

# Schallschutz in der Geschossbauweise – Decken, Trennwände und Stossstellen

Andreas Rabold  
Hochschule Rosenheim  
und ift Rosenheim

Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Fachhochschule Rosenheim  
DE-Rosenheim





# Schallschutz in der Geschossbauweise – Decken, Trennwände und Stossstellen

## 1. Einleitung

Zum Schutz gegen unzumutbare Belästigungen aus fremden Wohnbereichen werden in der DIN 4109 [1] Anforderungen an die Schalldämmung der Trennbauteile zwischen den Wohnbereichen gestellt. Diese Anforderungen können von heute üblichen Konstruktionen bei fehlerfreier Ausführung sowohl in Holzbauweise als auch in Massivbauweise problemlos eingehalten werden. Dies spiegelt sich auch bei Güteprüfungen der Luft- und Trittschalldämmung am Bau wider. Bei Umfragen unter den Bewohnern von Mehrfamilienhäusern wird jedoch häufig die Trittschallübertragung der Trenndecke als störende Geräuschquelle genannt [2], [3]. Die Beurteilung der Trittschallübertragung von Trenndecken anhand des bewerteten Norm-Trittschallpegels im Bau ( $L'_{n,w}$ ) als alleinige Bewertungsgröße scheint somit unabhängig von der Bauweise nicht ausreichend zu sein, um dem subjektiven Empfinden des Bewohners gerecht zu werden.

Als Voraussetzung für die Auswahl geeigneter Deckenkonstruktionen im mehrgeschossigen Holzbau wird deshalb in Abschnitt 2 zunächst ein zutreffendes Beurteilungskriterium für die Trittschallübertragung gewählt und Wege zur konstruktiven Umsetzung aufgezeigt. Bei der Luftschalldämmung von Trennwänden und Trenndecken in der Geschossbauweise spielt der Anteil der Flankenübertragung eine wesentliche Rolle, wie die Beispiele ausgeführter Objekte in Abschnitt 3 zeigen. Um diese Anteile der Flankenübertragung genauer berücksichtigen zu können und eine wirtschaftlichere Planung zu ermöglichen wird ein Forschungsprojekt [4] durchgeführt, auf dessen Inhalte in Abschnitt 4 vorgestellt werden.

## 2. Schalltechnische Bauteiloptimierung

### 2.1. Korrelation von $L_{n,w}$ und subjektivem Empfinden

Die Korrelation zwischen dem subjektiven Empfinden des Bewohners und dem nach DIN EN ISO 717-2 bewerteten Norm-Trittschallpegel wurde bereits in diversen Projekten untersucht [3], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stimmen in ihren Schlussfolgerungen überein, wonach kein brauchbarer Zusammenhang zwischen den beiden Größen existiert. Zur Veranschaulichung dieses Resultats werden in Abbildung 2 Ergebnisse von Messungen mit dem Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 140-6 bzw. DIN EN ISO 10140-2 [12] mit den Trittschallübertragungen beim Begehen der Decken verglichen (zur Messanordnung siehe Abbildung 1). Zur gehörrihtigen Bewertung wurde aus der Trittschallübertragung beim Begehen der Decke der A-bewertete und nachhallkorrigierte Maximalwert des Trittschallpegel  $L_{AFmax,n}$  gebildet. Die einzelnen Punkte in Abbildung 2- links, die jeweils das Ergebnis eines Deckenaufbaus darstellen, zeigen eine sehr schwache Korrelation. Die Messungen für diesen Vergleich erfolgten im Rahmen einer Studienarbeit an der Hochschule Rosenheim [13] und einem Forschungsprojekt des ift Rosenheim [14]. Ergänzende Messungen wurden im Firmenprüfstand von Knauf, Iphofen [15] durchgeführt. Die Messungen erfolgten somit in drei unterschiedlichen Prüfständen und von unterschiedlichen Messteams, womit Unsicherheiten, die auf die unterschiedlichen Prüfstandsabmessungen oder die Unterschiedlichkeit der Deckenanregung bei verschiedenen Gehern zurückzuführen sind, bereits enthalten sind. Um die Anregung bei der Begehung der Decke reproduzierbarer zu gestalten, wurden die relevanten Eckdaten für den Geher festgelegt.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Geher männlich, 75-85 kg, Gehen auf Socken mit 90-100 Schritt/Min. im Kreis u. Acht

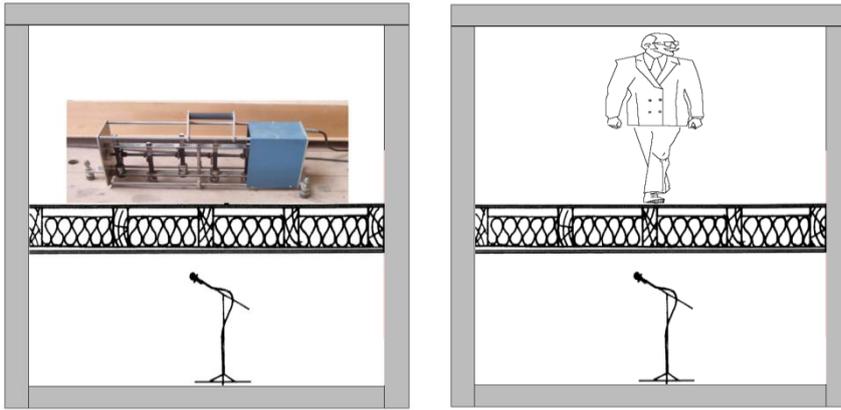


Abbildung 1: Messung der Trittschallübertragung einer Decke. Links: Trittschallanregung durch das Norm-Hammerwerk. Rechts: Anregung durch Begehen der Decke.

