfrequenz f_0		86 Hz	95 Hz	103 Hz

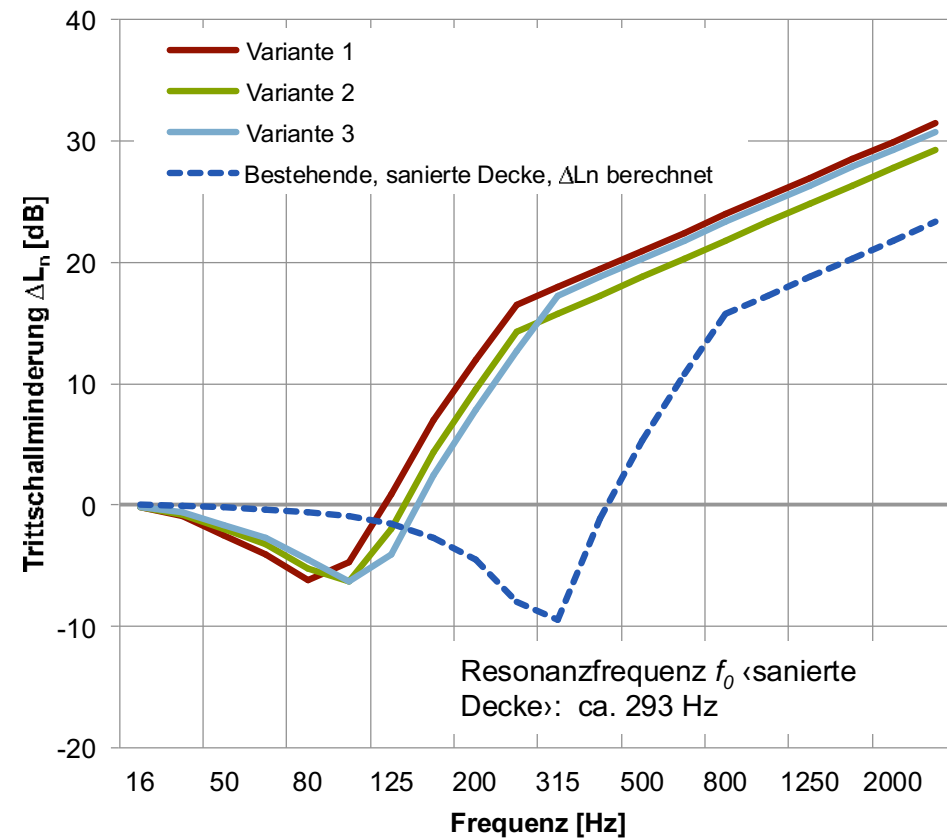
Massnahmen | Decken

■ Beispiel Hourdisdecke

$$\Delta L_n = 10 \lg \frac{\left[1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^2 + d}{1 + d} \text{ [dB]}$$

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Eichenparkett		17 mm 10 kg	
Trockenestrich (Fermacell)	2x 20 mm 46 kg	2x 15 kg 35 kg	2x 12,5 mm 28,5 kg
TS-Dämmung		12/10 mm 16 MN/m ³	
Resonanzfrequenz f_0	86 Hz	95 Hz	103 Hz

