

LABOR für Schall- ⊕ Wärmemesstechnik

Prof. Fritz Holtz, Dipl.-Physiker, Dozent an der Fachhochschule Rosenheim



Abschlussbericht vom 05.05.2004

zum Vorhaben:

Entwicklung eines anwenderbezogenen Berechnungsverfahrens zur Prognose der Schalldämmung von Holzdecken am Bau

Aktenzeichen: G-2002/07

Bewilligungsbescheid vom 11.03.2002

Auftraggeber:

Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V.

Bayerstraße 57-59
80335 München

Förderer:

Gefördert durch die DGfH Innovations- und Service GmbH
aus Mitteln des „Holzabsatzfonds - Absatzförderungsfonds der Forst und
Holzwirtschaft“

Ausführende Institution:

Labor für Schall- ⊕ Wärmemesstechnik

Leitung:

Prof. Dipl. Phys. F. Holtz, Dozent an der FH Rosenheim

Projektbearbeitung:

Dipl. Ing. (FH) A. Rabold
Dipl. Phys. Dr. J. Hessinger
Dipl. Ing. (FH) H.P. Buschbacher



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Einleitung | 3 |
| 1.1 | Motivation | 3 |
| 1.2 | Zielsetzung | 4 |
| 1.3 | Ausgangssituation | 4 |
| 2 | Prognose der Trittschalldämmung von Holzdecken | 5 |
| 2.1 | Einfaches, holzbauspezifisches Einzahl-Modell | 7 |
| 2.2 | Modifizierung des Einzahlverfahrens unter verfeinerter Berücksichtigung der Flankenübertragung | 8 |
| 2.3 | Durchführung der Luft- und Trittschallmessung | 10 |
| 2.4 | Prüfstandsbeschreibung | 11 |
| 3 | Bewertungsverfahren | 12 |
| 3.1 | Bestimmung der Eingangsgrößen für die Prognoseverfahren | 12 |
| 3.1.1 | Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ | 12 |
| 3.1.2 | Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ | 14 |
| 3.1.3 | Verbesserungsmaß der Rohdeckenbeschwerung $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ | 14 |
| 3.1.4 | Über die Flanken übertragener Trittschall | 14 |
| 3.2 | Statistische Ermittlung der Eingangsdaten | 16 |
| 3.2.1 | Kritische Betrachtung von Fehlerquellen | 16 |
| 3.2.2 | Verfahren zur statistischen Ermittlung der Eingangsdaten | 16 |
| 4 | Eingangsdaten für das Berechnungsverfahren | 18 |
| 4.1 | Rohdecke | 18 |
| 4.2 | Zusatzmaßnahmen | 22 |
| 4.2.1 | Rohdeckenbeschwerung | 22 |
| 4.2.2 | Trittschallminderungen von Estrichen auf Grundlage der dynamischen Steifigkeit | 24 |
| 4.2.3 | Trittschallminderungen von Estrich-Komplett-Systemen | 26 |
| 4.3 | Flankenübertragung | 28 |
| 5 | Abgleich der Prognose mit der Messung | 30 |
| 6 | Zusammenfassung | 33 |
| 7 | Quellenverzeichnis | 34 |



1 Einleitung

1.1 Motivation

In Deutschland werden immer mehr Holzhäuser gebaut. Diesem zu begrüßenden Trend hinkt der Wissensstand über bestimmte bauphysikalische Kenngrößen im Holzbau etwas hinterher. Hier ist insbesondere der Schallschutz zu nennen. Speziell bei Holzdecken gibt es verschiedene Konstruktionen, für die es keine, unzureichende oder fehlerhafte Informationen über die Trittschalldämmung gibt.

Die den Ausführungsbeispielen zugeordneten Norm-Trittschallpegel (z.B. in Beiblatt 1 der DIN 4109 [1] oder Aufbauten von Systemherstellern) haben verschiedene Nachteile:

- Sie gelten nur für die angegebene Konstruktion und lassen keine oder nur geringfügige Änderungen im Aufbau zu. Kleine Änderungen im Deckenaufbau können jedoch erhebliche Defizite in der Schalldämmung bewirken. Der „gesunde Menschenverstand“ ist beim Schallschutz eine trügerische Hilfe.
- Die Vielfalt von Holzdeckenvarianten wird immer größer. Neben den unterschiedlichen Estrichsystemen, Trittschalldämmplatten, Beschwerungssystemen, Unterdeckenaufhängungen, Wandbepunktungen u.ä. gibt es am Markt auch viele neue Holzrohdecken mit tragenden Deckensystemen basierend auf modernen Holzwerkstoffen bzw. Holzverbindungen. Deren Schalldämmeigenschaften weichen von den klassischen Holzbalkendecken stark ab.
- Die DIN 4109 [2] und das Beiblatt 1 zur DIN 4109 lassen für den Holzbau keine Möglichkeit zu, die einzelnen Bauteile (Estrich, Trittschalldämmplatte, Rohdeckenbeschwerung, Rohdecke) flexibel miteinander zu kombinieren. Das Nachweisverfahren für Massivdecken nach DIN 4109 und Bbl. 1 DIN 4109 kann nicht direkt auf den Holzbau übertragen werden.

Fazit:

Die Kombinationsmöglichkeiten der am Markt angebotenen Systeme für Holzdecken sind kaum überschaubar. Der Planer ist oftmals überfordert aus den schalltechnischen Kennwerten der Hersteller die Schalldämmung seiner Wunschdecke zu prognostizieren. Hieraus resultieren Fehlplanungen mit schalltechnischen Mängeln, unzufriedenen Bauherrn und ein Imageschaden des Holzbaus zugunsten des Beton- und Mauerwerkbaus, für den in der DIN 4109 ein leicht handhabbares Nachweisverfahren vereinbart ist.

Der Planer benötigt daher ein ebenso einfaches Prognoseverfahren, das für eine möglichst große Bandbreite von Holzdeckenkonstruktionen verlässliche Werte der Schalldämmung am Bau liefert.



1.2 Zielsetzung

Aus der Motivation resultierend ergibt sich für das Vorhaben folgende Zielsetzung:

1. Ermittlung von fehlenden Kenngrößen neuer Konstruktionen und Bauweisen
2. Kontrolle der Wirkungsweise von schwimmendem Estrich und Rohdeckenbeschwerung im Zusammenwirken mit neuen innovativen Rohdeckensystemen
3. Erweiterung der bestehenden Berechnungsgrundlagen und Einbindung neuer Deckentypen und Estrichaufbauten, sowie Berücksichtigung verschiedener Decke-Wand-Anschlußsituationen (Flankenübertragung)
4. Anwenderfreundlichkeit durch eine EDV-gestützte Berechnung (erweitertes Prognoseverfahren)

1.3 Ausgangssituation

Grundlage für das hier beschriebene Forschungsvorhaben sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Optimierung der Trittschalleigenschaften von Holzbalkendecken zum Einsatz im mehrgeschossigen Holzhausbau“ (veröffentlicht 1999) [3] das im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V. unter Förderung des Absatzförderungsfonds der deutschen Holzwirtschaft durchgeführt wurde.

Im oben zitierten Forschungsbericht wurde auf Grundlage einer Vielzahl von Messungen an Holzbalkendecken (mit verdeckt oder sichtbar angeordneten Holzbalken) und Brettstapeldecken ein Rechenverfahren zur Prognose der Trittschalldämmung von Holzdecken vorgestellt. Dieses Rechenverfahren basiert auf einem Vorschlag von K. Gösele [4] und wurde um zusätzliche Materialparameter sowie den Einfluß der Flankenübertragung erweitert.

Bereits jetzt ermöglichen die in Form von Diagrammen und Tabellen veröffentlichten Berechnungsgrundlagen [5] dem Praktiker eine Prognose der Schalldämmung geläufiger Holzdeckenaufbauten. Lücken in diesem Berechnungsverfahren ergeben sich bei der Erweiterung des Verfahrens auf „neue und innovative Holzdeckensysteme“, bei der Überprüfung des Berechnungsverfahrens für neue Estrichaufbauten und Rohdeckenbeschwerungen, sowie bei der Beurteilung der Flankenübertragung.



2 Prognose der Trittschalldämmung von Holzdecken

Bei der Prognose der Trittschalldämmung von Holzdecken müssen verschiedene Schallübertragungswege berücksichtigt und getrennt betrachtet werden :

- Die direkte Trittschallübertragung
- Die über flankierende Bauteile übertragenen Norm-Trittschallpegel.

Die direkte Trittschallübertragung wird durch den Norm-Trittschallpegel $L_{n,Dd}$ beschrieben, dieser Wert entspricht dem im Laborprüfstand ohne Nebenwege (entsprechend DIN EN ISO 140-01 [6]) gemessenen Norm-Trittschallpegel L_n .

Die Flankenübertragung kann durch $L_{n,Df}$, den Norm-Trittschallpegel durch Flankenübertragung über die flankierenden Wände, beschrieben werden, siehe hierzu auch Abbildung 1. Aus neueren Forschungsergebnissen wurde klar, dass neben dem Schallübertragungsweg D_f noch eine zusätzliche Schallübertragung über den Estrichaufbau und die flankierende Decke im Senderraum erfolgt, siehe Abbildung 1. Diese Schallübertragungen werden durch die Größe $L_{n,DFf}$ quantifiziert.

Zur Prognose der Trittschalldämmung von Decken (inklusive Flankenübertragung) gibt es ein europaweit harmonisiertes Berechnungsverfahren, das in der DIN EN 12354-02 [7] beschrieben wird. Dieses Berechnungsverfahren ist jedoch hauptsächlich für den Beton- und Mauerwerkbau konzipiert worden, so dass eine Übertragung auf den Holzbau geprüft werden muss, bzw. das Berechnungsverfahren zu modifizieren ist. Auf eine Diskussion dieses Modells im Rahmen dieses Forschungsberichts wird weitestgehend verzichtet. Hierzu wird auf das Forschungsvorhaben „Verringerung der Schallabstrahlung von Holzständerwänden bei Trittschallanregung im mehrgeschossigen Holz-Wohnungsbau“ [8], das im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V. unter Förderung des Absatzförderungsfonds der deutschen Holzwirtschaft durchgeführt wird verwiesen.

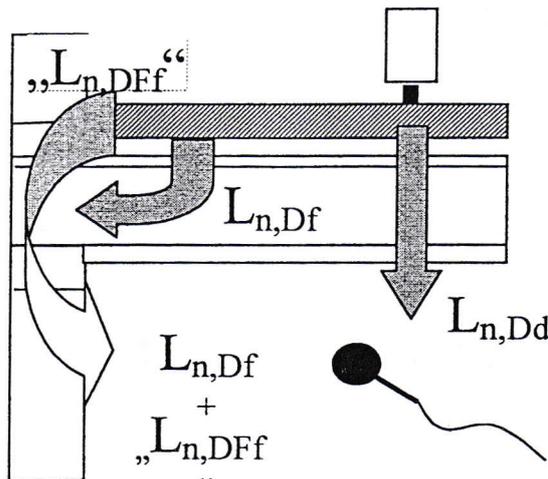
Für das anwenderfreundliche Berechnungsverfahren werden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens zwei Wege zur Einbindung der Flankenübertragung bestritten:

- 1.) Über die pauschale Einrechnung der Flankenübertragung mittels eines empirischen Korrektursummands, siehe Gleichung 4 in Abschnitt 2.1.
- 2.) Durch die Einrechnung von Norm-Flankentrittschallpegeln in Anlehnung an Gleichung 1, siehe Abschnitt 2.2. Die Norm-Flankentrittschallpegel werden zur praxisgerechten Einbindung in das Berechnungsverfahren in Korrektursummanden K_1 und K_2 umgewandelt. Zahlenwerte für diese Korrektursummanden werden für die Kombinationen von verschiedenen Rohdecken, Wänden und Estrichaufbauten getrennt angegeben.



$$L'_n = 10 \cdot \log \left(10^{L_{n,D} / 10} + 10^{L_{n,Df} / 10} + 10^{L_{n,DFf} / 10} \right)$$

Gleichung 1 : Berechnung des Norm-Trittschallpegels L'_n inklusive der Schallübertragungen über die Flanken



Zur Flankenübertragung bei einer Holzbalkendecke mit Estrichaufbau tragen zwei Übertragungswege bei:

Übertragungsweg Df :

Durch den Estrich in die Rohdecke, von der Rohdecke in die darunterliegende Wand und von dort in den Empfangsraum abstrahlend. Dieser Weg wird üblicherweise mit Df gekennzeichnet.