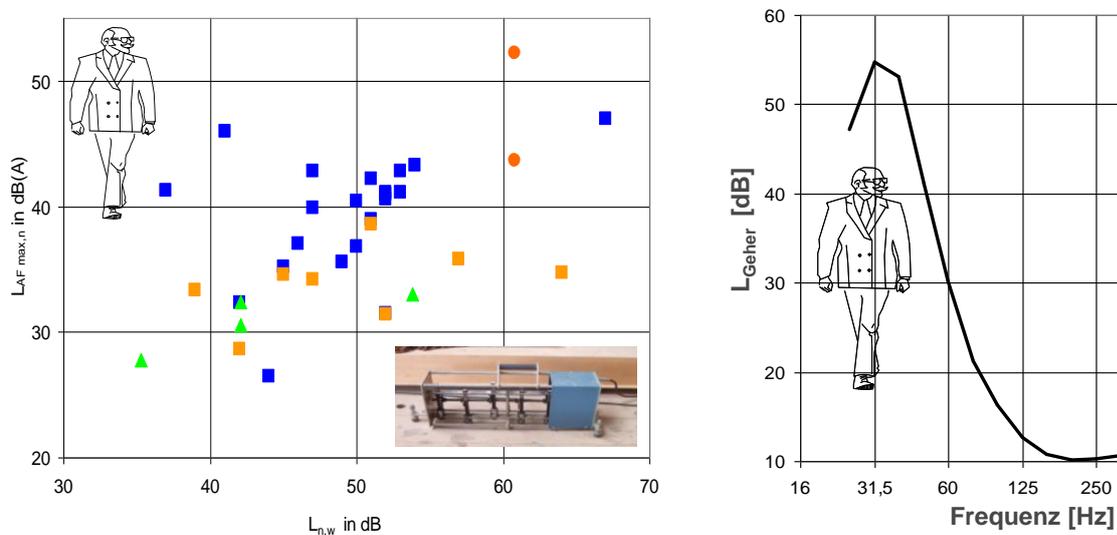


Abbildung 2: Korrelation von  $L_{n,w}$  und subjektivem Empfinden. Links: Zusammenhang zwischen dem bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w}$  und dem A-bewerteten Trittschallpegel  $L_{AFmax,n}$  beim Begehen von Holzdecken. Blaue Quadrate: Messungen im ift Rosenheim [14], orange Kreise: Messungen an der HS Rosenheim [13], grüne Dreiecke: Messungen im Deckenprüfstand von Knauf, Iphofen[15]. Rechts: Frequenzabhängige Darstellung der Trittschallübertragung beim Begehen einer Decke.

Die Ursache der schwachen Korrelation wird in Abbildung 2 - rechts anhand der frequenzabhängigen Darstellung einer typischen Trittschallübertragung beim Begehen einer Holzdecke gezeigt. Aus den Pegeln ist deutlich zu ersehen, dass beim Begehen der Decke nahezu die gesamte Übertragung der Schallenergie unterhalb von 100 Hz erfolgt. Im Gegensatz hierzu wird bei der Bewertung des Norm-Trittschallpegels nach DIN EN ISO 717-2 ausschließlich der Frequenzbereich von 100 - 3150 Hz für den Einzahlwert ( $L_{n,w}$ ) verwendet. Der  $L_{n,w}$  kann deshalb den für das subjektive Empfinden relevanten Bereich unter 100 Hz nicht beurteilen. Eine bessere Korrelation ist somit nur durch eine veränderte Bewertung des Norm-Trittschallpegels zu erreichen. Um dem Problem der geringen Korrelation zwischen realem Geher und dem bewerteten Norm-Trittschallpegel zu begegnen, wurde in DIN EN ISO 717-2 ein Spektrum-Anpassungswert  $C_I$  eingeführt, der auch für den nach unten erweiterten Frequenzbereich bis 50 Hz angewendet werden kann ( $C_{I,50-2500}$ ). Durch die zusätzliche Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswerts ( $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$ ) wird die Korrelation deutlich verbessert.

## 2.2. Zielwerte der Bauteilentwicklung für die Trittschalldämmung

Bevor die Korrelation zwischen  $L_{AFmax,n}$  und  $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$  für die Festlegung der Zielwerte verwendet werden kann, ist zu hinterfragen, ob die Bewertung der Trittschallpegel beim Begehen der Decke durch die gebräuchliche A-Bewertung tatsächlich gehörriichtig ist. Hierzu wird in Abbildung 3 - links die A-Bewertung der Trittschallpegel der wesentlich

umfangreicheren und genaueren Bewertung nach Zwicker [16] gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass zumindest für diese Art der Anregung und im relevanten Wertebereich zwischen 25 und 45 dB(A) eine gute Übereinstimmung erreicht werden kann.

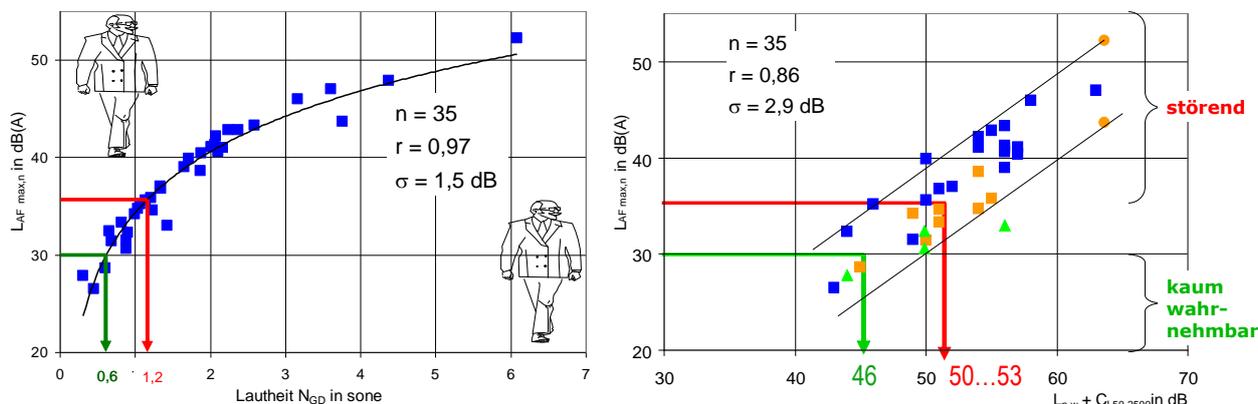


Abbildung 3: Zielwerte für die Bauteilentwicklung. Links: Zusammenhang zwischen dem  $L_{AFmax,n}$  und der Lautheit nach Zwicker [16] Rechts: Zusammenhang zwischen dem  $L_{AFmax,n}$  und dem  $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$

Abbildung 3- rechts zeigt eine nun deutlich bessere Korrelation zwischen den A-bewerteten Trittschallpegeln beim Begehen der Decke und den nach DIN EN ISO 717-2 mit  $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$  bewerteten Hammerwerks-Messungen. Hierdurch wird auch ersichtlich, dass die in Abbildung 2 – links gezeigte, schwache Korrelation weniger durch die Art der Anregung mit dem Norm-Hammerwerk als vielmehr durch die unzutreffende Bewertung über den  $L_{n,w}$  verursacht wurde. Zur Festlegung der Zielwerte für eine gute Trittschalldämmung kann nun das subjektive Empfinden berücksichtigt werden. Die in einigen europäischen Ländern bereits umgesetzte Anforderung an den  $L_{n,w} + C_{I,50-2500} \leq 53$  dB [3] entspricht in Abbildung 3 - rechts in etwa einem  $L_{AFmax,n} \leq 35 - 37$  dB(A). Erfahrungsgemäß ist oberhalb dieser Grenze mit störenden Trittschallübertragungen zu rechnen [9]. Für einen  $L_{n,w} + C_{I,50-2500} \leq 46$  dB beträgt der A-bewertete Trittschallpegel in etwa  $L_{AFmax,n} \leq 30$  dB(A) und ist, je nach Umgebungsgeräusch, kaum noch wahrnehmbar. Die diesen Zielwerten ( $L_{n,w} + C_{I,50-2500} \leq 53$  dB bzw.  $\leq 46$  dB) zugeordneten A-bewerteten Trittschallpegel ( $L_{AFmax,n} \leq 35$  dB(A) bzw.  $\leq 30$  dB(A)) ergeben in Abbildung 3 - links eine Halbierung der Lautheit, die auch in der subjektiven Empfindung einer Halbierung entspricht.