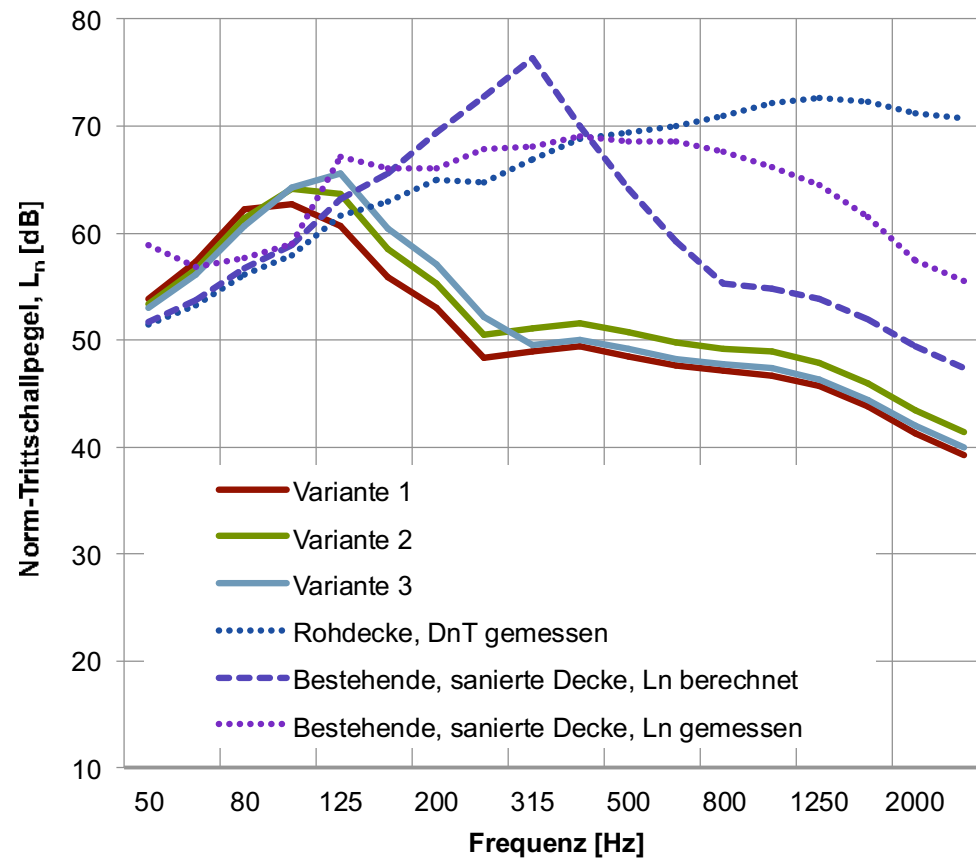
Quelle: Bartlomé, O. (2012)



Massnahmen | Decken

■ Beispiel Hourdisdecke

	$L_{n,w} (C_{150-2500})$
Variante 1	52 (1) dB
Variante 2	54 (0) dB
Variante 3	54 (1) dB
Bestehend	65 (2) dB

