



**HOCHSCHULE FÜR** UNIVERSITY OF  
**TECHNIK STUTTGART** APPLIED SCIENCES

Joseph von Egle Institut  
für angewandte Forschung  
- Bereich Akustik -

Abschlussbericht Nr. 122 005 05 P  
zum AIF Vorhaben  
Nr. 14656 N

**Umsetzung der europäischen Normen des baulichen  
Schallschutzes für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten**

**im Auftrag der AIF-Mitgliedsvereinigung  
Bundesverband der Gipsindustrie e.V.**

gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)  
über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen  
„Otto von Guericke“ e.V. (AIF)

Dieser Bericht umfasst:

135 Seiten Text  
66 Seiten Anlagen

Stuttgart, den 30. April 2009

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Ruff

Projektleiter:

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Danksagung</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Einführung</b>	<b>7</b>
3.1	Anwendung von Gips-Wandbauplatten	7
3.2	Ausgangssituation für das Forschungsvorhaben	7
3.3	Forschungsziel	9
<b>4</b>	<b>Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1</b>	<b>11</b>
4.1	Vereinfachtes Modell	11
4.2	Detailliertes Modell	14
4.3	In-situ-Korrektur	15
4.3.1	Verlustfaktor und Schalldämmung	15
4.3.2	Berücksichtigung des Verlustfaktors	18
4.3.3	Korrigierte Schalldämm-Maße für die Schallschutzprognose	20
4.4	Eingangsdaten für die Berechnung	21
4.4.1	Direktschalldämmung	21
4.4.2	Stoßstellendämmung	22
4.4.3	Luftschallverbesserung durch Vorsatzschalen	23
<b>5</b>	<b>Messprogramm</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Materialeigenschaften von Gips-Wandbauplatten</b>	<b>25</b>
6.1	Beschreibung der Gips-Wandbauplatten	25
6.2	Untersuchungen der Materialeigenschaften von Gips-Wandbauplatten	26
<b>7</b>	<b>Schalltechnisch relevante Eigenschaften von Randstreifen</b>	<b>30</b>
7.1	Verwendung von Randstreifen	30
7.2	Anforderungen an Randstreifen	30
7.3	Dynamische Steifigkeit von verschiedenen Randstreifen-Materialien	31
7.4	Untersuchungen von Randstreifen auf ihre schalltechnische Eignung mittels eines Modellmessaufbaus	33
7.4.1	Beschreibung des Messaufbaus	33
7.4.2	Schnellepegeldifferenz	34
7.4.3	Verlustfaktor	35
<b>8</b>	<b>Untersuchungen zur Direktschalldämmung von Gips-Wandbauplatten im Labor</b>	<b>38</b>
8.1	Grundlagen zur Direktschalldämmung von Gipswänden	38
8.2	Bereits verfügbare Schalldämm-Maße für Gips-Wandbauplatten	39
8.3	Ermittlung von notwendigen Bauteildaten im Rahmen des Forschungsvorhabens	39
8.3.1	Erstellung eines Leitfadens zur Durchführung von Labormessungen	40
8.3.2	Labormessungen der Forschungsstelle	40
8.3.3	Labormessungen von externen Prüfstellen	46
8.3.4	Weiterführende Untersuchungen	48
8.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	49
<b>9</b>	<b>Untersuchungen zur flankierenden Übertragung von Gips-Wandbauplatten im Labor</b>	<b>51</b>
9.1	Grundlagen zur Stoßstellendämmung	51
9.2	Bereits verfügbare Stoßstellendaten für Gips-Wandbauplatten	53

9.3	Messtechnische Untersuchungen von flankierenden Wänden aus Gips-Wandbauplatten im Labor .....	54
9.3.1	Luftschalldämmung zwischen Räumen .....	54
9.3.2	Direkt- und Flankendämmung aus Körperschallmessungen .....	55
9.3.3	Stoßstellendämm-Maß .....	55
9.3.4	Bestimmung von Körperschall-Nachhallzeit und Verlustfaktor .....	56
9.4	Untersuchungen zur horizontalen Übertragung im Flankenprüfstand .....	57
9.5	Untersuchungen zur vertikalen Übertragung im Kombinationsprüfstand .....	63
<b>10</b>	<b>Messtechnische Analyse repräsentativer Bausituationen mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten .....</b>	<b>69</b>
10.1	Durchgeführte Messungen .....	69
10.2	Übersicht der Bauteildaten und der Luft- und Trittschallmessergebnisse .....	71
10.3	Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden .....	73
10.4	Messtechnische Untersuchungen von Stoßstellen an Gips-Wandbauplatten in ausgeführten Gebäuden .....	74
10.5	Luftschalldämmung von Trennwänden aus Gips-Wandbauplatten .....	80
10.6	Zusammenstellung der Ergebnisse .....	83
<b>11</b>	<b>Berechnung nach der bisherigen DIN 4109, Beiblatt 1 .....</b>	<b>89</b>
11.1	Berechnungsverfahren und mögliche Modifikationen des Verfahrens .....	89
11.2	Ergebnisse für die horizontalen Übertragungssituationen .....	91
11.3	Ergebnisse für die vertikalen Übertragungssituationen .....	92
11.4	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	93
<b>12</b>	<b>Berechnung nach DIN EN 12354-1 .....</b>	<b>94</b>
12.1	Verifizierung des Berechnungsverfahrens .....	94
12.2	Methodik der Verifizierung .....	94
12.3	Berechnungen mit den verschiedenen Verfahren der DIN EN 12354-1 .....	95
12.3.1	Allgemeines .....	95
12.3.2	Berechnungen nach dem vereinfachten Verfahren .....	96
12.3.3	Berechnungen nach dem detaillierten Verfahren .....	102
12.4	Berücksichtigung der In-situ-Korrektur für die Berechnung .....	105
12.5	Berücksichtigung von Öffnungen in den Gipswänden .....	106
12.6	Zusammenfassung zur Berechnung nach DIN EN 12354-1 .....	107
<b>13</b>	<b>Empfehlungen zur Handhabung der Eingangsdaten für das vereinfachte Rechenverfahrens für Gebäude mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten .....</b>	<b>109</b>
13.1	Direktschalldämmung von entkoppelten Gipswänden .....	110
13.2	Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden .....	110
13.3	Einfluss der Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden auf das resultierende Schalldämm-Maß .....	112
<b>14</b>	<b>Vorschläge für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 .....</b>	<b>116</b>
<b>15</b>	<b>Beispiele für Musterlösungen .....</b>	<b>120</b>
15.1	Zielsetzung für die Erstellung von Musterlösungen für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 .....	120
15.2	Formulierung von Musterlösungen .....	120
15.3	Vorgaben für Musterlösungen .....	123
15.4	Vorschläge für Musterlösungen .....	123
<b>16</b>	<b>Umsetzung der Ergebnisse .....</b>	<b>125</b>
16.1	Veröffentlichungen .....	125
16.2	Normungsarbeit .....	126

---

<b>17 Weiterer Handlungsbedarf .....</b>	<b>127</b>
17.1 Direktschalldämmung von entkoppelten Gipswänden.....	127
17.2 Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden .....	127
17.3 Zweischalige entkoppelte Gipswände .....	128
17.4 Entkoppelte Gipswände als Installationswände .....	129
<b>18 Literatur.....</b>	<b>130</b>
<b>Anlagen .....</b>	<b>135</b>

## 1 Zusammenfassung

Die Vorgaben der europäischen Normung (CEN / TC 126) führen zu gravierenden Eingriffen in das bestehende deutsche Normungskonzept der DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau. Auf diese Veränderungen im Bereich der bauakustischen Normung ist die Gips-Wandbauplattenindustrie bislang noch nicht hinreichend vorbereitet. Für den Gips-Wandbauplattenbereich war deshalb die Umsetzung der europäischen Schallschutz-Normen auf deutscher Ebene vorzubereiten und wissenschaftlich abzusichern. Dazu wurden umfangreiche Messungen sowohl im Labor als auch in ausgeführten Gebäuden mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten durchgeführt. Dabei war als konstruktive Besonderheit zu berücksichtigen, dass Wände aus Gips-Wandbauplatten durch umlaufend angebrachte elastische Randstreifen von anderen angrenzenden Bauteilen entkoppelt eingebaut werden. Die Gipswände müssen daher als Gesamtsystem aus Gips-Wandbauplatten und Randstreifen betrachtet werden.

Bei den messtechnischen Untersuchungen wurde im Wandprüfstand das Direktschalldämm-Maß und der Verlustfaktor von Gipswänden bestimmt. Die flankierende Übertragung von Gipswänden wurde unter Laborbedingungen detailliert untersucht. Für repräsentative Bausituationen mit flankierenden Gipswänden wurde in Gebäuden neben dem resultierenden Schalldämm-Maß zwischen Räumen auch das Direktdämm-Maß des Trennbauteils, die Flankendämm-Maße, die Stoßstellendämm-Maße sowie die Körperschall-Nachhallzeit der einzelnen Bauteile ermittelt.

Die messtechnisch untersuchten Gebäudesituationen wurden rechnerisch überprüft. Vorrangig kam dazu das Berechnungsmodell der DIN EN 12354-1 zum Einsatz. Ergänzend und zum Vergleich wurden auch Berechnungen nach der bisherigen DIN 4109 durchgeführt. Zur Anwendung des Berechnungsmodells der DIN EN 12354-1 mussten geeignete Eingangsdaten ermittelt werden, welche aus den umfangreichen Labor- und Gebäudemessungen abgeleitet werden konnten.

Auf diese Weise konnte das europäische Berechnungsmodell für horizontale und vertikale Bausituationen mit Gipswänden als flankierende Bauteile verifiziert werden. Durch den rechnerischen und messtechnischen Vergleich der zahlreichen untersuchten Bausituationen konnte eine Vielzahl von Erkenntnissen für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten gewonnen werden. Diese Erkenntnisse flossen in die Hinweise zur Handhabung des Rechenverfahrens ein. Zur Berücksichtigung der Gips-Wandbauplatten im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 wurden Vorschläge erstellt.

Mit den abgesicherten Eingangsdaten für entkoppelte massive Gipswände und den im Verlauf des Forschungsvorhabens gewonnenen Erkenntnissen zur Handhabung des Rechenverfahrens kann zukünftig der Schallschutz in Gebäuden mit nicht tragenden Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten für die Planung ausreichend genau vorherberechnet werden. Die Umsetzung der CEN-Rechenverfahren für Gips-Wandbauplatten ist somit gewährleistet. Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

## 2 Danksagung

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Auftrag der AIF-Mitgliedsvereinigung Bundesverband der Gipsindustrie e.V. aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit ((BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AIF) gefördert. Ihnen sei an dieser Stelle für die Bewilligung und Finanzierung des Forschungsvorhabens gedankt.

Gedankt sei vor allem auch den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, den Herren Elmar Limley (Bundesverband der Gipsindustrie e.V.), Fred Fischer (VG-Orth GmbH & Co. KG), Hanns-Sebastian Mack (VG-Orth GmbH & Co. KG), Horst Eisele (Sytroc GmbH), Georg Küfer (Küfer und Stang GmbH), Erwin Nill (Nill GmbH) und Reno Stephan (Stephan Bauservice GmbH), die dieses Forschungsvorhaben nicht nur mit zahlreichen und regelmäßigen Ausschusssitzungen begleitet haben, sondern auch mit großem persönlichen und fachlichen Engagement zum Gelingen des Vorhabens beigetragen haben.

### **3 Einführung**

#### **3.1 Anwendung von Gips-Wandbauplatten**

Für die Erstellung von nicht tragenden massiven Innenwänden in Ein- und Mehrfamilienhäusern kommen häufig Gips-Wandbauplatten zum Einsatz. Sie zeichnen sich durch einen rationellen Aufbau und eine flexible Grundrissgestaltung aus. Gips-Wandbauplatten sind in Deutschland in der Regel in den Dicken 60, 80 und 100 mm erhältlich. Die am häufigsten verwendeten 100 mm dicken Gipswände weisen eine flächenbezogene Masse von 90 kg/m<sup>2</sup> (bei mittlerer Rohdichte) beziehungsweise 120 kg/m<sup>2</sup> (bei hoher Rohdichte) auf. Ausgehend von diesen relativ geringen flächenbezogenen Massen erwartet man aus schalltechnischer Sicht einerseits eine relativ geringe Direktschalldämmung und andererseits eine stark verminderte beziehungsweise unzureichende Flankendämmung. Die Gipswände werden jedoch nicht starr an den Baukörper angeschlossen, sondern durch elastische Randstreifen von den angrenzenden massiven Bauteilen entkoppelt. Diese Randstreifen bestehen meist aus Presskork oder PE-Schwerschaum, seltener aus Bitumenfilz oder Steinwolle (nur bei Brandschutzanforderungen). Der Einbau der Randstreifen erfolgt umlaufend an allen Rändern der Gipswände zu den angrenzenden Bauteilen, die nicht aus Gips-Wandbauplatten bestehen, und soll unter anderem die Rissbildung im Bereich der Randanschlüsse verhindern. Die Verwendung der Randstreifen wirkt sich jedoch auch auf die schalltechnischen Eigenschaften der Gipswände aus. So wird die Direktschalldämmung der Gipswand durch den entkoppelten Einbau grundsätzlich und durch die Art des verwendeten Randstreifens im Speziellen beeinflusst. Durch die schalltechnische Entkopplung der Gipswände mittels der Randstreifen ergibt sich aber auch eine höhere Stoßstellendämmung gegenüber einem starren Anschluss. Aufgrund dieser Tatsachen ist es notwendig, Gips-Wandbauplatten eigenständig als entkoppeltes Wandsystem gesondert vom übrigen Massivbau zu betrachten.

#### **3.2 Ausgangssituation für das Forschungsvorhaben**

Harmonisierte europäische Normen des baulichen Schallschutzes (CEN/TC 126) führen zu gravierenden Eingriffen in das bestehende deutsche Normungskonzept der DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau. Vom zuständigen NABau-Arbeitsausschuss zur DIN 4109 wurde deshalb die komplette Überarbeitung der DIN 4109 mit ihren Ausführungsbeispielen und den Vorgaben für den schalltechnischen Nachweis in die Wege geleitet. Die zukünftige DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau wird sich in vier Teile gliedern:

- Teil 1: Anforderungen [1]
- Teil 2: Rechenverfahren [2]
- Teil 3: Eingangsdaten für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes (Bauteilkatalog) [3]
- Teil 4: Messtechnische Nachweise

Der Teil 1 ist bereits als Entwurf veröffentlicht, die Teile 2 und 3 werden aktuell im zuständigen Normenausschuss erarbeitet und werden in absehbarer Zeit ebenfalls veröffentlicht werden. Eine Veröffentlichung von Teil 4 ist ebenfalls zeitgleich vorgesehen.

Am stärksten betroffen von den Änderungen der Norm ist der Massivbau. Zur Umsetzung der europäischen Normen waren im Rahmen des Forschungsvorhabens umfangreiche schalltechnische Untersuchungen erforderlich. Die folgenden Problemstellungen waren für die Hersteller und spezialisierten Verarbeiter von Gips-Wandbauplatten von besonderer Bedeutung:

- Zur Berechnung des Schallschutzes in Gebäuden verfolgen die CEN-Berechnungsmodelle neue Ansätze. Für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten lagen hierfür noch keine Erfahrungen vor. Insbesondere ging es dabei um die detaillierte Erfassung der direkten und flankierenden Schallübertragung. Die Gips-Wandbauplattenindustrie stand vor der Frage, wie die CEN-Rechenverfahren für ihren Produktbereich angewendet werden können und ob sich die spezifischen Eigenschaften von Material und Bauweise in den Rechenverfahren in adäquater Weise widerspiegeln. Für die zukünftige Anwendung im deutschen Normungskonzept musste deshalb die Berechnung unter den spezifischen schalltechnischen Bedingungen des Bauens mit Gips-Wandbauplatten verifiziert werden.
- Schon im bisherigen Konzept der DIN 4109 spielen die baurechtlich eingeführten Ausführungsbeispiele des Beiblattes 1 eine wichtige Rolle. Die Bedeutung solcher Ausführungsbeispiele wird zukünftig noch zunehmen, da sie als Eingangsdaten für die Berechnungsverfahren benötigt werden. Durch die Einführung neuer, im Massivbau bislang nicht verwendeter Kenngrößen für die Schalldämmung sind die bisherigen Bauteilangaben für den Gips-Wandbauplattenbereich nicht mehr anwendbar. Die benötigten Kenngrößen für die flankierende Schallübertragung fehlen vollkommen. Angaben zur Behandlung der bei Gips-Wandbauplatten üblichen Entkopplung durch Randstreifen sind nicht vorhanden. Im zukünftigen Bauteil-katalog muss der Gips-Wandbauplattenbereich deshalb völlig neu verankert werden. Die Nachweisfähigkeit der spezifischen Bauweisen hat für die Gips-Wandbauplattenindustrie existentiellen Charakter und muss auch in der zukünftigen DIN 4109 erhalten bleiben. Gegenüber der bisherigen Vorgehensweise ist bei der Schalldämmung eine wesentlich stärkere Differenzierung der materialspezifischen und konstruktiven Eigenschaften erforderlich. Völlig neu zu erarbeiten waren dafür die Angaben zur flankierenden Schallübertragung bei Gips-Wandbauplatten. Der aktuelle Stand der Forschung zeigt, dass bei den schalltechnischen Eigenschaften von Massivbauten nicht nur die flächenbezogene Masse der Bauteile, sondern weitere konstruktive Eigenschaften (zum Beispiel Format der Steine oder Bauteil-Elemente, Materialeigenschaften, Fugengestaltung, Art der Anschlüsse und Putzschichten) eine Rolle spielen können. Die schalltechnische Vielfalt der heutigen Massivbaupraxis hat bislang aber noch nicht vollständig Eingang in die bauakustische Normung

und einen Bauteilkatalog im Rahmen der zukünftigen DIN 4109 gefunden. Mit Hinblick auf eine repräsentative Darstellung in einem Bauteilkatalog war vor Beginn des Forschungsvorhabens nicht untersucht worden, welche der in Frage kommenden Unterscheidungsmerkmale bei Gips-Wandbauplatten für die CEN-Berechnungsverfahren berücksichtigt werden müssen. Auf Grund der besonderen Einbaubedingungen für Gips-Wandbauplatten (entkoppelter Einbau mit elastischen Randstreifen) ergaben sich spezielle Fragestellungen zum schalltechnischen Verhalten von Gipswänden. Dazu gehören die energetischen Verluste des Gesamtsystems und deren Behandlung in konkreten Bausituationen (sogenannte „In-situ-Korrektur“), Auswirkungen der Entkopplung auf das Dämmungs- und Dämpfungsverhalten einer Wand aus Gips-Wandbauplatten, Einfluss der Einbaubedingungen auf das tieffrequente Schwingungsverhalten und das Abstrahlverhalten der betreffenden Konstruktionen.

- Für die zentrale Größe der CEN-Berechnungsverfahren, das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  zur Berücksichtigung der flankierenden Übertragung, sind vor dem Forschungsvorhaben für Gips-Wandbauplatten und deren spezifische Anschlussbedingungen (Entkopplung durch Randstreifen) noch keine Untersuchungen durchgeführt worden. Eine differenzierte Betrachtungsweise der Stoßstelleneigenschaften war deshalb für Gips-Wandbauplatten bislang nicht möglich. Da im deutschen Normenkonzept die flankierende Übertragung für den Massivbau bislang nicht explizit berücksichtigt wurde, fehlten weitgehend konkrete Erfahrungen bei der Berechnung und insbesondere die geeigneten Eingangsdaten zur Berechnung. Eine Verifizierung der CEN-Berechnungsverfahren für die spezielle Bauweise mit Gips-Wandbauplatten sollte im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgen.

Insgesamt betrachtet bestand somit ein erheblicher Handlungsbedarf bei der Umsetzung der CEN-Berechnungsverfahren in die praktische Anwendung und die Einbringung der Gips-Wandbauplattenbauweise in ein deutsches Normenkonzept.

### 3.3 Forschungsziel

Die beschriebene Ausgangssituation verdeutlicht, dass die Gips-Wandbauplattenindustrie auf die Veränderungen im Bereich der bauakustischen Normung bislang noch nicht hinreichend vorbereitet war. Das Forschungsziel des vorliegenden Vorhabens bestand im Wesentlichen darin, in dieser Situation schnellstmöglich die Handlungsfähigkeit wieder herzustellen. Die maßgeblichen Positionen der Gips-Wandbauplattenindustrie für die Umsetzung der CEN-Normen auf deutscher Ebene waren vorzubereiten und wissenschaftlich abzusichern. Dies beinhaltete im Wesentlichen die folgenden Zielsetzungen:

- Die Verfügbarkeit abgesicherter, europäisch konformer Bauteildaten für die Schalldämmung und die flankierende Schallübertragung sicherzustellen. Hierfür ist der Bereich der Gips-Wandbauplatten mit seinen produktspezifischen Eigenschaften in einen Bauteilkatalog für

das bauakustische Nachweisverfahren (Berechnung nach CEN-Rechenverfahren) einzubringen.

- Die CEN-Berechnungsverfahren des baulichen Schallschutzes für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten zu verifizieren.
- Den langfristigen Bedarf an aufwendigen und kostspieligen Bauteilprüfungen zu reduzieren.
- Den Aufwand für das rechnerische Nachweisverfahren durch den Vorschlag von Musterlösungen zu verringern.

Für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 wurden die aus bauakustischer Sicht zu berücksichtigenden konstruktiven und material-spezifischen Merkmale für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten festgelegt. Anhand umfangreicher Laboruntersuchungen, schalltechnischen Messungen in ausgeführten Gebäuden sowie theoretischer Untersuchungen wurden die schalltechnischen Besonderheiten von Gips-Wandbauplatten bei der direkten und der flankierenden Schallübertragung analysiert und so aufbereitet, dass sie in den europäischen Berechnungsverfahren in adäquater Weise implementiert werden können. Zur Durchführung von zukünftig noch benötigten Laborprüfungen wurde ein Leitfaden erstellt.

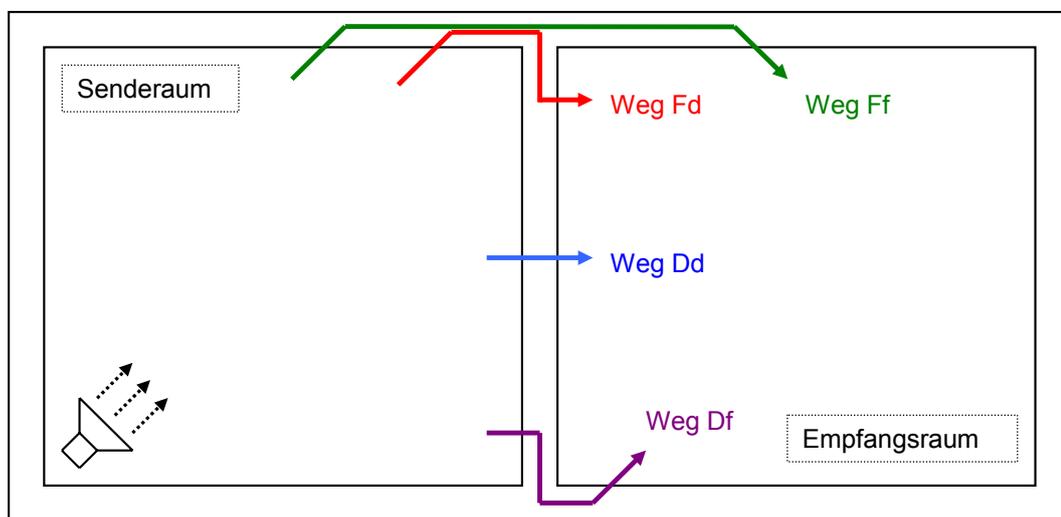
Zur Verifizierung der CEN-Rechenverfahren für Gebäude mit Gips-Wandbauplatten wurde eine umfangreiche messtechnische Analyse repräsentativer Bausituationen mit Gips-Wandbauplatten durchgeführt. Die gemessenen Werte wurden mit Berechnungen nach dem CEN-Rechenverfahren verglichen. Daraus ließen sich Aussagen zur Genauigkeit der Berechnung und Empfehlungen zur Handhabung der Eingangsdaten und des Rechenverfahrens für Gebäude mit Gips-Wandbauplatten ableiten. Für beispielhafte Situationen in Gips-Wandbauplattenbauweise sollten die quantitativen Anteile der direkten und der flankierenden Schallübertragung im Rahmen der CEN-Berechnungsverfahren dargestellt und damit die baupraktischen Konsequenzen für das Bauen mit Gips-Wandbauplatten aufgezeigt werden.

## 4 Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1

In der DIN EN 12354-1 [4] sind für die Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen zwei Rechenmodelle vorgesehen. Das sogenannte „Vereinfachte Modell“, welches mit Einzahlwerten rechnet, sowie das sogenannte „Detaillierte Modell“, bei dem die Berechnung frequenzabhängig erfolgt. Für den schalltechnischen Nachweis in der zukünftigen DIN 4109 [2] hat sich der zuständige Normenausschuß NABau - DIN 4109 auf die Verwendung des vereinfachten Modells festgelegt.

### 4.1 Vereinfachtes Modell

Das Berechnungsverfahren folgt im wesentlichen den physikalisch nachvollziehbaren Gegebenheiten [5]. Das Grundprinzip ist relativ einfach. Es werden alle Schallübertragungswege - Direkt- und Flankenübertragung - für die jeweilige Übertragungssituation berücksichtigt. Die einzelnen Beiträge aller Schallübertragungswege werden zur gesamten Schallübertragung aufsummiert. Jeder Übertragungsweg kann unabhängig von den anderen Wegen behandelt und berechnet werden. Die nachfolgende Abbildung 4.1 zeigt für das vereinfachte Verfahren die zu berücksichtigenden Wege für die Schallübertragung über das Trennbauteil und die flankierenden Bauteile. Dabei kennzeichnen Großbuchstaben den Senderraum und Kleinbuchstaben den Empfangsraum.



**Abbildung 4.1** Zu berücksichtigende Schallübertragungswege beim vereinfachten Modell - SR: Senderaum - ER: Empfangsraum

Die Bezeichnungen der einzelnen Übertragungswege sind in Tabelle 4.1 dargestellt.

angeregtes Bauteil	abstrahlendes Bauteil	Übertragungsweg
Trennbauteil (D)	Trennbauteil (d)	Dd
Trennbauteil (D)	Flankenbauteil (f)	Df
Flankenbauteil (F)	Trennbauteil (d)	Fd
Flankenbauteil (F)	Flankenbauteil (f)	Ff

D und d: direkte Übertragung über das Trennbauteil  
 F und f: flankierende Übertragung über die Flankenbauteile

**Tabelle 4.1** Bezeichnung der Übertragungswege

Besondere Beachtung wird der flankierenden Übertragung beigemessen. Bei einer üblichen Übertragungssituation mit einem Trennbauteil und vier flankierenden Bauteilen sind insgesamt dreizehn verschiedene Übertragungswege zu berücksichtigen. Davon entfallen zwölf Wege auf die flankierende Übertragung, der dreizehnte Weg beschreibt die Übertragung über das Trennbauteil selbst.