### 2.3. Konstruktive Umsetzung

Für die konstruktive Umsetzung in der Bauteilentwicklung stehen für die schalltechnische Optimierung im Wesentlichen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: die Erhöhung der Masse und die Verbesserung der Entkopplung. Durch die Erhöhung der Masse in Form einer Rohdeckenbeschwerung oder einer Beschwerung der Unterdecke wird die Anregbarkeit (Admittanz) und damit letztendlich die resultierende Oberflächenschnelle reduziert. Somit wird die abgestrahlte Schallleistung verringert. Die Entkopplung durch einen schwimmenden Estrich oder eine abgehängte Unterdecke reduziert oberhalb der genügend tief abzustimmenden Resonanzfrequenz die Übertragung der Bauteilschwingungen innerhalb der Konstruktion. Die Erarbeitung von Konstruktionshilfen für schalltechnisch optimierte Deckenaufbauten auf Basis dieser Ansätze erfolgte anhand der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Berechnungsmethode. Das Berechnungsmodell wurde mit Messergebnissen aus der Datenbank des ift Schallschutzzentrums validiert. Anhand der numerischen Berechnungen des validierten Modells konnten die Wechselwirkungen der Deckenkomponenten mit geringem Aufwand untersucht und optimierte Konstruktionen erarbeitet werden. Nach der messtechnischen Überprüfung der optimierten Konstruktionen wurden die Ergebnisse, unterstützt durch eine systematische Auswertung der Decken-Datenbank am ift-Schallschutzzentrum, in Form von Konstruktionshilfen zusammengestellt (siehe Anhang). Als Beispiel für optimierte Deckenkonstruktionen zeigt Abbildung 4 den Vergleich der Messergebnisse einer Massivholzdecke und einer Holzbalkendecke mit den Norm-Trittschallpegeln konventioneller Stahlbetondecken. Als Optimierungsansatz wurde hier die schallabstrahlende Ebene (Massivholzelement bzw. Unterdecke) beschwert.

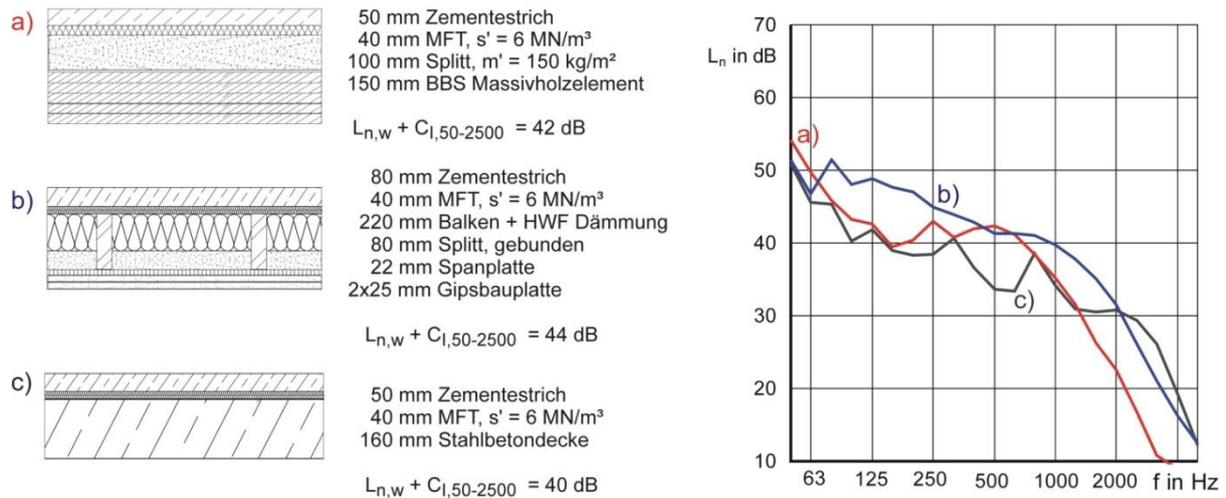


Abbildung 4: Messwerte optimierter Holzdecken durch Erhöhung der Masse im Vergleich zu Stahlbetondecken [14]

Ein Beispiel für optimierte Decken durch effektive Entkopplung ist in Abbildung 5 gezeigt. Die Gegenüberstellung zeigt, dass bei entsprechender Konstruktion die gute Trittschalldämmung einer Stahlbetondecke auch mit deutlich leichteren Decken erreicht werden kann.