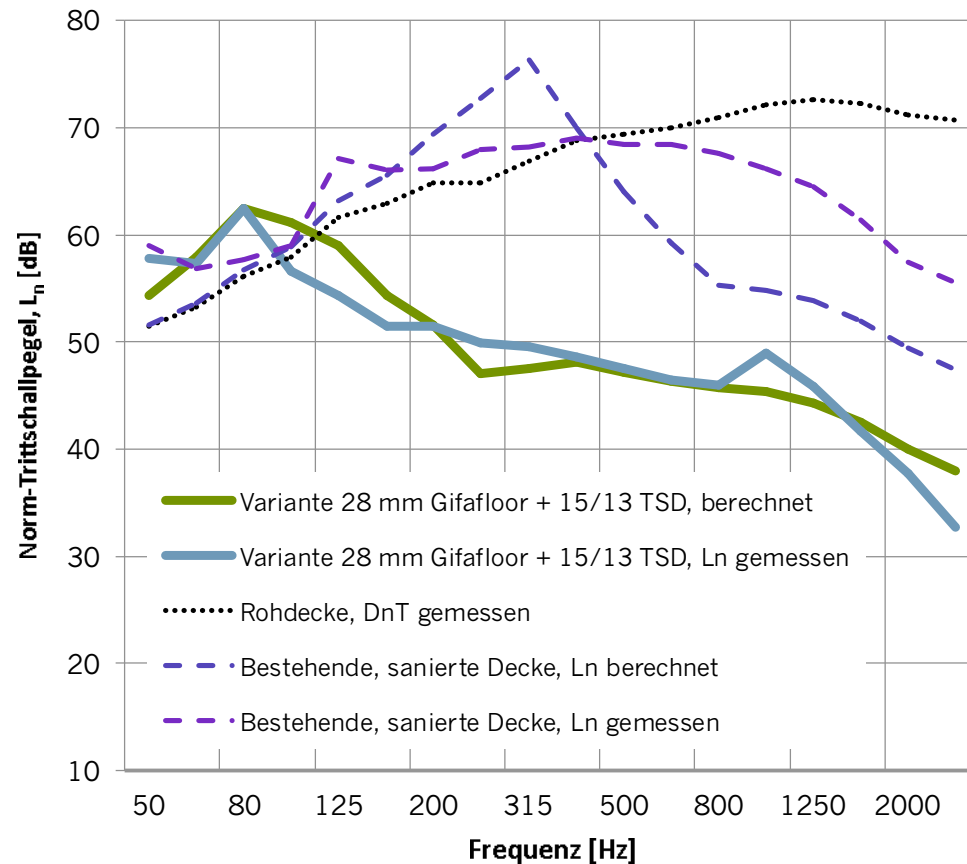


Quelle: Bartlomé, O. (2012)

Massnahmen | Decken

- Beispiel Hourdisdecke
 - Schliesslich durchgeführte Sanierung

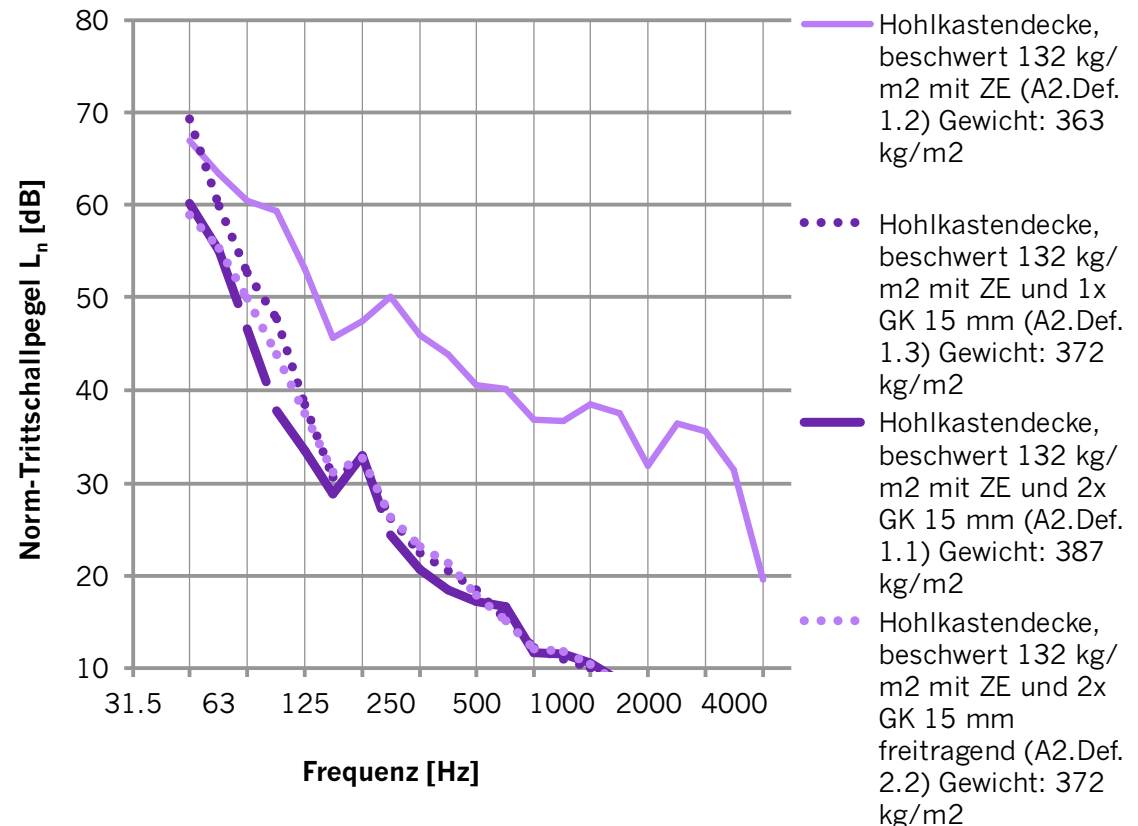
	$L_{n,w} (C_{150-2500})$
Gifafloor	50 (0) dB