Übertragungsweg DFf :

Im Estrichaufbau horizontal entlanglaufend in die Wände des Senderraums, von dort über den Decken-Wandanschluß in die Wände des Empfangsraums und von dort in den Empfangsraum. Dieser Weg wird von uns mit dem Zeichen DFf gekennzeichnet.

Abbildung 1 : Schematische Darstellung der Beiträge zur Trittschallübertragung: direkt übertragener Trittschall $L_{n,Dd}$ und Beiträge der Flankenübertragung $L_{n,Df}$ und $L_{n,DFf}$



2.1 Einfaches, holzbauspezifisches Einzahl-Modell

Um dem allgemeinen Wunsch nach einem einfachen Prognoseverfahren für die Trittschalldämmung von Holzdecken zu genügen, wurde schon vor langer Zeit von K. Gösele ein einfaches Berechnungsverfahren in Anlehnung an das Nachweisverfahren für den Beton- und Mauerwerkbau (siehe Gleichung 2) erarbeitet [4]. In diesem Verfahren wird ein spezieller äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}^1$ und eine bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ (siehe auch Fußnote ¹) für den Holzbau definiert.

Der Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ der Holzdecke inklusive Estrich errechnet sich dann nach Gleichung 3. Die Genauigkeit des Verfahrens für Holzdecken im Prüfstand liegt bei ca. ± 4 dB.

Die Flankenübertragung über die flankierenden Holzwände wird hierbei noch nicht berücksichtigt. Das heißt die tatsächliche Trittschalldämmung im ausgeführten Bau $L'_{n,w}$ weicht je nach Dämmniveau der Decke wesentlich vom prognostizierten Wert ab.

$$L'_{n,w,R} = L_{n,w,eq,R} - \Delta L_{w,R}$$

Gleichung 2: Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Massivdecken nach Bbl. 1 DIN 4109 [1].

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} - 3 \text{ dB}$$

Gleichung 3: Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Holzdecken nach Gösele [4]

Dieses Berechnungsverfahren für Holzdecken wurde von Holtz et al. [5] noch auf die besondere Wirkung von Rohdeckenbeschwerungen (mit einem Verbesserungsmaß $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$) und eine pauschale Einrechnung der holzbauähnlichen Flankenübertragung erweitert. Die Berücksichtigung der Flankenübertragung erfolgt ähnlich wie in der DIN EN 12354-02 mit einem Korrektursummand K, der hier allerdings vom Dämmniveau der Holzdecke abhängt. Nicht berücksichtigt bei diesem einfachen Prognoseverfahren sind die Art der Decken (speziell der Unterdecken), die Ausführung der flankierenden Wände und deren Deckenanschluss. Die Genauigkeit des Verfahrens für Holzdecken, gemessen in der Bausituation, wird mit ca. ± 4 dB angegeben [3].

¹ Bislang wurde in der deutschen Fachliteratur der äquivalente bewertete Normtrittschallpegel einer Holzdecke mit $L_{n,w,eq,H}$ (H für Holz) und die bewertete Trittschallminderung für einen Estrichaufbau auf einer Holzdecke mit $\Delta L_{w,H}$ (H für Holz) gekennzeichnet. Nach den neuen europäischen Regelwerken E DIN EN ISO 140-11 erfolgt die Kennzeichnung der Trittschallminderung mit ΔL_t (t für timber). In diesem Forschungsbericht wird aber für den äquivalenten bewerteten Normtrittschallpegel und die bewertete Trittschallminderung die bislang gebräuchliche deutsche Bezeichnung beibehalten, da für diese Kenngrößen noch keine europäische Berechnungsnorm vorliegt. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass diese Kenngrößen in Zukunft nach der europäischen Nomenklatur mit $L_{n,w,eq,t}$ bzw. $\Delta L_{w,t}$ bezeichnet werden müssen.

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} - \Delta L_{n,w,Beschwerung} + K$$

Gleichung 4 : Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Holzdecken nach Holtz et al. [5]

Eine europaweit gültige Messvorschrift für die Trittschallminderung ΔL im Holzbau wurde erst kürzlich mit der E DIN EN ISO 140-11 [6] vorgestellt. Da als Prüfdecke hier jedoch Holzdecken vorgesehen sind, die von der in Deutschland üblichen Konstruktion abweichen muss hier mit Abweichungen gerechnet werden. Eine Bewertungsvorschrift zur Ermittlung vom äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ und der bewerteten Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ für den Holzbau wird in dieser Norm nicht beschrieben.

2.2 Modifizierung des Einzahilverfahrens unter verfeinerter Berücksichtigung der Flankenübertragung

Da sich das in Abschnitt 2.1 beschriebene Einzahilverfahren hinsichtlich seiner Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit bewährt hat, wird das Verfahren prinzipiell übernommen, lediglich im Hinblick auf die Flankenübertragung wurde eine Verfeinerung vorgenommen, die auf die besondere Konstruktionsweise der Decken und Wände Rücksicht nimmt.

Die Berechnung des Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ als Laborwert folgt genau der Vorgehensweise wie in Abschnitt 2.1 beschrieben.

Für die Beschreibung der Flankenübertragung wurde auf die Ergebnisse des von der LSW - Labor für Schall- ⊕ Wärmemesstechnik GmbH bearbeiteten Forschungsvorhabens [8] sowie neuere Erkenntnisse von Gösele [9] zurückgegriffen. Danach wird Gleichung 1 praxisgerecht umgeformt in eine Summe aus bewertetem Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und Korrektursummanden K_1 und K_2 , siehe Gleichung 5. Diese Gleichung gilt für flankierende Wände mit einer raumseitigen Beplankung aus FPY (oder OSB) und einer Gipskartonplatte. Die Flankenübertragung von Wänden mit davon abweichenden Beplankungen kann durch Addition eines empirischen Korrektursummands K_3 ($K_3 = + 1$ dB für Beplankungen aus Gipsfaserplatten und $K_3 = + 2$ dB für Beplankungen aus OSB- oder FPY-Platten) beschrieben werden. Diese empirischen Parameter wurden bei einzelnen Deckenaufbauten für das Verfahren eingesetzt.

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} - \Delta L_{n,w,Beschwerung} + K_1 + K_2 + 2dB$$

Gleichung 5 : Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Holzdecken als Laborwert nach Holtz et al. [5]

Zusätzlich wird ein statistisch ermittelter Aufschlag von 2 dB eingeführt, der die üblichen Ausführungsschwankungen am Bau sowie weitere untergeordnete Übertragungswege (z.B. DFd) berücksichtigt.

Die Umrechnung der Korrektursummanden K_1 und K_2 ergibt sich aus dem Vergleich mit Gleichung 1 und ist Gleichung 6 und Gleichung 7 zu entnehmen.



Die für die Prognose der Flankenübertragung notwendigen Eingangsgrößen wurden dem Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben „Verringerung der Schallabstrahlung von Holzständerwänden bei Trittschallanregung im mehrgeschossigen Holz-Wohnungsbau“ [8] entnommen. Der Weg Df,w wurde auf Grund der bisher geringen Anzahl an verfügbaren Messwerten für alle Anschluss-Situationen gemittelt.

$$K_1 = 10 \cdot \text{Log} \left(1 + 10^{0,1 \cdot (L_{n,Df,w} - L_{n,w})} \right)$$

Gleichung 6 : Berechnung des Korrektursummand K_1 für die Flankenübertragung aus der Rohdecke in die Empfangsraumwand aus

$L_{n,Df,w}$: bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel aus der Rohdecke in die Empfangsraumwand, Werte aus [8]

$L_{n,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzbalkendecke inklusive Estrichaufbau, Werte nach Gleichung 4.

$$K_2 = 10 \cdot \text{Log} \left(1 + \frac{10^{0,1 \cdot (L_{n,DFf,w} - L_{n,w})}}{1 + 10^{0,1 \cdot (L_{n,Df,w} - L_{n,w})}} \right)$$

Gleichung 7 : Berechnung des Korrektursummand K_2 für die Flankenübertragung aus der Rohdecke in die Empfangsraumwand aus

$L_{n,DFf,w}$: bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel aus der Estrichplatte über die Wand im Obergeschoß in die Empfangsraumwand, Werte nach Gleichung 8

$L_{n,Df,w}$: bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel aus der Rohdecke in die Empfangsraumwand, Werte aus [8]

$L_{n,w}$: bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzbalkendecke inklusive Estrichaufbau, Werte nach Gleichung 4

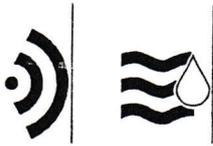
$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,w,Rohdecke} - \Delta L_{w,H} - \Delta L_{n,w,Beschwerung}$$

Gleichung 8 : Berechnung der bewerteten Flankenübertragung $L_{n,Df,w}$ aus

$L_{n,Df,w,Rohdecke}$: bewertete Flankenübertragung aus der Rohdecke **ohne Estrichaufbau** in die Empfangsraumwand, Werte aus [8]

$\Delta L_{w,H}$: bewertete Trittschallminderung des Estrichaufbaus auf einer Holzdecke, Werte siehe Abschnitt 4.2.2 bzw. [5]

$\Delta L_{n,w,Beschwerung}$: Verringerung des bewerteten Norm Trittschallpegels durch eine Rohdeckenbeschwerung, Werte siehe Abschnitt 4.2.1 bzw. [5] Messtechnik



2.3 Durchführung der Luft- und Trittschallmessung

In dem Forschungsvorhaben wurden Tritt- und Luftschallmessungen nach den derzeit gültigen deutschen und europäischen Messnormen durchgeführt. Diese Mess- und Auswertenormen sind im Einzelnen in nachstehender Tabelle 1 aufgeführt.

| | Europäische Norm |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Prüfstände für Schallmessungen an Decken und Wänden | DIN EN ISO 140-01 [6] |
| Messung der Luftschalldämmung von Decken und Wänden im Labor | DIN EN 20 140-03 [6] |
| Messung des Norm-Trittschallpegels von Decken im Labor | DIN EN ISO 140-06 [6] |
| Messung der Trittschallminderung von Deckenauflagen auf Holzdecken | E DIN EN ISO 140-11 [6] |
| Messung des Flankentrittschallpegels | In Anlehnung an DIN EN ISO 10848-01, 02 und 03 [14] |
| Bewertung der Luftschalldämmung | DIN EN ISO 717-01 [15] |
| Bewertung der Trittschalldämmung | DIN EN ISO 717-02 [15] |

Tabelle 1 : Mess- und Auswertenormen für Luft- und Trittschallmessungen

Die Messung des Norm-Trittschallpegels L_n erfolgte mit dem Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 140-06 bzw. E DIN EN ISO 140-11.

2.4 Prüfstandsbeschreibung

Bei dem hier verwendeten Prüfstand handelt es sich um einen Deckenprüfstand der entweder als nebenwegsfreier Prüfstand nach DIN EN ISO 140-01 oder mit „Holzbauähnlichen“ Nebenwegen eingerichtet werden kann, näheres siehe das Forschungsvorhaben G-2001/09 „Verringerung der Schallabstrahlung von Holzständerwänden bei Trittschallanregung im mehrgeschossigen Holz-Wohnungsbau“ [8]. Eine Prinzipskizze des Prüfstands ist in Abbildung 2 dargestellt. Der Prüfstand ist mit Wänden in Holzständerbauweise und Holzdecken errichtet.

Die Grenzdämmung des Deckenprüfstandes beträgt $R_{w,max} = 83$ dB und $L_{n,w,grenz} = 25$ dB (bei Einsatz eines Zementstrichs auf 40/35 Trittschalldämmplatte Typ T und mit einer Rohdeckenbeschwerung von 90 kg/m²).