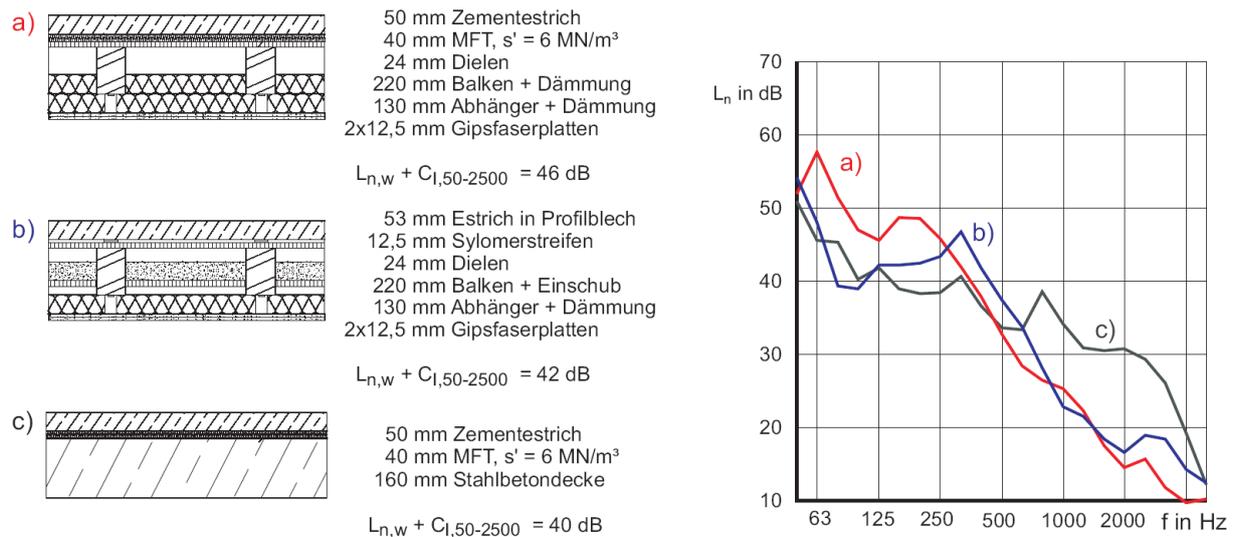


Abbildung 5: Messwerte optimierter Holzdecken durch abgehängte Unterdecken - im Neubau und in der Altbau-sanierung - im Vergleich zu Stahlbetondecken [18]

### 3. Ausgeführte Objekte in Massivholzbauweise

Zur Illustration der mehrgeschossigen Holzbauweise werden in Abschnitt 4.1 zunächst zwei aktuelle Bauvorhaben vorgestellt. Für die im Bauvorhaben eingesetzten Konstruktionen werden die im Labor ermittelten Luft- und Trittschallwerte den Ergebnissen der Baumessung inkl. Flankenübertragung gegenübergestellt. In Abschnitt 4.2 wird auf den Vergleich der prognostizierten Schalldämmung mit der Messung am Bau eingegangen.

#### 3.1. Bauvorhaben

Die Bauvorhaben wurden beide in Bad Aibling, Nähe Rosenheim von der B&O Wohnungswirtschafts GmbH ausgeführt. Der Entwurf erfolgte durch SCHANKULA Architekten. Der Holzbau wurde durch Huber & Sohn erstellt.

Die Konstruktion der Decken und Wände erfolgte in Massivholzbauweise. Die Trenndecke erhielt zusätzlich zum schwimmenden Zementestrich eine Beschwerung aus gebundenem Splitt. Die Untersicht der Trenndecke konnte wunschgemäß in weiten Bereichen sichtbar bleiben. Alle tragenden Wände wurden aus Brandschutzgründen mit einer  $K_260$  Kapselung aus 2x18 mm Gipsfaserplatten versehen. Die Wohnungstrennwände wurden im zunächst erstellten 4-Geschosser als komplett getrennte Wandscheiben konstruiert. Im 8-Geschosser konnte die Trennwandkonstruktion auf Grund der positiven Erfahrungen im 4-Geschosser und ergänzender Labormessungen auf eine kostengünstigere einschalige Konstruktion mit entkoppelter Installationsebene reduziert werden.



Abbildung 6: 4- und 8-Geschosser in Bad Aibling bei Rosenheim. Bildrechte B&O Wohnungswirtschafts GmbH

### 3.2. Ergebnisse der Luft und Trittschalldämmung

Die Ergebnisse der Luft- und Trittschallmessung am Bau wurden mit den Ergebnissen ähnlicher Konstruktionen im Labor ohne Nebenwege verglichen. Der Norm-Trittschallpegel der Trenndecke im 4-Geschosser wird in Abbildung 7 gezeigt. mit einem  $L'_{n,w} + C_{I,50-2500} = 45$  dB liegt das Ergebnis auch inklusive Flankenübertragung im "Komfortbereich" nach Abbildung 3, der erwarten lässt, dass Gehgeräusche vom Bewohner kaum noch wahrgenommen werden können. Dies deckt sich auch mit den Erfahrungen der Bewohner des mittlerweile bezogenen 4-Geschossers. Im 8-Geschosser wurde die Trenndecke in den unteren Stockwerken vergleichbar ausgeführt. In den oberen Geschossen wurden Versuchsaufbauten mit Trockenestrich realisiert.

Der in Abbildung 7 gezeigte Vergleich der Baumessungs-Ergebnisse mit Laborergebnissen ohne Flankenübertragung belegt auch, dass die tieffrequente Trittschallübertragung unter 100 Hz durch die Flankenübertragung am Bau kaum beeinflusst wird. Beide Messkurven liegen in diesem Frequenzbereich nahe beieinander. Auch die Einzahlwerte inklusive Spektrumanpassungswert unterscheiden sich um nur 3 dB. Dies kann auch durch die statistische Auswertung der im ift Rosenheim für Trenndecken vorhandener Vergleiche zwischen Labor- und Baumessung bestätigt werden. Die Differenzen lagen dort zwischen 0-3 dB [20].