Für jeden dieser Übertragungswege kann ein eigenes Schalldämm-Maß ermittelt werden. Die resultierende Schalldämmung  $R'_w$  einer Übertragungssituation unter Berücksichtigung aller flankierenden Übertragungswege ergibt sich dann durch die „energetische“ Addition der einzelnen Schalldämm-Maße:

$$R'_w = -10 \lg \left[ 10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right]$$

(4.1), dabei bedeutet:

$R_{Dd,w}$  Bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß des Trennbauteils  
 $R_{Ff,w}$  Bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Ff  
 $R_{Df,w}$  Bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Df  
 $R_{Fd,w}$  Bewertetes Flankendämm-Maß, Weg Fd

Den physikalischen Gegebenheiten folgend werden nicht nur die Eigenschaften der einzelnen Bauteile, sondern auch die akustischen Eigenschaften von Bauteilverbindungen (Stoßstellen) einbezogen. Im Prinzip können Stoßstellen aller in der Praxis auftretenden Bauteilverbindungen in die Berechnung eingebunden werden, sofern die dafür benötigten Daten verfügbar sind. Die neue, dafür benötigte Größe ist das sogenannte Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$ , durch welches die Schallübertragung über die Bauteilverbindung hinweg charakterisiert wird.

Bei den Einzelmechanismen, die zusammen den Gesamtvorgang der flankierenden Schallübertragung beschreiben, geht es um die folgenden Vorgänge:

- Anregung eines Bauteils (i) durch Luftschall im Senderraum, dies kann durch das (Direkt)- Schalldämm-Maß  $R_{i,w}$  des angeregten Bauteils im Senderraum beschrieben werden.
- Übertragung von Körperschall über die Stoßstelle hinweg, die dabei auftretende Pegelminderung kann durch das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  beschrieben werden. Dieses ist eine Eigenschaft der Bauteilkombination der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile.
- Abstrahlung von Luftschall durch ein Bauteil (j) im Empfangsraum, dies kann durch das (Direkt) - Schalldämm-Maß  $R_{j,w}$  des abstrahlenden Bauteils im Empfangsraum beschrieben werden.
- falls Vorsatzkonstruktionen (zum Beispiel Vorsatzschalen vor Wänden, schwimmende Estriche auf Böden) vor den genannten Bauteilen die Flanken-Schalldämmung verbessern, kann dies bei der Berechnung durch das bewertete Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R_{ij,w}$  berücksichtigt werden. Das Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R_{ij,w}$ , solcher Vorsatzkonstruktionen kann nach DIN EN ISO 140-16 [6] im Prüfstand gemessen werden.

Insgesamt läßt sich das Flanken-Schalldämm-Maß  $R_{ij,w}$  für die Übertragung vom Bauteil (i) auf das Bauteil (j) im vereinfachten Verfahren dann wie folgt beschreiben:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \Delta R_{i,w} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{j,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_S}{l_0 \cdot l_{ij}}$$

(4.2), dabei bedeutet:

$R_{i,w} / R_{j,w}$	Schalldämmung des Bauteils i beziehungsweise j [dB]
$\Delta R_{i,w} / \Delta R_{j,w}$	Luftschallverbesserungsmaß [dB]
$K_{ij}$	Stoßstellendämm-Maß [dB]
$S_S$	Trennbauteilfläche [m <sup>2</sup> ]
$l_0$	Bezugs-Kopplungslänge [m] $l_0 = 1\text{m}$
$l_{ij}$	den Bauteilen i und j gemeinsame Kopplungslänge [m]

Das Rechenverfahren verwendet als Eingangsdaten diejenigen Kenngrößen, die auch in den Bauteilprüfungen nach harmonisierten Prüfverfahren ermittelt werden können.

Für das vereinfachte Berechnungsmodell ist in der DIN EN 12354-1 für die Direktdämmung eigentlich keine „In-situ-Korrektur“ vorgesehen, da diese bei der Erarbeitung der Norm als zu kompliziert für das vereinfachte Modell erschien. Bei der In-situ-Korrektur werden über einen energetischen Ansatz die zur Berechnung zu verwendenden Schalldämm-Maße und Stoßstellendämm-Maße an die im Gebäude vorhandene Energieableitung in angrenzende Bauteile angepasst. Frühere Untersuchungen der Forschungsstelle, zum Beispiel [8] bis [10] haben jedoch gezeigt, dass auch beim vereinfachten Modell die Anwendung der In-situ-Korrektur sinnvoll ist und relativ einfach durchgeführt werden kann. Dies wird im Abschnitt 4.3 ausführlich beschrieben.

## 4.2 Detailliertes Modell

Beim detaillierten Modell wird die Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes frequenzabhängig durchgeführt. Aus diesem Grund werden für die Rechnung auch frequenzabhängige Eingangsdaten benötigt. Diese frequenzabhängigen Eingangsdaten (Schalldämm-Maß, Stoßstellendämm-Maß oder Verbesserungs-Maß von Vorsatzschalen) können entweder aus den Material- und Geometrieigenschaften (Rohdichte, E-Modul, Verlustfaktor und flächenbezogener Masse) zum Beispiel nach den informativen Anhängen der DIN EN 12354-1 berechnet oder durch frequenzabhängige Labormessungen ermittelt werden.

Das Schalldämm-Maß  $R$  von Bauteilen und die Stoßstellendämmung an Bauteilstößen sind Größen, die von der Energieableitung in die angrenzenden Bauteile abhängen. Deshalb sind sowohl Rechenwerte als auch Messwerte aus dem Labor in die entsprechende Bausituation zu überführen. Hierzu ist beim detaillierten Modell die „In-situ-Korrektur“ vorgesehen. Dazu ist der Verlustfaktor (beziehungsweise die Körperschall-Nachhallzeit  $T_{s,situ}$ ) des betrachteten Bauteils für die entsprechende Bausituation vorherzuberechnen. Diese Berechnung ist sehr aufwändig, da für alle an der Schallübertragung beteiligten Bauteile (das heißt auch für die flankierenden Bauteile) der aktuelle Verlustfaktor zu berechnen ist. Für diese Berechnung müssen die Randverluste der flankierenden Bauteile in deren angrenzende Bauteile ermittelt werden.

Sind die Verlustfaktoren für die Bausituation berechnet, können die messtechnisch ermittelten beziehungsweise berechneten Schalldämm-Maße gemäß nachfolgender Formel für die jeweilige Bausituation korrigiert werden.

$$R_{situ} = R_{lab} - 10 \lg \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \quad (4.3)$$

Aus dem Stoßstellendämm-Maß wird unter Berücksichtigung der am Bau zu erwartenden Körperschall-Nachhallzeit der Bauteile die Schnellepegeldifferenz berechnet. Mit Hilfe dieser In-situ Werte kann dann das Flankendämm-Maß frequenzabhängig mit nachfolgender Formel berechnet werden.

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \frac{R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,ij,situ}} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i \cdot S_j}} \quad (4.4)$$

In dieser Beziehung ist auch bereits eine vereinfachte In-situ-Korrektur für die Stoßstelle enthalten. Das Direktdämm-Maß des trennenden Bauteils und die Flankendämm-Maße auf den betrachteten Übertragungswegen sind dann frequenzabhängig zu der Gesamtschalldämmung energetisch aufzuaddieren. Aus diesem frequenzabhängig ermittelten Schalldämm-Maß kann dann das bewertete Schalldämm-Maß zwischen den betrachteten Räumen ermittelt werden.

## 4.3 In-situ-Korrektur

### 4.3.1 Verlustfaktor und Schalldämmung

Die Luftschalldämmung von homogenen unendlichen Einfachwänden wird oberhalb der Grenzfrequenz  $f_c$  durch die flächenbezogene Masse  $m'$ , die Lage der Grenzfrequenz  $f_c$  und den Verlustfaktor  $\eta$  des Bauteils bestimmt und kann nach [12] wie folgt berechnet werden.

$$R = 20 \log \frac{\pi f m'}{\rho_0 c_0} + 10 \lg \frac{2\eta}{\pi} + 10 \lg \frac{f}{f_c} \quad [dB] \quad \text{für } f > f_c \quad (4.5)$$

Offensichtlich spielt der Verlustfaktor eine Rolle, so dass sein Einfluss bei Messungen und Berechnungen zu berücksichtigen ist. Wie in Abschnitt 4.3.2 erläutert wird, ist der Verlustfaktor hierbei als Gesamtverlustfaktor zu verstehen. Beim Übergang von der unendlichen auf die endliche Platte bedeutet das, dass gegebenenfalls auch die Randverluste zu betrachten sind, die durch die Energieableitung an den Plattenrändern in benachbarte Bauteile verursacht werden. Für massive Bauteile soll der Einfluss der Randverluste im Folgenden näher betrachtet werden.

Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, dass das Schalldämm-Maß eines massiven Bauteils durch die Energieverluste des Bauteils in die umgebenden Bauteile tatsächlich beeinflusst wird. Für jede Einbausituation am Bau und für verschiedene Situationen in Prüfständen kann sich aufgrund einer unterschiedlichen Energieableitung in die angrenzenden Bauteile eine unterschiedliche Schalldämmung ergeben. Daraus resultieren zwei Folgerungen:

1. Für Prüfstände wären zur Vereinheitlichung der Messergebnisse vergleichbare Bedingungen für die Energieableitung aus dem Prüfbauteil vorzusehen.
2. Für die Berechnung der Schalldämmung in Gebäuden müsste ein eventuell vorhandener Unterschied zwischen der Energieableitung im Prüfstand und im Gebäude berücksichtigt werden.

Die erste Folgerung lässt sich mit den heute vorhandenen, konstruktiv unterschiedlich ausgelegten Prüfständen nicht realisieren. Der zweiten Folgerung wird im Rahmen der europäischen Berechnungsmodelle für den baulichen Schallschutz in der DIN EN 12354-1 [4] durch die so genannte In-situ-Korrektur Rechnung getragen. Auf beide Aspekte soll nachfolgend eingegangen werden. Allerdings soll an dieser Stelle hauptsächlich die Anpassung der Laborwerte an die bauliche Situation geschildert werden.

Wenn die Energieableitung aus dem Prüfobjekt nicht als variable Größe das Prüfergebn beeinflussen soll, müssen zur Vermeidung unterschiedlicher Prüfergebnisse für dasselbe Prüfobjekt die Bedingungen für die Energieableitung in den Prüfständen vereinheitlicht werden.

Diesem Ansatz wurde im so genannten „Prüfstand mit bauüblicher Flankenübertragung“ in der zurückgezogenen DIN 52210-2 [13] näherungsweise Rechnung getragen, ohne dass auf die Frage der Energieableitung explizit eingegangen wurde. Mit Hinblick auf eine recht genaue Festlegung der Flankenübertragung des Prüfstandes wurde nämlich die bauliche

Realisierung des Prüfstandes sehr detailliert vorgegeben, zum Beispiel schwere flankierende Bauteile mit einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 400 - 450 \text{ kg/m}^2$ . Damit ist zu vermuten, dass sich in diesen Prüfständen zumindest bei gleichem Einbau eines Prüfgegenstandes sehr ähnliche Energieverluste in die flankierenden Bauteile ergaben. Der Prüfstand mit bauüblicher Flankenübertragung entsprach damit einer „Hardwarelösung“ des Problems unterschiedlicher Randverluste bei der Messung im Prüfstand.

Die Umstellung vom Prüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung nach DIN 52210-2 auf einen Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung nach DIN EN ISO 140-1 [14] brachte für die deutsche Prüfpraxis zwar die Angleichung an die in den meisten anderen Ländern übliche Prüfpraxis, führte aber dadurch auch zum Verzicht auf die detaillierten baulichen Festlegungen der DIN 52210. Beim Prüfstand nach DIN EN ISO 140-1 sind nämlich im Gegensatz zum Prüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung die den Prüfgegenstand flankierenden Bauteile nicht festgelegt. Auch gibt es keine feste Regelung, wie die Prüfstandskonstruktion aussehen soll, damit die Flankenübertragung ausreichend unterdrückt wird. Dies kann durch Trennfugen, aber auch durch Vorsatzschalen und Kombinationen beider Möglichkeiten geschehen. Dies führt in der Prüfpraxis zu ganz unterschiedlichen Prüfstandsrealisierungen, die zwar nach DIN EN ISO 140-1 allesamt normenkonform sind, bezüglich der Energieableitung aber zu sehr unterschiedlichen Bedingungen führen. Ein von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) durchgeführter Ringversuch für die Schalldämmung einer schweren Kalksandsteinwand ( $m' = 440 \text{ kg/m}^2$ ), über den in [15] berichtet wird, zeigt auf, wie stark aufgrund der unterschiedlichen Bedingungen die Verlustfaktoren des Prüfobjektes und die Schalldämm-Maße streuen. In [15] wird auch ausgeführt, dass die Unterschiede zwischen den Mess-Resultaten der einzelnen Prüfstände oberhalb der Grenzfrequenz des Bauteils deutlich verringert werden, wenn die gemessenen Schalldämm-Maße  $R_{lab}$  mit Hilfe des Gesamtverlustfaktors beziehungsweise der Körperschall-Nachhallzeit auf eine einheitliche Energieableitung korrigiert werden. Wie das normativ umgesetzt werden kann, wird in [16] näher erläutert. Die Energieverluste schwerer Prüfgegenstände im Prüfstand sollten jedoch nach DIN EN ISO 140-1 nicht unter nachfolgenden Mindestverlustfaktor sinken.

$$\eta_{\min} = 0.01 + \frac{0.3}{\sqrt{f}} \quad (4.6)$$

Für die Überprüfung dieser „Sollte-Bestimmung“ wird eine Mauerwerkswand mit einer flächenbezogenen Masse von  $400 \pm 40 \text{ kg/m}^2$  vorgeschlagen. Dieser Wert wird allerdings von vielen Prüfständen mit getrennten Flanken nicht erreicht.

DIN EN ISO 140-3 [17] äußert sich zum Verlustfaktor folgendermaßen: „Das Schalldämm-Maß von massiven Wänden und Decken hängt stark von der Ankopplung an die umgebenden Baukonstruktionen ab. Für die hinreichende Beschreibung des Einbaus wird in diesen Fällen die Messung und die Angabe des Verlustfaktors empfohlen.“ In Deutschland wird er laut Beschlussbuch des „Arbeitskreises der Prüfstellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse für den Schallschutz im Hochbau“ [18] inzwischen standardmäßig bei Schalldämmprüfungen von

Mauerwerkswänden im Labor durch die Messung der Körperschall-Nachhallzeit erfasst und in den Prüfberichten angegeben. Weitere Festlegungen, auch auf normativer Ebene, sind dazu bislang nicht getroffen worden.

Angesichts der unterschiedlichen baulichen Umgebungsbedingungen, die sich für ein Bauteil zwischen Prüfständen und realen Bausituationen ergeben, ist zu erwarten, dass die im Labor gemessene Schalldämmung nicht zwangsläufig identisch ist mit derjenigen, die sich in einer aktuellen Bausituation einstellt. Dem trägt das in der DIN EN 12354-1 beschriebene Berechnungsverfahren für die Prognose der Luftschallübertragung Rechnung, indem es die so genannte In-situ-Korrektur einführt. Mit dieser Korrektur werden die im Prüfstand gemessenen Kenngrößen auf die aktuellen Verhältnisse des betrachteten Gebäudes umgerechnet. Für die Schalldämmung trennender Bauteile erfolgt die Korrektur im so genannten detaillierten Modell durch die frequenzabhängige Umrechnung des Laborwertes  $R_{\text{lab}}$  in den In-situ-Wert  $R_{\text{situ}}$  über die Verlustfaktoren  $\eta_{\text{s,lab}}$  (Laborwert) und  $\eta_{\text{s,situ}}$  (Wert im Gebäude) nach folgender Beziehung.

$$R_{\text{situ}} = R_{\text{lab}} + 10 \lg \frac{\eta_{\text{s,situ}}}{\eta_{\text{s,lab}}} \quad [\text{dB}] \quad (4.7)$$

Diese Korrektur kann unmittelbar aus Gleichung (4.5) abgeleitet werden, wenn bei ansonsten gleichen Bedingungen lediglich der Verlustfaktor des Bauteils geändert wird. Der Verlustfaktor ist dabei als der in Abschnitt 4.3.2 näher spezifizierte Gesamtverlustfaktor zu verstehen. Vorausgesetzt wird bei der Korrektur nach Gleichung (4.7), dass die Verlustfaktoren im Labor und im Bau bekannt sind. Der Laborwert  $\eta_{\text{s,lab}}$  kann bei der Prüfung durch Messungen bestimmt werden. Für den im Gebäude zu erwartenden Verlustfaktor  $\eta_{\text{s,situ}}$  sind entsprechende Annahmen zu treffen. In einem informativen Anhang schlägt dazu die DIN EN 12354-1 ein aufwändiges Berechnungsverfahren vor, das es gestattet, aus den Eigenschaften der das Bauteil umgebenden Bauteile den zu erwartenden Verlustfaktor zu prognostizieren. Im so genannten vereinfachten Berechnungsmodell, das anstelle der frequenzabhängigen Betrachtung mit Einzahlwerten rechnet, wird bei den trennenden Bauteilen auf Grund des aufwändigen Verfahrens auf eine In-situ-Korrektur verzichtet. In [19] wird anhand umfangreicher Untersuchungen allerdings gezeigt, wie mit einem einfachen Ansatz dennoch eine In-situ-Korrektur im vereinfachten Berechnungsverfahren durchgeführt werden kann, die zu einer deutlichen Verbesserung der Prognosegenauigkeit führt. Hierauf wird in Abschnitt 4.3.2 näher eingegangen.

Eine Korrektur des Schalldämm-Maßes nach Gleichung (4.7) darf physikalisch korrekt nur für die resonante Schallübertragung von BiegeWellen homogener Bauteile und für die Randverluste durchgeführt werden. Im üblichen Massivbau mit biegesteifen Bauteilen bestimmt oberhalb der Grenzfrequenz die resonante Schallübertragung die Gesamtschalldämmung, so dass faktisch im gesamten bauakustischen Frequenzbereich die Korrektur durchgeführt werden kann.

Bei starrer Anbindung massiver Bauteile bestimmen die Randverluste die Gesamtverluste, und die Korrektur kann gemäß Gleichung (4.7) durchgeführt werden. Dies gilt nicht für Bauteile mit geringem Kontakt zu den umgebenden

Bauteilen (zum Beispiel elastisch entkoppelte Bauteile), für Bauteile mit hohen internen Verlusten und für Bauteile, die sehr viel leichter als ihre umgebenden Bauteile sind. Dies gilt auch nur bedingt für Bauteile, deren Schalldämmung nicht mehr durch Biegeschwingungen bestimmt wird.

#### 4.3.2 Berücksichtigung des Verlustfaktors

Die Energieverluste eines Bauteils werden durch drei Mechanismen bestimmt: materialabhängige Dämpfung des Bauteils  $\eta_{\text{int}}$ , Abstrahlung von Energie als Luftschall  $\eta_{\text{rad}}$  und Transmission von Energie über die Bauteilränder  $\eta_{\text{rand}}$  in benachbarte Bauteile. Dabei können, wie auch in der DIN EN 12354-1 dargestellt, die einzelnen Beiträge berechnet und gemäß nachfolgender Gleichung zu einem Gesamtverlustfaktor  $\eta_{\text{tot}}$  zusammengefasst werden. Hierbei beschreibt der erste Summand die internen Verluste  $\eta_{\text{int}}$ , der zweite Summand die Strahlungsverluste und der dritte Summand die Randverluste.

$$\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{int}} + \frac{\rho_0 c_0 \sigma}{\pi f m'} + \frac{c_0}{\pi^2 S \sqrt{f f_c}} \sum_{k=1}^4 l_k \alpha_k \quad (4.8)$$

Dabei bedeutet:

$\rho_0, c_0$	Dichte und Schallgeschwindigkeit von Luft
$\sigma$	Abstrahlgrad für freie Biegewellen
$m'$	flächenbezogene Masse [kg/m <sup>2</sup> ]
$S$	Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]
$f_c$	Grenzfrequenz des Bauteils [Hz]
$l_k$	Länge des Randes $k$ eines Bauteils [m]
$\alpha_k$	Körperschallabsorptionsgrad für Biegewellen am Rand $k$ in Metern. $\alpha_k$ kann dabei aus dem Transmissionsgrad $\tau$ beziehungsweise aus dem Stoßstellendämm-Maß $K_{ij}$ der jeweils betrachteten Bauteilverbindung berechnet werden.

Die Materialdämpfung kann sehr unterschiedlich sein. Für Baustoffe wird sie häufig mit einem internen Verlustfaktor von  $\eta_{\text{int}} = 0,005$  bis  $0,01$  abgeschätzt. Es gibt jedoch auch Baustoffe, die einen deutlich höheren oder deutlich geringeren internen Verlustfaktor aufweisen. Die Strahlungsverluste von Bauteilen sind bei massiven Bauteilen klein und liefern einen entsprechend geringen Beitrag zum Gesamtverlustfaktor. Die größten Energieverluste treten bei Massivbauteilen üblicherweise am Rand des Bauteils auf. Diese Verluste entsprechen demjenigen Anteil der Energie, der von diesem Bauteil in die angrenzenden Bauteile übertragen wird. Rechnerisch kann dieser Anteil durch die Transmissionsgrade der Bauteilverbindungen bestimmt werden. Bei der messtechnischen Bestimmung des Verlustfaktors wird auf den Zusammenhang

$$\eta = \frac{2,2}{f \cdot T_s} \quad (4.9)$$

zurückgegriffen, so dass die Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  die eigentliche Messgröße bei der Bestimmung des Verlustfaktors darstellt.

Von der Forschungsstelle wurden in früheren Forschungsvorhaben im Auftrag der Mauerwerksindustrie umfangreiche Untersuchungen, die sich mit

der Verifizierung der CEN-Rechenverfahren unter den Bedingungen des Massivbaus beschäftigen, durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten zahlreiche Messungen in Gebäuden durchgeführt werden [20]. Gemessen wurde in Neubauten, nachdem die Wände verputzt und die schwimmenden Estriche verlegt waren. Ein Hauptaspekt der Untersuchungen war die Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeiten der Bauteile unter realen Einbaubedingungen. Etwa 210 verschiedene Bauteile (Wände und Decken) in üblichen Massivbauten konnten für die Erfassung der Körperschall-Nachhallzeiten herangezogen werden. Die Messung der Körperschall-Nachhallzeiten erfolgte nach DIN EN ISO 10848-1 [21] beziehungsweise nach deren Vorläuferdokument (Messanleitung der PTB). Die Bauteile wurden mittels eines Impulses angeregt und die Nachhallzeit wurde aus der rückwärtsintegrierten Impulsantwort bestimmt. Die untersuchten Materialien waren Beton, Kalksandstein, Leichtbeton, Porenbeton und Ziegel. Die flächenbezogene Masse der Bauteile lag zwischen 63 und 486 kg/m<sup>2</sup>. Alle Bauteile hatten eine Fläche von mindestens 5 m<sup>2</sup> und waren starr mit den benachbarten Bauteilen verbunden.

Für die Mehrzahl dieser Bauteile wurde die Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  nach dem aufwändigen Verfahren der EN 12354-1, Anhang C, unter Berücksichtigung der jeweiligen Randverluste auch rechnerisch ermittelt. Die Übereinstimmung zwischen den derart berechneten und den gemessenen Körperschall-Nachhallzeiten ist nicht sonderlich hoch, wobei die Standardabweichung im Mittel rund 2,5 dB beträgt. Die Messungen am Bau zeigen allerdings, dass der Verlustfaktor der massiven Bauteile für übliche Bausituationen und Einbaubedingungen sehr konstant ist und nur eine geringe Standardabweichung aufweist [19]. Über eine Regression kann deshalb für Bauteile mit  $m' > 150 \text{ kg/m}^2$  aus den Messwerten ein mittlerer Verlustfaktor am Bau (Bauverlustfaktor  $\eta_{\text{Bau}}$ ) durch den folgenden Zusammenhang ermittelt werden.

$$10 \lg \eta_{\text{Bau}} = -12.4 - 3.3 \lg \frac{f}{100 \text{ Hz}} \quad [\text{dB}] \quad (4.10)$$

Für Bauteile mit  $m' < 150 \text{ kg/m}^2$  zeigen sich geringere Verlustfaktoren. Für diese Bauteile kann ein Verlustfaktor entsprechend der folgenden Beziehung angenommen werden.

$$10 \lg \eta_{\text{Bau}} = -12.4 - 3.3 \lg \frac{f}{100 \text{ Hz}} + 10 \lg \frac{m'}{150 \text{ kg/m}^2} \quad [\text{dB}] \quad (4.11)$$

Ohne dass weitere Angaben oder Berechnungen erforderlich wären, eignet sich dieser Bauverlustfaktor zur schnellen und sicheren Ermittlung des für die In-situ-Korrektur von massiven Bauteilen anzusetzenden Verlustfaktors  $\eta_{\text{s,situ}}$  in Gleichung (4.7). Es kann nämlich gezeigt werden, dass die ausgesprochen aufwändige Berechnung der In-situ-Verlustfaktoren nach DIN EN 12354-1, Anhang C im Mittel nicht zu einer besseren Übereinstimmung mit der realen Situation führt. So liefert Gleichung (4.10) bei üblichen Situationen eine plausible Abschätzung für den zu erwartende Verlustfaktor. Die Umrechnung nach Gleichung (4.7) erhält damit folgende Form:

$$R_{\text{situ}} = R_{\text{lab}} + 10 \lg \frac{\eta_{\text{Bau}}}{\eta_{\text{lab}}} \quad [\text{dB}] \quad (4.12)$$

Zu beachten ist allerdings, dass die Untersuchungen ausschließlich im reinen Massivbau durchgeführt wurden. In Dachgeschossen hingegen trifft man häufig auf eine Mischbauweise mit leichten flankierenden Bauteilen und einem massiven trennenden Bauteil. In diesem Fall wäre der oben angegebene Bauverlustfaktor nicht mehr zutreffend. Für Bauteile, bei denen wie im genannten Beispiel zu vermuten ist, dass deren Energieableitung nicht mit den im Mittel zu erwartenden Verlusten übereinstimmt, könnte dann eine detaillierte Berechnung der Randverluste nach DIN EN 12354-1, Anhang C eine bessere Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Wert aufweisen.