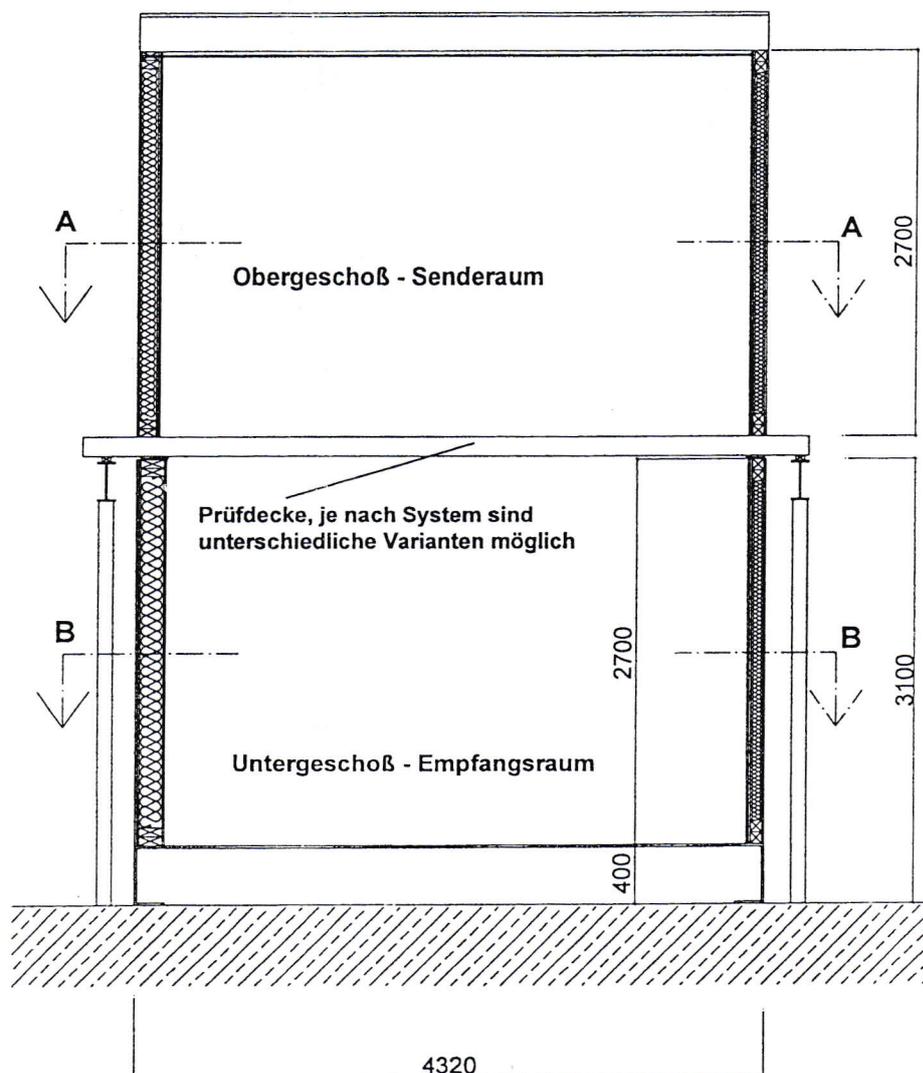


Abbildung 2: Prinzipskizze des Deckenprüfstandes; dargestellt zur Messung ohne Nebenwege; Zur Messung mit Nebenwege werden die Distanzhalter entfernt

3 Bewertungsverfahren

3.1 Bestimmung der Eingangsgrößen für die Prognoseverfahren

Als Eingangsgrößen für das Prognoseverfahren werden benötigt

- Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel für den Holzbau $L_{n,w,eq,H}$
- bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$
- Verbesserungsmaß $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ für die Rohdeckenbeschwerung
- Korrektursummanden für die Berücksichtigung der Flankenübertragung

Zur Prognose der Trittschalldämmung von Holzdecken werden eigene Kenngrößen (äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ und bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$) für den Holzbau eingeführt, da eine Anwendung der entsprechenden Größen aus dem Beton- und Mauerwerkbau wie in DIN EN ISO 717-02 beschrieben nicht möglich ist. Obwohl die Bedeutung dieser Kenngrößen für den Holzbau seit langem schon bekannt ist, wurde erst zu einem späten Zeitpunkt mit der E DIN EN ISO 140-11 eine Norm erarbeitet, in der die Bestimmung der Trittschallminderung ΔL_t von Fußbodenaufbauten auf leichten Decken beschrieben wird. Eine Definition und Berechnungsvorschrift für die Einzahlwerte $L_{n,w,eq,H}$ und $\Delta L_{w,H}$ wird in der aktuellen Version dieser Norm von November 2003 nicht beschrieben. In den folgenden Abschnitten werden die zur Zeit üblichen Berechnungsvorschriften für $L_{n,w,eq,H}$ und $\Delta L_{w,H}$ diskutiert.

3.1.1 Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$

Für die Bestimmung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ werden zwei verschiedene Modelle diskutiert. Welches dieser Modelle die zuverlässigsten Resultate liefert, wird im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens unter Berücksichtigung Trittschallmessungen an vollständigen Deckenaufbauten geprüft :

a) Bestimmung nach Gösele [4] :

Der erste Ansatz zur Bestimmung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,H}$ (bzw. des damals noch gebräuchlichen äquivalenten Trittschallschutzmaßes $TSM_{eq,H}$) stammt von Gösele [4]. $TSM_{eq,H}$ wird aus einer Messung des Norm-Trittschallpegels L_n auf der Rohdecke ermittelt. Hierzu werden die Messwerte der Oktavbänder von 125 Hz, 180 Hz und 250 Hz arithmetisch gemittelt, siehe Gleichung 9.

$$TSM_{eq,H} = 72 \text{ dB} - \frac{1}{3} (L_{n,125 \text{ Hz}} + L_{n,180 \text{ Hz}} + L_{n,250 \text{ Hz}})$$

Gleichung 9 : Berechnung des äquivalenten Trittschallschutzmaßes $TSM_{eq,H}$ aus den Norm-Trittschallpegeln in den Oktavbändern bei 125 Hz, 180 Hz und 250 Hz, nach Gösele [4].

Die Umrechnung von TSM in $L_{n,w}$ erfolgt nach DIN 4109 über $L_{n,w} = 63 \text{ dB} - TSM$.



Diese Mess- und Berechnungsvorschrift ist für den heutigen Gebrauch nicht geeignet, da eine Messung des Norm-Trittschallpegels nach DIN EN ISO 140-06 [6] bzw. E DIN EN ISO 140-11 [6] in Terzbändern bei genormten Terzbandmittenfrequenzen zu erfolgen hat. Um diese Berechnungsvorschrift auf die heutigen Messbedingungen zu übertragen wurden die Messergebnisse der Terzbänder von 100 Hz bis 315 Hz in Oktavbandwerte bei 125 Hz und 250 Hz umgerechnet und daraus nach Gleichung 10 der $L_{n,w,eq,H}$ berechnet.

$$L_{n,w,eq,H} = \frac{1}{2} \left(L_{n,125\text{ Hz}} + L_{n,250\text{ Hz}} \right) - 9 \text{ dB}$$

Gleichung 10 : Berechnung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,H}$ aus den Norm-Trittschallpegeln in den Oktavbändern bei 125 Hz und 250 Hz, in Übertragung der Berechnungsvorschrift nach Gösele [4]. Die Umrechnung von TSM in $L_{n,w}$ erfolgte nach DIN 4109 über $L_{n,w} = 63 \text{ dB} - \text{TSM}$.

Die Beschränkung der Berechnungsvorschrift auf die ersten drei Halb-Oktavbänder ist für sehr viele Holz-Deckenaufbauten problematisch, wie z.B. für alle Massivholzdecken (z.B. Brettstapel-, Hohlkasten-, Kreuzbalken- oder Mehrlagenholzdecken) die signifikante Trittschallübertragungen bei hohen Frequenzen besitzen. Diese Schallübertragungen würden bei einer Berechnung nach diesem Verfahren nicht mitberücksichtigt.

b) Bestimmung aus einer Messung von Rohdecke inklusive Estrich :

Um die Probleme der Mess- und Berechnungsvorschrift von Gösele [4] zu umgehen wurde vom LSW- Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH eine separate Vorgehensweise zur Bestimmung von $L_{n,w,eq,H}$ erarbeitet [3] um insbesondere Brettstapeldecken besser beschreiben zu können. Hierzu wird die Trittschalldämmung der Rohdecke mit und ohne einen bekannten schwimmenden Zementestrich gemessen. Aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ der Rohdecke mit Estrichaufbau und der bekannten bewerteten Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ wird der $L_{n,w,eq,H}$ berechnet. Diese Vorgehensweise hat Vorteile, wenn auf der Rohdecke selbst, wegen der Rauheit der Rohdeckenoberfläche, keine Trittschallmessung mit dem Norm-Hammerwerk durchgeführt werden kann. Dies ist z.B. bei einigen Brettstapel- oder bei Leimholzprofildecken der Fall.

Zur Reduzierung der Unsicherheiten bei diesem Verfahren wurden in den meisten Fällen Messungen an der gleichen Rohdecke jedoch mit unterschiedlichen Estrichaufbauten und ggfls. noch mit Beschwerungen durchgeführt. Die entsprechenden Schalldämmwerte wurden danach gemittelt.

Eine Variante dieses Verfahrens besteht darin, dass für die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ nicht der Literaturwert, sondern die auf der tatsächlichen Rohdecke gemessene Trittschallminderung eingesetzt wird.

3.1.2 Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$

Der Einfluss des schwimmenden Estrichs auf die Trittschalldämmung wird durch die Trittschallminderung ΔL_t (bzw. die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$) beschrieben. Die Messung der Trittschallminderung erfolgte in den meisten Fällen auf einer Standard-Holzbalkendecke, die ähnlich den Bezugs-Holzdecken der E DIN EN ISO 140-11 ausgeführt war. Die Berechnung der bewerteten Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ wird in Ermangelung konkreter Vorschriften in Analogie zu den Berechnungsvorschriften der DIN EN ISO 717-02 durchgeführt.

Folgende Schritte werden hierzu durchgeführt:

- 1.) Festlegung einer Holz-Bezugsdecke, für die Anwendung des Holzbaus wurden für den Norm-Trittschallpegel $L_{n,r,0,t}$ (in Terzbändern) dieser Holzdecke die Bezugswerte der Tabelle 3 aus DIN EN ISO 717-02 hergenommen.
- 2.) Berechnung des Norm-Trittschallpegels der Holz-Bezugsdecke mit der Deckenauflage (Estrich) als $L_{n,r,t} = L_{n,r,0,t} - \Delta L_t$ und Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,r,t,w}$ nach DIN EN ISO 717-02.
- 3.) Aus der Differenz des bewerteten Norm-Trittschallpegels der Holz-Bezugsdecke mit und ohne Estrichaufbau wird die bewertete Trittschallminderung berechnet:

$$\Delta L_{w,H} = L_{n,r,0,t,w} - L_{n,r,t,w}$$

3.1.3 Verbesserungsmaß der Rohdeckenbeschwerung $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$

Zur praktischen Planung von Deckenaufbauten können darüber hinaus die Einflüsse durch eine Rohdeckenbeschwerung mit einem separaten Parameter beschrieben werden. Prinzipiell wäre es auch möglich die Rohdeckenbeschwerung in die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ einzubeziehen. Wegen der Vielzahl der am Markt üblichen Estrichsysteme und der Vielzahl der möglichen Rohdeckenbeschwerungen (mit jeweils variablem Zusatzgewicht) ist es aber sinnvoll die Trittschallminderung durch die Rohdeckenbeschwerung mit einem separaten Parameter zu beschreiben.

Hierzu kann ein Verbesserungsmaß $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ hergenommen werden [3]. Das Verbesserungsmaß $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ wird aus den bewerteten Norm-Trittschallpegeln der Decke mit und ohne Beschwerung bestimmt, siehe Gleichung 11.

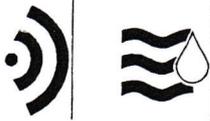
$$\Delta L_{n,w,Beschwerung} = L_{n,w}(Decke \text{ ohne Beschwerung}) - L_{n,w}(Decke \text{ mit Beschwerung})$$

Gleichung 11: Berechnung des Verbesserungsmaßes $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ von Holzdecken mit Beschwerung nach Holtz et al. [5]

3.1.4 Über die Flanken übertragener Trittschall

Zur Beschreibung der Flankenübertragung werden Korrektursummanden angegeben. Nach dem bisherigen Verfahren nach dem Holzbau Handbuch wurde hierzu ein einzelner Korrektursummand k angegeben. Dieser wurde empirisch aus Messungen des Norm-Trittschallpegels im Laborprüfstand und in ausgeführten Bauten ermittelt, siehe [3].

Bei dem verbesserten Berechnungsverfahren wird die Flankenübertragung über zwei Korrektursummanden K_1 und K_2 berechnet. Diese Korrektursummanden quantifizieren die Flankenschallübertragungswege D_f und D_{ff} . Sie können aus den Norm-Flanken-Trittschallpegeln $L_{n,Df,w}$ und $L_{n,Dff,w}$ berechnet werden, siehe Abschnitt 2.2.