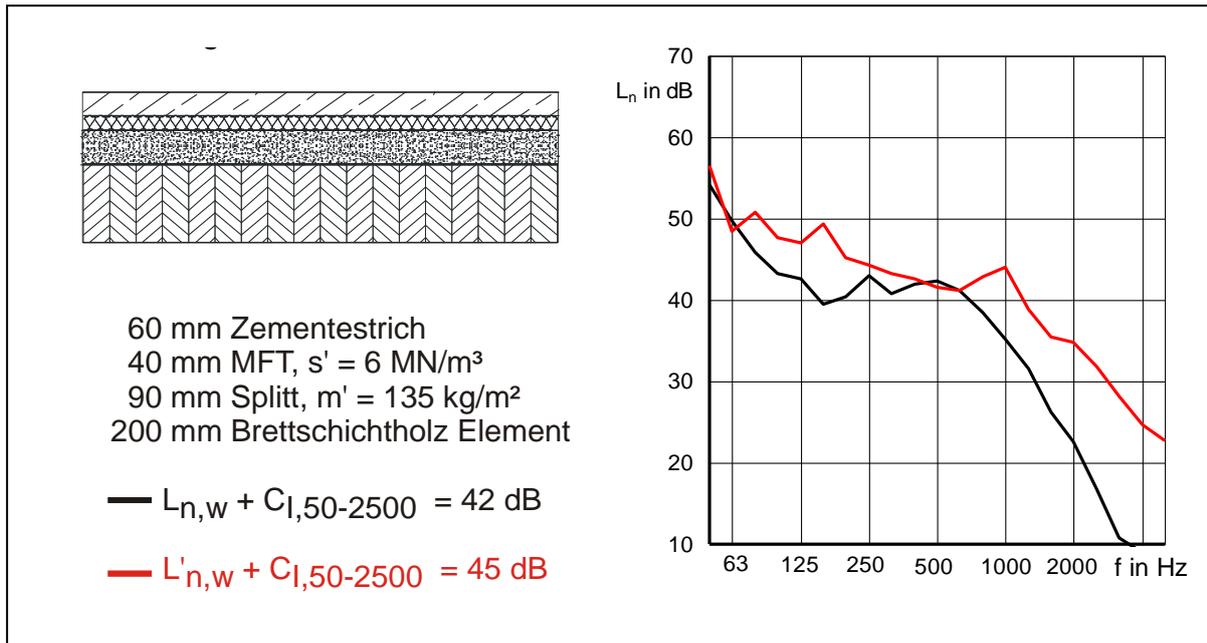


Abbildung 7: Norm-Trittschallpegel der Wohnungstrenndecke. Links: Deckenaufbau im 4-Geschosser. Rechts: Vergleich der Messergebnisse am Bau mit Laborergebnissen eines ähnlichen Aufbaus

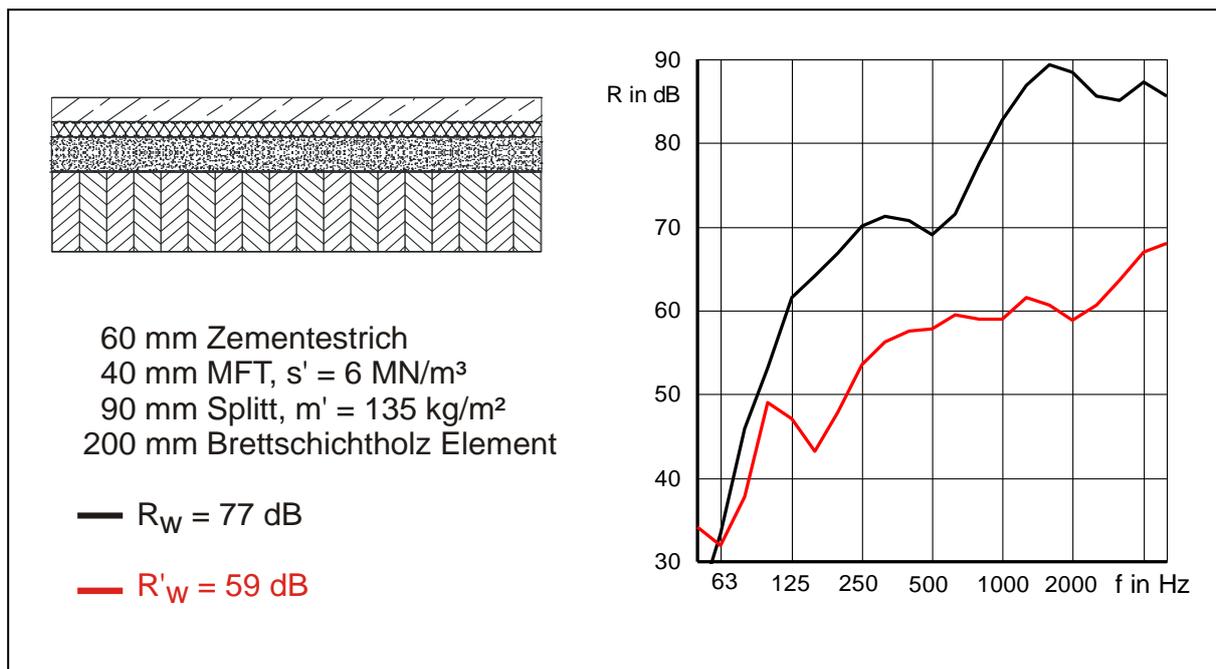


Abbildung 8: Schalldämm-Maß der Wohnungstrenndecke. Links: Deckenaufbau im 4-Geschosser. Rechts: Vergleich der Messergebnisse am Bau mit Laborergebnissen eines ähnlichen Aufbaus

Bei der Luftschalldämmung dominiert hingegen die Flankenübertragung, wie Abbildung 8 zeigt. Hier wird das Schalldämm-Maß von  $R_w = 77 \text{ dB}$  für die Trenndecke ohne Nebenwege auf  $R'_w = 59 \text{ dB}$  inklusive Nebenwege reduziert. Der Zielwert (Schallschutzstufe II nach VDI 4100:2007) wurde sicher erreicht. Auf Grund der bereits erwähnten Kapselung der flankierenden Wände mit  $2 \times 18 \text{ mm GF}$  konnte in der Planungsphase gezeigt werden, dass eine zusätzliche Entkopplung des Deckenaufbauers mit Elastomeren für dieses Bauvorhaben nicht erforderlich ist.

Die Wohnungstrennwand wurde im 4-Geschosser mit einer kompletten Trennung der Wandelemente und der flankierenden Bauteile realisiert. Auf Grund der Messergebnisse im 4-Geschosser, die mit  $R'_w = 66 \text{ dB}$  deutlich über dem Zielwert ( $R'_w = 56 \text{ dB}$ ) lagen, wurde die Konstruktion für den Einsatz im 8-Geschosser anhand von zusätzlichen Labor-

messungen kostenoptimiert. Die Trennwand wurde einschalig mit entkoppelter Vorsatzschale ausgeführt, die flankierenden Bauteile sind unterbrochen, aber nicht vollständig getrennt.

Aufbau im 4-Geschosser:

- 2x18 mm Gipsfaserplatten
- 100 mm Massivholzelement
- 20 mm Luftschicht
- 100 mm Holzständer + MW
- 2x18 mm Gipsfaserplatten

—  $R'_w = 66 \text{ dB}$

Aufbau im 8-Geschosser:

- 2x12,5 mm GKF (Silentboard)
- 65 mm Direktschwingabhänger + MW
- 80 mm Massivholzelement
- 2x18 mm Gipsfaserplatten

—  $R'_w = 59 \text{ dB}$

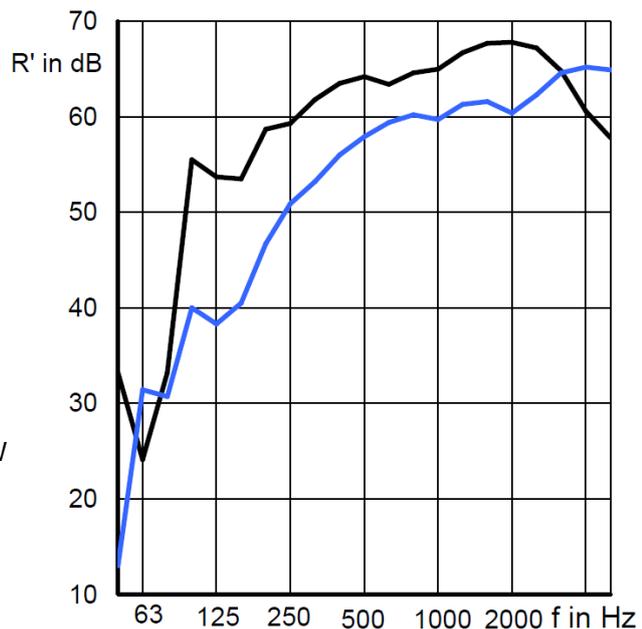


Abbildung 9: Schalldämm-Maß der Wohnungstrennwand. Oben: Wohnungstrennwand mit kompletter Trennung im 4-Geschosser. Unten: Kostenoptimierte Wohnungstrennwand im 8-Geschosser.