Gegenüber dem in ISO 140-1 festgelegten Mindestverlustfaktor für die Laborprüfungen liegt der mittlere Verlustfaktor am Bau etwa 1 - 2 dB höher. Allerdings wird dieser Mindestwert in Prüfständen von den massiven Bauteilen oft nicht erreicht, so dass (bezogen auf die Energieableitung) die Laborwerte die im Bau erreichten Schalldämmwerte tendenziell unterschätzen. Die In-situ-Korrektur ist damit auch im vereinfachten Berechnungsmodell eine wesentliche Komponente zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit. Der nach Gleichung (4.10) ermittelte Bauverlustfaktor liefert dazu eine einfache Möglichkeit zur Durchführung dieser Korrektur. Wie Untersuchungen in [20] zeigen, kann die Prognosegenauigkeit durch die In-situ-Korrektur mit Hilfe des Bauverlustfaktors tatsächlich verbessert werden.

#### 4.3.3 Korrigierte Schalldämm-Maße für die Schallschutzprognose

Zukünftig soll der Schallschutznachweis der DIN 4109 mit dem vereinfachten Modell nach DIN EN 12354-1 erfolgen. Entsprechende Festlegungen wurden im zuständigen Normenausschuss des NABau getroffen.

Wenn die In-situ-Korrektur, wie sie im detaillierten Berechnungsmodell der DIN EN 12354-1 vorgesehen wird, physikalisch sinnvoll ist und in der praktischen Anwendung zur Verbesserung der Prognose führt, dann sollte darauf auch beim vereinfachten Berechnungsmodell nicht verzichtet werden. Allerdings wurde für die Direktdämmung von Bauteilen im vereinfachten Modell der DIN EN 12354-1 keine In-situ-Korrektur eingeführt, da zum Zeitpunkt der Normerarbeitung nur die aufwändige detaillierte Methode für die frequenzabhängige Rechnung zur Verfügung stand und ein einfaches Verfahren mangels Erfahrungen im Umgang mit der Korrektur nicht vorlag. Die umfangreichen Untersuchungen in zahlreichen Massivbauten zeigen nun auf, dass der Bauverlustfaktor nach Gleichung (4.10) eine einfache und plausible Möglichkeit zur Berücksichtigung der In-situ-Korrektur für den Massivbau auch im vereinfachten Modell bietet. Hierzu ist lediglich erforderlich, dass die Rechenwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes bereits die Korrektur nach Gleichung (4.12) durchlaufen haben. Bei der Festlegung von Massekurven für den Bauteilkatalog kann das bereits a priori berücksichtigt werden, so dass für den Schallschutznachweis ohne zusätzlichen Berechnungsaufwand bereits die auf den Massivbau angepassten, In-situ-korrigierten bewerteten Schalldämm-Maße zur Verfügung stehen. Auf dieses Vorgehen hat sich der zuständige Normenausschuss beim NABau bereits vor langer Zeit geeinigt.

Für Mauerwerk aus Porenbeton, Kalksandstein, Leichtbeton und Ziegel (ohne wärmedämmende Lochsteine) wurden deshalb im Prüfstand ermittelte

Schalldämm-Maße entsprechend Gleichung (4.12) auf den Bauverlustfaktor nach Gleichung (4.10) bezogen. Diese korrigierten Schalldämm-Maße bildeten die Grundlage zur Erstellung von baustoffspezifischen Massekurven. Mit diesen Eingangswerten wurde eine Vielzahl konkreter Bausituation entsprechend dem vereinfachten Modell nach DIN EN 12354-1 nachgerechnet und mit den Ergebnissen der durchgeführten Messungen verglichen [20]. Im Mittel ergab sich damit für alle Baustoffe eine gute Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung. Derartige Massekurven, die bereits die In-situ-Anpassung enthalten, sind folglich eine einfache Methode zur Generierung von Rechenwerten zur Prognose des Schallschutzes im Massivbau.

Falls für den Schallschutznachweis bei massiven Bauteilen nicht auf Werte aus den Massekurven, sondern direkt auf Prüfstandswerte zurückgegriffen werden soll oder kann, sind diese nach derselben Prozedur als Rechenwert zur Verwendung im Berechnungsverfahren „aufzubereiten“. Dies trifft zu für alle massiven Bauteile, deren schalltechnische Eigenschaften nicht durch eine Massekurve darstellbar sind (zum Beispiel Lochsteine mit Resonanzen) oder die im Einzelfall abweichende Eigenschaften haben. Für solche Bauteile ist das folgende Vorgehen vorgesehen: zuerst die Verlustfaktor-Korrektur mit Hilfe des im Prüfstand ermittelten Verlustfaktors und des Bauverlustfaktors als Referenzwert durchführen, dann als Einzahlwert das bewertete korrigierte Schalldämm-Maß berechnen. Die ermittelten Einzahlwerte sollten dabei vorzugsweise mit einer Dezimale und nicht auf ganze [dB] abgerundet angegeben und verwendet werden. Dieses Vorgehen wäre in Übereinstimmung mit den aktuellen Arbeiten zur Behandlung von Unsicherheiten bei der rechnerischen Prognose des Schallschutzes [22], die ebenfalls die Angabe der ersten Dezimale fordern. Die genannte Vorgehensweise ist für die zukünftige DIN 4109 normativ zu regeln.

#### 4.4 Eingangsdaten für die Berechnung

Für die Berechnung nach DIN EN 12354-1 werden im Wesentlichen Angaben zur Direktschalldämmung und Stoßstellendämmung der für die Übertragungssituation relevanten Bauteile als Eingangsdaten benötigt. Zur Bestimmung dieser Eingangsdaten sind in den informativen Anhängen der DIN EN 12354-1 Angaben zu finden. Diese Angaben sind jedoch lediglich als unverbindliche Beispiele zu verstehen. Mittlerweile liegen jedoch aktuellere Forschungsergebnisse zum Schallschutz im Massivbau, zum Beispiel aus [7] bis [11], vor. Diese Erkenntnisse werden im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 [3] verfügbar sein.

##### 4.4.1 Direktschalldämmung

Die Direktschalldämmung eines Bauteils kann nach dem informativen Anhang B der DIN EN 12354-1 berechnet werden. Das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  von Massivbauteilen mit einer flächenbezogenen Masse  $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$  kann als „sicherer Mittelwert“ wie folgt bestimmt werden.

$$R_w = 37,5 \log (m' / m'_0) - 42 \text{ [dB]} \quad (4.13)$$

mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

In dieser Beziehung wird nicht zwischen unterschiedlichen Materialien unterschieden. Für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 sind für die Berechnung der Direktschalldämmung von unterschiedlichen Massivbauteilen, zum Beispiel Kalksandstein, Porenbeton und Leichtbeton, Ziegel und Beton unterschiedliche Berechnungsgleichungen vorgesehen. In Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse  $m'$  können die Rechenwerte für das bewertete Schalldämm-Maß  $R_{w,R}$  für unterschiedliche Baustoffe aus den folgenden Beziehungen ermittelt werden. Diese berücksichtigen bereits eine Anpassung (In-situ-Korrektur“ der Schalldämm-Maße bezüglich eines mittleren Verlustfaktors der Bauteile im üblichen Massivbau (siehe Abschnitt 4.3). Dadurch wird der tatsächlichen Situation im Massivbau besser Rechnung getragen und die Genauigkeit der Prognose verbessert. Die errechneten Werte in [dB] sollen auf eine Dezimale gerundet werden.

Für Beton, Betonsteine, Kalksandstein, Mauerziegel und Verfüllsteine wird der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_{w,R}$  wie folgt bestimmt:

$$R_{w,R} = 30,9 \log (m' / m'_0) - 22,2 \text{ [dB]} \quad (4.14)$$

mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Für Mauerwerk aus Leichtbeton wird der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_{w,R}$  wie folgt bestimmt:

$$R_{w,R} = 30,9 \log (m' / m'_0) - 20,2 \text{ [dB]} \quad (4.15)$$

mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

Für Porenbeton wird der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_{w,R}$  nach folgenden Beziehungen bestimmt:

im Bereich  $50 \text{ kg/m}^2 \leq m' < 150 \text{ kg/m}^2$  gilt

$$R_{w,R} = 32,6 \log (m' / m'_0) - 22,5 \text{ [dB]} \quad (4.16)$$

mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

im Bereich  $150 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 300 \text{ kg/m}^2$  gilt

$$R_{w,R} = 26,1 \log (m' / m'_0) - 8,4 \text{ [dB]} \quad (4.17)$$

mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$

#### 4.4.2 Stoßstellendämmung

Für starre Kreuz- und T-Stöße kann das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  nach DIN EN 12354-1, Anhang E in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Bauteile berechnet werden. Zusätzlich sind in diesem informativen Anhang auch Angaben zur Verbesserung der Stoßstellendämmung durch elastische Zwischenschichten zu finden.

Für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 sind für die Berechnung der Stoßstellendämmung von homogenen Massivbauteilen die folgenden Berechnungsgleichungen vorgesehen, die gegenüber denen aus der DIN EN 12354-1 teilweise modifiziert wurden.  $K_{12}$  entspricht dabei dem Übertragungsweg  $D_f / F_d$  und  $K_{13}$  dem Weg  $F_f$ .

$$M = \log \left( \frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \right) \quad (4.18)$$

Dabei bedeutet:

$m'_i$  flächenbezogene Masse des Bauteils  $i$  im Übertragungsweg  $ij$   
[kg/m<sup>2</sup>]

$m'^{\perp,i}$  flächenbezogene Masse des anderen die Stoßstelle bildenden  
Bauteils senkrecht dazu [kg/m<sup>2</sup>]

Für einen T-Stoß gilt:

$$K_{12} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (4.19)$$

für  $M < 0.215$  gilt

$$K_{13} = 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (4.20)$$

für  $M \geq 0.215$  gilt

$$K_{13} = 8 + 6,8 \cdot M [\text{dB}] \quad (4.21)$$

Für einen Kreuzstoß gilt:

$$K_{12} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (4.22)$$

für  $M < 0.182$  gilt

$$K_{13} = 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (4.23)$$

für  $M \geq 0.182$  gilt

$$K_{13} = 9,6 + 11 \cdot M [\text{dB}] \quad (4.24)$$

#### 4.4.3 Luftschallverbesserung durch Vorsatzschalen

Die Verbesserung der Schalldämmung von massiven Bauteilen  $\Delta R_w$  kann gemäß Anhang D der DIN EN 12354-1 berechnet werden.

## 5 Messprogramm

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die schalltechnischen Eigenschaften von entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten umfassend messtechnisch untersucht. Nachfolgend wird ein Überblick über das durchgeführte Messprogramm gegeben.

- Bestimmung der schalltechnisch relevanten Materialeigenschaften, zum Beispiel Dichte, dynamischer Elastizitätsmodul und Verlustfaktor, von Gips-Wandbauplatten anhand von Probekörpern
- Ermittlung von relevanten Materialeigenschaften von Randstreifen, zum Beispiel dynamische Steifigkeit und Dämpfung
- Schalldämm-Maße  $R$  beziehungsweise  $R_w$  und Verlustfaktoren  $\eta$  von entkoppelten Gipswänden im Prüfstand
- Untersuchung von horizontalen und vertikalen Übertragungssituationen mit flankierenden Gipswänden im Prüfstand
  - Resultierendes Schalldämm-Maß  $R'$  beziehungsweise  $R'_w$  des Trennbauteils
  - Flankendämm-Maße  $R_{v,f}$  beziehungsweise  $R_{v,f,w}$  der flankierenden Gipswände
  - Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$
  - Verlustfaktoren  $\eta$  der beteiligten Bauteile
- Untersuchung von horizontalen und vertikalen Übertragungssituationen mit flankierenden Gipswänden in ausgeführten Gebäuden
  - Resultierendes Bau-Schalldämm-Maß  $R'$  beziehungsweise  $R'_w$  des Trennbauteils
  - Flankendämm-Maße  $R_{v,f}$  beziehungsweise  $R_{v,f,w}$  der flankierenden Gipswände
  - Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$
  - Verlustfaktoren  $\eta$  der beteiligten Bauteile
  - Bau-Schalldämm-Maß  $R'$  beziehungsweise  $R'_w$  von entkoppelten Gipswänden im Gebäude
  - Trittschalldämmung von Geschossdecken

## 6 Materialeigenschaften von Gips-Wandbauplatten

### 6.1 Beschreibung der Gips-Wandbauplatten

Die Herstellung von Gips-Wandbauplatten erfolgt unter industriellen Bedingungen aus schnelltrocknendem Stuckgips, welcher in - den Plattenmaßen entsprechenden - Formen gegossen wird. Die fertigen homogenen Gips-Wandbauplatten weisen eine sehr glatte und ebene weiße Oberfläche auf. Die Kanten der Platten sind als passgenaues Nut- und Federprofil ausgebildet. In Deutschland beträgt die übliche Plattendicke 60, 80 oder 100 mm, wobei die 100 mm dicken Platten am häufigsten Verwendung finden. Die Abmessungen der in der DIN EN 12859 [23] genormten Gips-Wandbauplatten betragen 666 mm in der Länge und 500 mm in der Höhe.

Gips-Wandbauplatten werden im Allgemeinen im Hochbau für die Erstellung von nicht tragenden massiven Innenwänden verwendet. Weitere Einsatzgebiete sind Stützen- und Schachtverkleidungen sowie Vorsatzschalen. Durch das umlaufende Nut- und Federsystem mit hoher Passgenauigkeit wird der Aufbau wesentlich vereinfacht, was zu einer hohen Wirtschaftlichkeit des gesamten Wandsystems beiträgt. Die Plattenstöße werden beim Aufbau mit einem speziellen Gipskleber verklebt. Größere Lücken, zum Beispiel im Bereich des Deckenanschlusses werden mit Füllgips verschlossen. Bei der Erstellung der Wände ist die DIN 4103-2 [24] zu beachten. Die fertigen Gipswände benötigen keinen Putz und werden je nach Anforderung an die Oberflächengüte nur im Bereich der Fugen oder vollflächig verspachtelt. Die Plattenoberfläche kann gestrichen, tapeziert oder verfliesen werden.

Der nichtbrennbare Baustoff Gips sorgt im Allgemeinen für ein günstiges Verhalten des Wandsystems aus Sicht des Brandschutzes. Durch entsprechende Zusätze lassen sich bei der Herstellung die Eigenschaften der Gips-Wandbauplatten für bestimmte Anforderungen verbessern:

Durch Zugabe eines hydrophobierenden Zusatzstoffs, welcher die Wasseraufnahme des Gipses vermindert, werden hydrophobierte Gips-Wandbauplatten hergestellt, die in der Regel zur besseren Erkennbarkeit grünlich eingefärbt werden. Sie finden Anwendung für die Erstellung von nicht tragenden massiven Innenwänden für Feuchträume, zum Beispiel Bäder. In der Baupraxis wird auch häufig die unterste Lage der „normalen“ Gipswände aus hydrophobierten Gips-Wandbauplatten hergestellt. Dadurch soll die Aufnahme von Baufeuchte, zum Beispiel aus Ortbetondecken vermindert werden.

Durch schwere Zuschlagstoffe kann die Rohdichte der Gips-Wandbauplatten erhöht werden, so dass sie sich für bestimmte Anforderungen, zum Beispiel erhöhte Schalldämmung, besser eignen. Die Platten mit erhöhter Rohdichte sind in der Regel rötlich eingefärbt.

In der Regel werden Gips-Wandbauplatten also mit mittlerer Rohdichte sowie mit hoher Rohdichte, jeweils in normaler und hydrophobierter Ausführung eingesetzt. Die unterschiedlichen Plattenarten sind nach DIN EN 12859 in Tabelle 6.1 dargestellt.

Plattenart und Bezeichnung	Platten-Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Kennzeichnende Einfärbung	Abmessungen [mm]
Gips-Wandbauplatten, mittlere Rohdichte	800 - 1100	keine (weiß)	666 x 500
Gips-Wandbauplatten, hohe Rohdichte	1100 - 1500	rötlich	500 x 500
Hydrophobierte Gips-Wandbauplatten, mittlere Rohdichte	800 - 1100	grünlich	666 x 500
Hydrophobierte Gips-Wandbauplatten, hohe Rohdichte	1100 - 1500	grünlich	500 x 500

**Tabelle 6.1**                      Übliche Arten von massiven Gips-Wandbauplatten nach DIN EN 12859

Nach DIN EN 12859 ist die flächenbezogene Masse der Gips-Wandbauplatten durch den Hersteller anzugeben. In der Regel wird dazu für die mittlere Rohdichte  $\rho \approx 900 \text{ kg/m}^3$  und für die hohe Rohdichte  $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$  berücksichtigt.

Gips-Wandbauplatten lassen sich mit einfachen Werkzeugen sägen, bohren und fräsen, so dass auch Leitungen und andere Installationen einfach und rationell in Gipswänden verlegt werden können.

## 6.2 Untersuchungen der Materialeigenschaften von Gips-Wandbauplatten

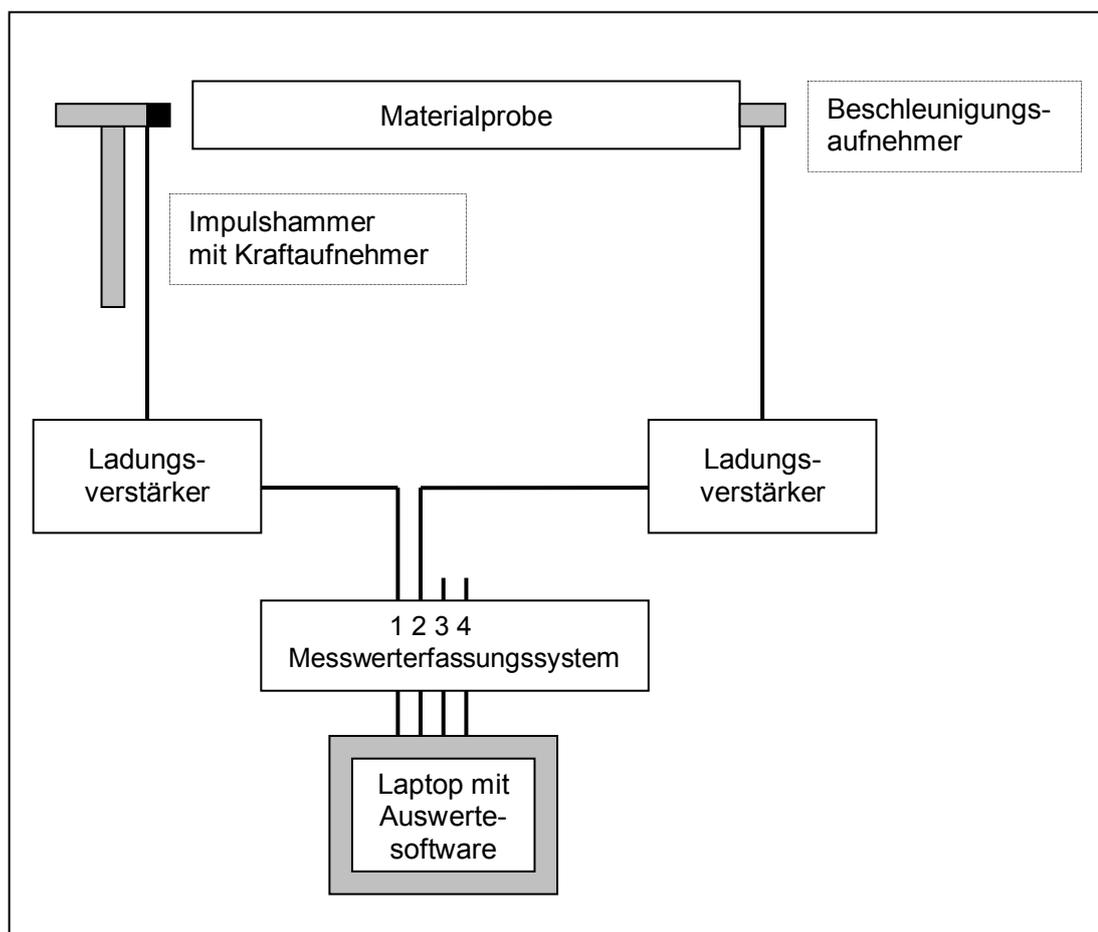
Anhand von Probestäben, die aus verschiedenen Gips-Wandbauplatten herausgesägt wurden, wurden für die Schalldämmung relevante Materialeigenschaften von Gips-Wandbauplatten bestimmt. Bei den Materialeigenschaften handelte es sich um die Rohdichte  $\rho$ , den dynamischen E-Modul  $E_{\text{dyn}}$  und Verlustfaktor  $\eta$  der Gips-Wandbauplatten. Die stabförmigen Materialproben hatten einen Querschnitt von etwa 50 mm x 50 mm und eine Länge zwischen 470 mm und 600 mm. Die Probestäbe stammten aus handelsüblichen Gips-Wandbauplatten, die nicht zusätzlich getrocknet wurden. Für die Untersuchungen standen Materialproben aus zwei unterschiedlichen Herstellerwerken zur Verfügung. Sie unterschieden sich zusätzlich in den folgenden Punkten:

- Dichte
- Entnahmestelle aus der jeweiligen Gips-Wandbauplatte
- Enthaltene Zuschlagstoffe (siehe voriger Abschnitt)

Die Materialeigenschaften der Gips-Wandbauplatten wurden an insgesamt elf verschiedenen Probevarianten, für die jeweils mehrere Probestäbe zur Verfügung standen, untersucht. Aufgrund der relativ kleinen Abmessungen der Probekörper führten bereits geringe Längenänderungen zu deutlichen Änderungen der errechneten Rohdichte. Die aus den Probekörpern bestimmte Rohdichte wurde daher hauptsächlich zur Kontrolle der vom jeweiligen Hersteller angegebenen Platten-Rohdichte verwendet. Bei der

weiteren Berücksichtigung der Rohdichte wurde dann Bezug auf die vom Hersteller angegebenen Werte genommen.

Für die Ermittlung des dynamischen E-Moduls und des Verlustfaktors wurde die sogenannte Transferadmittanz mit dem in Abbildung 6.1 dargestellten Messaufbau bestimmt. Die dabei zugrunde liegenden physikalischen Zusammenhänge lassen sich der Literatur, zum Beispiel [25] und [26] entnehmen. Zur eigentlichen Messung wurde eine Stirnseite der Probe mit einem Impulshammer angeregt, auf der gegenüberliegenden Seiten der Probe wurde dann die resultierende Beschleunigung ermittelt. Zur Sicherstellung einer wiederholbaren linearen Anregung mit dem Impulshammer und zur Vermeidung von bleibenden Verformungen wurde an der jeweiligen Anregestelle der Probekörper ein Metallplättchen aufgeklebt. Die Materialprobe war bei der Messung durch eine weiche Elastomerunterlage vom Untergrund entkoppelt. Dadurch konnte eine freie Bewegung der Materialprobe gewährleistet werden.



**Abbildung 6.1** Messaufbau zur Bestimmung des dynamischen E-Moduls und des Verlustfaktors der Probestäbe

In der folgenden Tabelle 6.2 sind die Ergebnisse der Materialuntersuchungen jeweils gemittelt aus den zur Verfügung gestandenen Probestäben mit der entsprechenden Standardabweichung  $\sigma$  der jeweiligen Einzelergebnisse vom angegebenen Mittelwert dargestellt. Die Ergebnisse wurden nach Dichteklassen sortiert, die beiden unterschiedlichen Herstellerwerke wurden mit A und B abgekürzt.

Dichte- klasse [kg/m <sup>3</sup> ]	Probe	Einfärbung besondere Eigenschaft		Elastizitäts- modul [GN/m <sup>2</sup> ]	Verlustfaktor $\eta$ [-]
800	B 1	weiß -	gemittelt $\sigma$	3,63 0,005	0,0037 0,0003
800	B 2	grünlich hydrophobiert	gemittelt $\sigma$	3,51 0,008	0,0044 0,0008
850	A 1	weiß -	gemittelt $\sigma$	3,02 0,004	0,0074 0,0004
850	A 5	weiß -	gemittelt $\sigma$	2,91 0,001	0,0070 0,0005
850	A 3	grünlich hydrophobiert	gemittelt $\sigma$	3,14 0,009	0,0045 0,0005
900	A 4	weiß -	gemittelt $\sigma$	3,07 0,008	0,0049 0,0003
900	A 7	weiß -	gemittelt $\sigma$	3,14 0,003	0,0050 0,0002
900	A 8	grünlich hydrophobiert	gemittelt $\sigma$	3,45 0,007	0,0057 0,0006
1200	A 2	rötlich höhere Dichte	gemittelt $\sigma$	6,03 0,016	0,0044 0,0004
1200	B 6	rötlich höhere Dichte	gemittelt $\sigma$	6,16 0,009	0,0062 0,0008
1200	B 3	rötlich höhere Dichte	gemittelt $\sigma$	8,49 0,026	0,0030 0,0006

**Tabelle 6.2** Messergebnisse der einzelnen Materialproben mit Standardabweichung, nach der Dichte sortiert

Durch die hydrophobierenden Zusätze der grünlich eingefärbten Gips-Wandbauplatten werden die schalltechnischen Materialeigenschaften der Gips-Wandbauplatten nicht wesentlich beeinflusst. Eine differenzierte Betrachtung der hydrophobierten Gips-Wandbauplatten erscheint daher nicht notwendig. Eine Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von der Plattenrohndichte ist insbesondere zwischen mittlerer und hoher Rohndichte erkennbar.

Der unabhängig von der Masse vorhandene Einfluss des Elastizitätsmoduls auf das bewertete Schalldämm-Maß eines Bauteils lässt sich nach DIN EN 12354-1, Anhang B [4] abschätzen. Die dafür benötigte Longitudinalwellengeschwindigkeit lässt sich aus dem Elastizitätsmodul, zum Beispiel nach [25] ermitteln. Es wurden Modellrechnungen für eine 100 mm dicke Gipswand mit den Abmessungen 4,15 m x 2,75 m (das entspricht der Prüföffnung des Wandprüfstands der Forschungsstelle) und einem internen Verlustfaktor von 0,005 durchgeführt. Eine nach aufsteigender Rohndichte sortierte Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 6.3 dargestellt.

Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Elastizitätsmodul [GN/m <sup>2</sup> ]	Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes [dB]
800	3,51 - 3,63	29,9 - 30,0
850	2,91 - 3,14	30,8 - 30,8
900	3,07 - 3,45	31,4 - 31,4
1200	6,03 - 8,49	34,5 - 34,6

**Tabelle 6.3** Bewertete Schalldämm-Maße von 100 mm dicken Gipswänden, mittels Modellrechnung nach DIN EN 12354-1, Anhang B ermittelt

Ein Einfluss des Elastizitätsmoduls auf die Schwankung des berechneten Schalldämm-Maßes ist innerhalb der gleichen Dichte nur in geringem Maße (0,1 dB) oder gar nicht vorhanden und kann daher vernachlässigt werden.