Messung von $L_{n,Df}$

Die Messung des über die flankierenden Wände übertragenen Norm-Trittschallpegels $L_{n,Df}$ wird in keiner der derzeit gültigen Normen konkret und explizit beschrieben. Es wurden daher in Anlehnung an die Normenreihe E DIN EN ISO 10848 Messungen in ausgeführten Bauten durchgeführt, die durch Messungen im Prüfstand mit holzbauüblichen Nebenwegen ergänzt wurden.

Dabei wurde wie folgt vorgegangen: Es wurden die Norm-Trittschallpegel $L_{n,D}$ und L'_n des gleichen Deckenaufbaus jeweils ohne ($= L_{n,D}$) und mit Flankenübertragung ($= L'_n$) gemessen (zur praktischen Ausführung siehe die Berichte zu den Forschungsvorhaben „Optimierung der Trittschalleigenschaften von Holzdecken zum Einsatz im mehrgeschossigen Holzhausbau“ [3] und „Verringerung der Schallabstrahlung von Holzständerwänden bei Trittschallanregung im mehrgeschossigen Holz-Wohnungsbau“ [8]). Der über die Flanken übertragene Norm-Trittschallpegel $L_{n,Df}$ wurde dann als energetische Subtraktion nach Gleichung 12 berechnet. Bei dieser Vorgehensweise ist zu beachten, dass hiermit eine energetische Summe über alle vier Decken-Wandanschlüsse gebildet wird.

$$L_{n,Df} = 10 \cdot \log \left(10^{L'_n/10} - 10^{L_{n,D}/10} \right)$$

Gleichung 12: Bestimmung des über die Flanken übertragenen Norm-Trittschallpegels $L_{n,Df}$

Messung von $L_{n,DFf}$

Bei Reihenuntersuchungen zur Flankenschalldämmung [8] wurde festgestellt, dass der Schallübertragungsweg Df (über Estrich und Rohdecke in die flankierende Wand) nicht der einzige Flankenschallübertragungsweg bei Trittschallanregung ist. Ein Übertragungsweg über die Estrichplatte und von dort in die flankierenden Wände des Sende- und Empfangsraum (Bezeichnung DFf, siehe auch Abbildung 1), stellt einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zur Trittschallübertragung von Holzdecken dar. Erste in [8] vorgestellte Messergebnisse haben bereits zu einer Genauigkeitssteigerung bei der Prognose der Trittschalldämmung geführt.

Die Messung von $L_{n,DFf}$ erfolgte in dem in Abschnitt 2.3 beschriebenen Holzbauprüfstand. Hierzu wurden Messungen des Norm-Trittschallpegels in drei unterschiedlichen Situationen durchgeführt :

- mit bauüblichen Flankenübertragungen Df und DFf : d.h. Holzdecke kraftschlüssig mit Empfangsraumwand und Senderaumwand verbunden
- mit Flankenübertragungsweg Df alleine : d.h. Holzdecke kraftschlüssig mit Empfangsraumwand verbunden und von der Senderaumwand entkoppelt
- ohne Flankenübertragung

Aus den drei gemessenen Norm-Trittschallpegeln kann der Flanken-Trittschalldämmung $L_{n,DFf}$ ermittelt werden, Details siehe [8].

Eine Angabe von $L_{n,DFf}$ zum Einsatz in das Berechnungsverfahren ist zum jetzigen Zeitpunkt noch mit größeren Unsicherheiten verknüpft, da die Einflußparameter auf diesen Schallübertragungsweg noch nicht vollständig bekannt sind, bzw. im ausgeführten Bau zu großen Schwankungen unterworfen sind, wie z.B. die Ausführung der Randfuge. Durch eine genaueres Verständnis der Schallübertragungswege Df und DFf wird in Zukunft noch eine Genauigkeitssteigerung der Prognose erwartet.



3.2 Statistische Ermittlung der Eingangsdaten

3.2.1 Kritische Betrachtung von Fehlerquellen

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebene messtechnische Ermittlung der Eingangsgrößen entspricht dem in den Anwendungs-, Mess- und Berechnungsnormen DIN 4109, Bbl. 1 DIN 4109, DIN EN ISO 140 und DIN EN ISO 717 niedergelegten Konzept zum Nachweis der Trittschalldämmung von Massivdecken. Es entspricht der in der Fachliteratur [4], [10], [5] für den Holzbau vorgeschlagenen Vorgehensweise. In der Holzbaupraxis liegt eine Vielzahl von unterschiedlichen Holzdeckenkonstruktionen vor die sich nicht allein durch ihre flächenbezogene Masse sondern auch durch die Konstruktionsprinzipien stark unterscheiden. Die Trittschallminderung eines Estrichaufbaus auf einer speziellen Holzdecke wird durch das gemessene ΔL_t gut beschrieben, eine Übertragung auf unterschiedliche Holzdecken ist aber beileibe nicht selbstverständlich, da für jede Kombination aus Rohdecke und Estrich wieder ein unterschiedliches Masse-Feder-Masse-System gebildet wird. Weiterhin wird die Wirksamkeit des Estrichaufbaus, d.h. die Angabe von $\Delta L_{w,H}$, nur auf einer Bezugs-Holzdecke berechnet, deren Norm-Trittschallpegel dem einer geschlossenen Holzbalkendecke mit federnd abgehängter Unterdecke ähnelt. Die Wirksamkeit auf anderen Rohdecken, deren Trittschalldämmung ein anderes Frequenzverhalten zeigt wird durch diese Art der Berechnung nicht beschrieben. Eine ähnliche Unsicherheit wie für die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ wird auch für das Verbesserungsmaß durch die Rohdeckenbeschwerung $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ erwartet.

Hinsichtlich der Angabe des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,H}$ wird aus obiger Diskussion klar, dass eine Berechnung nach Gösele [4] keine gute Lösung darstellt, da hierbei die Trittschalldämmung bei hohen Frequenzen vollkommen ignoriert wird. Für bestimmte Holzdecken (offene Holzbalkendecken, Brettstapeldecken, Hohlkastendecken) wird der bewertete Norm-Trittschallpegel entscheidend von der hochfrequenten Schalldämmung geprägt.

Auch bei dem alternativen Berechnungsverfahren für $L_{n,w,eq,H}$ nach Abschnitt 3.1.1 b) [3] entstehen Unsicherheiten, da für die gleiche Rohdecke in Kombination mit unterschiedlichen Estrichaufbauten auch verschiedene $L_{n,w,eq,H}$ ermittelt werden können. Bislang wurden zur statistischen Abfederungen die verschiedenen $L_{n,w,eq,H}$ – Werte ein und derselben Decke arithmetisch gemittelt.

3.2.2 Verfahren zur statistischen Ermittlung der Eingangsdaten

Nach dem statistischen Vergleich zwischen gemessenen und über das Berechnungsverfahren prognostizierten Schalldämmwerten, siehe Abschnitt 5, wird klar, dass bei der bisherigen Vorgehensweise mit den in [5], [10], [11], [13] publizierten Rechenwerten eine Unsicherheit in der Angabe von $L_{n,w}$ und $L'_{n,w}$ von $\sigma = 3,9$ dB resultiert.



Für eine Optimierung des Berechnungsverfahrens ergibt sich daraus ein Handlungsbedarf für die Bestimmung oder Festlegung der Eingangsdaten. Folgende Ansatzpunkte sind hierbei möglich:

- 1.) Messung der Trittschallminderung ΔL_t auf den jeweiligen Typen von Holzdecken (geschlossene bzw. offene Holzbalkendecke, Brettstapeldecken,....).
- 2.) Änderung der Bezugs-Holzdecke für die Berechnung der bewerteten Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ eines Estrichaufbaus je nach Anwendungsbereich, d.h. für Einsatz auf einer geschlossenen, offenen Holzbalkendecke, Brettstapeldecken,....
- 3.) Anpassung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,H}$ für den jeweiligen Anwendungsbereich, d.h. für Einsatz mit Trocken-, Gußasphalt- oder Nassestrich.
- 4.) Anpassung des Verbesserungsmaßes für die Rohdeckenbeschwerung $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ an den jeweiligen Anwendungsbereich, d.h. gesplittet nach Rohdecke und Estrichart.
Diese Anpassung wurde bereits in den ersten Veröffentlichungen [5] praktiziert.

Welche Maßnahmen und in welchen Kombinationen auch durchgeführt werden, es wird zu einer Aufspaltung der schalltechnischen Kenngrößen $L_{n,w,eq,H}$, $\Delta L_{w,H}$, $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ je nach Kombination der einzelnen Komponenten führen.

Für die praktische Anwendung in diesem Forschungsvorhaben wurden die Kenngrößen, von den gemessenen Trittschalldämmwerten und den Literaturwerten nach [5], [10], [11], [13] ausgehend, wie folgt angepasst :

Optimierung 1.

Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ der Rohdecke:

- geschlossene Holzbalkendecken - $L_{n,w,eq,H}$ getrennt nach Gußasphalt und Trockenestrich sowie Zementestrich, unabhängig von Beschwerung
- offene Holzbalkendecke - $L_{n,w,eq,H}$ getrennt nach Gußasphalt und Trockenestrich sowie Zementestrich, unabhängig von der Beschwerung
- Massivholzdecken (Brettstapeldecken, Hohlkastendecken, Mehrlagenholzdecken) - $L_{n,w,eq,H}$ unabhängig von Estrichart und Beschwerung

Optimierung 2.

Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ des Estrichaufbaus:

$\Delta L_{w,H}$ unabhängig von Rohdecke und Beschwerung für alle Estrichaufbauten

Optimierung 3.

Verbesserungsmaß $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ der Beschwerung:

$\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ in Abhängigkeit von der Rohdecke und zum Teil getrennt nach Art des Estrichs

4 Eingangsdaten für das Berechnungsverfahren

Im nachfolgenden Kapitel werden die für das Berechnungsverfahren erforderlichen Eingangsdaten zusammengestellt. Hierbei werden sowohl die bereits vorliegenden Deckenaufbauten als auch die neuen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersuchten Decken, sowie Beschwerungsmaßnahmen und die Wirksamkeit von Estrichaufbauten zusammengefasst.

Bereits im Vorfeld dieses Forschungsvorhabens war klar, dass für eine allgemeinere Beschreibung der in Deutschland eingesetzten Holzdecken die bislang in [5] angegebenen Eingangsparameter nicht ausreichen. Daher wurden in Laborversuchen noch wesentliche Eingangsgrößen ermittelt. Dies betraf folgende Größen:

- Plattenbeschwerung auf Brettstapeldecken
- Schüttungen auf offenen Holzbalkendecken
- Trittschalldämmung von Brettstapeldecken in Abhängigkeit der Dicke

Auf eine detaillierte Beschreibung dieser Messungen wird der Übersichtlichkeit halber an dieser Stelle verzichtet. Hierzu wird auf die Meßdatenblätter im Anhang verwiesen.

Weiterhin wurden verschiedene Messungen, die seit 1999 im Auftrag der Holzverarbeitenden Industrie im LSW - Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH durchgeführt wurden in dieses Berechnungsverfahren eingearbeitet.

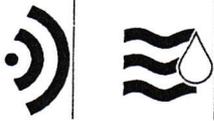
4.1 Rohdecke

In nachfolgender Tabelle 2 wurden die Eingangsdaten für den äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ für die verschiedenen Rohdecken zusammengestellt. Die Werte wurden wie in Abschnitt 3.2.2 beschrieben für die verschiedenen Situationen aufgesplittet. Zum Vergleich sind auch, wenn vorhanden, die äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ aus den älteren Publikationen [5], [10], [11], [13] sowie die bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ der Rohdecken aufgelistet.

Als zusätzlichen Parameter wurde bei Holzbalkendecken mit einer beschwerten Unterdecke der $L_{n,w,eq,H}$ auch in Abhängigkeit der Beschwerungsstärke angegeben. Bei Brettstapeldecken wird entsprechend eine Abhängigkeit des $L_{n,w,eq,H}$ von der Dicke der Rohdecke angegeben.