## 4. Schalltechnische Planung als Teil des Bauwerksinformationsmodells

Wie das vorangegangene Beispiel der Wohnungstrennwand im 4-Geschosser (s. Abbildung 9) zeigt, werden Bauteile häufig überdimensioniert, um die Anforderungen an den Schallschutz sicher erfüllen zu können. Die Ursache hierfür ist, dass für die Planung häufig nur einfache Ersatzmodelle und konservative Ansätze zur Verfügung stehen. Geeignete computergestützte Planungswerkzeuge, die eine Simulation der genannten bauphysikalischen und konstruktiven Eigenschaften bereits im frühen Planungsentwurf für das gesamte Bauwerk und nicht nur für einzelne Komponenten ermöglichen, könnten den Planungsaufwand nicht nur drastisch reduzieren, sondern auch zuverlässiger machen, die Qualität entscheidend erhöhen und damit letztendlich die Wettbewerbsfähigkeit von Holzbauten fördern.

Aus dieser Motivation heraus wird derzeit ein Kooperationsprojekt der TU-München der Hochschule Rosenheim und des ift Rosenheim durchgeführt. Als Zielsetzung des Projekts ergibt sich ein Planungsprozess, der die numerische Simulation und den Nachweis vibroakustischer Gebäudeeigenschaften eng an ein umfassendes Bauwerksinformationsmodell (BIM) koppelt. Dies ermöglicht dem Fachplaner einen optimierten Entwurf einzelner Bauteile, die Untersuchung deren (schwingungstechnischer) Kopplung sowie der vibroakustischen Eigenschaften des Gesamtgebäudes bereits in einem frühen Planungsstadium. In Kombination mit der Methode der Statistischen-Energie-Analyse (SEA) wird hierzu die Erweiterung vorhandener Finite-Elemente-Verfahren hinsichtlich einer geometrisch-mechanischen und vibroakustisch konsistenten Kopplung von Bauteilen sowie die Ableitung des volumenorientierten Gesamtmodells aus dem Bauwerksinformationsmodell angestrebt.

### 4.1. Vibroakustischer Planungsprozess im Überblick

Zur Illustration des methodischen Ansatzes wird in Abbildung 10 der vibroakustische Planungsprozess im Kontext des gesamten Planungsablaufs vom Entwurf bis zur Werksplanung gezeigt.

Ausgangspunkt des Prozesses ist der architektonische Entwurf der in ein **Bauwerksinformationsmodell** (BIM) überführt wird. Im BIM werden neben der bauteilorientierten räumlichen Geometrie des Gebäudes insbesondere dessen mechanische und bauphysika-

liche Attribute gespeichert. Dieses Modell basiert auf dem Standard der Industry Foundation Classes (IFC), die gegebenenfalls um die für die Vibroakustik von Holzbauten notwendigen zusätzlichen Attribute zu erweitern sind. Dieses Informationsmodell kann nicht nur für die hier betrachtete schalltechnische Planung, sondern auch für vielfältige andere Planungsaufgaben verwendet werden, wie Abbildung 10 illustriert.

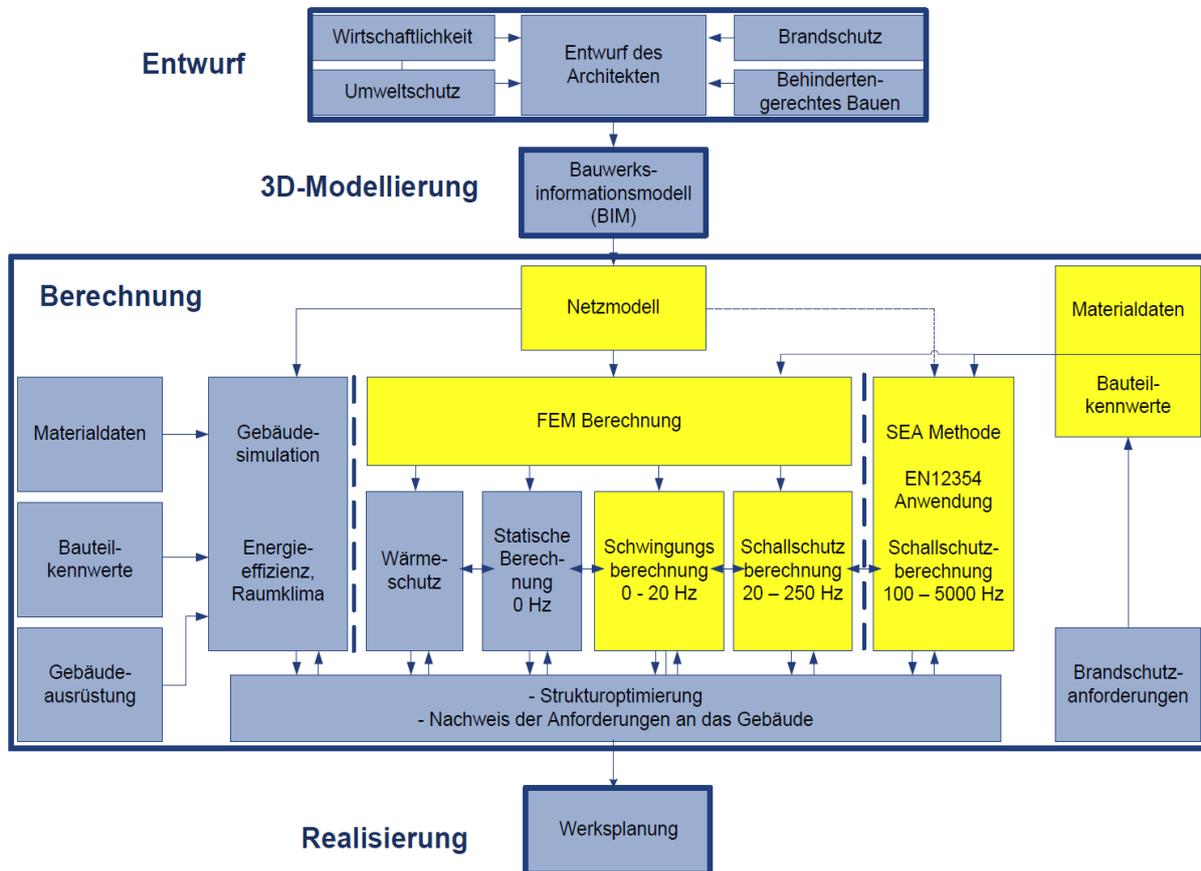


Abbildung 10: Übersicht des Gesamtplanungsablaufs für ein Bauwerk in Geschossbauweise. Für den vibroakustischen Planungsprozess relevante Bereiche sind gelb hinterlegt.