In der Tabelle sind auch die Schwankungen des Elastizitätsmoduls durch die unterschiedlichen Herstellerwerke berücksichtigt. Daher konnte auch dieser Einfluss abgeschätzt werden. Die größten Abweichungen des Elastizitätsmoduls - bedingt durch unterschiedliche Herstellerwerke - sind bei den untersuchten Materialproben bei der hohen Rohdichte mit 1200 kg/m<sup>3</sup> vorhanden. Dabei variiert der Elastizitätsmodul zwischen 6,03 GN/m<sup>2</sup> und 8,49 GN/m<sup>2</sup>. Dieser Unterschied im Elastizitätsmodul ergibt nach den oben beschriebenen Musterrechnungen jedoch nur einen geringen Unterschied im bewerteten Schalldämm-Maß von  $\Delta R_w = 0,1$  dB. Aufgrund der Ergebnisse kann der Einfluss der durch Zuschlagstoffe und unterschiedliche Herstellerwerke bedingten Variation des Elastizitätsmoduls auf die Schalldämmung weitgehend vernachlässigt werden.

Deutlich ausgeprägter ist der Einfluss des Elastizitätsmoduls auf die Koinzidenzgrenzfrequenz  $f_c$ . Da bei der Koinzidenzgrenzfrequenz die Luftschalldämmung eines Bauteils stark vermindert wird, spielt ihre Lage eine wichtige Rolle. Oberhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz ist der Anstieg der frequenzabhängigen Luftschalldämmung einer einschaligen Wand doppelt so groß wie unterhalb dieser Frequenz. Die Koinzidenzgrenzfrequenz eines einschaligen Bauteils kann aus der Longitudinalwellen-geschwindigkeit, zum Beispiel nach [25], berechnet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Longitudinalwellengeschwindigkeiten, die sich aus den Elastizitätsmodulen der Materialproben berechnen lassen, ergibt sich die Koinzidenzgrenzfrequenz zwischen 241,4 Hz (für leichte Gipswände) und 347,7 Hz (für schwere Gipswände). Die Koinzidenzgrenzfrequenz der Gipswände liegt dabei jedoch immer innerhalb des für die Bauakustik relevanten Frequenzbereichs.

Die gemessenen Verlustfaktoren der Materialproben lagen zwischen 0,0030 und 0,0074. Die internen Verluste der Gipswände stellen jedoch nur einen relativ kleinen Anteil der Gesamtverluste des Wandsystems dar und beeinflussen die Schalldämmung nur unwesentlich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass von den untersuchten Materialeigenschaften der Gips-Wandbauplatten die Rohdichte den größten Einfluss auf die Schalldämmung der Gipswand hat, der Einfluss der übrigen Materialeigenschaften kann weitgehend vernachlässigt werden.

## **7 Schalltechnisch relevante Eigenschaften von Randstreifen**

### **7.1 Verwendung von Randstreifen**

Bei einem Randstreifen handelt es sich allgemein um ein elastisches (Streifen-)Material, welches zur Trennung zwischen verschiedene Bauteile eingebaut wird. Im Bereich der Gips-Wandbauplatten werden elastische Randstreifen in der Regel an allen Anschlusskanten der Gipswände als Trennung zu den angrenzenden Bauteilen, die nicht aus Gips-Wandbauplatten bestehen, eingebaut. Zwingend notwendig ist ein elastischer Anschluss nach DIN 4103-2 [24] jedoch nicht, wird aber zur Vermeidung von Rissen im Bereich der Gipswandränder und zur Kompensation von Deckendurchbiegungen empfohlen.

Aus bauakustischer Sicht sollten bei leichten Massiv-Gipswänden jedoch unbedingt geeignete Randstreifen umlaufend an allen Anschlusskanten zu anderen Bauteilen eingebaut werden. Die Randstreifen können einerseits die Direktschalldämmung der Gipswände verbessern und andererseits die Schall-Längsleitung über die Gipswände wesentlich verringern. Das wurde bereits durch Untersuchungen von Gösele [27] nachgewiesen und durch spätere Untersuchungen [28] und [29] bestätigt. Zur Verbesserung der Direktschalldämmung wird im Beiblatt 1 der DIN 4109 [30] in der Fußnote zur Tabelle 1 eine Verbesserung von 2 dB gegenüber dem aus der flächenbezogenen Masse berechneten Wert angegeben, falls die Gipswand ringsum durch Bitumenfilzstreifen von den übrigen Bauteilen getrennt ist.

Die bei Gipswänden zur Zeit üblicherweise verwendeten Randstreifen bestehen meist aus Kork oder Bitumen. Seit einiger Zeit werden - unter anderem auch durch die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens bedingt - durch die Gips-Wandbauplattenindustrie auch speziell hergestellte Randstreifen aus Polyetylen-Schwerschaum angeboten. Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurde aber auch eine Vielzahl von anderen Streifenmaterialien, welche zur Anwendung als Randstreifen geeignet erschienen, auf ihre Eignung aus schalltechnischer Sicht untersucht.

### **7.2 Anforderungen an Randstreifen**

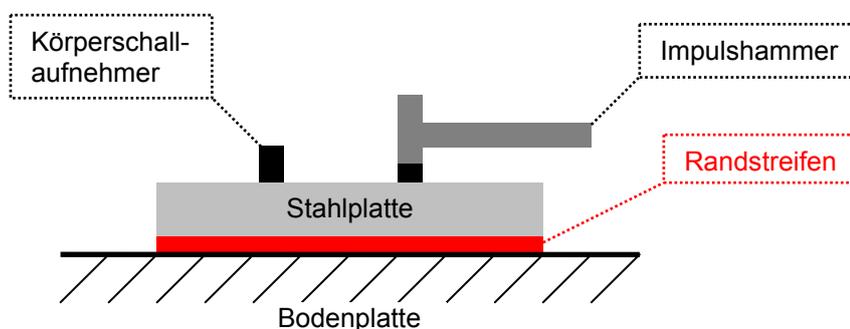
Durch die Randstreifen sollen die Gipswände von angrenzenden Bauteilen konstruktiv zuverlässig getrennt werden, dadurch sollen Risse im Bereich der Randanschlüsse vermieden werden. Zusätzlich sollen die Gipswände, die im Gebäude keine lastabtragende Funktion erfüllen, vor möglichen Deckendurchbiegungen geschützt werden, hier fungiert der Randstreifen dann als eine Art Ausgleichsschicht. Da die gesamte Masse der Gipswand auf dem unteren Randstreifen steht, muß dieser entsprechend druckbelastbar sein. Auch die seitlichen und an der Decke angeordneten Randstreifen dürfen nicht zu weich sein, da sonst die Standsicherheit der Gipswand nicht dauerhaft gewährleistet werden kann. Bei der Erstellung von Gipswänden ist die DIN 4103-2 zu beachten, in dieser Norm sind zum Beispiel auch Angaben zur Dichte von Randstreifen zu finden. Zusätzlich sollen die

Randstreifen für Wände aus Gips-Wandbauplatten auch leicht zu verarbeiten und preisgünstig sein.

Als Ergänzung zu den oben genannten konstruktiven Anforderungen an Randstreifen müssen für eine möglichst gute Direkt- und Flankendämmung der Gipswände weitere Aspekte beachtet werden. Hinsichtlich einer möglichst hohen Direktschalldämmung der Gipswände dürfen die Randstreifen nicht zu porös und zu dick sein, ansonsten kann eine Luftschallübertragung über die Randanschlüsse nicht vermieden werden. Dazu ist auch eine entsprechende Rohdichte des Streifenmaterials notwendig. Zur Gewährleistung einer möglichst guten Flankendämmung der Gipswände sollten die Randstreifen jedoch nicht zu steif sein, da ansonsten aus akustischer Sicht keine oder nur eine unzureichende Entkopplung der Gipswände besteht. Zur Vermeidung von Undichtigkeiten im Bereich des Randanschlusses sollten die Randstreifen auch entsprechend eben und auf keinen Fall wellig sein. Insgesamt betrachtet wird aus schalltechnischer Sicht für Gipswände also ein Randstreifen benötigt, der eben, ausreichend schwer und nicht zu steif ist.

### 7.3 Dynamische Steifigkeit von verschiedenen Randstreifen-Materialien

Die dynamische Steifigkeit  $s'$  der Randstreifen ist eine Möglichkeit zur Charakterisierung der schalltechnisch relevanten Eigenschaften der Randstreifen. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen einer einwirkenden dynamischen Kraft und der daraus resultierenden Auslenkung. Die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit der Randstreifen erfolgte in Anlehnung an DIN EN 29052 [31]. Bei diesem Messverfahren wird die Resonanzfrequenz  $f_r$  der vertikalen Grundschwingung eines Systems, bestehend aus dem Probekörper (Randstreifen) und einer darauf liegenden Stahlplatte mit einer Masse von 8 kg, bestimmt. Die Resonanzfrequenz wurde dabei mittels Impulshammeranregung aus der Übertragungsfunktion der durch die Stahlplatte eingeleiteten Kraft und der daraus mittig auf der Stahlplatte resultierenden Beschleunigung ermittelt. Bei den Messungen lag der Probekörper (Randstreifen) auf einer ebenen massiven Bodenplatte. In Abbildung 7.1 ist der Messaufbau schematisch dargestellt.



**Abbildung 7.1** Schematisch dargestellter Messaufbau zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit

Die dynamische Steifigkeit ist für die Randstreifen im Wesentlichen ein Maß für die Entkopplung. Je kleiner die dynamische Steifigkeit eines Materials ist, desto besser entkoppelt es die Gipswand von den angrenzenden Bauteilen.

Umgekehrt wird die Wirkung der Entkopplung durch einen zu steifen Randstreifen vermindert. Da die Randstreifen, vor allem am unteren Anschluss, das gesamte Gewicht der Gipswand tragen müssen, können natürlich keine zu weichen Randstreifen mit zu geringer dynamischer Steifigkeit verwendet werden. Aber auch an den seitlichen und am oberen Anschluss sollten die Randstreifen zur Gewährleistung der Randein- spannung der Gipswand nicht zu weich sein.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde zu Beginn eine Vielzahl von für Randstreifen in Frage kommenden Materialien hinsichtlich ihrer Eignung durch die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit untersucht. Dabei handelte es sich im Wesentlichen um folgende Materialien:

- Presskork
- Gummi-Kork-Gemische
- Gummigranulate beziehungsweise Gummischrote
- Bitumenfilze
- Bitumenwollfilzpappen (im folgenden Text meist nur als „Bitumen“ bezeichnet)
- leichte und schwere Polyethylen-Schäume (PE)
- Hartschäume, zum Beispiel aus Polystyrol

Manche der Materialien unterschieden sich zum Beispiel nur dadurch, dass einseitig eine selbstklebende Schicht aufgebracht war. Aber auch unter vermeintlich gleichen Materialien gab es Unterschiede bei den Mess- ergebnissen. Dies war vor allem beim Naturmaterial Kork der Fall. Aber auch die Ergebnisse von Bitumenfilz und Bitumenwollfilzpappe unterschieden sich deutlich. Dies lässt sich jedoch durch die unterschiedliche Material- beschaffenheit erklären. Im Wesentlichen lassen sich die untersuchten Randstreifen-Materialien entsprechend der folgenden Tabelle 7.1 in verschiedene Materialgruppen mit unterschiedlichen dynamischen Steifigkeiten einteilen.

Material	Dynamische Steifigkeit [MN/m <sup>3</sup> ]
Kork	110 - 165
Bitumenfilz	220 - 300
Bitumenwollfilzpappe	650 - 750
Polyethylen-Schwerschaum, $\rho \geq 60 \text{ kg/m}^3$	100 - 150
Polyethylenschaum, $\rho \leq 60 \text{ kg/m}^3$	25 - 50
Gummi-Kork	60 - 85
extrudierter Polystyrol-Hartschaum	ca. 200

**Tabelle 7.1** Materialgruppen der untersuchten Randstreifen-Materialien mit den entsprechenden dynamischen Steifigkeiten

Von den in der obigen Tabelle genannten Randstreifen-Materialien wird in der Baupraxis am häufigsten Kork eingesetzt, da er relativ gut zu verarbeiten und preiswert ist. Streifen aus Bitumenwollfilzpappe oder Bitumenfilz werden heutzutage eher selten eingesetzt, da sie Nachteile hinsichtlich der Verarbeitung aufweisen. Relativ neu am Markt verfügbar sind PE-

Schwerschaumstreifen mit einer Rohdichte  $\rho \approx 120 \text{ kg/m}^3$ , sie wurden von der Gips-Wandbauplattenindustrie speziell für die Anforderungen für Gipswände entwickelt und stellen einen guten Kompromiß zu den bisher verwendeten Randstreifen dar. Die leichten PE-Streifen ( $\rho \leq 60 \text{ kg/m}^3$ ), wie sie häufig als Randstreifen für schwimmende Estriche verwendet werden, werden teilweise auch für den Deckenanschluss von Gipswänden verwendet. Die übrigen untersuchten Materialien spielen bisher in der Baupraxis von Gipswänden praktisch keine Rolle, auch kommt aufgrund der Untersuchungen keines dieser Materialien für eine flächendeckende Anwendung als Gipswand-Randstreifen in Frage.

Wie zuvor erwähnt, haben Untersuchungen von Gösele [27] bestätigt, dass es durch geeignete Randstreifen möglich ist, die Schall-Längsdämmung von Gipswänden wesentlich zu erhöhen. Gösele beschreibt dafür ebenfalls die dynamische Steifigkeit als Kenngröße der möglichen Verbesserung. Demnach sollte für sehr hohe Anforderungen eine dynamische Steifigkeit von ungefähr  $50 \text{ MN/m}^3$  angestrebt werden. Gösele gibt an, dass für mittlere Ansprüche hinsichtlich der Schall-Längsdämmung Werte zwischen 200 bis  $400 \text{ MN/m}^3$  ausreichend sind. Da durch die höhere Schall-Längsdämmung weniger Energie über die Ränder verloren geht, kann die Gipswand mehr Schallenergie in den nebenliegenden Raum abstrahlen. Das bedeutet, die Gipswand weist in diesem Fall eine geringere Direktschalldämmung auf. Umgekehrt wäre bei einer geringeren Schall-Längsdämmung durch Randstreifen mit höherer Steifigkeit eine verbesserte Direktschalldämmung zu erwarten. Aus Sicht einer möglichst guten Schall-Längsdämmung und Direktschalldämmung ist daher ein Randstreifen optimal, der nicht nur gute Dämmeigenschaften, sondern auch Dämpfungseigenschaften im Streifen selbst aufweist. Durch die Dämpfung wird ein Teil der Schallenergie im Randstreifen in Wärme umgesetzt und geht damit aus schalltechnischer Sicht verloren. Im folgenden Abschnitt wird ein Modellprüfstand zur Untersuchung dieser Fragestellung vorgestellt.

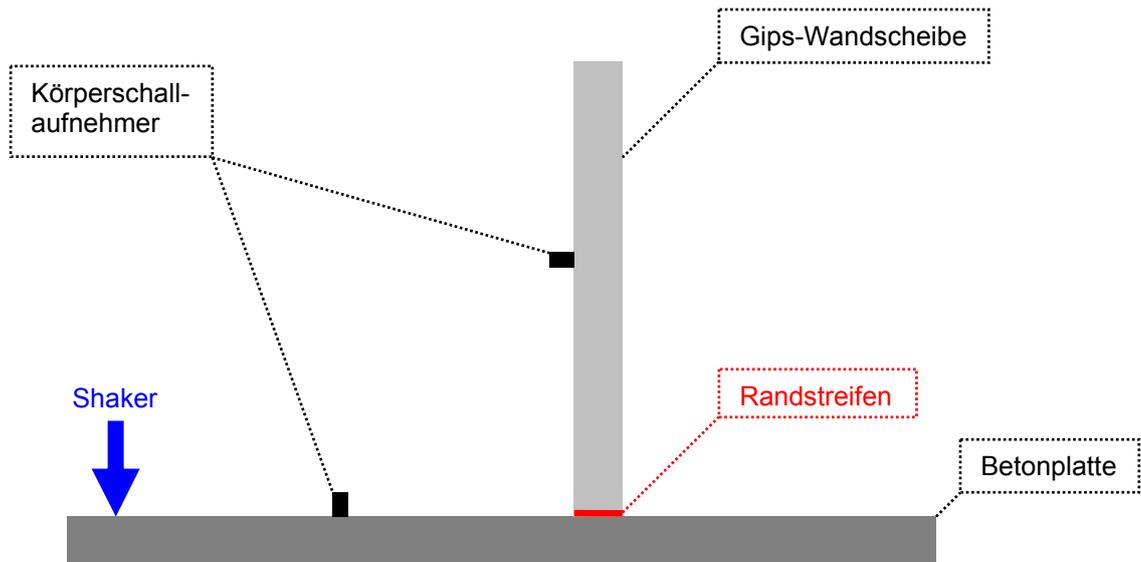
## **7.4 Untersuchungen von Randstreifen auf ihre schalltechnische Eignung mittels eines Modellmessaufbaus**

Durch die Verwendung eines Modellprüfstands sollten die Randstreifen zusätzlich zur dynamischen Steifigkeit auf ihre schalltechnische Eignung untersucht werden. Im Rahmen dieser Voruntersuchungen sollten geeignete Randstreifen bestimmt werden, die dann in „normalen“ Prüfständen weiter untersucht werden können. Dabei sollte unter anderem auch geklärt werden, ob in Randstreifen interne Verluste durch Dämpfung auftreten können.

### **7.4.1 Beschreibung des Messaufbaus**

Der Modellmessaufbau wurde schon bei früheren Untersuchungen [32] der Forschungsstelle für ähnliche Fragestellungen verwendet. Der Aufbau besteht aus einer elastisch gelagerten und 10 cm dicken Stahlbetonplatte mit den Abmessungen 350 cm x 50 cm. Senkrecht auf dieser Betonplatte stand im vorliegenden Fall eine aus drei 10 cm dicken Gips-Wandbauplatten bestehende, 2 m hohe Wandscheibe mit einer Breite von 50 cm. Die flächenbezogene Masse der Gips-Wandscheibe betrug  $90 \text{ kg/m}^2$ . Die Wandscheibe stand dabei jeweils auf dem zu untersuchenden Randstreifen,

dabei wurde stets gewährleistet, dass dies der einzige Kontakt der Wandscheibe zu anderen Bauteilen war. Somit waren nur Verluste der Gips-Wandscheibe durch Abstrahlung von Luftschall, innere Verluste (Materialverluste) sowie Verluste durch Weiterleitung über die Aufstandsfläche vorhanden. Da für die Messung der unterschiedlichen Randstreifen nur der Randstreifen im Messaufbau ausgetauscht wurde, konnten die gemessenen Unterschiede einzig dessen Einfluss zugeordnet werden. Der hier beschriebene und in Abbildung 7.2 schematisch dargestellte Modellaufbau wird im Folgenden als „T-Stoß“ bezeichnet.



**Abbildung 7.2** T-Stoß - Modellaufbau zur Bestimmung der schalltechnischen Eigenschaften von Randstreifen

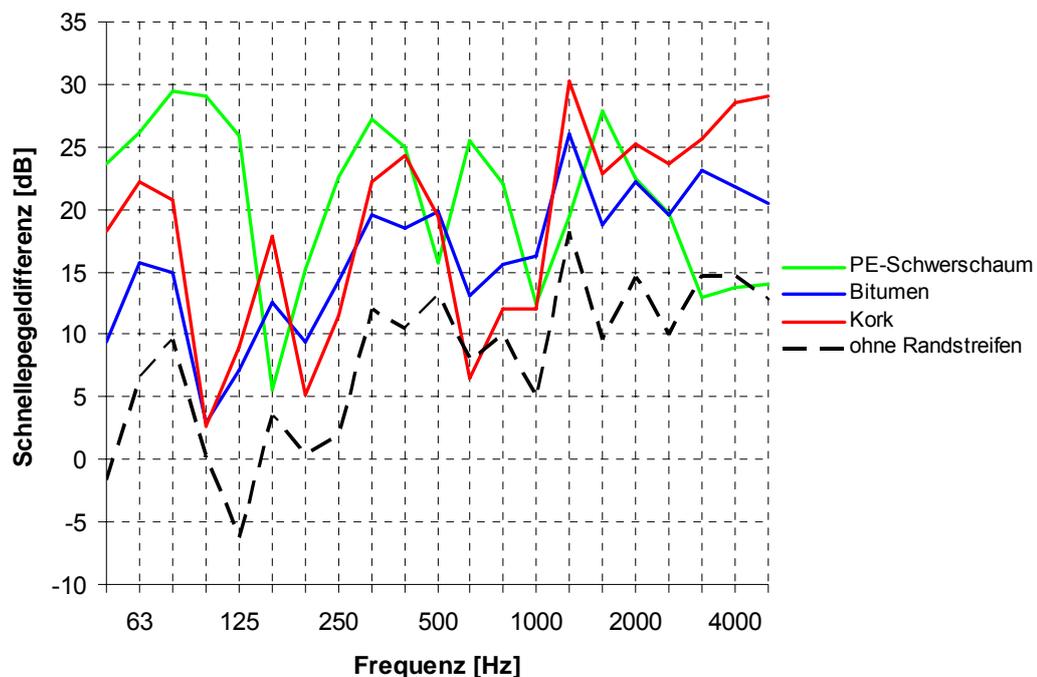
Für die Untersuchungen war es notwendig, sowohl die Schnellepegeldifferenz zwischen der Gips-Wandscheibe und der Betonplatte als auch den Verlustfaktor der Gips-Wandscheibe zu bestimmen. Die Durchführung der Messungen und die Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten dargestellt.

#### 7.4.2 Schnellepegeldifferenz

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass Biegezugkräfte für die Übertragung der Körperschallenergie an diesem Messaufbau keine Rolle spielen. Daher ist im Rahmen der Messgenauigkeit kein Unterschied zwischen einer mit Gips verklebten und einer frei aufstehenden Wand (ohne Verklebung) auf der Betonplatte vorhanden. Die Anregung zur Messung der Schnellepegeldifferenz zwischen Stahlbetonplatte und Gips-Wandscheibe erfolgte am T-Stoß durch einen elektrodynamischen Shaker, welcher an der Betonplatte mit einem Gewindestifts befestigt war. Die Anregung auf der Stahlbetonplatte erfolgte mit rosa Rauschen. Dabei wurde parallel der Sendepiegel auf der Betonplatte und der Empfangspegel auf der Gips-Wandscheibe mittels Körperschallmessungen der Schnelle bestimmt. Die Schnelle wurde an mehreren Stellen auf den Bauteilen ermittelt und gemittelt. Bei allen Messungen wurden immer die gleichen Messpositionen

verwendet, um Messunsicherheiten infolge eines nicht diffusen Schallfeldes auf den Bauteilen zu vermeiden.

Am T-Stoß wurde die Schnellepegeldifferenz zwischen Betonplatte und Gips-Wandscheibe für einige Randstreifenmaterialien messtechnisch bestimmt. In Abbildung 7.3 sind die Ergebnisse der drei Standardstreifen Bitumen, Kork und PE-Schwerschaum dem Messergebnis einer starren Verbindung (ohne Randstreifen) gegenübergestellt.



**Abbildung 7.3** Am T-Stoß gemessene Schnellepegeldifferenzen

Die Messungen zeigen, dass die mit den verschiedenen Randstreifen bestimmten Schnellepegeldifferenzen zum Teil deutlich über der für eine starre Verbindung bestimmten Schnellepegeldifferenz liegen. Mit dem PE-Schwerschaumstreifen wurde die größte Schnellepegeldifferenz bestimmt, deshalb waren für diesen Randstreifen die besten Entkopplungseigenschaften hinsichtlich der Schall-Längsleitung zu erwarten. Die Messergebnisse für Kork- und Bitumenstreifen lagen in derselben Größenordnung, wobei mit dem Korkstreifen prinzipiell noch etwas höhere Werte erreicht werden konnten. Insgesamt betrachtet war bei Verwendung aller drei Standardstreifen eine deutliche Verbesserung der Schall-Längsdämmung von Gipswänden zu erwarten. Ob die am Kleinprüfstand ermittelte Verbesserung der Schall-Längsdämmung durch die jeweiligen Randstreifen auch in der Baupraxis erreicht werden kann, konnte durch die Messung der Schnellepegeldifferenzen jedoch nicht nachgewiesen werden.

#### 7.4.3 Verlustfaktor

Der Verlustfaktor eines Bauteils kann über die messtechnische Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeit ermittelt werden. Die Körperschall-Nachhallzeit ist eine Messgröße für die Energieverluste eines Bauteils. Aus den Messwerten der Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  kann der Gesamtverlustfaktor  $\eta_{\text{gesamt}}$  nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\eta_{\text{gesamt}} = \frac{2,2}{T_s f} \quad (7.1)$$

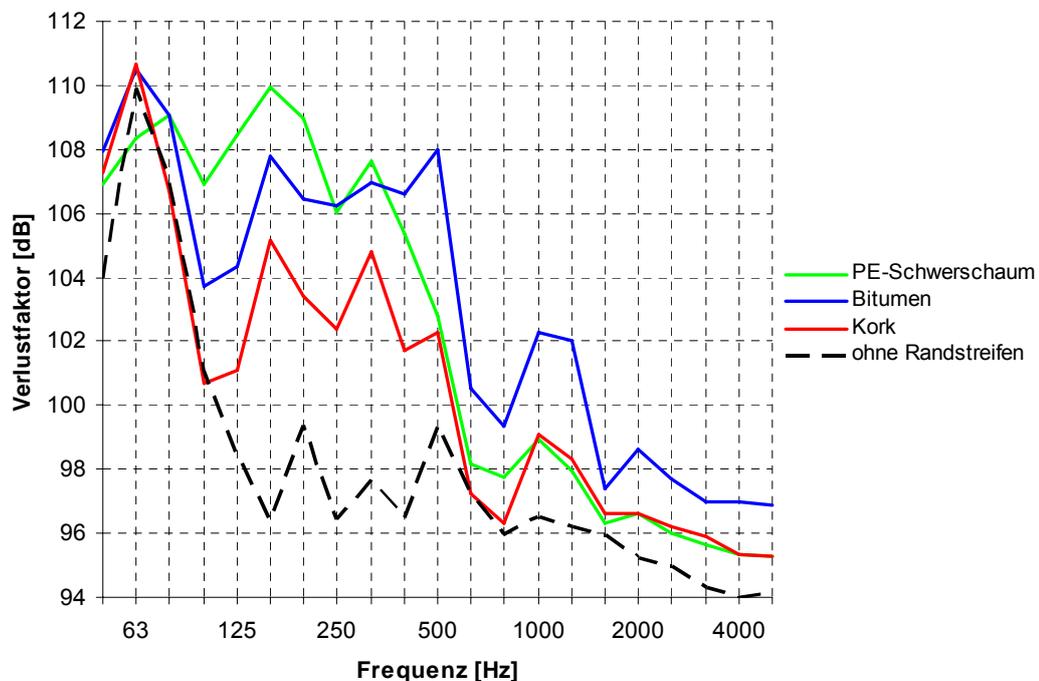
Die Ermittlung der Körperschall-Nachhallzeit  $T_{20}$  erfolgte bei den durchgeführten Messungen in Anlehnung an die DIN EN ISO 10848-1 [21] mittels Impulsanregung durch einen Kunststoffhammer. Der Pegelabfall über der Zeit wurde aus der rückwärtsintegrierten Impulsantwort bestimmt. Da aufgrund der relativ kleinen Abmessungen des Messaufbaus nicht von einem diffusen Schallfeld auf den Bauteilen ausgegangen werden konnte, wurden zur Messung des Verlustfaktors immer dieselben Mess- und Anregepositionen verwendet. Insgesamt wurden bei der Messung eines Randstreifens jeweils zwölf Abklingkurven gemittelt.