Teilweise sind relativ hohe Abweichungen zwischen den „alten“ und den „neuen“ Kennwerten der Rohdecken festzustellen. Diese beruhen darauf dass, nach einem Abgleich mit aktuellen Messergebnissen die Vorgehensweise bei der Bestimmung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ dahingehend geändert wurde, dass nach dem in Abschnitt 3.1.1 beschriebenen Verfahren die bewertete Trittschallminderung welche auf einer Standard- geschlossenen Holzbalkendecke gemessen wurde herangezogen wurden. Bei der früheren Vorgehensweise wurden die auf der jeweiligen Decke ermittelten bewerteten Trittschallminderungen zur Bestimmung von $L_{n,w,eq,H}$ hergenommen.

Durch die Modifizierung der Vorgehensweise konnte in der Gesamtbetrachtung ein Genauigkeitserfolg erzielt werden.



| Schnitt | Konstruktion | $L_{nw,eq,H}$ in dB für ZE | $L_{nw,eq,H}$ in dB für TE und GA | $L_{nw,eq,H}$ in dB | L_{nw} in dB |
|---------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|
|---------|--------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|

Offene Holzbalkendecken

| | | | | | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|---------------------------|
| | 22 mm Spanplatte, OSB oder FI Schalung 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) | 87 | 84 | 84 | 87-92 n=7 Ø 89,7 |
| | 12 mm Sperrholz, mech. verbunden 28 mm Sichtschalung, Nut und Feder 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) | 85 | 82 | 82 | 83&86 n=2 Ø 84,5 |

Holzbalkendecken mit direkt montierten Unterdecken

| | | | | | |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|
| | 22 mm Spanplatte oder OSB 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 0 kg 10 kg 20 kg 30 kg 40 kg 60 kg 90 kg 110 kg 15-16 mm Spanplatte oder OSB 9,5-12,5 mm GKB | 76 ³⁾ 74 ³⁾ 72 ³⁾ 71 ³⁾ 69 ³⁾ 67 ³⁾ 66 ³⁾ 66 ³⁾ | keine Messungen | neuer Aufbau | 67-78 n=16 Ø 73,9 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|

Holzbalkendecken mit an Lattung montierten Unterdecken

| | | | | | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------|
| | 22 mm Verlegespanplatte, verleimt 220 mm Balken (40 x 220 mm; e = 420 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 78 | keine Messungen ¹⁾ | 79 | 75 n=1 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 75 | 74 | 74 | 74-76 n=6 Ø 75,0 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 74 | 72 | neuer Aufbau | keine Messungen |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) Blindboden mit Schüttungsbeschwerung 70 - 100 kg/m ² 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 74 ²⁾ | 71 | neuer Aufbau | 69&73 n=2 Ø 71,0 |



| Schnitt | Konstruktion | $L_{nw,eq,H}$ in dB | $L_{nw,eq,H}$ in dB | $L_{nw,eq,H}$ | L_{nw} |
|---------|--------------|---------------------|---------------------|---------------|----------|
| | | für ZE | für TE und GA | In dB | in dB |

Holzbalkendecken mit entkoppelten Unterdecken

| | | | | | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----|--------------------------------------|
| | 22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 45 mm Lattung (24 x 48 mm, e = 417 mm) mit Federbügel 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | keine Messungen | keine Messungen | 66 | keine Messungen |
| | 22 mm Verlegespanplatte mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 27 mm Federschiene; e = 41,5 cm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 65 | 64 | 64 | 61-64 n=9 Ø 62,6 |
| | 22 mm Verlegespanplatte mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$) 27 mm Federschiene; e = 41,5 cm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 61 | 60 | 61 | 55-57 ⁴⁾ n=4 Ø 56,0 |

Brettstapel- und Massivholzdecken

| | | | | | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------|------------------------|
| | 120 mm 140 mm 160 mm Brettstapeldecke, genagelt 180 mm 200 mm | 78 ³⁾ 78 ³⁾ 77 ³⁾ 77 ³⁾ 76 ³⁾ | keine Messungen _{f)} | 78 120 mm | 72-82 n=5 Ø 79,4 |
| | 120 mm 140 mm Brettstapel-, Kreuzbalken-, 160 mm und Massivholzdecken, 180 mm geleimt 200 mm | 80 ³⁾ 80 ³⁾ 79 ³⁾ 79 ³⁾ 78 ³⁾ | keine Messungen _{f)} | neuer Aufbau | 81-88 n=7 Ø 84,7 |
| | 12 mm Sperrholz, mech. verbunden 120 mm Brettstapeldecke, genagelt | keine Messungen | keine Messungen | 76 | 81 n=1 |
| | 120-140 mm Brettstapeldecke, genagelt 24 - 60 mm Lattung (e = 417 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 76 | keine Messungen _{f)} | neuer Aufbau | 76&82 n=2 Ø 79 |
| | 120-140 mm Brettstapeldecke, genagelt 45 mm Federbügel mit Lattung (e = 417 mm) oder Federschiene (e = 417 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte | 72 | keine Messungen _{f)} | 71 | 65-71 n=3 Ø 68,7 |
| | 170 mm Brettstapelprofildecke (System Lignotermd) | 82 | keine Messungen _{f)} | 76 | keine Messungen |

| Schnitt | Konstruktion | $L_{n,w,eq,H}$ für ZE | $L_{n,w,eq,H}$ für TE und GA | $L_{n,w,eq,H}$ | $L_{n,w}$ |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|---------------------------|
| Stegträgerdecken | | | | | |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mechanisch verbunden 406 mm TJI® / Pro™ 550 Träger, e = 625 mm dazwischen 80 mm Mineralfasermatten 30/50 mm Lattung, Achsabstand e = 415 mm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatten | 76 | 76 | 74 | 71-74 n=6 Ø 72,5 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mechanisch verbunden 406 mm TJI® / Pro™ 550 Träger, e = 625 mm dazwischen 80 mm Mineralfasermatten 27 mm Federschiene, Achsabstand e = 415 mm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatten | 67 | 65 | 64 | 60&62 n=2 61 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mechanisch verbunden 406 mm TJI® / Pro™ 550 Träger, e = 625 mm Steg mit 40 mm Zelluloseplatten gedämmt dazwischen 80 mm Zellulosedämmplatten 27 mm Federschiene, Achsabstand e = 415 mm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatten | 64 ²⁾ | 64 | 62 | 60 n=1 Ø 72,5 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mechanisch verbunden 406 mm TJI® / Pro™ 550 Träger, e = 625 mm dazwischen 80 mm Mineralfasermatten 45/60 mm Lattung, Achsabstand e = 625 mm 128 mm Abhänger 15 mm Mineralwolle- Akustikplatte (OWAcoustik 625 x 625 mm, m' ≈ 4,8 kg/m²) | 73 | 71 ²⁾ | 69 | 71 n=1 |
| | 22 mm Verlegespanplatte, mechanisch verbunden 406 mm TJI® / Pro™ 550 Träger, e = 625 mm dazwischen 80 mm Mineralfasermatten 45/60 mm Lattung, Achsabstand e = 625 mm 128 mm Abhänger 33 mm Mineralwolle- Akustikplatte (OWAcoustik 625 x 625 mm, m' ≈ 13,0 kg/m²) | 69 | 67 | 66 | 66 n=1 |

 Tabelle 2 : Äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ der Rohdecken

 1) Berechnung nach Abschnitt 3.1.1 b) : $L_{n,w,eq,H} = L_{n,w,Decke+Aufbau} + \Delta L_{w,H, Aufbau}$

2) als optimierte Angabe nach Abschnitt 3.2.2

Anmerkungen:

- 1) Die Anzahl der auswertbaren Messungen war < 2
- 2) Der Wert wurde aus einer ausgewerteten Messung gebildet
- 3) Werte durch Interpolation ermittelt
- 4) Es wurden keine Unterscheidungen zwischen Gipsfaserplatten und GKB getroffen (Der $L_{n,w}$ der Rohdecken ist geprägt von den tendenziell besseren Gipsfaserplatten-Unterdecken)



4.2 Zusatzmaßnahmen

4.2.1 Rohdeckenbeschwerung

In dem vorangegangenen Forschungsvorhaben zur Trittschalldämmung von Holzdecken [3] wurde der Zusammenhang zwischen der Verbesserung der Trittschalldämmung und der Zusatzmasse der Beschwerung für verschiedene Holzdeckentypen ermittelt und in Form eines Diagramms dargestellt, siehe Abbildung 3.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde die Wirkungsweise von Schüttungen und Plattenbeschwerungen auf verschiedenen Decken zum Teil neu gemessen aber auch die bestehenden Werte noch einmal nachgeprüft und verifiziert. Auf Grundlage der bestehenden Daten und der aktuellen Untersuchungen wurden für alle gängigen Kombinationen von Rohdecken, Arten von Beschwerungen und Estrichaufbauten die Trittschallminderung durch die Beschwerung in Abhängigkeit von deren Masse aufgetragen.

Der Übersichtlichkeit halber wurden die neuen Erkenntnisse in verschiedene Diagramme aufgesplittet, siehe Abbildung 4 und Abbildung 5. Gußasphalt-Estriche sind den Trockenestrichen zuzuordnen.

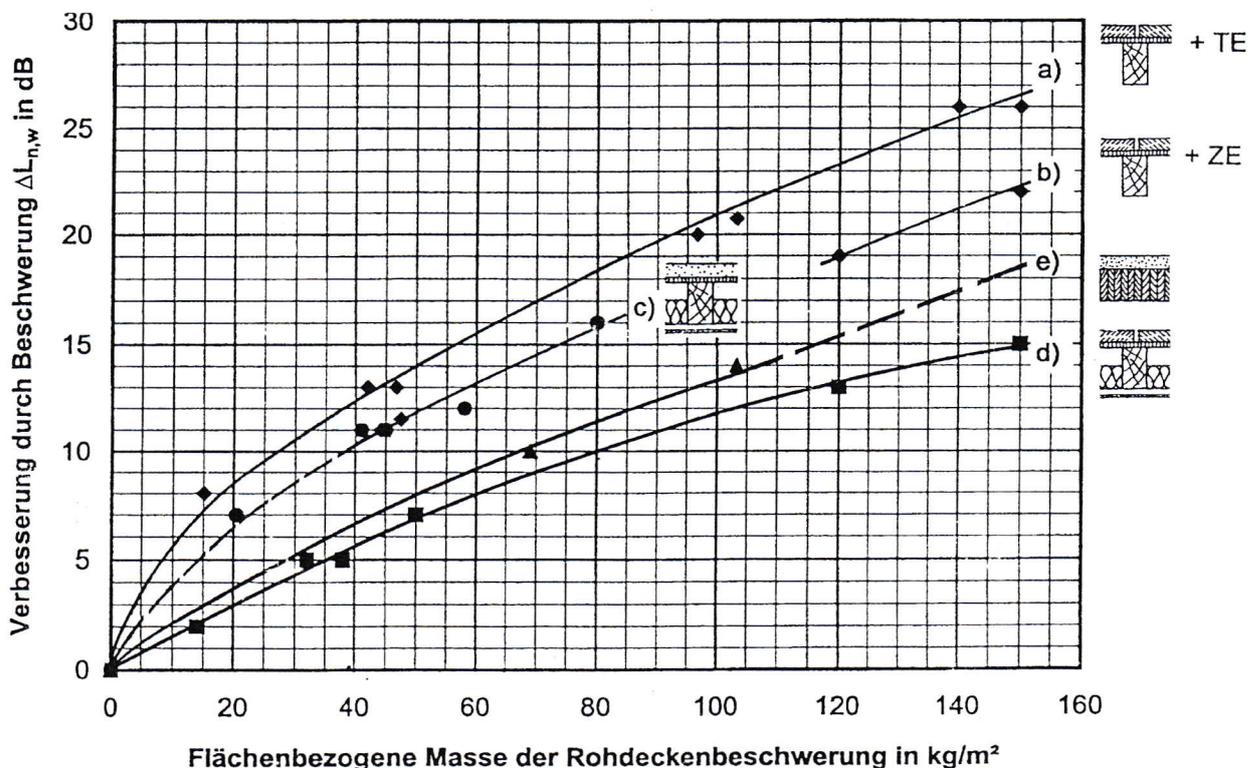


Abbildung 3 :

- Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Trockenestrich
- Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Zementestrich
- Schüttungen auf Holzbalkendecken und Unterdecke
- Plattenbeschwerung auf Holzbalkendecken und mit Unterdecke
- Schüttungen auf Brettstapeldecken (geleimt oder genagelt) und Kreuzbalkendecken