Aus dem bauteilorientierten Modell wird ein **Netzmodell** abgeleitet. Dieses Volumennetz wird je Bauteil oder Bauteilgruppe (Decken, Wände etc.) generiert, wobei ohne wesentliche Einschränkung hinsichtlich des Anwendungsfeldes ‚Holzbauwerk‘ angenommen wird, dass sich jede Bauteilgruppe aus einem flächigen Netz aus Viereckselementen durch Extrusion in Dickenrichtung erzeugen lässt. Es entsteht ein Netz aus (dünnen) Hexaederelementen. Die Verwendung von unter Umständen geschichteten Volumenelementen ist zwingend nötig, weil eine detaillierte Simulation des komplexen geometrischen Teilmodells einer Baugruppe mit Platten- oder Schalenelementen nicht mit hinreichender Genauigkeit möglich ist.

Die in diesem Netzmodell auftretenden dünnen Strukturen verlangen aus Effizienzgründen die Verwendung von **Finiten Elementen hoher Ordnung**, die ein sehr großes Längen/Dickenverhältnis erlauben und es damit ermöglichen, die dünnwandigen Strukturen mit einer geringen Zahl von Volumenelementen zu modellieren, ohne dabei an Genauigkeit zu verlieren.

Besondere Aufmerksamkeit ist den **Stoßstellen** zwischen den Bauteilen sowohl hinsichtlich der geometrischen als auch der mechanisch-akustischen Modellbildung zu widmen. Da die Bauteile einzeln vernetzt werden, ‚passen‘ die Netze an diesen Stoßstellen nicht zwingend aneinander. Um dieses verallgemeinerte Netzmodell verwenden zu können, sollen **Mortar-Techniken** für einen inkompatiblen Netzübergang verwendet werden. Hierfür gibt es bisher wenige Untersuchungen zu Finiten Elementen hoher Ordnung und zu Eigenwertproblemen, deren Lösung die Grundlage für die vibroakustische Analyse darstellt. Das Finite-Element-Modell wird für den Bereich tiefer Frequenzen (0 - 250 Hz) eingesetzt.

Eine weitere zentrale Forschungsaufgabe ist die Verallgemeinerung der Mortar-Technik zu einem **Mortar-artigen Ansatz**, mit dem nicht nur bisher untersuchte starre, sondern ebenso unterschiedlich **„weiche“ Kopplungen** (Elastische Lagerung, duktile Nagelung oder Verschraubung gegenüber starrer Verklebung) berücksichtigt werden können. Hierfür sind mechanische und mathematische Modelle sowie eine geeignete Implementierung unter Verwendung Finiter Elemente hoher Ordnung zu entwickeln. Da am Gesamtmodell die **Flankenübertragung** eine wesentliche Rolle spielt, kommt diesem Modellaspekt große praktische Bedeutung zu.

Für die Berechnung im mittleren und oberen Frequenzbereich (250 - 5000 Hz) wird die **SEA Methode** und die von ihr abgeleiteten Ansätze nach EN 12354 eingesetzt. Als Ausgangsbasis dient die in der Praxis bereits in ersten Bauvorhaben getestete Berechnung nach EN 12354 [20],[19],[21]. Von diesem stark vereinfachten Ansatz ausgehend wird die Anwendung der umfassenderen und genaueren SEA-Methode mit experimentell ermittelten Verlustfaktoren angestrebt. Hierfür ist ein spezielles Berechnungsmodell erforderlich, das nicht nur auf geometrische Daten zugreift, sondern auch die experimentell ermittelten Verlustfaktoren zwischen den Subsystemen für die SEA-Methode und die akustischen Eingangsdaten der Bauteile und Stoßstellen für die Berechnung nach EN 12354 verwendet.

Von entscheidender Bedeutung für das Gesamtprojekt ist die Bereitstellung geeigneter **Material- und Anregungsmodelle** aus detaillierten experimentellen Untersuchungen. Anhand einer Bestandsaufnahme der erforderlichen Bauteil- und Verbindungsvarianten (Stoßstellen) kann ein Prüfplan für die erforderlichen Eingangsgrößen festgelegt- und abgearbeitet werden. Typische Stoßstellen und Bauteildetails von Massivholzelementen Im Geschößbau werden in Abbildung 11 gezeigt. Die experimentellen Eingangsdaten werden sowohl für die SEA- als auch die FEM-Berechnung benötigt. Die erforderlichen Modelle zur Anregung, Dämpfung und Abstrahlung können auf Basis der in [17] erarbeiteten Ansätze weiterentwickelt und mit experimentellen Ergebnissen validiert werden.

Dieser Aspekt ist auch für die **Validierung** und damit den Nachweis der Praxistauglichkeit des Gesamtsystems unerlässlich. Hierzu sollen Messergebnisse aus realisierten Mehrgeschossern in Massivholzbauweise verwendet werden. Es können sowohl Messergebnisse bereits realisierter Mehrgeschosser [21] als auch des geplanten Beispielobjekts verwendet werden.

Das **Beispielprojekt** soll zur Darstellung des optimierten Planungsprozesses und der Umsetzung für den Anwender mit den entwickelten Planungswerkzeugen realisiert werden. Die Planung soll in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsvorbereitung des beteiligten Holzbaubetriebs erfolgen. Möglich ist hier auch eine Wiederholung der Planung eines bereits realisierten Bauvorhabens um im direkten Vergleich mit der zunächst konventionell durchgeführten Planung Fortschritte und weiterer Entwicklungsbedarf des neuen Planungsverfahrens aufzuzeigen.