Der Gesamtverlustfaktor eines Bauteils setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- Interne Verluste
- Verluste durch Abstrahlung
- Verluste durch Randableitung (in angrenzende Bauteile)

Speziell bei den entkoppelten Gipswänden können noch Verluste im Randstreifen von Bedeutung sein.

Der Verlustfaktor auf der Gips-Wandscheibe wurde für einige Randstreifen, die zwischen Betonplatte und Gips-Wandscheibe eingelegt waren, messtechnisch bestimmt. In Abbildung 7.4 sind die am T-Stoß mit den drei Standardstreifen Bitumen, Kork und PE-Schwerschaum sowie mit der starren Verbindung (ohne Randstreifen) auf der Gips-Wandscheibe gemessenen Verlustfaktoren dargestellt.



**Abbildung 7.4** Am T-Stoß gemessene Verlustfaktoren der Gips-Wandscheibe

Die Messungen mit den Randstreifen haben gezeigt, dass trotz der verminderten Randableitung (durch den Randstreifen) gegenüber der starren Verbindung der Verlustfaktor auf der Gips-Wandscheibe mit Randstreifen höher ist. Da die internen Verluste und die Verluste durch Abstrahlung sich nur unwesentlich ändern und die Verluste durch die Randableitung gegenüber der starren Verbindung vermindert wurden, kann angenommen werden, dass im Randstreifen selbst interne Verluste durch Dämpfung auftreten.

Randstreifen mit Dämpfungsverhalten haben für die baupraktische Anwendung den Vorteil, dass sie den Gesamtverlustfaktor der Gipswand durch innere Dämpfung im Randstreifen erhöhen und damit die Direktschalldämmung dieses Wandsystems verbessern. Zusätzlich lässt sich durch die Entkopplung mit Randstreifen aber auch die Schall-Längsdämmung der Gipswände verbessern. Die messtechnischen Untersuchungen der Direktschalldämmung und Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden sind in den folgenden Kapiteln dargestellt.

## 8 Untersuchungen zur Direktschalldämmung von Gips-Wandbauplatten im Labor

### 8.1 Grundlagen zur Direktschalldämmung von Gipswänden

Die Direktschalldämmung  $R$  eines Bauteils charakterisiert, wieviel Schallenergie über das Bauteil selbst ohne Berücksichtigung von Nebenwegen in den Empfangsraum übertragen wird. Dieser Übertragungsweg  $D_d$  ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Die Direktschalldämmung  $R$  eines Bauteils kann nach DIN EN ISO 140-3 [17] in einem Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung gemessen werden.

Nach der bisherigen DIN 4109 [33] bestehen Anforderungen an die Schalldämmung  $R'_w$  von Trennbauteilen zwischen verschiedenen Nutzereinheiten, zum Beispiel Wohnungstrennwände und -decken. Für Bauteile im eigenen (Wohn-) Bereich, zum Beispiel eine Gipswand zwischen zwei Räumen, bestehen jedoch nach DIN 4109 keine Anforderungen. Im bisherigen Beiblatt 2 der DIN 4109 [34] werden jedoch Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Nutzungsbereich gegeben. In der zukünftigen DIN 4109 werden die Anforderungen an die Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{n,T,w}$  zwischen Räumen von fremden Nutzereinheiten gestellt. Dabei wird zwischen verschiedenen Raumgruppen in Abhängigkeit von der Nutzung unterschieden. Die genauen Anforderungen stehen zur Zeit jedoch noch nicht fest.

Die Schalldämmung  $R'_w$  von Massivbauteilen kann nach DIN 4109, Beiblatt 1 [30] aus der flächenbezogenen Masse des Bauteils als Einzahlwert berechnet werden. Bei der Berechnung der Schalldämmung  $R_w$  nach der zukünftigen DIN 4109 [2], welche im Wesentlichen auf dem vereinfachten Rechenverfahren der DIN EN 12354-1 [4] basiert, werden für unterschiedliche Materialien, zum Beispiel Kalksandstein, Leichtbeton und Porenbeton, verschiedene Massekurven zugrunde gelegt. Die entsprechenden notwendigen Eingangsdaten werden durch den Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 zur Verfügung gestellt. Durch verschiedene Forschungsarbeiten, zum Beispiel [7] bis [11], konnten diese Daten für den Bauteilkatalog erarbeitet werden.

Für die Berechnung von Übertragungssituationen mit Gipswänden als flankierende Bauteile wird nach Gleichung (4.2) auch die Direktschalldämmung der flankierenden Bauteile, also der Gipswände benötigt. Die Berechnung der Direktschalldämmung von Gipswänden gestaltet sich jedoch schwierig, da bei diesen nicht nur die flächenbezogene Masse, sondern auch die Art des elastischen Randanschlusses einen Einfluss auf die Schalldämmung hat. Deshalb wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens die Direktschalldämmung  $R$  von verschiedenen Wänden aus Gips-Wandbauplatten messtechnisch bestimmt.

Für entkoppelte Wände ist aufgrund des verminderten Energieabflusses an den Bauteilrändern eigentlich eine geringere Direktschalldämmung zu erwarten. Bei starr angeschlossenen Trennbauteilen kann ein Teil der auf das Bauteil auftreffenden Schallenergie über die Ränder in angrenzende

Bauteile abgeleitet werden, die Abstrahlung des Trennbauteils wird dadurch vermindert. Durch eine umlaufende Entkopplung des Trennbauteils wird jedoch der Anteil der Schallenergie, der über die Ränder in die angrenzenden Bauteile abgeleitet wird, reduziert. Das führt wiederum zu einer höheren Abstrahlung des Trennbauteils und damit zu einer geringeren Schalldämmung. Im Gegensatz dazu sieht die DIN 4109 im Beiblatt 1, Tabelle 1 bei Gipswänden, die durch umlaufende Bitumenfilzstreifen entkoppelt sind, sogar eine Erhöhung der Schalldämmung um 2 dB gegenüber dem aus der flächenbezogenen Masse zu erwartenden Wert vor.

Da in der Baupraxis die verschiedensten Materialien als Randstreifen Verwendung finden, war es im Rahmen des Forschungsvorhabens notwendig, eine Übersicht über die erreichbaren Schalldämm-Maße bei Verwendung der unterschiedlichen Randstreifenmaterialien, basierend auf Messungen im Prüfstand, zu erstellen.

## **8.2 Bereits verfügbare Schalldämm-Maße für Gips-Wandbauplatten**

Um einen Überblick über bereits vorhandene Prüfzeugnisse des Schalldämm-Maßes von Gips-Wandbauplatten zu erhalten, wurde zu Beginn des Vorhabens eine Sichtung aller verfügbaren Prüfzeugnisse durchgeführt. Es stand eine relativ große Anzahl an Prüfzeugnissen zur Schalldämmung von Gipswänden mit mittlerer und hoher Rohdichte sowie verschiedenen Randstreifen, meist aus Kork oder Bitumen, zur Verfügung. Auch Prüfzeugnisse zu zweischaligen Konstruktionen aus Gips-Wandbauplatten waren vorhanden, jedoch sollten zweischalige Konstruktionen in diesem Forschungsvorhaben nicht berücksichtigt werden.

Fast alle gesichteten Prüfberichte waren jedoch relativ alt, sie stammten meist aus den achtziger und frühen neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Da damals nach den geltenden nationalen Prüfvorgaben die Schalldämmung von Massivbauteilen ausschließlich in Prüfständen mit „bauähnlicher Flankenübertragung“ gemessen wurde, standen Schalldämm-Maße nach den neuen europäischen Prüfnormen für den Gips-Wandbauplattenbereich bislang praktisch nicht zur Verfügung.

## **8.3 Ermittlung von notwendigen Bauteildaten im Rahmen des Forschungsvorhabens**

Die Ermittlung der notwendigen Bauteildaten erfolgte durch Messung in Wandprüfständen mit unterdrückter Flankenübertragung nach DIN EN ISO 140-1 [14] der Forschungsstelle und externer Prüfstellen. Dabei wurde sowohl das Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-3 [17] als auch der Verlustfaktor der Gipswände über die Messung der Körperschall-Nachhallzeit nach DIN EN ISO 10848-1 [21] bestimmt. Dies wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

Der sachgerechte Aufbau der Gipswände wurde durch von der Gips-Wandbauplattenindustrie gestelltes Fachpersonal gewährleistet.

### 8.3.1 Erstellung eines Leitfadens zur Durchführung von Labormessungen

Zur Durchführung der benötigten Labormessungen wurde ein Leitfaden im Sinne eines Pflichtenhefts erstellt, der auch als Grundlage für alle weiteren Labormessungen dienen soll. Dieser Leitfaden ist in der Anlage 2 dieses Berichts dokumentiert. Darin enthalten sind Festlegungen zur Bestimmung der erforderlichen Messgrößen, weiterer für die Messung relevanter Größen sowie zur Dokumentation der Messung und der Ergebnisse aufgeführt. Insbesondere wurde dabei auf die Dokumentation der für Gips-Wandbauplatten spezifischen Eigenschaften, wie Rohdichte und Format der Platten, verwendete Spachtel- und Klebmaterialien sowie Art (Material) und Ausführung des elastischen Anschlusses, Wert gelegt. Für die verwendeten Randstreifen sollten im Prüfbericht eindeutige Angaben zu Produkt- und Herstellerbezeichnung, der Dicke der Streifen sowie deren Anordnung beim Einbau (unten, oben und seitlich) zu finden sein.

Der Leitfaden wurde als Grundlage für die Messungen im Wandprüfstand der Forschungsstelle verwendet und anderen Prüfstellen, die mit der Messung von Wänden aus Gips-Wandbauplatten beauftragt wurden, zur Verfügung gestellt.

### 8.3.2 Labormessungen der Forschungsstelle

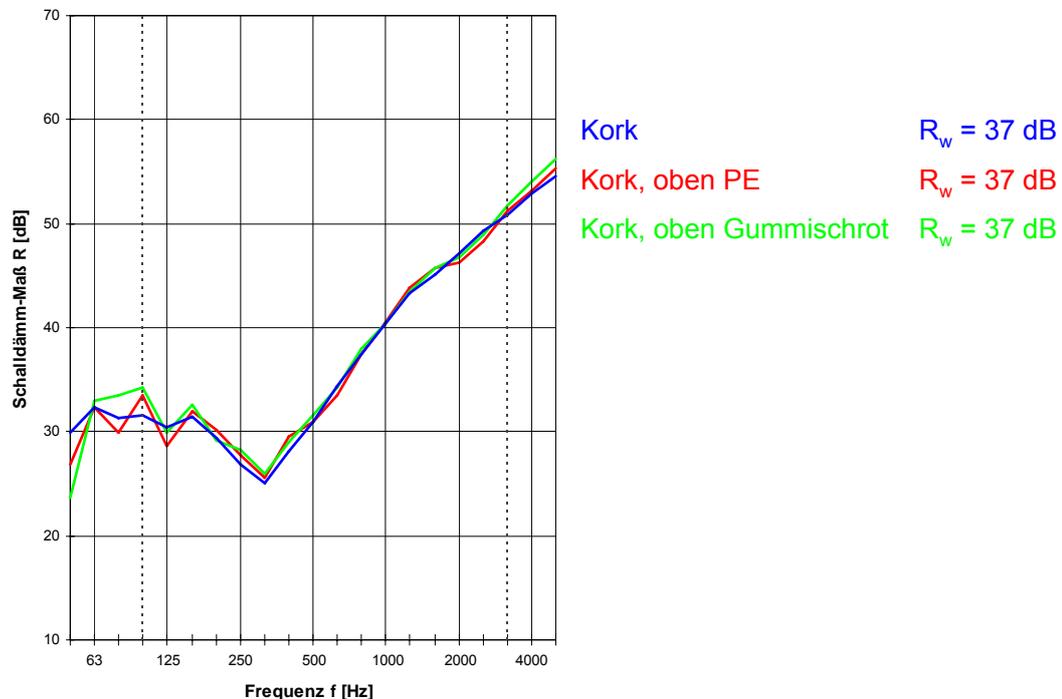
Im Wandprüfstand der Forschungsstelle wurde der Einfluss von verschiedenen Parametern auf das Schalldämm-Maß von 100 mm dicken Gipswänden eingehend untersucht:

- flächenbezogene Masse der Gipswand, 90 kg/m<sup>2</sup> oder 120 kg/m<sup>2</sup>
- Material und Anordnung der Randstreifen
- sonstige Einflüsse, zum Beispiel überputzte Randstreifen

Nach den Voruntersuchungen (siehe Abschnitt 7.3 und 7.4) der in Frage kommenden Randstreifenmaterialien wurde im projektbegleitenden Ausschuss festgelegt, dass im weiteren Projektverlauf für die Untersuchungen hauptsächlich die bisherigen Standardstreifen Kork und Bitumen sowie speziell für diesen Zweck neu entwickelte Polyethylen-Schwerschaumstreifen berücksichtigt werden sollen. Zusätzlich sollten hinsichtlich der Direktdämmung noch leichte PE-Streifen für den Deckenanschluss sowie ringsum angeordnete Steinwollestreifen für den Einsatz der Gipswände bei möglichen Brandschutzanforderungen untersucht werden. Die Untersuchungen im Wandprüfstand der Forschungsstelle werden im Folgenden näher beschrieben.

In der Baupraxis werden häufig Kombinationen von Randstreifen für die Entkopplung von Wänden aus Gips-Wandbauplatten eingesetzt. Häufig werden dabei für den unteren und den seitlichen Anschluss Korkstreifen eingebaut, der entkoppelte Deckenanschluss dagegen wird durch einen relativ leichten und offenporigen PE-Streifen ( $\rho \leq 30 \text{ kg/m}^3$ ) realisiert. Diese Konstruktion wurde auch im Wandprüfstand untersucht. Dazu wurde zuerst eine 100 mm dicke Gipswand mit mittlerer Rohdichte und umlaufenden Kork-Randstreifen eingebaut und die Schalldämmung dieser Konstruktion bestimmt. Im zweiten Schritt wurde dann der Deckenanschlussbereich aufgesägt und der oben genannte leichte PE-Streifen anstelle des

Korkstreifens eingebaut. Dann erfolgte eine erneute Messung der geänderten Konstruktion. Zusätzlich wurde als Deckenanschlussstreifen dann noch ein Gummischrot-Material als dritte Variante eingebaut. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8.1 dargestellt.



**Abbildung 8.1** Einfluss eines leichten PE-Streifens ( $\rho \leq 30 \text{ kg/m}^3$ ) und eines Gummischrotstreifens im Deckenanschlussbereich auf die Schalldämmung einer 100 mm dicken, mit Korkstreifen entkoppelten Gipswand mit mittlerer Rohdichte

Anhand der Ergebnisse ist deutlich erkennbar, dass es bei einer durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand durch die Verwendung von leichten PE-Streifens oder Gummischrotstreifens als oberem Randstreifen zu keiner signifikanten Änderung des Schalldämm-Maßes kommt.

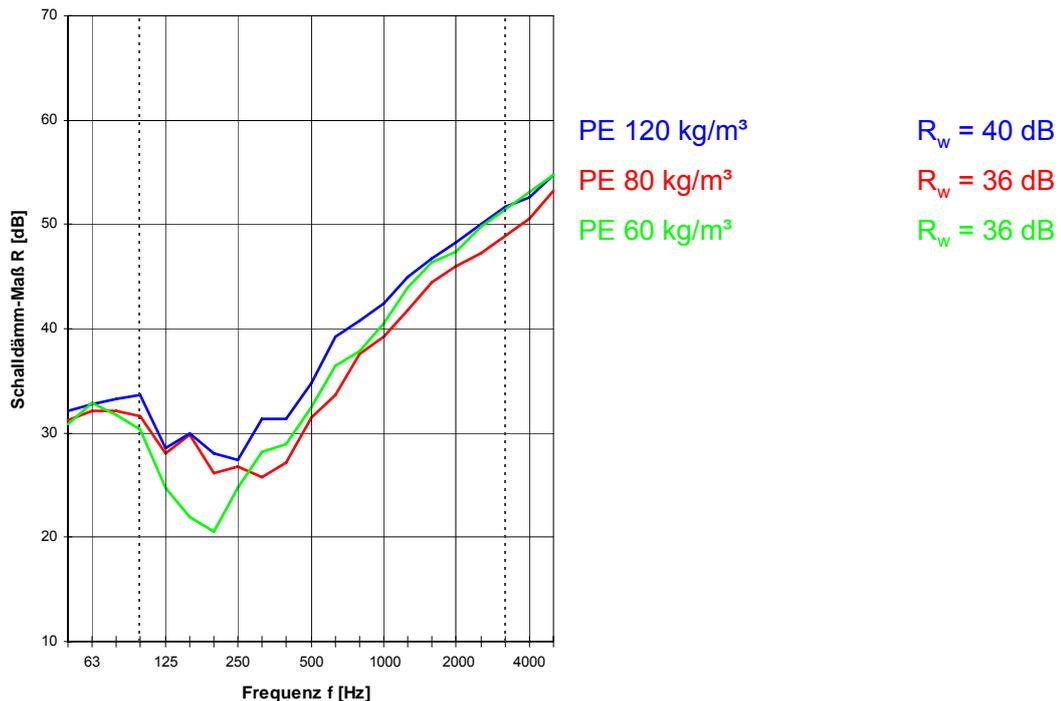
In der folgenden Abbildung 8.2 ist die Schalldämmung von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer Rohdichte ( $\rho \approx 900 \text{ kg/m}^3$ ) und hoher Rohdichte ( $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$ ) dargestellt, beide Wände waren jeweils umlaufend mit 5 mm dicken Korkstreifen vom Prüfstand entkoppelt.



**Abbildung 8.2** Einfluss der Gips-Wandbauplatten-Rohdichte auf die Schalldämmung, Plattendicke 100 mm, umlaufend 5 mm dicke Korkstreifen

Die Schalldämmung der Wand bei unterschiedlichen Plattenrohdenen unterscheidet sich beim bewerteten Schalldämm-Maß um 3 dB. Der Einbruch der Schalldämmung bei 315 Hz für die Gipswand mit 90 kg/m<sup>2</sup> liegt unterhalb der für diese Wand berechneten Koinzidenzgrenzfrequenz von  $f_c \approx 350$  Hz. Bei der schwereren Wand mit 120 kg/m<sup>2</sup> liegt der gemessene Einbruch etwa eine Terz tiefer als die dafür berechnete Koinzidenzgrenzfrequenz von  $f_c \approx 260$  Hz.

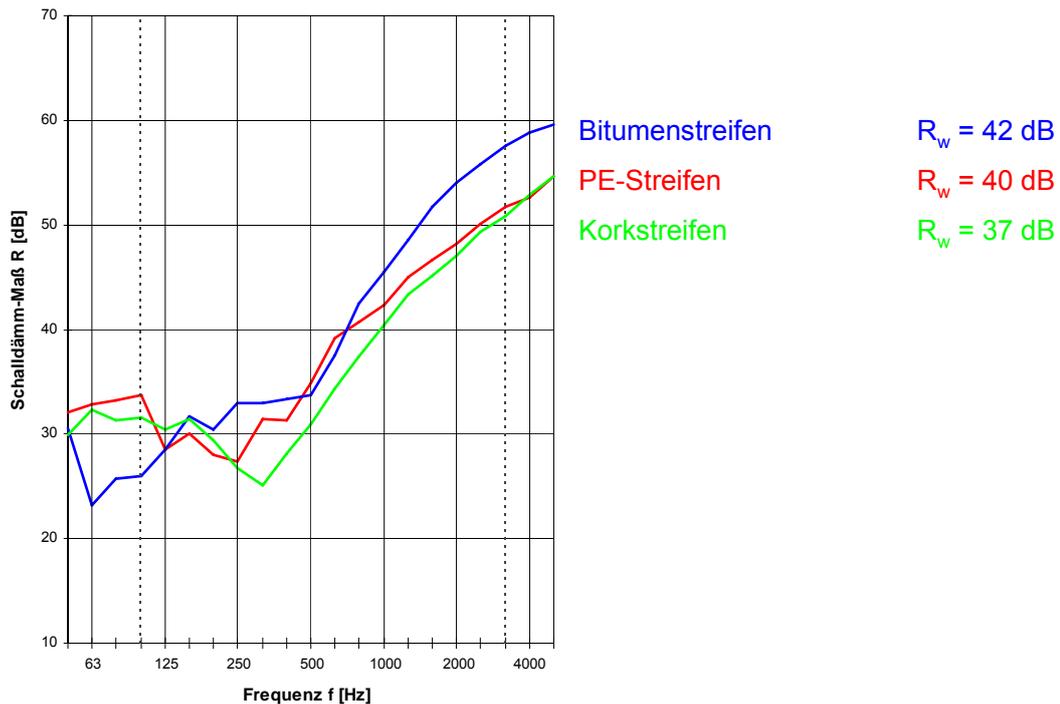
Abbildung 8.3 zeigt das an einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte gemessene Schalldämm-Maß in Abhängigkeit von der Rohdichte der verwendeten PE-Schwerschaumstreifen. Die Rohdichte der PE-Streifen betrug  $\rho \geq 120$  kg/m<sup>3</sup>,  $\rho \approx 80$  kg/m<sup>3</sup> sowie  $\rho \approx 60$  kg/m<sup>3</sup>. Die jeweils 3,5 mm dicken PE-Schwerschaumstreifen waren dabei umlaufend an allen Rändern der Gipswände eingebaut.



**Abbildung 8.3** Einfluss von verschiedenen PE-Schwerschaum-Rohdichten auf die Schalldämmung einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte

Die Kurven zeigen einen ähnlichen Verlauf, die Schalldämmung mit dem leichtesten PE-Streifen ( $\rho \approx 60 \text{ kg/m}^3$ ) hat im Frequenzbereich von 125 Hz bis 250 Hz gegenüber den anderen beiden einen auffallenden Einbruch. Mit den beiden leichteren Streifen wird das gleiche bewertete Schalldämm-Maß von  $R_w = 36 \text{ dB}$  erreicht. Mit dem schwersten PE-Randstreifen ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ ) wird die höchste Schalldämmung der Gipswand erreicht, das bewertete Schalldämm-Maß liegt dabei bei  $R_w = 40 \text{ dB}$ . Der bei dieser Messung verwendete PE-Schwerschaumstreifen wird inzwischen von der Gipswandbauplattenindustrie unter der Bezeichnung „AkustikPro 120“ angeboten.

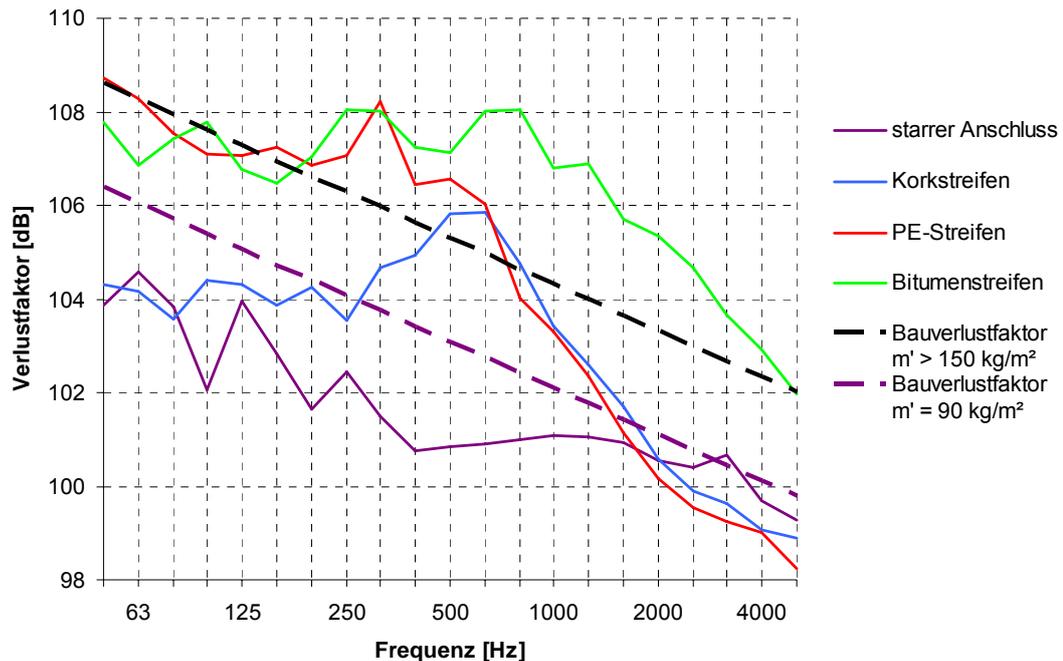
In Abbildung 8.4 ist die Schalldämmung einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte jeweils für die Entkopplung durch die drei Standardstreifen Bitumen, Kork und PE-Schwerschaum ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ ) dargestellt. Die Randstreifen waren dabei jeweils umlaufend an allen Rändern der Gipswände eingebaut.



**Abbildung 8.4** Einfluss von verschiedenen Randstreifenmaterialien (jeweils umlaufend eingebaut) auf die Schalldämmung einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte

Es wird deutlich, dass die mit Gipswänden erreichbare Schalldämmung stark vom Material des verwendeten Randstreifens abhängt. Die Messung mit Bitumenstreifen führte zur besten Schalldämmung der Gipswand. Mit dem PE-Schwerschaumstreifen liegt das bewertete Schalldämm-Maß 2 dB unter dem von der Messung mit Bitumen. Bei der Messung mit Korkstreifen ist der Einbruch der Schalldämmung durch die Koinzidenzgrenzfrequenz am deutlichsten ausgeprägt. Dies führt auch beim bewerteten Schalldämm-Maß zum niedrigsten Ergebnis der drei untersuchten Materialien.