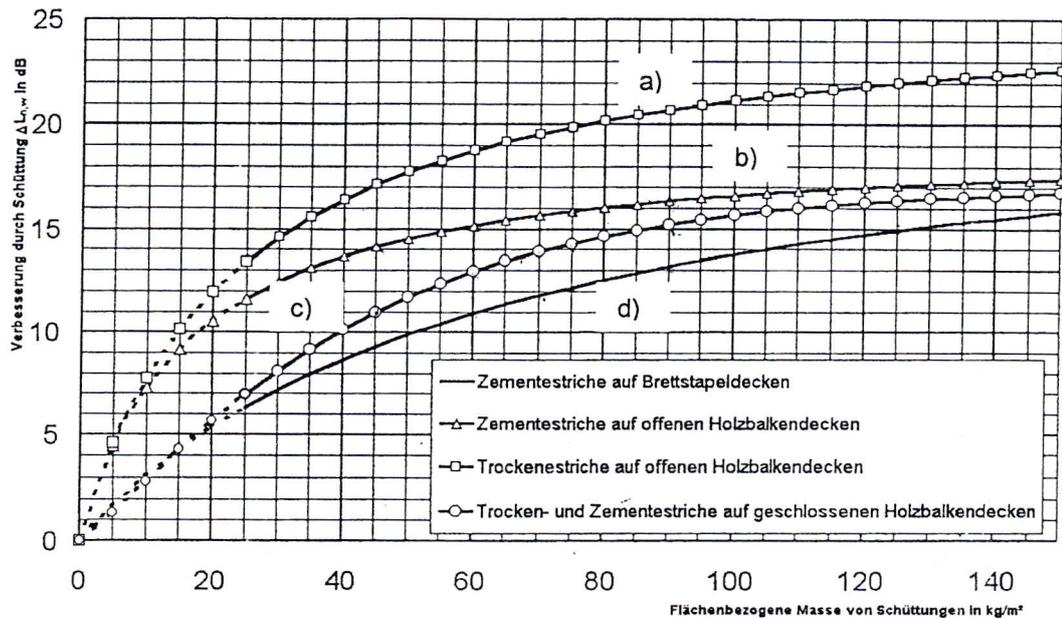


Abbildung 4 : Verbesserung der Trittschalldämmung ($\Delta L_{n,w, \text{Beschwerung}}$) durch Schüttungsbeschwerungen auf der Rohdecke:

- Schüttungsbeschwerungen auf offener Holzbalkendecken mit Trockenestrich
- Schüttungsbeschwerungen auf offener Holzbalkendecken mit Zementestrich
- Schüttungsbeschwerungen auf geschlossenen Holzbalkendecken mit Trocken- und Zementestrich
- Schüttungsbeschwerungen auf Brettstapeldecken mit Zementestrich

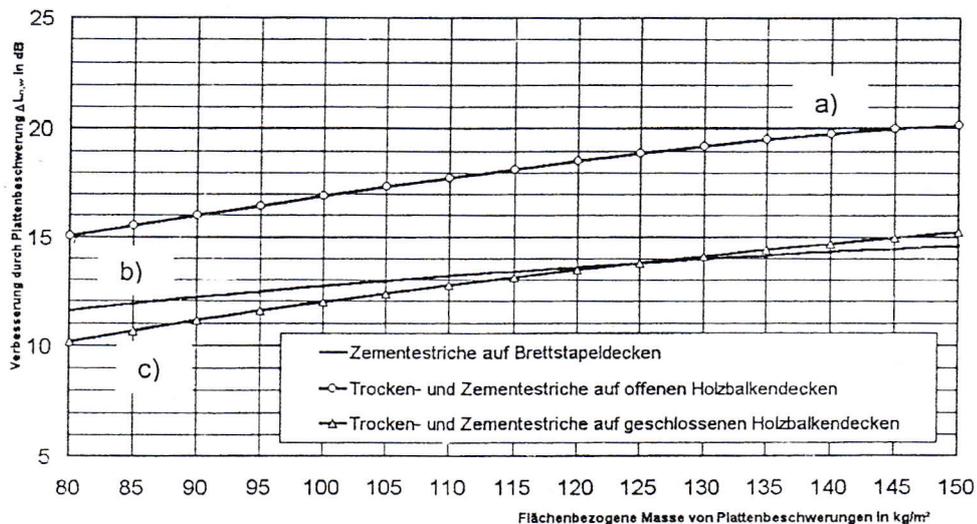


Abbildung 5 : Verbesserung der Trittschalldämmung ($\Delta L_{n,w, \text{Beschwerung}}$) durch Plattenbeschwerung

- Plattenbeschwerungen auf offenen Holzbalkendecken mit Trocken- und Zementestrichen
- Plattenbeschwerungen auf Brettstapeldecken mit Zementestrichen
- Plattenbeschwerungen auf geschlossenen Holzbalkendecken mit Trocken- und Zementestrichen

4.2.2 Trittschallminderungen von Estrichen auf Grundlage der dynamischen Steifigkeit
 Die Wirksamkeit eines Estrichaufbaus auf einer Holzdecke wird durch die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_{w,H}$ beschrieben. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden die in unserem Hause durchgeführten Messungen der Trittschallminderung von Estrichaufbauten noch einmal gesichtet und ausgewertet. Die bewertete Trittschallminderung wird für verschiedene Estrichaufbauten als Funktion der dynamischen Steifigkeit in Abbildung 6, Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellt.

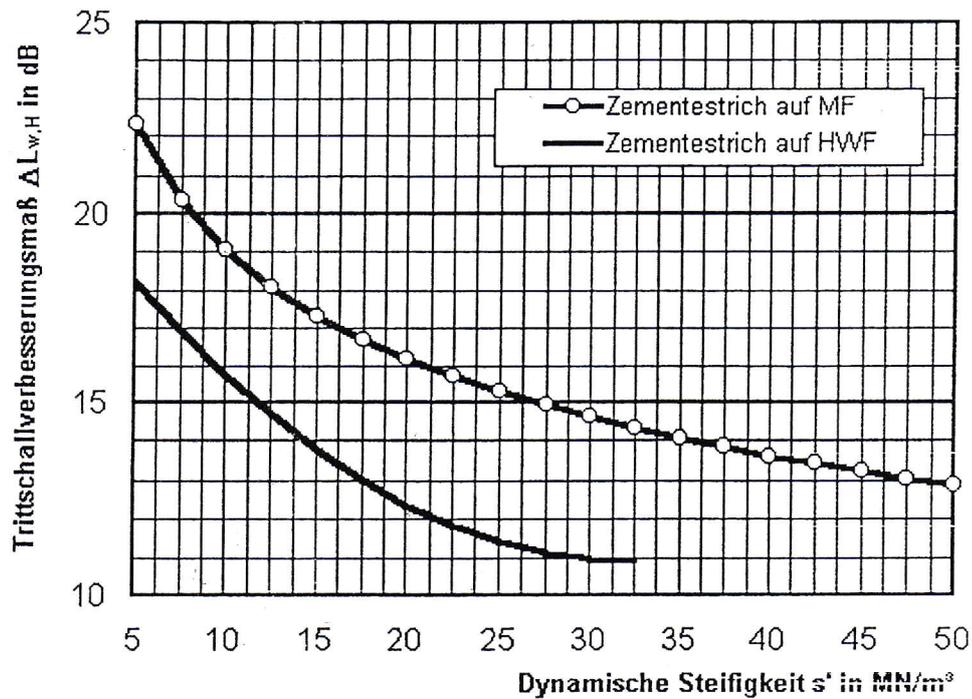


Abbildung 6 : Bewertete Trittschallminderung ($\Delta L_{w,H}$) für Zementestrich auf
 a) Mineralfaser-Trittschalldämmplatte (MF)
 b) Holzweichfaser-Trittschalldämmplatte (HWF)

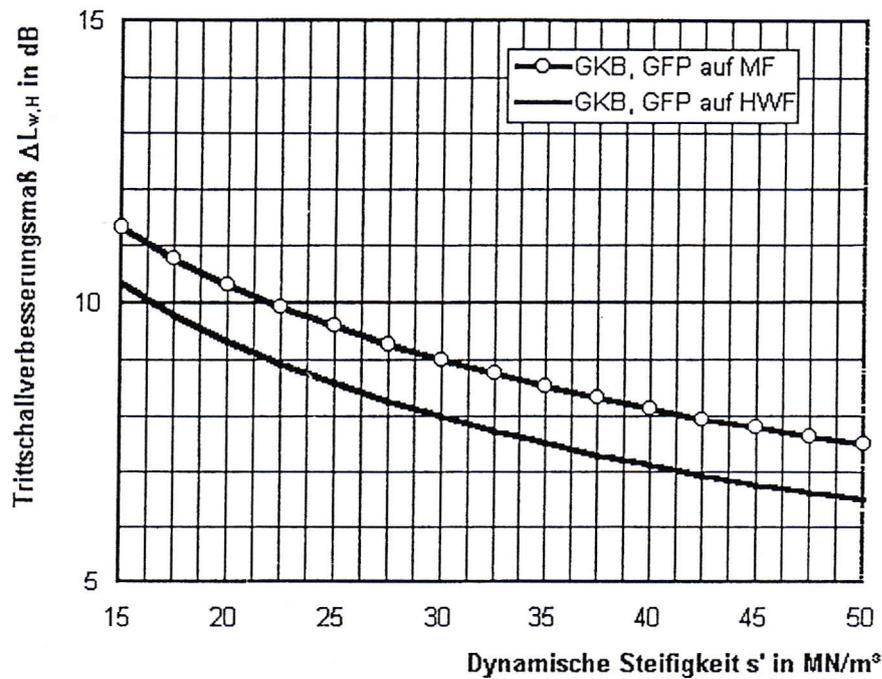


Abbildung 7 : Bewertete Trittschallminderung ($\Delta L_{w,H}$) für Trockenestriche auf Gipsbasis
 a) GKB / Gipsfaserplatte auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatte (MF)
 b) GKB / Gipsfaserplatte auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatte (HWF)

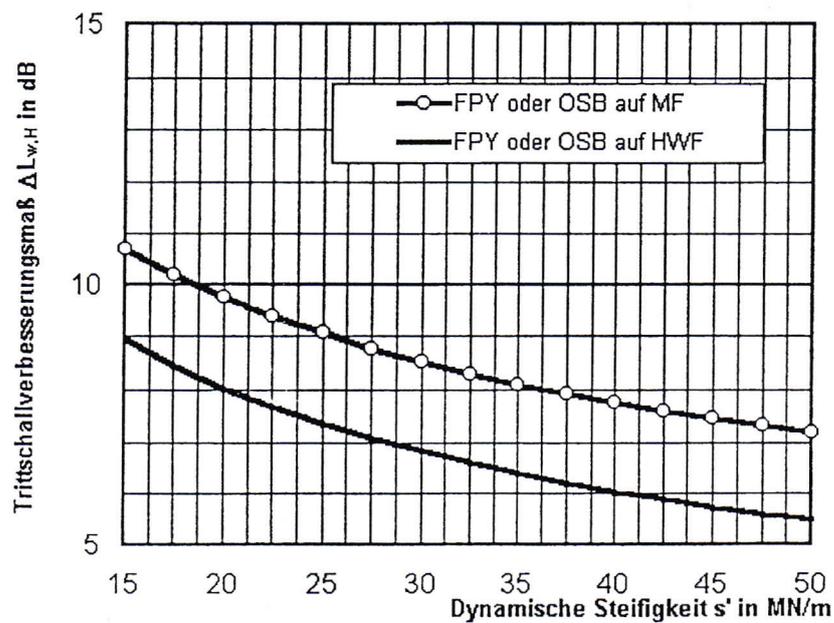


Abbildung 8 : Bewertete Trittschallminderung ($\Delta L_{w,H}$) für Trockenestriche auf Holzbasis
 a) FPY / OSB auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatte (MF)
 b) FPY / OSB auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatte (HWF)



4.2.3 Trittschallminderungen von Estrich-Komplett-Systemen

Die bewertete Trittschallminderung von verschiedenen Estrich-Komplett-Systemen die nicht in das Schema der Aufbauten nach Abschnitt 4.2.2 passen oder für die nicht genug Daten vorlagen wird in Tabelle 3 aufgelistet.