Quelle: Bartlomé, O. (2012)

Massnahmen | Decken

- Bekleidung (Hohlkasten)
 - Einfluss Bekleidung
 - Einfluss Abhängesystem



Quelle: Bartlomé, O. (2012)

Massnahmen | Holzbalkendecken

Zukunft | Forschungsprojekt



lig ncm

EXPERTENSUCHE DECKEN

HOME EXPERTENSUCHE WIZARD

SUCHE NACH BAUTEILNUMMER

Info: Über die Suchfunktion Bauteilnummern durchsuchen ist die vollständige Filterfunktion nicht nutzbar. Bei einer Suchanfrage werden die Filter ignoriert.

ALLGEMEINE ANGABEN

Luftschalldämmwert α_w [dB]: [dB]

Appressurweite α_{app} [mm]: [mm]

Trittschall c_{tr} [dB]: [dB]

Appressurwert berücksichtigen

Drivideschutz: [A/B]

Estrichart: [A/B]

ROHDECKE

System: [A/B]

Hersteller: [A/B]

Mehr Optionen anzeigen

Skizze

Skizze	Bauteilnummer	Tragkonstruktion	Estrich	Allgemein	Aktionen
	1601	Pappenecke Ligoterd Dipe 23 Ligoterd Productions GmbH 215 mm 90,00 kg/m ²	Zementestrich 50 mm	75 (2-6) 40 (0)	Details
	1602	Pappenecke Ligoterd Dipe 23 Ligoterd Productions GmbH 262 mm 90,00 kg/m ²	Zementestrich 50 mm	78 (4-6) 57 (0)	Details
	1603	Pappenecke Ligoterd Dipe 33 Ligoterd Productions GmbH 215 mm 90,00 kg/m ²	Zementestrich 50 mm	75 (2-6) 40 (0)	Details
	1604	Ligoterd Dipe 33 Ligoterd Productions GmbH 250 mm 90,00 kg/m ²	Zementestrich 50 mm	78 (2-6) 40 (0)	Details
	1605	HBV Ligoterd Dipe 33 Ligoterd Productions GmbH 250 mm 90,00 kg/m ²	Trockenestrich 50 mm 4-1 kg/m ²	75 (4-12) 40 (0)	Details
	1606	HBV Ligoterd Dipe 33 Ligoterd Productions GmbH 250 mm 90,00 kg/m ²	Zementestrich, evtl. vorgefertigte Estrichplatte 50 mm 90,00 kg/m ²	80 (2-6) 53 (0)	Details

© 2019 - 10 postfach 50 wien, Ökonome straße 10 | Ökonome wieners de lehrn
 wchschonk@wsl.at | 010 271494 | Tel. 044 369 47 33 | Fax 044 369 47 87 | info@lig ncm.at
 Equim.de/wsl/preview/wsl/page-expertsearch/lig ncm/lig ncm/decken




Zukunft | Forschungsprojekt



- Kooperationsprojekt der Lignum und der Berner Fachhochschule
 - Marktanteil des Holzhausbaus in der Schweiz weiter steigern
 - Breit abgestützte Kompetenz der Holzbaubranche
 - Kosteneffizienz
 - Weiterentwicklung gängiger Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau
 - Zufriedene Menschen
 - Komfort der Bewohner im (mehrgeschossigen) Holzbau





«Leicht zu bauen wird zur Haltung und zu einer wichtigen Voraussetzung für Nachhaltigkeit.»

Werner Sobek

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!