Zusätzlich zum Schalldämm-Maß der unterschiedlichen Gips-Wandbauplatten-Konstruktionen wurde im Wandprüfstand auch der Verlustfaktor über die Körperschall-Nachhallzeit bestimmt. Der Verlustfaktor wird üblicherweise zur Durchführung der In-situ-Korrektur, das heißt zur Anpassung der Labormesswerte auf reale Bausituationen, benötigt. Die Ergebnisse für 100 mm dicke Gipswände mit mittlerer Rohdichte sind für die drei Standardstreifen Kork, PE-Schwerschaum ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ ) und Bitumen in der folgenden Abbildung 8.5 dem Bauverlustfaktor gegenübergestellt. Der Bauverlustfaktor wurde von der Forschungsstelle im Rahmen von früheren Forschungsarbeiten durch Messungen in ausgeführten Gebäuden an verschiedenen üblichen Massivbauteilen bestimmt (siehe Kapitel 4.3.2). Für leichte Bauteile mit  $m' < 150 \text{ kg/m}^2$  wird der Bauverlustfaktor auf die jeweilige flächenbezogene Masse bezogen. Das ergibt bei  $m' = 90 \text{ kg/m}^2$  einen um 2,2 dB geringeren Bauverlustfaktor. Zusätzlich ist in der Abbildung noch der Verlustfaktor einer starr eingebauten 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte dargestellt.



**Abbildung 8.5** Verlustfaktoren von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer Rohdichte und unterschiedlichen Randstreifen im Vergleich zum Bauverlustfaktor

Die gemessenen Verlustfaktoren der entkoppelten Gipswände verhalten sich analog zu den Schalldämm-Maßen der entsprechenden Wände. Das heißt, mit dem Bitumenstreifen wird der höchste Verlustfaktor und damit das höchste Schalldämm-Maß erreicht. Mit dem Korkstreifen dann entsprechend das niedrigste Schalldämm-Maß und der niedrigste Verlustfaktor.

Interessant ist, dass bei der starr angebundenen Gipswand der geringste Verlustfaktor gemessen wurde. Normalerweise geht man davon aus, dass der Verlustfaktor einer entkoppelten Wand aufgrund der durch die Entkopplung verminderten Energieableitung in benachbarte Bauteile niedriger ist als der einer starr angeschlossenen Wand. Aus diesem Grund würde man daher auch eine Verminderung des Schalldämm-Maßes für eine entkoppelte Wand vermuten. Die Messungen zeigen, dass dies bei den Gipswänden nicht zutreffend ist. Offensichtlich werden die Schwingungen in den Randstreifen selbst stärker bedämpft als dies durch die Ableitung in angrenzende Bauteile (im Fall eines starren Anschlusses) der Fall ist. Diese Bedämpfung hängt vom Material des Randstreifens ab und bestimmt dadurch das erreichbare Schalldämm-Maß. Beim Bitumenstreifen ist diese Materialeigenschaft besonders ausgeprägt, so dass damit die höchsten Schalldämm-Maße von Gipswänden erreichbar sind.

Diese Ergebnisse bestätigen auch die Aussage in der Fußnote zur Tabelle 1 im Beiblatt 1 der bisherigen DIN 4109. Dort heißt es: „Sofern Wände aus Gips-Wandbauplatten nach DIN 4103-2 ausgeführt und am Rand ringsum mit 2 mm bis 4 mm dicken Streifen aus Bitumenfilz eingebaut werden, darf das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  um 2 dB höher angesetzt werden.“

In der folgenden Tabelle 8.1 sind alle von der Forschungsstelle im Rahmen des Vorhabens gemessenen bewerteten Schalldämm-Maße von verschiedenen Gipswand-Konstruktionen zusammenfassend aufgeführt.

Dicke e [mm]	m' [kg/m <sup>2</sup> ]	Anordnung und Art der Randstreifen	Bewertetes Schalldämm- Maß R <sub>w</sub> [dB]
100	90	umlaufend 5 mm dicke Korkstreifen	37
100	90	unten und seitlich 5 mm dicke Korkstreifen, an der Decke 4 mm dicker leichter PE-Streifen ( $\rho \approx 30 \text{ kg/m}^3$ )	37
100	90	unten und seitlich 5 mm dicke Korkstreifen, an der Decke 5 mm dicker Gummischrot-Streifen	37
100	90	umlaufend 5 mm dicke Korkstreifen, an allen Rändern elastische Acryl-Verfugung	37
100	90	umlaufend 3 mm dicke Bitumenstreifen	42
100	120	umlaufend 5 mm dicke Korkstreifen	40
100	120	unten und seitlich 5 mm dicke Korkstreifen, an der Decke 4 mm dicker leichter PE-Streifen ( $\rho \approx 30 \text{ kg/m}^3$ )	40
100	120	unten 5 mm dicke Korkstreifen, an den Seiten und an der Decke 4 mm dicke leichte PE-Streifen ( $\rho \approx 30 \text{ kg/m}^3$ )	37
100	90	umlaufend 3,5 mm dicke PE-Schwerschaumstreifen, $\rho \approx 60 \text{ kg/m}^3$	36
100	90	umlaufend 3,5 mm dicke PE-Schwerschaumstreifen, $\rho \approx 80 \text{ kg/m}^3$	36
100	90	umlaufend 3,5 mm dicke PE-Schwerschaumstreifen (einseitig selbstklebend), $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$	40
80	72	umlaufend 3,5 mm dicke PE-Schwerschaumstreifen, $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$	37
100	90	umlaufend ca. 10 mm dicke Steinwollestreifen, mit Kellenschnitt-Trennung und elastischer Verfugung	39

**Tabelle 8.1** Übersicht der durch die Forschungsstelle durchgeführten Labormessungen des Schalldämm-Maßes von Gipswänden mit mittlerer und hoher Rohdichte

### 8.3.3 Labormessungen von externen Prüfstellen

Die Schalldämm-Maße der Gips-Wandbauplatten-Standardkonstruktionen sollen im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 [3] berücksichtigt werden. Der dafür zuständige Normenausschuss beruft sich zur Aufnahme von schalltechnischen Kennwerten in der Regel auf Ergebnisse aus Eignungsprüfungen. Deshalb waren im Rahmen des Forschungsvorhabens auch solche Eignungsprüfungen durchzuführen. Auch wenn die „Eignungsprüfung“ mittlerweile durch das „Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis (abP)“ ersetzt wurde, sind nach wie vor die dazu notwendigen Prüfungen von einer vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) benannten und zugelassenen Prüfstelle durchzuführen. Die Hochschule für Technik Stuttgart versteht sich selbst als Forschungsstelle und nicht als Prüfstelle. Sie hat deshalb auch nicht die Anerkennung als Prüfstelle für Eignungs-

prüfungen beziehungsweise abP beim DIBt beantragt. Trotzdem hat sie nach den Kriterien des DIBt alle in Frage kommenden Prüfstände von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) abnehmen lassen. Zusätzlich hat sie auch an den Vergleichsmessungen der PTB für Prüfstellen teilgenommen. Aus formalen Gründen werden jedoch in den Versuchseinrichtungen der Forschungsstelle keine Eignungsprüfungen im eigentlichen Sinn durchgeführt.

Mit Hinblick auf den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 musste daher ein Teil der messtechnischen Untersuchungen in externen Prüfstellen veranlasst werden. Dabei ging es konkret um die Bestimmung des Schalldämm-Maßes und des Verlustfaktors für Gips-Wandbauplatten-Standardkonstruktionen mit Erstellung eines üblichen Prüfberichts gemäß den Vorgaben des unter 8.3.1 genannten Leitfadens. Für die Durchführung der insgesamt acht Prüfungen wurde von der Forschungsstelle in zwei Fällen die Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig und in den restlichen sechs Fällen die Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig beauftragt. Vor und während der Messungen der externen Prüfstellen hielt die Forschungsstelle Kontakt zu den entsprechenden Prüfstellen, so dass auch hier ein möglichst effizientes Vorgehen möglich war.

Die in den externen Prüfstellen durchgeführten Messungen sind in der folgenden Tabelle 8.2 aufgeführt, die ausführliche Dokumentation ist den Prüfberichten [39] bis [46] zu entnehmen. Alle in den externen Prüfstellen gemessenen Gipswände waren 100 mm dick.

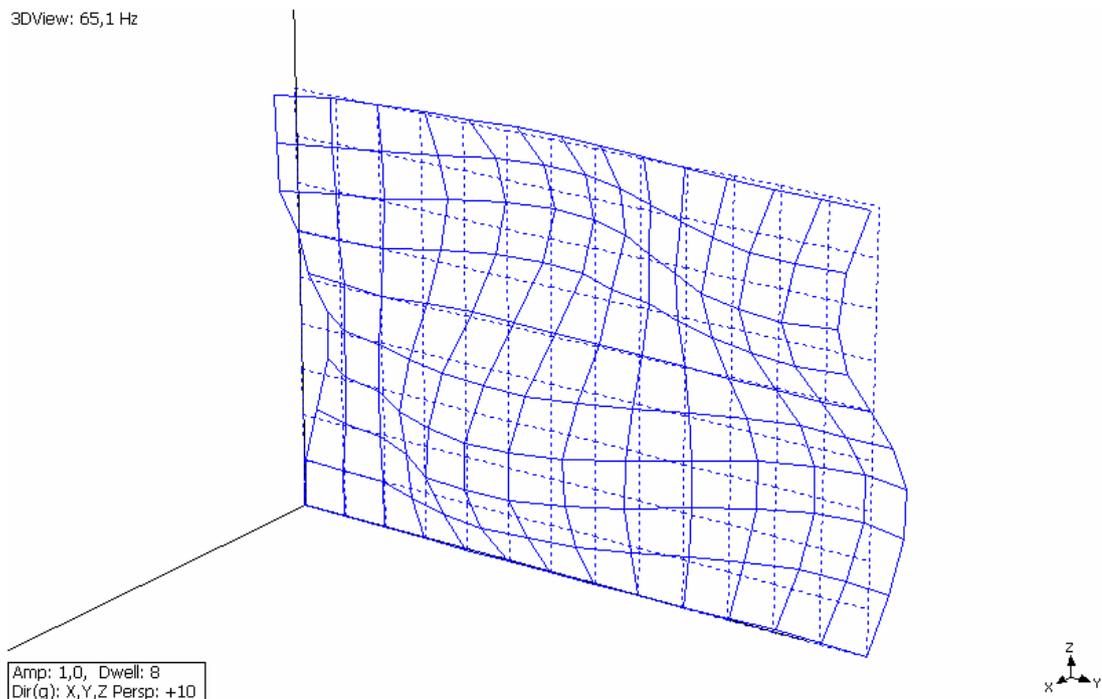
Prüfstelle und Prüfberichtsnummer	$m'$ [kg/m <sup>2</sup> ]	Anordnung und Art der Randstreifen	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$ [dB]
MPA Braunschweig 2029/889/07	90	umlaufend 3,5 mm PE-Schwerschaum	40
MPA Braunschweig 2001/861/07	90	am Boden 3 mm Bitumen, an den Seiten und an der Decke 3,5 mm PE-Schwerschaum	40
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-1	120	umlaufend 3 mm Bitumen	45
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-2	120	am Boden und an den Seiten 3 mm Bitumen, an der Decke 3,5 mm PE-Schwerschaum	44
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-3	90	umlaufend 3,5 mm PE-Schwerschaum	39
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-4	90	umlaufend 5 mm Presskork	38
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-5	90	umlaufend 3 mm Bitumen	42
MFPA Leipzig P 4.2/08-083-6	90	starrer Anschluss, kein Randstreifen	38

**Tabelle 8.2**

Übersicht der durch die externen Prüfstellen durchgeführten Labormessungen des Schalldämm-Maßes von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer und hoher Rohdichte

### 8.3.4 Weiterführende Untersuchungen

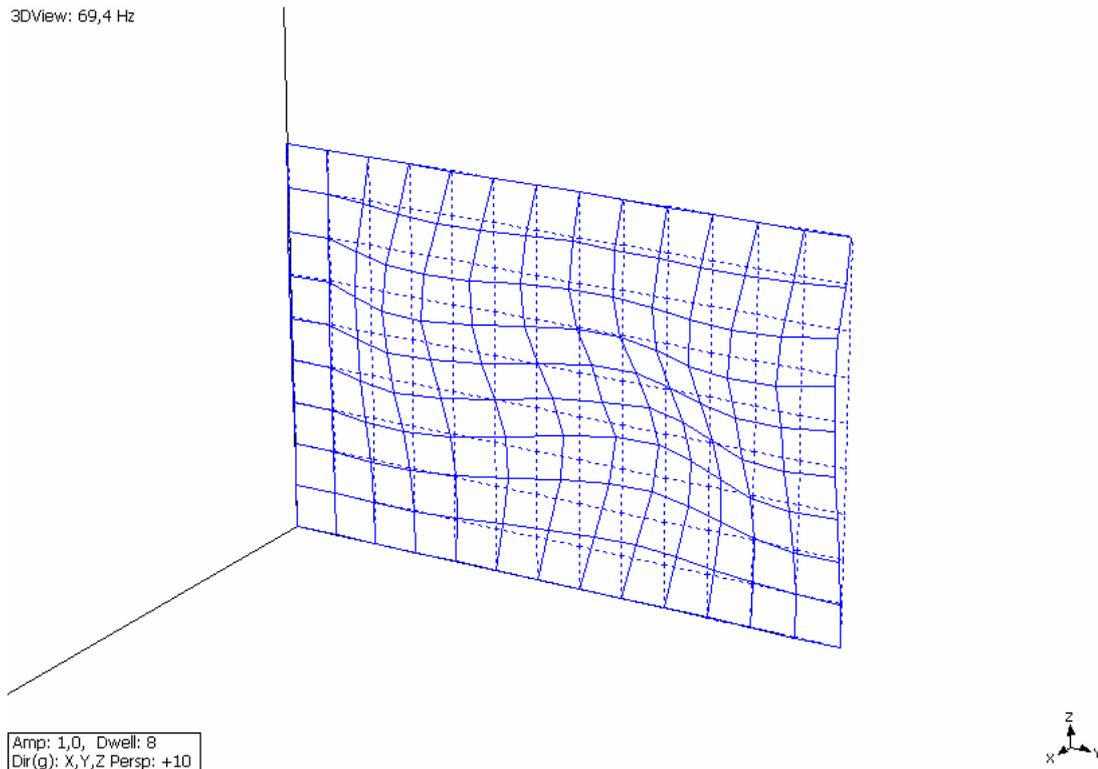
Im Wandprüfstand der Forschungsstelle wurden zur messtechnischen Untersuchung des Schwingungsverhaltens von entkoppelten Gipswänden an einigen Wänden Modalanalysen durchgeführt. Die zu untersuchende Gipswand wurde dabei mittels Impulshammer angeregt, gleichzeitig wurden die Strukturantworten durch Beschleunigungsaufnehmer erfasst. Durch Fouriertransformationen lassen sich dann die Frequenzgänge zwischen Anregung und Strukturantwort berechnen. Die Schwingungsformen der untersuchten Gipswände können durch Verwendung einer entsprechenden Software grafisch dargestellt werden. In Abbildung 8.6 ist beispielhaft das Schwingungsverhalten einer 100 mm dicken Gipswand mit mittlerer Rohdichte, die durch umlaufende Bitumenstreifen entkoppelt war, bei einer Frequenz von 65,1 Hz dargestellt. Die gepunkteten Linien in der Darstellung zeigen den in Ruhe befindlichen Ausgangszustand der Gipswand.



**Abbildung 8.6** Schwingungsverhalten einer durch Bitumen-Randstreifen entkoppelten Gipswand bei 65,1 Hz

Die grafische Darstellung des Schwingungsverhaltenes zeigt, dass die entkoppelte Gipswand vor allem an den seitlichen Anschlüssen, aber auch am Deckenanschluss frei schwingen kann. Im Bereich des unteren Anschlusses wird die Gipswand durch ihr Eigengewicht festgehalten.

Im nächsten Schritt wurden alle Randanschlüsse der Gipswand, das heisst, die Bitumen-Randstreifen mit Gips überputzt. Dadurch sollte eine feste Anbindung der Gipswand an den Prüfstand gewährleistet werden. In Abbildung 8.7 ist das Schwingungsverhalten der an den Rändern überputzten Gipswand bei 69,4 Hz dargestellt.



**Abbildung 8.7** Schwingungsverhalten einer durch Bitumen-Randstreifen entkoppelten Gipswand, alle Randstreifen überputzt, bei 69,4 Hz

Die Darstellung zeigt, dass die Gipswand durch das Überputzen an allen Anschlusskanten, außer an der rechts dargestellten, festgehalten wird. Eine freie Schwingung der Wand im Randbereich ist dadurch nicht mehr gegeben.

Zusätzlich zur Modalanalyse wurde bei der Gipswand mit den überputzten Randanschlüssen auch das Schalldämm-Maß und der Verlustfaktor messtechnisch bestimmt. Die Schalldämmung wird durch das Überputzen deutlich vermindert, das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  war um 3 dB niedriger als bei der Messung der gleichen Wand ohne überputzte Randanschlüsse. Der mit den überputzten Randanschlüssen gemessene Verlustfaktor der Gipswand war ebenfalls niedriger als der bei nicht überputzten Randanschlüssen gemessene Verlustfaktor. Die Energie, die sonst bei der Entkopplung der Gipswand durch Dämpfung im Randstreifen verloren geht, wird in diesem Fall aufgrund der überputzten Randanschlüsse von der Gipswand direkt abgestrahlt, was dann zu der Verminderung der Schalldämmung führt.

#### 8.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchungen in den Wandprüfständen der Forschungsstelle und der externen Prüfstellen haben gezeigt, dass durch die Entkopplung mit Randstreifen die Schalldämmung einer Gipswand verbessert werden kann. Die Höhe der möglichen Verbesserung hängt dabei stark von der Art beziehungsweise dem Material des jeweiligen verwendeten Randstreifens ab. Zusätzlich wurden verschiedene Einflussgrößen, wie zum Beispiel die flächenbezogene Masse der Gipswand, der Austausch des Deckenanschlussstreifens gegen einen leichten PE-Streifen sowie das Überputzen der Randstreifen untersucht. Aufgrund der Ergebnisse können entkoppelte

Gipswände nicht als übliches Massivbauteil betrachtet werden, es muß vielmehr das Gesamtsystem, bestehend aus Gipswand und jeweiligem Randstreifen berücksichtigt werden. Die Angabe einer Massekurve, wie dies bei anderen Massivbauteilen üblich ist, ist aufgrund der Randstreifen-Vielfalt und den geringen Unterschieden in der flächenbezogenen Masse nur schwer darstellbar und erscheint auch nicht sinnvoll. Zur Berücksichtigung der Schalldämmung von Massivwänden aus Gips-Wandbauplatten im rechnerischen Nachweis der zukünftigen DIN 4109 sollen entsprechende Angaben für Standardkonstruktionen, zum Beispiel für Kork-, PE-Schwerschaum- und Bitumenstreifen im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109, verfügbar sein. Als Basis dafür können die Messergebnisse der externen Prüfstellen herangezogen werden.

Manche Randstreifen, insbesondere Bitumen erhöhen durch Dämpfung im Streifen den Gesamtverlustfaktor des Wandsystems und führen dadurch zu einer höheren Schalldämmung gegenüber dem starren Einbau einer Gipswand ohne Randstreifen. Beim Korkstreifen ist dieses Materialverhalten nicht oder nur in geringem Maße vorhanden, so dass damit keine wirkliche Verbesserung der Schalldämmung gegenüber dem starren Einbau möglich ist. Mit dem PE-Schwerschaumstreifen lässt sich die Schalldämmung einer Gipswand verbessern, jedoch nicht in dem Maße, wie dies beim Bitumenstreifen der Fall ist. Allerdings weist der PE-Schwerschaumstreifen Vorteile hinsichtlich der Schall-Längsdämmung und der Verarbeitbarkeit auf. Bei Verwendung von Gips-Wandbauplatten mit hoher Rohdichte ( $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$ ) kann sowohl mit umlaufenden Korkstreifen als auch mit umlaufenden Bitumenstreifen ein um 3 dB höheres bewertetes Schalldämm-Maß gegenüber der Verwendung von Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ( $\rho \approx 900 \text{ kg/m}^3$ ) erreicht werden.

Zur Gewährleistung einer möglichst guten Direktschalldämmung der Gipswände muß darauf geachtet werden, dass, um Luftschallübertragung über Undichtigkeiten zu vermeiden, die Randstreifen möglichst eben auf den flankierenden Bauteilen aufliegen und nicht wellig eingebaut werden. Randstreifen, die zu offenporig sind, zum Beispiel leichte PE-Schäume ( $\rho \leq 60 \text{ kg/m}^3$ ) können die Schalldämmung einer Gipswand deutlich vermindern. Ein Überputzen der Randanschlüsse und damit der Randstreifen ist zu vermeiden, da dadurch eine deutliche Verschlechterung der Direktschalldämmung möglich ist. Das Überputzen bewirkt aber auch Nachteile hinsichtlich der Schall-Längsdämmung, dies wird in den folgenden Kapiteln ausführlich dargestellt.

## 9 Untersuchungen zur flankierenden Übertragung von Gips-Wandbauplatten im Labor

### 9.1 Grundlagen zur Stoßstellendämmung

In den Berechnungsmodellen der DIN EN 12354-1 [4] wird zur Berechnung der Flankenübertragung das so genannte Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  als Eingangsgröße verwendet. Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  kennzeichnet dabei die Übertragung von Körperschall-Leistung an der Stoßstelle. Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  wird durch Normierung zu einer invarianten Größe. Die Normierung erfolgt analog zur Luftschalldämmung: das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  ergibt sich aus der Pegeldifferenz und wird über die Länge der Stoßstelle  $l_{ij}$  und die äquivalente Absorptionslängen  $a_i$  und  $a_j$  der betrachteten Bauteile  $i$  und  $j$  normiert. Die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz  $\overline{D_{v,ij,situ}}$  kennzeichnet die Schallübertragung über die Stoßstelle unter Baubedingungen.

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = K_{ij} - 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ} \cdot a_{j,situ}}} \quad [\text{dB}] \quad (9.1)$$

Durch Umstellung von Gleichung (9.1) ergibt sich die Messgleichung zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes:

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \quad [\text{dB}] \quad (9.2)$$

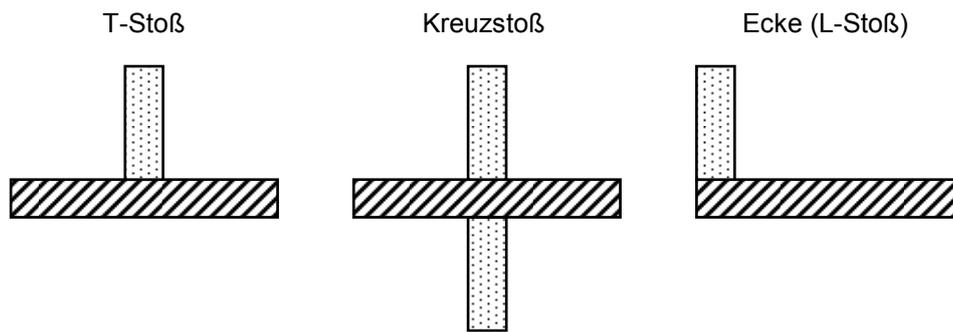
Die äquivalente Absorptionslänge  $a$  kann aus der Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  des Bauteils wie folgt berechnet werden:

$$a_i = \frac{2,2\pi^2 S_i}{T_{s,i} c_0 \sqrt{\frac{f}{f_{ref}}}} \quad [\text{m}] \quad (9.3)$$

Dabei bedeutet:

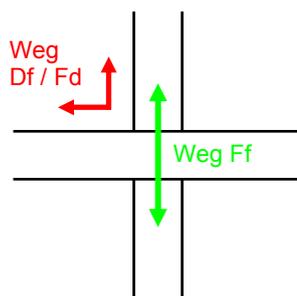
- $D_{v,ij}$  Schnellepegeldifferenz zwischen dem angeregten Bauteil  $i$  und dem Empfangsbauteil  $j$
- $D_{v,ji}$  Schnellepegeldifferenz zwischen dem angeregten Bauteil  $j$  und dem Empfangsbauteil  $i$
- $S_i$  Fläche des Bauteils  $i$
- $c_0$  Schallgeschwindigkeit in Luft (= 340 m/s)
- $f$  Terzmittenfrequenz
- $f_{ref}$  Bezugsfrequenz (= 1000 Hz)

Bauteilstöße können im Wesentlichen als Kreuz- oder T-Stoß sowie als Ecke (L-Stoß) ausgebildet sein. Da Gipswände nur als Innenwände Verwendung finden und die Schallübertragung über Trennbauteile (zum Beispiel Wohnungstrennwände und -decken) betrachtet wird, sind für den Gips-Wandbauplattenbereich hauptsächlich Kreuzstöße relevant.



**Abbildung 9.1** Schematische Darstellung von Bauteilstößen

Beim Stoßstellendämm-Maß wird zwischen den Übertragungswegen  $D_f / F_d$  (Bezeichnung nach DIN EN 12354-1: Weg 12) und  $F_f$  (Bezeichnung nach DIN EN 12354-1: Weg 13) unterschieden. Beim Weg  $D_f$  erfolgt die Übertragung vom Trennbauteil auf das flankierende Bauteil, beim Weg  $F_d$  entsprechend umgekehrt. Beim Weg  $F_f$  erfolgt dagegen die Übertragung vom Flankenbauteil im Senderaum über das Trennbauteil auf das Flankenbauteil im Empfangsraum (siehe auch Abbildung 4.1).

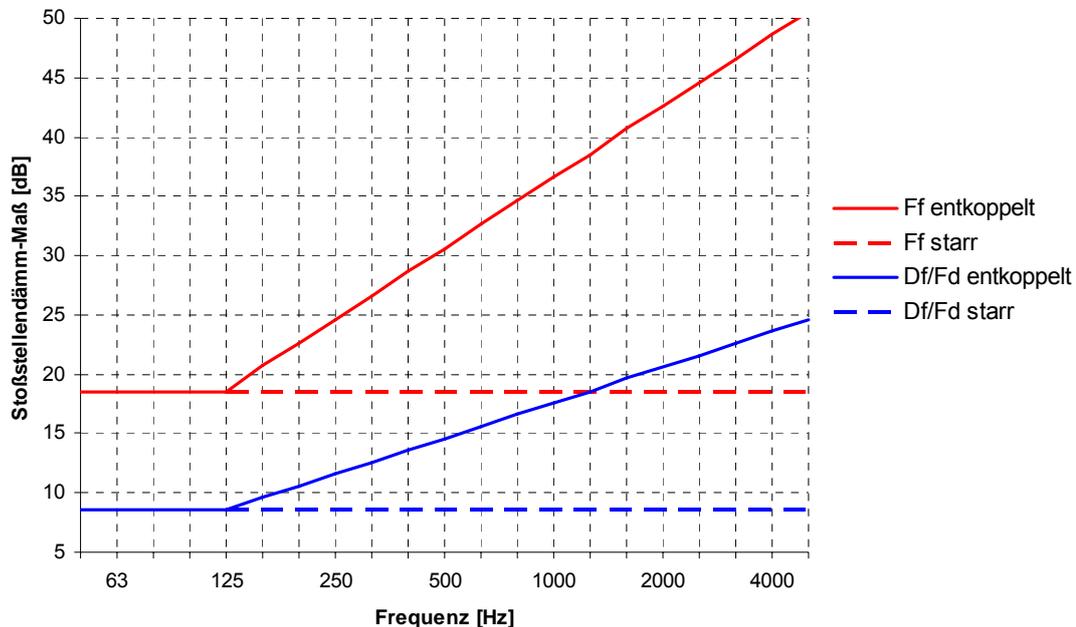


**Abbildung 9.2** Schematische Darstellung der Übertragewege am Kreuzstoß

Für starre Bauteilstöße kann das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  zum Beispiel nach DIN EN 12354-1, Anhang E oder zukünftig gemäß den Angaben im Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 [3] in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Bauteile berechnet werden. Entsprechend den Erkenntnissen aus früheren Forschungsvorhaben, zum Beispiel [8] bis [11], sollten die berechneten Stoßstellendämm-Maße für den Weg  $F_f$  bei leichten Massivbauteilen begrenzt werden. Diese Begrenzung der Stoßstellendämm-Maße wird auch im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 zu finden sein.