| Schnitt | Estrichaufbau | | Trittschallverbesserungsmaß $\Delta L_{w,H}$ |
|---------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| | 30 mm 22/20 mm | Gußasphalt MF-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) | $\Delta L_{w,H} \approx 15 \text{ dB}$ |
| | 30 mm 31/30 mm | Gußasphalt HWF-Trittschalldämmplatte [16] ($s' \approx 16 \text{ MN/m}^3$ laut Messung) | $\Delta L_{w,H} \approx 14 \text{ dB}$ |
| | 50 mm 17/15 mm | Zementestrich PST SE Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) | $\Delta L_{w,H} \approx 16 \text{ dB}$ |
| | 50 mm 22/20 mm | Zementestrich PST SE-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) | $\Delta L_{w,H} \approx 16 \text{ dB}$ |
| | 50 mm 22/20 mm 22/20 mm | Zementestrich PST SE-Trittschalldämmplatte PST SE-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) | $\Delta L_{w,H} \approx 17 \text{ dB}$ |
| | 18 mm 60 mm | OSB Verlegeplatte Holzweichfaserstreifen; dazwischen 60 mm Zelluloseplatten System [17] | $\Delta L_{w,H} \approx 13 \text{ dB}$ |
| | 22 mm 20 mm 60 mm | Dielenboden auf Lagerhölzern und Holzweichfaserstreifen; dazwischen 40 mm Zelluloseplatten und 40 mm Quarzsand ($m' = 60 \text{ kg/m}^2$) auf Rieselschutzpapier System [17] | $\Delta L_{w,H} \approx 21 \text{ dB}$ inklusive Sandbeschwerung |
| | 50 mm 28/25 mm 21/20 mm 21/20 mm | Zementestrich Kokosfaserplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) HWF-Trittschalldämmplatte [16] HWF-Trittschalldämmplatte [16] | $\Delta L_{w,H} \approx 21 \text{ dB}$ |
| | 20 mm 32/30 mm | Estrichziegel (Creaton); $m' \approx 38 \text{ kg/m}^2$ HWF-Trittschalldämmplatte (Pavapor); $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ | $\Delta L_{w,H} \approx 10 \text{ dB}$ |
| | 22 mm 30 mm 13 mm 25/20 mm | Verlegespanplatte (Kunz, Thermobord mit Heizrohren), $m' \approx 15 \text{ kg/m}^2$ verschraubt mit: Lattung (50x30 mm, $e = 280 \text{ mm}$) mit: 30 mm Barytsand $m' \approx 80 \text{ kg/m}^2$ Verlegespanplatte (mit Lattung verschraubt) MF-Trittschalldämmplatte (G+H, EP1); $s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$ | $\Delta L_{w,H} \approx 20 \text{ dB}$ |

Tabelle 3 Trittschallverbesserungsmaße verschiedener Estrichaufbauten als Ergänzung zu Abb. 21.

MF = Mineralfaserdämmplatte

PST = Polystyrol dämmplatte

HWF = Holzweichfaserdämmplatte

4.3 Flankenübertragung

Nach der bisherigen Vorgehensweise [3], [5] wurde die Flankentrittschallübertragung als empirisch ermittelter Korrektursummand k in die Berechnung von $L'_{n,w}$ eingesetzt. Der Korrektursummand k wurde hier in Abhängigkeit des Schalldämmniveaus, also $L_{n,w}$, aufgetragen, siehe Abbildung 9.

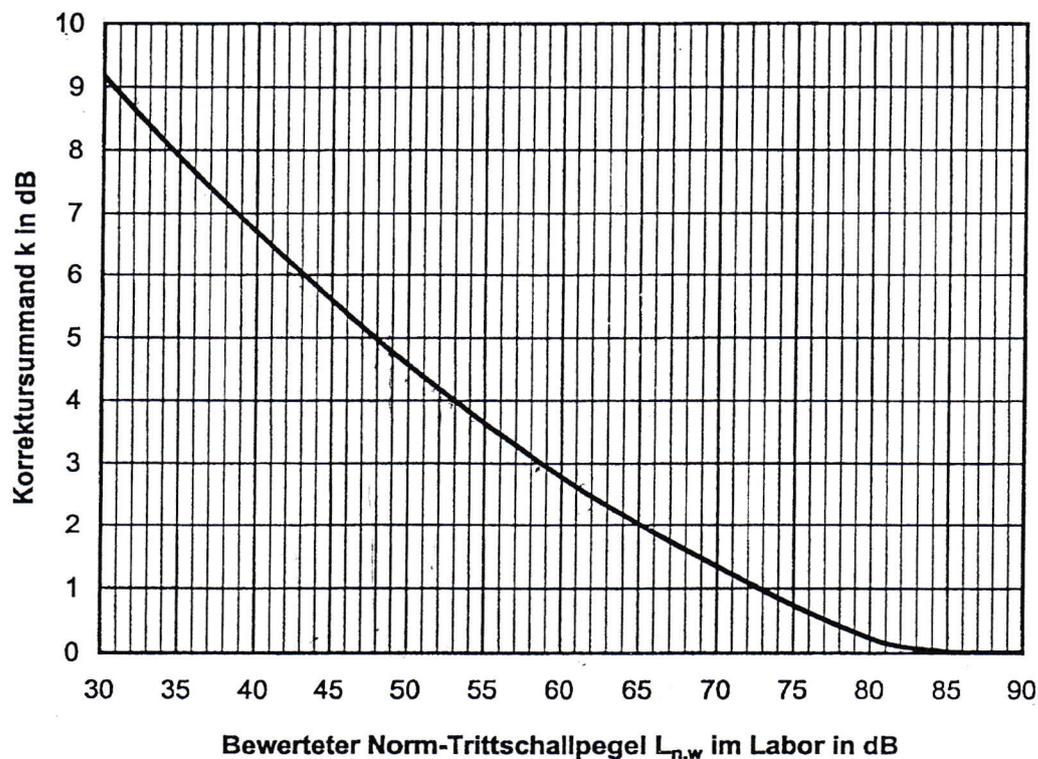


Abbildung 9 : Korrektursummand k zur Berücksichtigung der Flankenübertragung . K ist aufgetragen als Funktion des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ der Decke im Labor (ohne Nebenwege).

Da diese Vorgehensweise zu pauschal ist und die besonderen Wechselwirkungen unterschiedlicher Rohdecken mit den Flankenbauteilen nicht berücksichtigt, wurde der Korrektursummand in zwei Summanden K_1 und K_2 aufgesplittet die den verschiedenen Schallübertragungswegen D_f und $D_{f,w}$ zugeordnet werden. Die Korrektursummanden K_1 und K_2 können aus den Norm-Flankentrittschallpegeln $L_{n,D_f,w}$ und $L_{n,D_{f,w}}$ berechnet werden.

Der Korrektursummand K_1 wird in Abhängigkeit von Deckentyp (Holzbalkendecke mit Unterdecke an Lattung, Holzbalkendecke mit Unterdecke an Federschiene, Offene Holzbalkendecke, Brettstapeldecke), flankierender Wand und Stoßstelle angegeben, siehe Abbildung 10. Er ist unabhängig vom Schalldämmniveau $L_{n,w}$ der Decke.

Der Korrektursummand K_2 ergibt sich aus dem eingesetzten Estrichaufbau, sowie den Eigenschaften der flankierenden Wände und Stoßstelle, siehe Abbildung 10. Die Eigenschaften der Randfuge werden hier nicht explizit spezifiziert, da deren Auswirkungen auf die Flankenschalldämmung zur Zeit nicht vollständig bekannt sind.

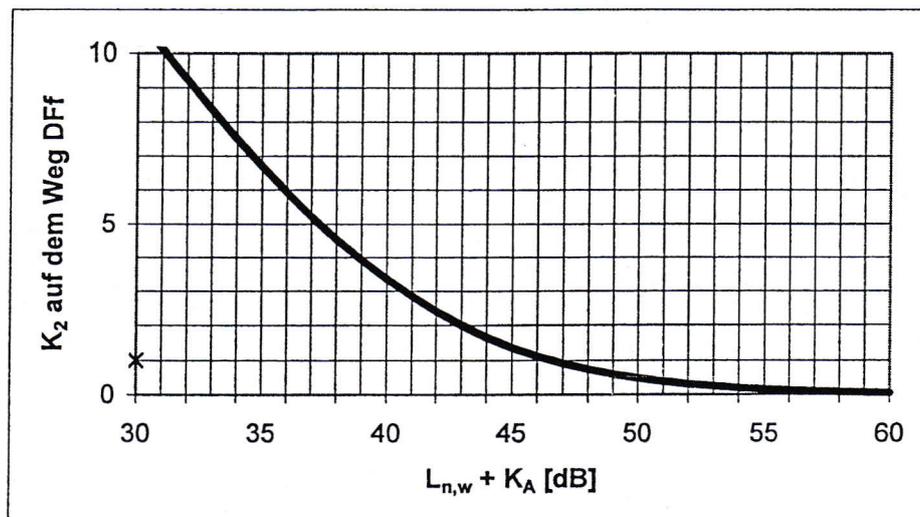
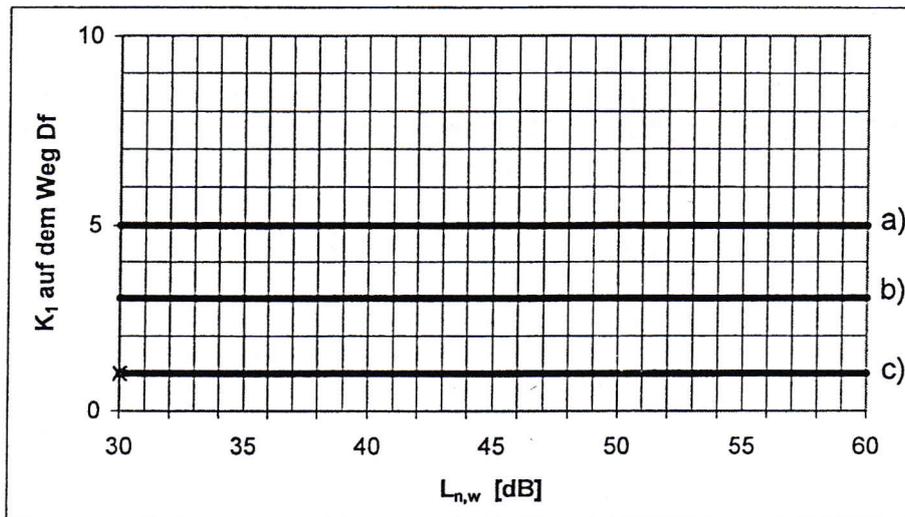
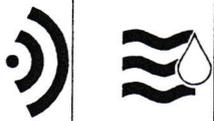


Abbildung 10 : Korrektursummanden K_1 und K_2 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung . K_1 und K_2 sind aufgetragen als Funktion des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ der Decke im Labor (ohne Nebenwege).

- Unterdecke an Federschienen; zweilagige Beplankung
- Unterdecke an Federschienen; einlagige Beplankung
- offene Holzbalkendecke, Brettstapeldecke, Holzbalkendecke mit Lattung und einlagiger oder zweilagiger Beplankung; Holzbalkendecke mit Einschub

Bei Holzbalkendecken mit beschwerter Unterdecke ist $K_1 = 0$ gesetzt.



5 Abgleich der Prognose mit der Messung

Zur Prüfung der Genauigkeit und Sicherheit des Berechnungsverfahrens wurde in einer statistischen Analyse für eine große Anzahl von Holzdeckenaufbauten der prognostizierte Norm-Trittschallpegel mit dem tatsächlich gemessenen Wert verglichen.

Die untersuchten Holzdeckenaufbauten stammen aus dem Archiv der LSW – Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH bzw. aus Messungen anerkannter Prüfstellen aus Deutschland und dem Ausland.

In dieser Datenbank befinden sich 278 verwertbare Labormessungen (davon 255 Messungen im Prüfstand ohne Flankenübertragung und 23 Messungen im Prüfstand mit „holzbauüblicher“ Flankenübertragung) und von 43 Messungen in ausgeführten Bauten.

Als statistische Größe wurde die Differenz zwischen berechnetem und gemessenem bewertetem Norm-Trittschallpegel

$$L_{n,w,berechnet} - L_{n,w,gemessen} \text{ bzw. } L'_{n,w,berechnet} - L'_{n,w,gemessen}$$

herangezogen.

Eine Beurteilung der Güte der Prognose erfolgte über den Mittelwert und die 1,96 fache Standardabweichung (entsprechend einer Wahrscheinlichkeit von 95 %) dieser Größe.