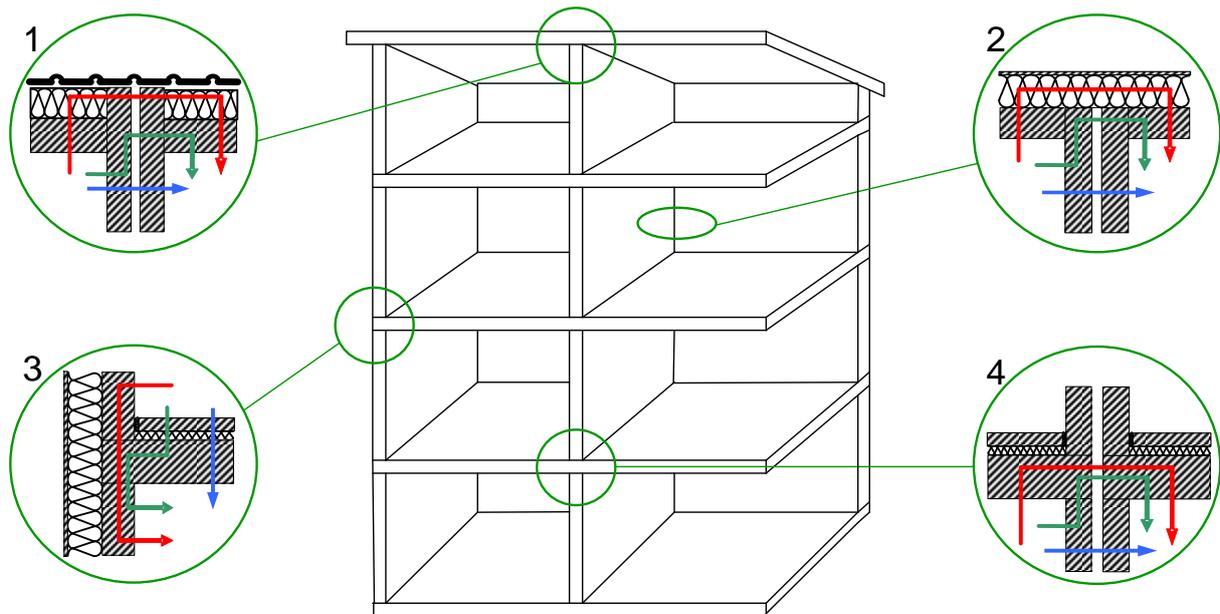


Abbildung 11: Geschosswohnungsbau in Massivholzbauweise mit Prinzipdetails der Stoßstellen und den Schallübertragungswegen.

## 5. Danksagung

Der Autor dieses Beitrags bedankt sich bei der DFG und der AiF sowie den Projektpartnern für die Förderung und Unterstützung bei der Bearbeitung der Forschungsvorhaben.

## 6. Literatur

- [1] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise November 1989 und Beiblatt 1 zur DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, November 1989
- [2] Reichelt, H., Schall- und schwingungstechnische Lösungen im Holzbau, Projektarbeit, Hochschule Rosenheim, 2008
- [3] Lang, J., Schallschutz im Wohnungsbau, Forschungsbericht ifip TU Wien, 2006
- [4] Wohlmuth, B., Rank, E., Kollmannsberger, S., Schanda, U., Rabold, A., Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung - Forschungs-Kooperationsprojekt TU München, Hochschule Rosenheim, ift Rosenheim, in Bearbeitung
- [5] Hveem, S., Homb, A., Haagberg, K., Rindel, J. H., "Low-frequency footfall noise in multi-storey timber frame buildings", NKB report 1996:12 E
- [6] Jeon, J., Y., Jeong, J. H., "Objective and Subjective Evaluation of Floor Impact Noise", Journal of Temporal Design in Architecture and the Environment, 2002, 2, 20-28
- [7] Warnock, A.C.C., "Low-frequency impact sound transmission through floor systems", InterNoise, 2000
- [8] Scholl, W., "Das Normhammerwerk muss laufen lernen", Tagungsband DAGA, 2001
- [9] Burkhart, C., Tieffrequenter Trittschall – Messergebnisse, mögliche Ursachen, Tagungsband DAGA 2002
- [10] B. Rasmussen, J. H. Rindel: Sound insulation of dwellings – Legal requirements in Europe and subjective evaluation of acoustical comfort. Proceedings of DAGA, 2003, 118–121
- [11] Kühn, B., Blickle R., „Trittschalldämmung und Gehgeräusche-Immission von Geschossdecken aus Holz“, WKS B, 2004, 52

- [12] EN ISO 140-6:1998-8 Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 6: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Prüfständen bzw. DIN EN ISO 10140-3: 2010-12 Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 3: Messung der Trittschalldämmung
- [13] Erhardt, D., Morkötter, D., Gehversuche auf Holzdecken zum Vergleich mit den bewerteten Norm-Trittschallpegeln gemäß DIN EN ISO 717, Studienarbeit, Hochschule Rosenheim, 2010
- [14] Rabold, A., Rank, E., Anwendung der Finiten Elemente Methode auf die Trittschallberechnung, Teilbericht zum Kooperationsprojekt: Untersuchung der akustischen Wechselwirkungen von Holzdecke und Deckenauflage zur Entwicklung neuartiger Schallschutzmaßnahmen, ibp Stuttgart, TU München, ift Rosenheim, DGfH 2009
- [15] Seidel, J., Trittschall- und Geher-Messungen im Deckenprüfstand der Fa. Knauf Gips KG, Iphofen, 2010
- [16] Zwicker, E., Fastl, H., Widmann, U., Kurakata, K., Kuwano, S., Namba, S., Program for calculating loudness according to DIN 45631 (ISO 532B), Journal of Acoustic Society of Japan, 12, 39-42, 1991
- [17] Rabold, A., Anwendung der Finite Element Methode auf die Trittschallberechnung. Dissertation, Technische Universität München, 2010.
- [18] Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schallschutz, Holzbalkendecken in der Altbausanierung, Mikado plus, 3, 2008
- [19] Schramm, M., Dolezal, F., Rabold, A., Schanda, U., Stoßstellen im Holzbau - Planung, Prognose und Ausführung, Tagungsband DAGA'10, Berlin, 2010
- [20] Rabold, A., Schanda, U., Hessinger, J., Korrelation zwischen Geher und Norm-Hammerwerk bei der Trittschallübertragung, Tagungsband DAGA'11, Düsseldorf, 2011
- [21] Vier- und acht-geschossige Wohn- und Bürogebäude in Massivholzbauweise. Standort Bad Aibling, Bauherr B&O Wohnungswirtschaft GmbH, Planung Architekturbüro Schankula und bauart Konstruktions GmbH, schalltechnische Begleitung ift Rosenheim