Im Anhang E der DIN EN 12354-1 sind Angaben zur Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes durch elastische Zwischenschichten mit einer dynamischen Steifigkeit von etwa  $100 \text{ MN/m}^3$  zu finden. Zur Berechnung, ab welcher Frequenz eine Verbesserung der Stoßstellendämmung durch elastische Zwischenschichten mit anderen dynamischen Steifigkeiten vorliegt, ist der Schubmodul des elastischen Materials notwendig, dieser ist aber in der Regel nicht bekannt. In der folgenden Abbildung 9.3 ist das für eine dynamischen Steifigkeit von etwa  $100 \text{ MN/m}^3$  berechnete Stoßstellendämm-Maß für einen typischen vertikalen Bauteilkreuzstoß, bestehend aus  $200 \text{ mm}$  Stahlbetondecke ( $m' = 460 \text{ kg/m}^2$ ) und darüber und darunter

liegenden 100 mm dicken Gipswänden ( $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ ) für die Übertragungswege Df / Fd sowie Ff dargestellt. Zusätzlich sind noch die Rechenwerte nach Anhang E für einen starren Kreuzstoß mit demselben Massenverhältnis angegeben.



**Abbildung 9.3** Nach DIN EN 12354-1, Anhang E berechnete Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes für eine elastische Zwischenschicht mit einer dynamischen Steifigkeit von etwa  $100 \text{ MN/m}^3$

Das Stoßstellendämm-Maß wird als Eingangsgröße sowohl für das detaillierte als auch für das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1 benötigt. Für das vereinfachte Verfahren muss dabei der Einzahlwert berücksichtigt werden. Die Bestimmung des Einzahlwertes aus frequenzabhängigen Messergebnissen erfolgt derzeit nach DIN EN ISO 10848-1, Anhang A [21] durch arithmetische Mittelung der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz. Dort ist auch ein Hinweis angegeben, wonach der Einzahlwert mit Vorsicht zu genießen ist für den Fall, dass die Messwerte im oben genannten Frequenzbereich stark schwanken. Es ist deshalb zu prüfen, wie die Ermittlung des Einzahlwertes für entkoppelte Bauteile zu erfolgen hat. Im Anhang E der DIN EN 12354-1 wird für die Angabe des Einzahlwertes für elastische Zwischenschichten der Wert bei 500 Hz vorgeschlagen.

## 9.2 Bereits verfügbare Stoßstellendaten für Gips-Wandbauplatten

Schon frühere Untersuchungen von Gösele, zum Beispiel [27] und [35] haben gezeigt, dass elastische Randstreifen die Flankenübertragung von massiven Gipswänden zum Teil deutlich vermindern, jedoch gab es damals noch kein Stoßstellendämm-Maß als akustische Kenngröße, so dass die damaligen Ergebnisse nicht direkt auf die heutigen Verhältnisse übertragbar sind.

Da es sich beim Stoßstellendämm-Maß um eine neu eingeführte akustische Kenngröße handelt, lagen dazu - vor allem im Bereich von entkoppelten

Gipswänden - vor Beginn des Forschungsvorhabens noch keine Erfahrungen vor. Systematische Untersuchungen zum Stoßstellenverhalten und zur flankierenden Übertragung von Massivbauteilen wurden bereits in früheren AIF-Forschungsvorhaben [8] bis [10] sowie in anderen Forschungsvorhaben, zum Beispiel [7] und [11], von der Forschungsstelle durchgeführt, jedoch handelte es sich bei diesen Vorhaben hauptsächlich um starr angeschlossene flankierende Bauteile. Insgesamt betrachtet gab es in den letzten Jahren einige Arbeiten, die sich mit dem Stoßstellenverhalten von Massivbauteilen und dessen Umsetzung in den europäischen Berechnungsmodellen beschäftigt haben, jedoch waren die Ergebnisse nicht ohne weiteres für den Gips-Wandbauplattenbereich übertragbar beziehungsweise anwendbar.

Da elastische Anschlüsse jedoch gerade bei Bauteilstößen mit Gipswänden eine große Rolle spielen, andererseits aber noch keine abgesicherten Erfahrungen mit der Berücksichtigung der entkoppelten Gipswände im CEN-Berechnungsverfahren vorlagen, bestand für den Gips-Wandbauplattenbereich dringender Handlungsbedarf hinsichtlich der systematischen Untersuchung des Stoßstellenverhaltens.

### **9.3 Messtechnische Untersuchungen von flankierenden Wänden aus Gips-Wandbauplatten im Labor**

Im Labor der Forschungsstelle wurden sowohl horizontale als auch vertikale Übertragungssituationen mit flankierenden Gipswänden messtechnisch untersucht. Dazu wurden in zwei unterschiedlichen Prüfständen Aufbauten mit Gipswänden realisiert, die üblichen Bausituationen entsprachen. Die Prüfstände sind speziell zur Untersuchung des Stoßstellenverhaltens beziehungsweise der Flankenübertragung konzipiert. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen lag dabei auf dem schalltechnischen Einfluss der Randanschlüsse und damit des Stoßstellenverhaltens der Gipswände. Unter gleichbleibenden Bedingungen im Prüfstand konnten so auch verschiedene Einflüsse, zum Beispiel das Überspachteln der elastischen Randstreifen untersucht werden.

Bei den Messungen im Prüfstand wurden die folgenden Messgrößen bestimmt:

#### **9.3.1 Luftschalldämmung zwischen Räumen**

Die Messung der Luftschalldämmung wurde entsprechend DIN EN ISO 140-4, Ausgabe 1998 [36] durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes als Einzahlwert erfolgte nach DIN EN ISO 717-1, Ausgabe 2006 [37]. Das Schalldämm-Maß  $R'$  wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg (S/A) \text{ [dB]} \quad (9.4)$$

Dabei bedeutet:

- $L_1$  Schallpegel im Senderraum [dB]
- $L_2$  Schallpegel im Empfangsraum [dB]
- $S$  die beiden Räumen gemeinsame Trennfläche [m<sup>2</sup>]
- $A$  äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus der Messung der Nachhallzeit [m<sup>2</sup>]

Prüfschall war rosa Rauschen.

Der Frequenzbereich der Messung wurde auf die Frequenzen von 50 bis 5000 Hz ausgedehnt.

### 9.3.2 Direkt- und Flankendämmung aus Körperschallmessungen

Das Direktdämm-Maß  $R_v$  und das Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  wurde durch Körperschallmessungen der Schnelle (Index  $v$ ) bestimmt. Hierbei wird bei Luftschallanregung im Senderraum der mittlere Schnellepegel auf der Oberfläche des jeweiligen Trenn- oder Flankenbauteiles im Empfangsraum ermittelt. Die Bewertung zur Einzulangabe erfolgt nach DIN EN ISO 717-1, Ausgabe 2006 [37].

Das Direktdämm-Maß  $R_v$  des Trennbauteils wird nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R_v = L_1 - L_v - 6 \text{ dB} + 10 \lg \sigma \text{ [dB]} \quad (9.5)$$

Das Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  der flankierenden Bauteile wird nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R_{v,f} = L_1 - L_v - 6 \text{ dB} + 10 \lg \sigma + 10 \lg (S_{tr}/S_f) \text{ [dB]} \quad (9.6)$$

Dabei bedeutet:

- $L_1$  Schallpegel im Senderraum [dB]
- $L_v$  Schnellepegel auf dem Bauteil im Empfangsraum, Bezugswert  $5 \cdot 10^{-8}$  [m/s]
- $\sigma$  Abstrahlgrad des Bauteils, für massive Bauteile gilt oberhalb der Grenzfrequenz  $f_c$ :  $\sigma \approx 1$ , unterhalb  $f_c$  wird als Näherungswert ebenfalls  $\sigma \approx 1$  angenommen, wodurch sich in der Regel bei den Körperschallmessungen kleinere Dämm-Maße ergeben
- $S_{tr}$  Fläche des trennenden Bauteils [m<sup>2</sup>]
- $S_f$  Fläche des flankierenden Bauteils [m<sup>2</sup>]

### 9.3.3 Stoßstellendämm-Maß

Die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgte nach DIN EN ISO 10848-1, Ausgabe 2006 [21].

Die Stoßstellendämmung wird folgendermaßen bestimmt:

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \text{ dB} \quad (9.7)$$

Dabei bedeutet:

$K_{ij}$	Stoßstellendämm-Maß [dB]
$\overline{D_{v,ij}}$	richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz [dB]
$l_{ij}$	Länge der Stoßstelle [m]
$a_i$	äquivalente Absorptionslänge [m]

Die äquivalente Absorptionslänge wird folgendermaßen bestimmt:

$$a_i = \frac{2,2\pi^2 S_i}{T_{s,i} c_0 \sqrt{\frac{f}{f_{ref}}}} \quad [\text{m}] \quad (9.8)$$

Dabei bedeutet:

$S_i$	Fläche des Bauteils [m <sup>2</sup> ]
$T_{s,i}$	Körperschall-Nachhallzeit des Bauteils [s]
$c_0$	Schallgeschwindigkeit in Luft [m/s]
$f$	Terzmittenfrequenz [Hz]
$f_{ref}$	1000 Hz

Die Bestimmung der Schnellepegeldifferenz erfolgt, indem ein Bauteil, das so genannte Sendebauteil, angeregt wird und auf diesem der Sendepiegel mittels Körperschallmessungen bestimmt wird. Parallel dazu wird der Empfangspegel auf dem zweiten Bauteil, dem so genannten Empfangsbauteil, gemessen. Anschließend werden Sende- und Empfangsbauteil vertauscht und die Messung in umgekehrter Richtung durchgeführt. Auf jedem Bauteil werden dabei an mindestens neun verschiedenen Positionen die Schnellepegel bestimmt. Für alle Positionen bei jeder Anregesituation wird die Schnellepegeldifferenz bestimmt, die einzelnen Schnellepegeldifferenzen werden dann gemittelt, somit ergibt sich für jede Übertragungsrichtung eine gemittelte Schnellepegeldifferenz, daraus wird dann die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz gebildet. Die Anregung zur Bestimmung der Schnellepegel erfolgte mit einem Kleinhammerwerk.

Das Stoßstellendämm-Maß der Bauteilstöße wurde im Frequenzbereich von 50 bis 5000 Hz bestimmt, aufgrund des Hintergrundgeräusch-Einflusses bei tiefen Frequenzen konnten allerdings erst die Messwerte ab 100 Hz ausgewertet werden.

#### 9.3.4 Bestimmung von Körperschall-Nachhallzeit und Verlustfaktor

Zur Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes und zur Korrektur des Schalldämm-Maßes ist die messtechnische Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeit der Bauteile erforderlich. Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  und Verlustfaktor  $\eta$  beschreiben die Energieverluste des Bauteils aufgrund von interner Dämpfung, von Abstrahlung der Schallenergie und durch Energieweiterleitung in die benachbarten Bauteile. Die beiden Größen Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  und Verlustfaktor  $\eta$  sind dabei mittels nachfolgender Gleichung miteinander verknüpft:

$$\eta = \frac{2,2}{f \cdot T_s} \quad (9.9)$$

Die Ermittlung der Körperschall-Nachhallzeit  $T_{20}$  erfolgte bei den durchgeführten Messungen nach DIN EN ISO 10848-1 [21] mittels Impulsanregung (Gummihammer mit 400 g). Bei der Messung wird der Pegelabfall über der Zeit aus der rückwärtsintegrierten Impulsantwort bestimmt. Die Auswertung erfolgt dabei im Pegelbereich von -5 dB bis -25 dB. Die für das Bauteil an 4 Messpunkten mit je 3 Anregepunkten ermittelten 12 Körperschall-Nachhallzeiten werden dabei arithmetisch gemittelt. Durch die Terzfilterung (Filtereinschwingzeiten) können mit der verwendeten Messtechnik nur Verlustfaktoren größer als  $\eta = 0.064$  ermittelt werden ( $T_s > 34 / f$ ).

Simulationen mittels „Transienter statistischer Energieanalyse“ (TSEA) [38] haben gezeigt, dass sich die Steigung des Pegelverlaufs beim Abklingvorgang durch den Energierückfluss der benachbarten Bauteile vermindern kann. Deshalb ist bei der Auswertung der Körperschall-Nachhallzeit ein Zeitfenster möglichst am Anfang des Abklingvorganges zu wählen. Gleichzeitig ist in diesem Zeitbereich allerdings auch der größte Einfluss aufgrund der Frequenzfilterung zu erwarten. Weiterhin ergeben sich bei tieferen Frequenzen aufgrund der geringen Modendichte starke Schwankungen im Pegel. Hier ist eine möglichst lange Auswertzeit wünschenswert. Die gewählte Auswerterroutine  $T_{20}$  stellt dementsprechend einen guten Kompromiss dar.

#### 9.4 Untersuchungen zur horizontalen Übertragung im Flankenprüfstand

Die Untersuchungen zur horizontalen Schallübertragung wurden im so genannten Flanken- oder Längsleitungsprüfstand durchgeführt. Dazu wurde eine Kalksandsteinwand (KS-Wand,  $d = 240$  mm,  $m' = 470$  kg/m<sup>2</sup>), welche einer typischen Wohnungstrennwand entspricht, eingebaut. Die KS-Wand wurde mit einem Spachtelputz beidseitig vollflächig dünn überspachtelt. Die flankierenden Wände ( $d = 100$  mm,  $m' = 90$  kg/m<sup>2</sup>) wurden aus Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte errichtet. Der durch den Aufbau im Prüfstand entstandene Kreuzstoß entspricht einer üblichen Bausituation mit einer schweren Wohnungstrennwand und den leichten Gipswänden als Flankenbauteile. Abbildung 9.4 zeigt schematisch den Prüfaufbau.

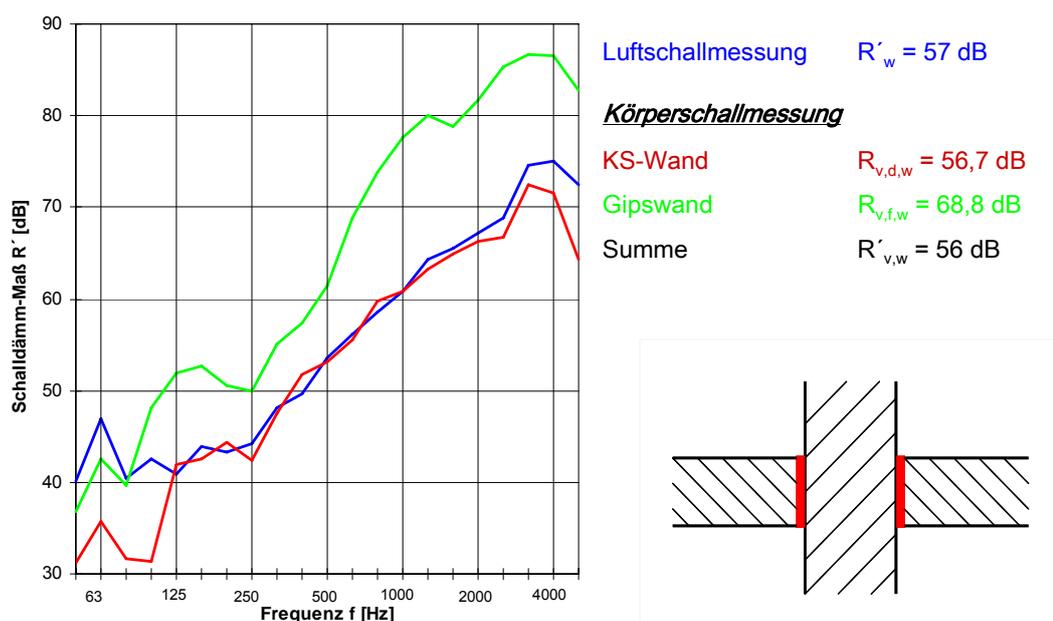


**Abbildung 9.4** Schematische Darstellung (Grundriss) des Flankenprüfstands mit Kalksandsteinwand und flankierenden Gipswänden

Im Flankenprüfstand wurden insgesamt drei unterschiedliche Randabschlussvarianten von Gipswänden mit mittlerer Rohdichte untersucht:

1. umlaufende Entkopplung mit 5 mm dicken Korkstreifen
2. mit Gips überputzte Korkstreifen (siehe oben)
3. umlaufende Entkopplung mit 3,5 mm dicken PE-Schwerschaumstreifen ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ )

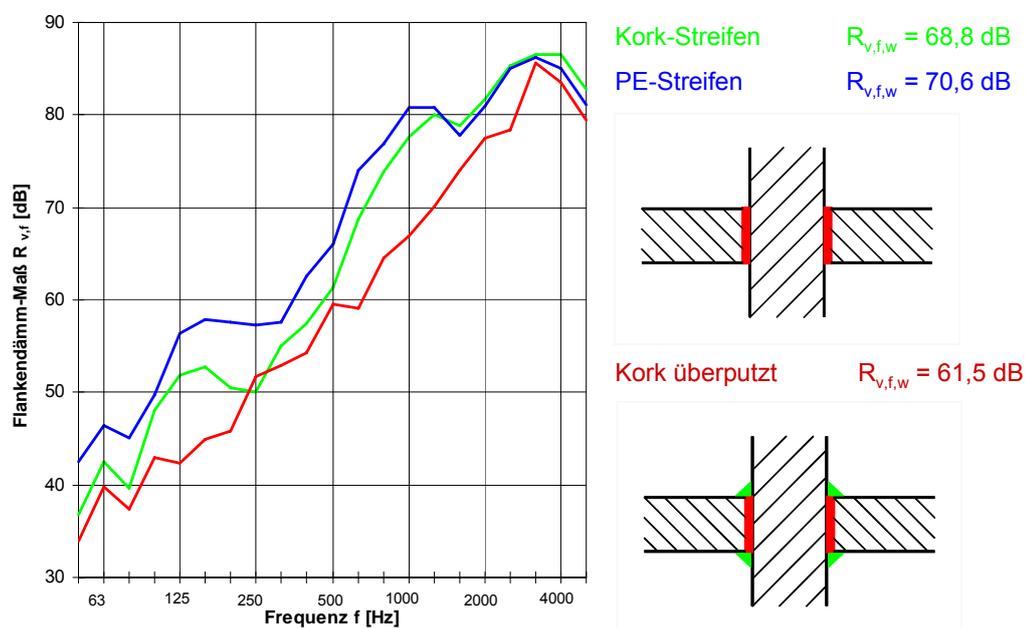
Bei allen drei Varianten wurde die Schalldämmung  $R'$  der Kalksandstein-trennwand mit horizontaler Flankenübertragung über die Gipswände gemessen. Abbildung 9.5 zeigt die Luftschalldämmung der KS-Trennwand mit dem mittels Körperschallmessung der Schnelle bestimmten Flankendämm-Maß der durch Korkstreifen vollständig entkoppelten Gipswand (Variante 1).



**Abbildung 9.5** Schalldämm-Maß  $R'$  der KS-Trennwand mit Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  der durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand (Variante 1)

Die gemessene Luftschalldämmung der Übertragungssituation betrug  $R'_w = 57$  dB, die in der Regel nur mit entsprechend schweren nicht entkoppelten Flankenbauteilen erreicht werden kann. Durch die Entkopplung der Gipswände mittels Korkstreifen liegt jedoch das Flankendämm-Maß der Gipswand deutlich über dem Direktschalldämm-Maß der KS-Trennwand, dies wird auch durch die Differenz von rund 12 dB im Einzahlwert verdeutlicht. Das resultierende Schalldämm-Maß der Übertragungssituation wird durch die KS-Trennwand selbst bestimmt, die Flankenübertragung über die flankierenden Gipswände wird dabei durch die Entkopplung mittels Korkstreifen wirkungsvoll begrenzt.

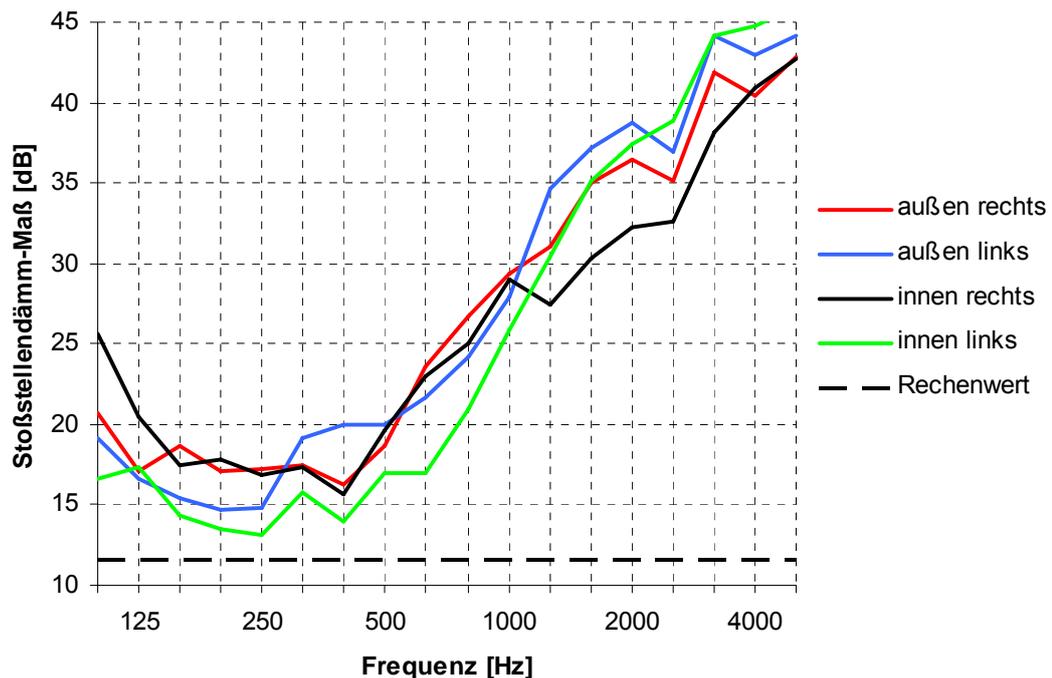
In Abbildung 9.6 sind die für die drei untersuchten Varianten ermittelten Flankendämm-Maße der Gipswände miteinander verglichen.



**Abbildung 9.6** Auf den Gipswänden gemessene Flankendämm-Maße  $R_{v,f}$  für alle drei untersuchten Varianten

Die Flankendämm-Maße der Varianten 1 und 3 - flankierende Gipswände mit Korkstreifen beziehungsweise PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt - sind relativ ähnlich. Das zeigt sich auch in den bewerteten Schalldämm-Maßen der jeweiligen Übertragungssituationen. In beiden Fällen wurde  $R'_w = 57$  dB gemessen. Werden die Korkstreifen mit Gips überputzt, wird das Flankendämm-Maß der Gipswand gegenüber der Entkopplung um etwa 8 dB vermindert. Dies führt wiederum zu einer Verminderung der resultierenden Schalldämmung von 3 dB, für die überputzte Konstruktion wurde  $R'_w = 54$  dB gemessen.

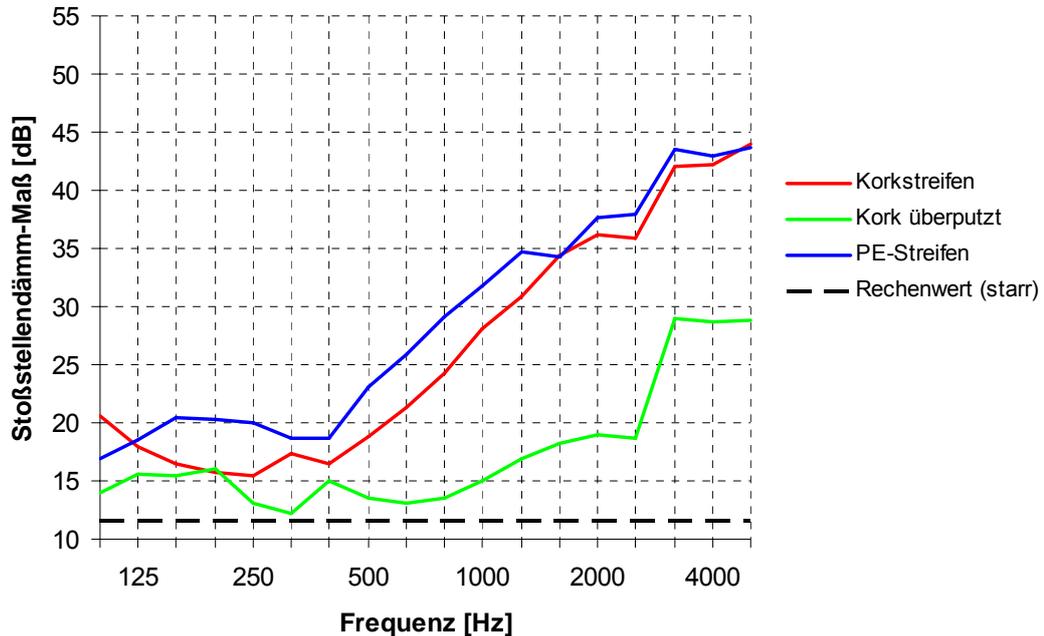
Für alle drei Varianten wurde das Stoßstellendämm-Maß am horizontalen Kreuzstoß für die Übertragungswege  $D_f / F_d$  (Gipswand auf KS-Wand und umgekehrt) sowie für den Weg  $F_f$  (Gipswand auf Gipswand über die KS-Wand) messtechnisch bestimmt. Für den Weg  $D_f / F_d$  wurden jeweils alle vier Einzelwege (für alle vier Ecken des Kreuzstoßes) separat gemessen, das Ergebnis ist Abbildung 9.7 für Variante 1 stellvertretend dargestellt.