Die statistische Analyse wurde für zwei Situationen durchgeführt :

- 1.) Durchführung der Prognose nach dem bislang vorliegenden Verfahren nach [5], die Berechnung erfolgte nach den in Abschnitt 2.1 beschriebenen Rechenvorschriften, Eingangsgrößen wurden [5] entnommen.
- 2.) Durchführung der Prognose nach dem modifizierten, in Abschnitt 2.2 beschriebenen, Rechenverfahren, die Eingangsgrößen wurden entsprechend der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Vorgehensweise modifiziert und optimiert, die Eingangsgrößen können den Tabellen und Graphiken in Abschnitt 4 entnommen werden

Die statistische Auswertung in Tabelle 4 ergibt folgende Aussagen:

- ◆ Die Anzahl der berechenbaren Deckenaufbauten konnte mehr als verdoppelt werden. Daraus ergibt sich für das Verfahren ein breiterer Anwendungsbereich
- ◆ Die Genauigkeit des Verfahrens konnte wesentlich gesteigert werden



| | | Bisherige Vorgehensweise | Optimierte Daten |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Berechnung nach | | Abschnitt 2.1 | Abschnitt 2.2 |
| $L_{n,w,eq,H}$ | | Werte aus [5] | Werte aus Abschnitt 4.1 |
| $\Delta L_{w,H}$ | | Werte aus [5] | Werte aus Abschnitt 4.2.2 |
| $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ | | Werte aus [5] | Werte aus Abschnitt 4.2.1 |
| Flankenübertragung | | Als Korrektursummand k , Werte aus [5] | Als Korrektursummand K_1 und K_2 , Abschnitt 4.3 |
| Anzahl der auswertbaren Messungen insgesamt | | 158 | 321 |
| Labor | Mittelwert $L_{n,w,berechnet} - L_{n,w,gemessen}$ | 0,8 dB | 0,0 dB |
| | $1,96 \times \sigma$ $L_{n,w,berechnet} - L_{n,w,gemessen}$ | 3,9 dB | 3,5 dB |
| Bau | Mittelwert $L'_{n,w,berechnet} - L'_{n,w,gemessen}$ | 0,2 dB | -0,1 dB |
| | $1,96 \times \sigma$ $L'_{n,w,berechnet} - L'_{n,w,gemessen}$ | 3,9 dB | 2,7 dB |

Tabelle 4 : Ergebnisse der statistischen Analyse

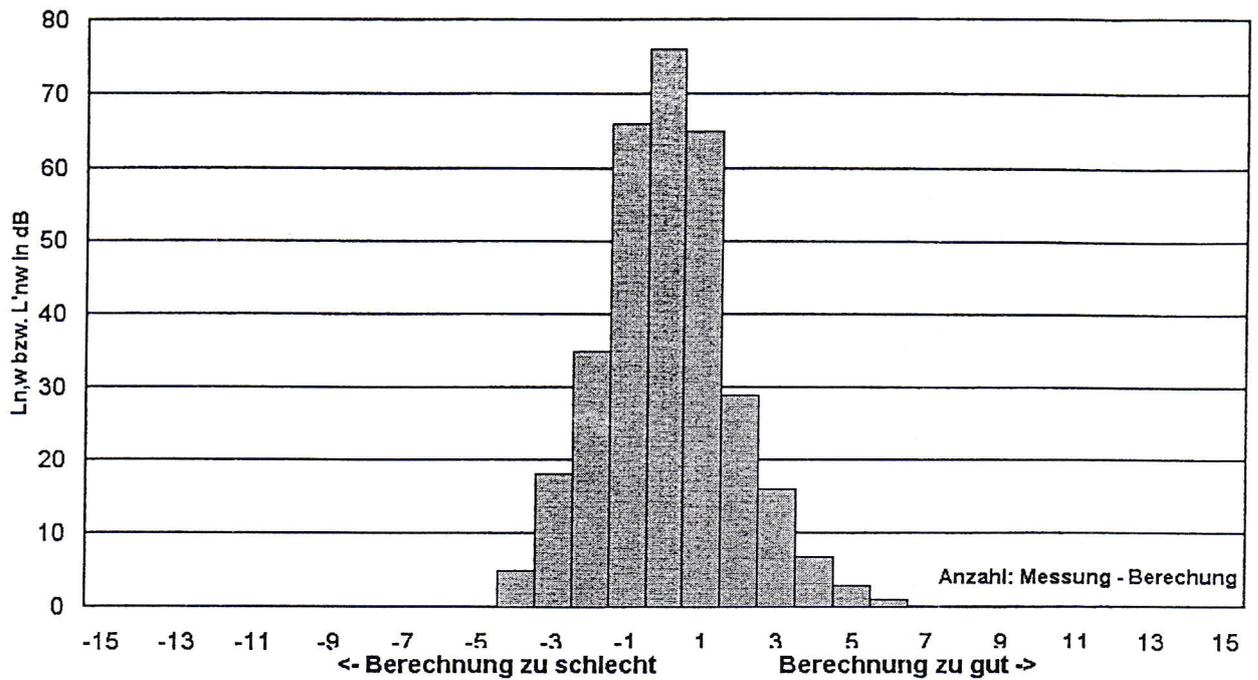


Abbildung 11 : Häufigkeitsverteilung der Differenzen Messung – Berechnung (auf volle Dezibel gerundet) bei 321 Deckenaufbauten

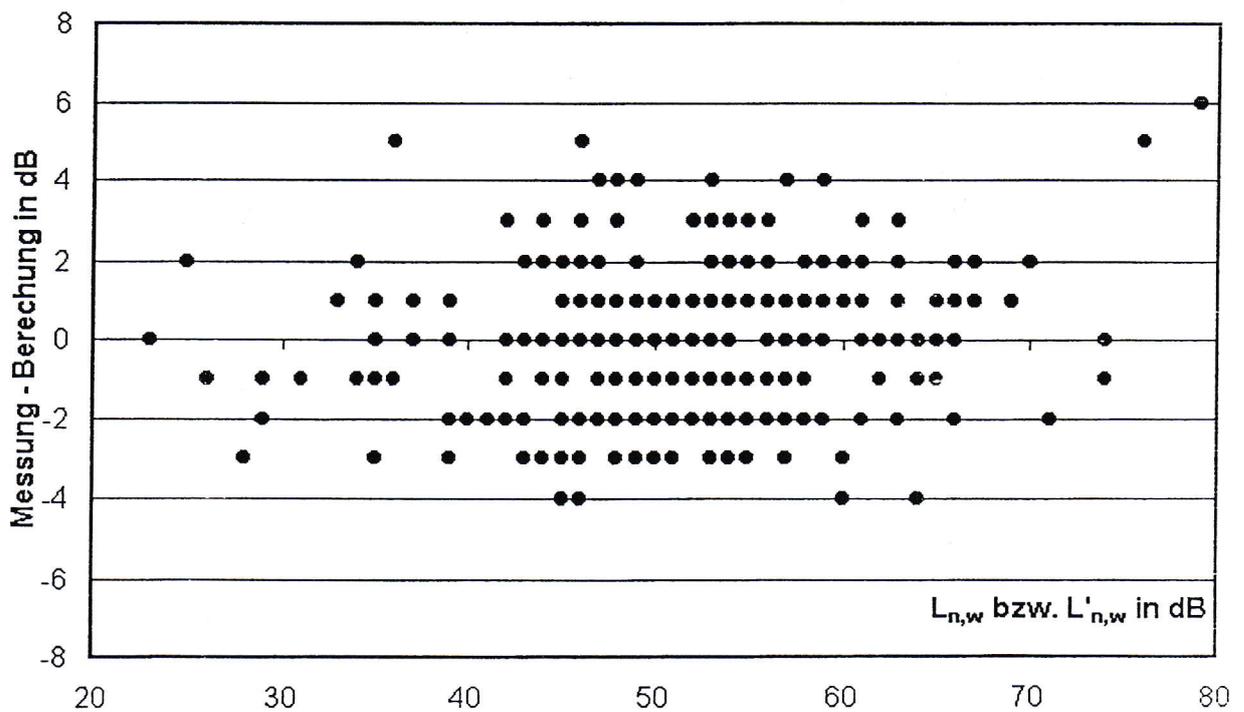


Abbildung 12 : Differenz zwischen Messung und Berechnung (auf volle Dezibel gerundet) bei 321 Deckenaufbauten (einige Punkte liegen übereinander)



6 Zusammenfassung

Die Motivation für das vorliegende Forschungsvorhaben begründete sich in dem Bedarf des Baupraktikers bestehende und bewährte Verfahren zur Prognose der Trittschalldämmung am Bau zu erweitern und die Genauigkeit – zur Vermeidung zu großer Sicherheitsreserven - zu steigern.

Auf dieser Motivation aufbauend wurden im Rahmen des vorliegenden Vorhabens neue Rohdecken, Beschwerungen und Estriche in das bestehende Verfahren nach [5] integriert und die Grunddaten der vorhandenen Aufbauten nach statistischen Gesichtspunkten neu bewertet.

Für eine genauere Betrachtung der im ursprünglichen Verfahren nur pauschal erfassten Flankenübertragung konnte auf ein parallel laufendes Forschungsvorhaben [8] zurückgegriffen werden.

Erweiterung des Verfahrens

Durch die Aufnahme der neuen Rohdeckenkonstruktionen und Aufbauten kann nun eine wesentlich größere Anzahl an bauüblichen Deckenaufbauten berechnet werden. Das Verfahren ist so ausgelegt, dass eine Erweiterung jederzeit möglich ist, sobald über einen neuen Rohdeckentyp oder Estrichaufbau genügend Messwerte vorliegen. Nach dem ursprünglichen Verfahren waren 158 Labor- und Baumessungen aus der Datenbank prognostizierbar. Durch die Erweiterung des Verfahrens konnten nun 321 verschiedene Aufbauten aus der Datenbank nachgeprüft werden.

statistische Bewertung der Eingangsgrößen

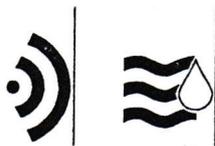
Die Ausgangsbasis für die statistische Bewertung bildete ein Datenarchiv mit derzeit 321 für dieses Verfahren verwertbare Messungen. Die Analyse zeigte, dass durch eine Splittung der Rohdeckenwerte für Zementestriche und Trockenestriche deren unterschiedliche Wirkungsweise auf verschiedene Rohdecken besser beschrieben werden kann.

Differenzierte Berücksichtigung der Flankenübertragung

Durch eine differenzierte der Betrachtung der Nebenwege konnte die Beschreibung der Flankenübertragung wesentlich verbessert werden. Für die praktische Anwendung wurde die einfache Aufsummierung der Korrektursummanden auf den Laborwert beibehalten.

Vergleich Messung – Prognose

Das Verfahren konnte für 255 Labormessungen und 43 Baumessungen nachgewiesen werden. Anhand der geringeren Standardabweichung zwischen Messwert und Prognose konnte für die Prognose der Trittschalldämmung am Bau – trotz umfangreicher Erweiterung - der Sicherheitszuschlag um 1 dB auf $L'_{n,w} \pm 3$ dB reduziert werden.



7 Quellenverzeichnis

- [1] Beiblatt 1 zur DIN 4109
Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
November 1989
- [2] DIN 4109
Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise
November 1989
- [3] Holtz, F., Rabold, A., Buschbacher, H.P.; Hessinger, J.
Optimierung der Trittschalleigenschaften von Holzbalkendecken zum Einsatz im mehrgeschossigen Holzhausbau
DGfH-Forschungsbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik
1999
- [4] Gösele, K.
Verfahren zur Vorausberechnung des Trittschallschutzes von Holzbalkendecken
In Holz als Roh- und Werkstoff 37, S. 213
1979
- [5] Holtz, F., Hessinger, J., Rabold, A., Buschbacher, H.P.,
Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken
INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH
Holzbauhandbuch Reihe 3; Teil 3; Folge 3
Mai 1999
- [6] DIN EN ISO 140
Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen,
Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung,
März 1998
Teil 2: Angaben von Genauigkeitsanforderungen, Mai 1993
Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen, Mai 1995
Teil 6: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Prüfständen,
Dezember 1998
Entwurf Teil 11: Messung der Trittschallminderung durch Deckenauflagen auf
leichten Bezugsdecken im Labor, November 2003
- [7] DIN EN 12354-01 und 02
Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den
Bauteileigenschaften;
Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen; Dezember 2000
Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen; September 2000