**Abbildung 9.7** Für die Variante 1 im Flankenprüfstand gemessene Stoßstellendämm-Maße für den Weg Df / Fd verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Die vier Einzelmesswerte zeigen den gleichen Verlauf, so dass die Einzelmesswerte arithmetisch gemittelt und für weitere Analysen als ein Messwert für den Übertragungsweg Df / Fd verwendet wurden.

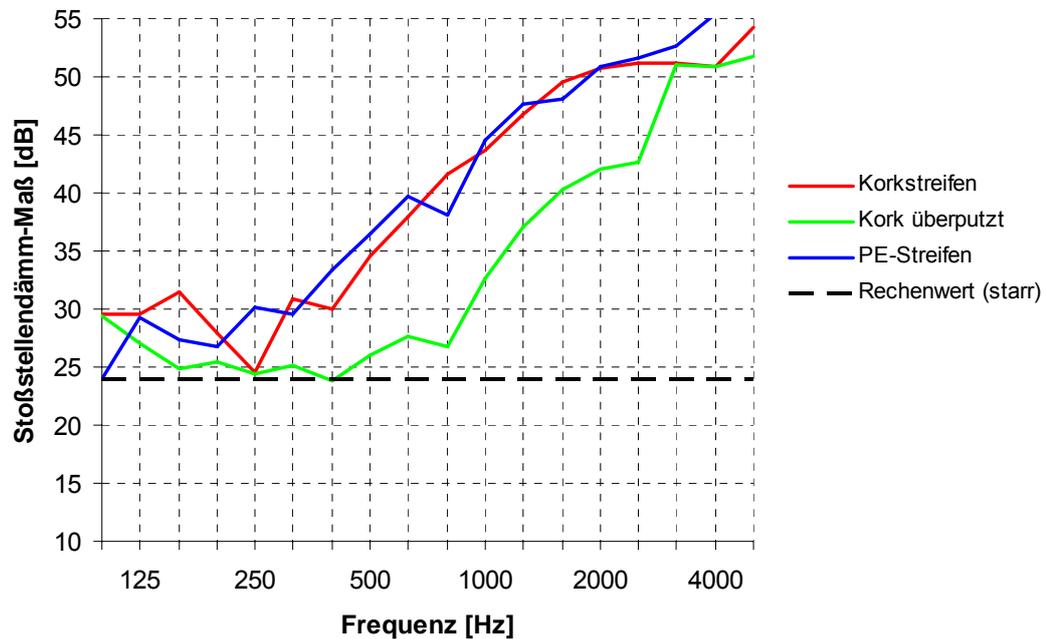
Die folgende Abbildung 9.8 zeigt den Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes (jeweils der Mittelwert aus den vier Einzelmessungen) aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Übertragungsweg Df / Fd. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß entsprechend der flächenbezogenen Massen von KS-Wand ( $m' = 470 \text{ kg/m}^2$ ) und Gipswand ( $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ ) dargestellt.



**Abbildung 9.8** Stoßstellendämm-Maße aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Weg  $D_f / F_d$  verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Die Messwerte des Stoßstellendämm-Maßes für die mit Kork- und PE-Schwerschaumstreifen fachgerecht entkoppelten Gipswände liegen deutlich über dem Rechen- und Messwert für einen starren Stoß. Bis 500 Hz liegen die Messwerte etwa 6 dB über dem Rechenwert für einen starren Stoß mit den gleichen flächenbezogenen Massen der Bauteile, dann steigen sie mit zunehmender Frequenz deutlich an. Mit den überputzten Korkstreifen ist das gemessene Stoßstellendämm-Maß bis 1000 Hz nur geringfügig höher als der Rechenwert für den starren Stoß, erst dann steigt es leicht an. Das Überputzen der Randstreifen führt zu einer deutlichen Verminderung des erreichbaren Stoßstellendämm-Maßes und damit auch zu einer Verminderung der resultierenden Schalldämmung der gesamten Übertragungssituation.

Abbildung 9.9 zeigt den Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Übertragungsweg  $F_f$  sowie den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß.



**Abbildung 9.9** Stoßstellendämm-Maße aller drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten für den Weg Ff verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Prinzipiell sind die Verläufe der Messkurven ähnlich wie beim Weg Df / Fd, jedoch sind die gemessenen Werte aufgrund des anderen Übertragungsweges (über das Trennbauteil mit zwei Randstreifen dazwischen) höher. Dies wird in den beiden Diagrammen durch die gleiche Skalierung der y-Achse verdeutlicht. Die Messwerte für Kork- und PE-Streifen unterscheiden sich weniger voneinander als dies beim Weg Df / Fd der Fall ist. Das Stoßstellendämm-Maß für den Weg Ff wird beim Überputzen der Randstreifen weniger stark vermindert, was durch den doppelt vorhandenen Randstreifen (auf beiden Seiten der Trennwand) begründet ist. Offensichtlich haben auf diesem Übertragungsweg beide überputzten Randstreifen noch eine höhere Entkopplungswirkung als beim Übertragungsweg Df / Fd. Insgesamt betrachtet wird jedoch auch hier die Entkopplung durch das Überputzen stark eingeschränkt.

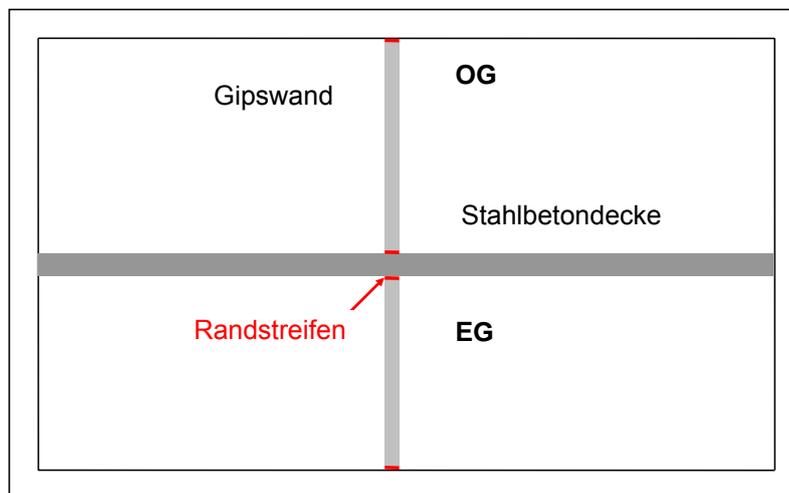
In der folgenden Tabelle 9.1 sind die nach DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittelung der Terzwerte zwischen 200 Hz und 1250 Hz bestimmten Einzahlwerte der für die unterschiedlichen Varianten bestimmten Stoßstellendämm-Maße für beide Übertragungswege aufgeführt.

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Rechenwert starr
$K_{ij}$ [dB]	Weg Df / Fd	21,0	16,0	24,7	11,6
	Weg Ff	35,3	27,7	36,3	23,7

**Tabelle 9.1** Vergleich der Einzahlwerte des Stoßstellendämm-Maßes für die drei im Flankenprüfstand untersuchten Varianten

## 9.5 Untersuchungen zur vertikalen Übertragung im Kombinationsprüfstand

Der so genannte Kombinationsprüfstand der HFT Stuttgart bietet - neben vielen anderen schalltechnischen Untersuchungsmöglichkeiten - durch seine zweigeschossige Massivbauweise die Möglichkeit, vertikale Übertragungssituationen, wie sie üblicherweise im Geschosswohnungsbau anzutreffen sind, hinsichtlich ihres Stoßstellenverhaltens zu untersuchen. Im betreffenden Teil des Kombinationsprüfstands ist eine 180 mm dicke Stahlbetondecke ( $m' = 414 \text{ kg/m}^2$ ) fest eingebaut. Die Dicke entspricht der heutzutage in der Baupraxis anzutreffenden üblichen Deckendicke, sie wird in der Regel nicht unterschritten. Ober- und unterhalb der Prüfstandsdecke wurden jeweils 100 mm dicke Gipswände mit mittlerer Rohdichte eingebaut. Die durch diesen Aufbau realisierte vertikale Übertragungssituation ist in Abbildung 9.10 schematisch dargestellt. Auf der Trenndecke war kein Estrich vorhanden.

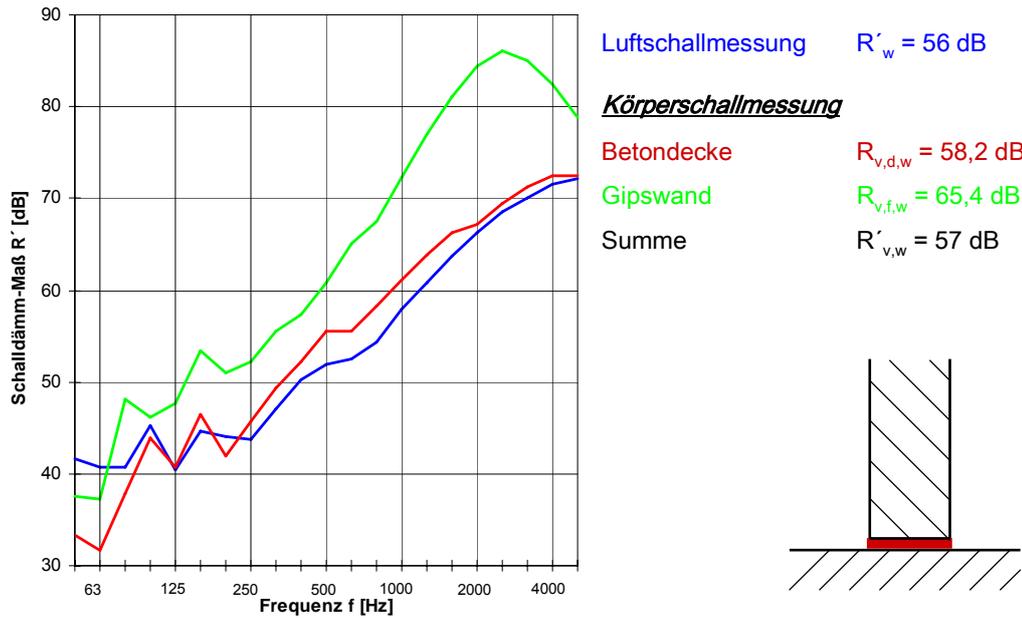


**Abbildung 9.10** Schematische Darstellung (Schnitt) der vertikalen Übertragungssituation im Kombinationsprüfstand mit durchlaufender Stahlbetondecke und flankierenden Gipswänden

Für diese vertikale Übertragungssituation wurden insgesamt vier verschiedene Varianten der Gipswand-Randanschlüsse untersucht:

1. umlaufende Entkopplung mit 5 mm dicken Korkstreifen
2. mit Gips überputzte Korkstreifen
3. erneuter Einbau der Gipswände ohne Randstreifen (starr)
4. umlaufende Entkopplung mit 3,5 mm dicken PE-Schwertschaumstreifen ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ )

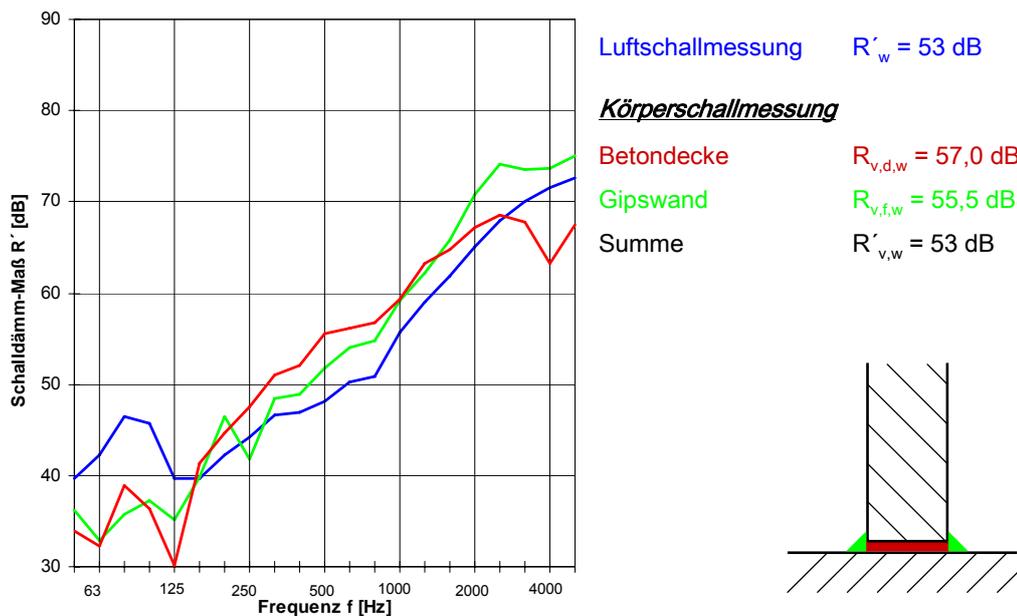
Bei allen vier Varianten wurde die Schalldämmung der Prüfstandsdecke mit vertikaler Flankenübertragung über die Gipswände gemessen. Abbildung 9.11 zeigt die Luftschalldämmung der Prüfstandsdecke mit dem mittels Körperschallmessung bestimmten Flankendämm-Maß der durch Korkstreifen vollständig entkoppelten unteren Gipswand (Variante 1).



**Abbildung 9.11** Schalldämm-Maß  $R'$  der Prüfstandsdecke mit Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  der durch Korkstreifen entkoppelten Gipswand (Variante 1)

Es ist deutlich erkennbar, dass das Flankendämm-Maß der entkoppelten Gipswand deutlich über der Messung der Decke liegt, dies wird zusätzlich durch die Differenz von rund 7 dB im Einzahlwert verdeutlicht. Das resultierende Schalldämm-Maß der Prüfstandsdecke wird also im Wesentlichen durch die Decke selbst bestimmt, die Flankenübertragung über die Gipswand wird durch die Entkopplung wirkungsvoll reduziert.

Werden nun die Kork-Randstreifen mit Gips komplett überputzt (Variante 2), erhält man das in Abbildung 9.12 dargestellte Ergebnis.



**Abbildung 9.12** Schalldämm-Maß  $R'$  der Prüfstandsdecke mit Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  der mit Korkstreifen entkoppelten Gipswand - alle Korkstreifen überputzt (Variante 2)

Das gemessene Flankendämm-Maß der an den Rändern überputzten Gipswand liegt (im Einzahlwert 1,5 dB) unter dem an der Deckenunterseite gemessenen Schalldämm-Maß der Prüfstandsdecke. Das bedeutet, in diesem Fall bestimmt die Flankenübertragung über die durch das Überputzen nur noch unzureichend beziehungsweise gar nicht mehr entkoppelten Gipswände das resultierende Schalldämm-Maß der Übertragungssituation. Das wird auch durch die Verminderung des resultierenden Schalldämm-Maßes von 3 dB gegenüber dem richtig entkoppelten Einbauzustand (Variante 1) deutlich.

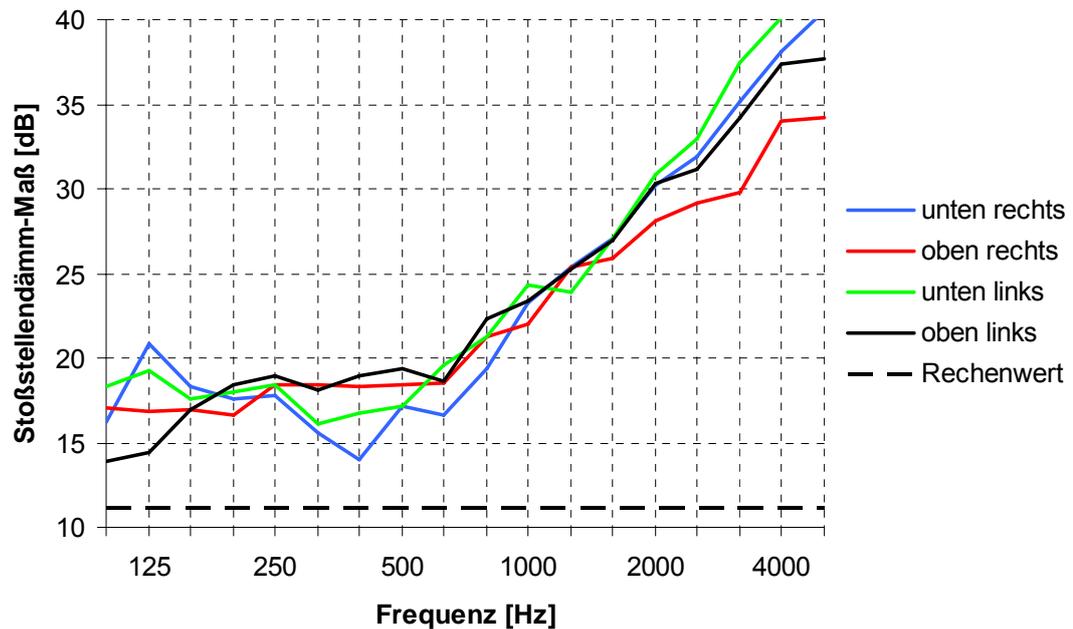
In der folgenden Tabelle 9.2 sind die Einzahlwerte der vier untersuchten Varianten einander gegenübergestellt.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
<b>Luftschall <math>R'_w</math> [dB]</b>	56	53	54	57
<b>Decke <math>R'_{v,d,w}</math> [dB]</b>	58,2	57,0	57,4	59,0
<b>Gipswand <math>R'_{v,f,w}</math> [dB]</b>	65,4	55,3	57,1	63,9
<b>Summe KS <math>R'_{v,w}</math> [dB]</b>	57	53	54	57

**Tabelle 9.2** Vergleich der Einzahlwerte für die vier untersuchten Varianten

Bei vollständiger Entkopplung der Gipswände mit Korkstreifen (Variante 1) oder PE-Schwerschaumstreifen (Variante 4) lässt sich die Flankenübertragung über die Gipswände wirkungsvoll vermindern, das resultierende Schalldämm-Maß wird in beiden Fällen durch das Trennbau teil (Prüfstandsdecke) selbst bestimmt. Das Überputzen aller Randanschlüsse mit Gips (Variante 2) führt zu einer deutlichen Verminderung der resultierenden Schalldämmung, bei den Untersuchungen lag diese sogar 1 dB unter der resultierenden Schalldämmung beim starren Einbau der Gipswände ohne Randstreifen (Variante 3). In beiden Fällen bestimmt dabei die Flankenübertragung über die Gipswände das resultierende Schalldämm-Maß der Prüfstandsdecke.

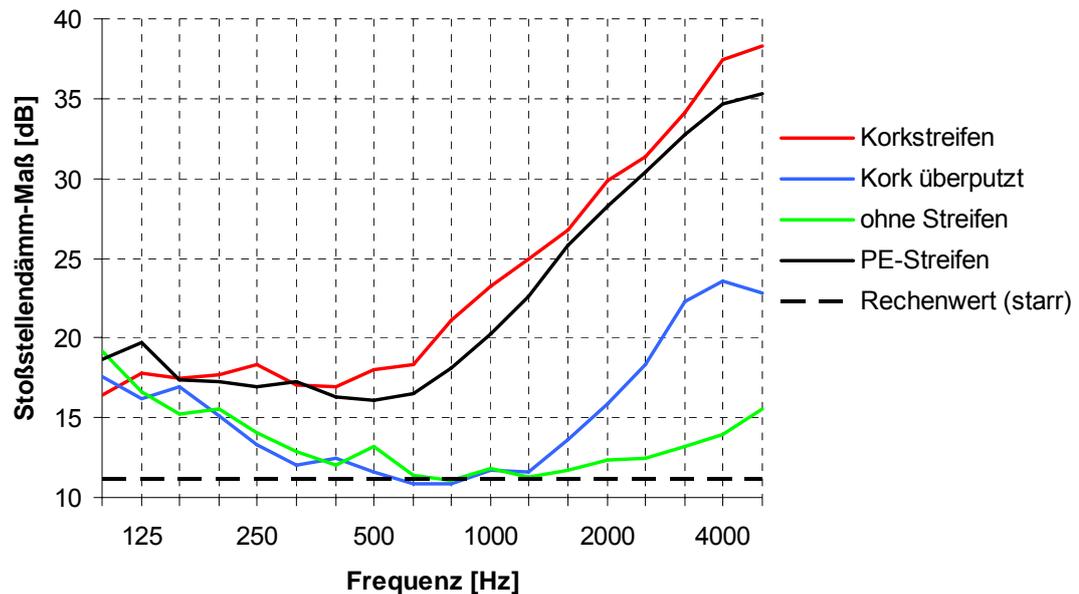
Für alle vier Varianten wurde das Stoßstellendämm-Maß am vertikalen Kreuzstoß für die Übertragungswege  $D_f / F_d$  (Gipswand auf Decke und umgekehrt) sowie für den Weg  $F_f$  (Gipswand auf Gipswand über die Decke) messtechnisch bestimmt. Für den Weg  $D_f / F_d$  wurden jeweils alle vier Einzelwege (für alle vier Ecken des Kreuzstoßes) separat gemessen, das Ergebnis ist in Abbildung 9.13 für Variante 1 stellvertretend dargestellt.



**Abbildung 9.13** Für die Variante 1 gemessene Stoßstellendämm-Maße für den Weg Df / Fd verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Aufgrund der unterschiedlichen Lastverhältnisse - die untere Gipswand wird durch den Deckenrandstreifen von der Decke getrennt, die obere Gipswand dagegen steht mit ihrer gesamten Masse aus dem Bodenstreifen - wurden eigentlich größere Unterschiede zwischen der unteren und oberen Messung erwartet. Das konnte jedoch nicht bestätigt werden. Daher wurden die vier Einzelmesswerte arithmetisch gemittelt und für weitere Analysen als ein Messwert verwendet.

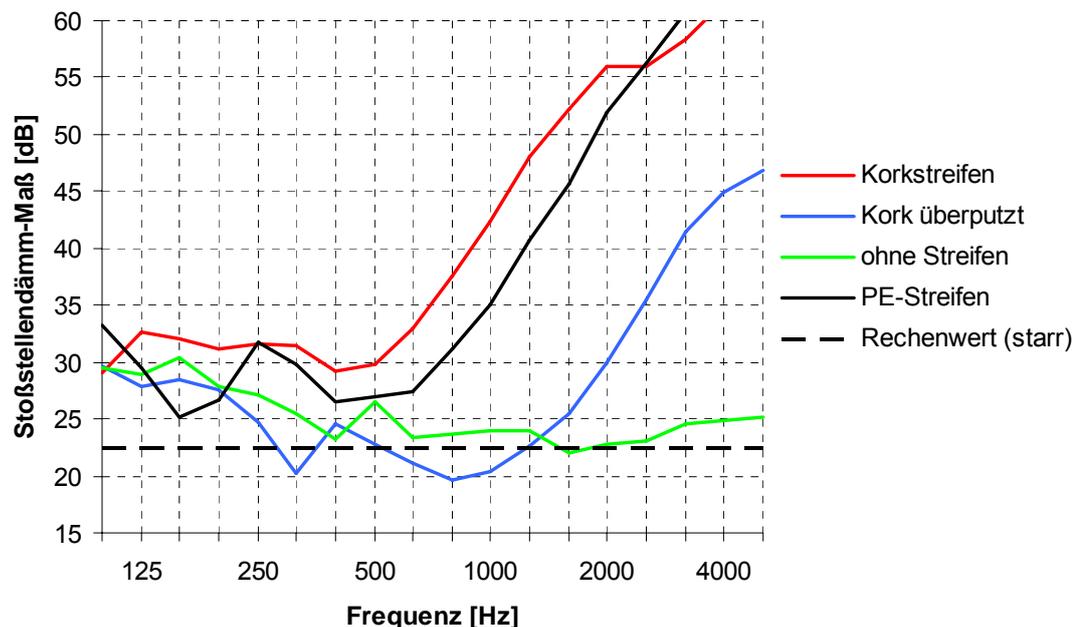
Die folgende Abbildung 9.14 zeigt den Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes aller vier im Kombiprüfstand untersuchten Varianten für den Übertragungsweg Df / Fd. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß dargestellt.



**Abbildung 9.14** Stoßstellendämm-Maße aller vier im Kombiprüfstand untersuchten Varianten für den Weg  $D_f / F_d$  verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Die Messwerte des Stoßstellendämm-Maßes für die mit Kork- und PE-Schwerschaumstreifen fachgerecht entkoppelten Gipswände liegen deutlich über dem Rechen- und Messwert für einen starren Stoß. Bis 800 Hz liegen die Messwerte etwa 6 bis 7 dB über dem Rechenwert für den starren Stoß, dann steigen sie mit zunehmender Frequenz deutlich an. Bis 1250 Hz konnte mit den überspachtelten Korkstreifen kein höheres Stoßstellendämm-Maß als mit dem starren Anschluss gemessen werden, erst dann steigt es leicht an, wogegen das gemessene Stoßstellendämm-Maß des starren Stoßes in der Größenordnung des Rechenwertes verläuft.

Abbildung 9.15 zeigt den Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes aller vier untersuchten Varianten für den Übertragungsweg  $F_f$  sowie den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß.



**Abbildung 9.15** Stoßstellendämm-Maße aller vier im Kombiprüfstand untersuchten Varianten für den Weg Ff verglichen mit den Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß

Prinzipiell sind die Verläufe der Messkurven ähnlich wie beim Weg Df / Fd, jedoch sind die gemessenen Werte aufgrund des anderen Übertragungsweges (über das Trennbauteil mit zwei Randstreifen dazwischen) höher.

Insgesamt betrachtet kann durch die Entkopplung der Gipswände eine deutlich höhere Stoßstellendämmung als mit einem starren Anschluss erreicht werden. Durch die Verwendung von Korkstreifen ist in vertikaler Richtung noch ein etwas höheres Stoßstellendämm-Maß als mit den PE-Schwerschaumstreifen möglich. Jedoch haben die Untersuchungen gezeigt, dass ein vollständiges Überputzen der Korkstreifen die Verbesserung aufhebt. Dieser Umstand bestätigt auch die bei den verschiedenen Varianten gemessenen resultierenden Schalldämm-Maße. In der folgenden Tabelle 9.3 sind die nach DIN EN ISO 10848-1 ermittelten Einzahlwerte der für die unterschiedlichen Varianten bestimmten Stoßstellendämm-Maße für beide Übertragungswege aufgeführt.

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Rechenwert starr
$K_{ij}$ [dB]	Weg Df / Fd	19,5	12,2	12,6	17,9	11,2
	Weg Ff	34,9	22,6	25,0	30,7	22,5

**Tabelle 9.3** Vergleich der Einzahlwerte des Stoßstellendämm-Maßes für die vier im Kombiprüfstand untersuchten Varianten

## 10 Messtechnische Analyse repräsentativer Bausituationen mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in insgesamt 14 Gebäuden mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten schalltechnische Untersuchungen durchgeführt. Bei allen Gebäuden handelte es sich um mehrgeschossige Mehrfamilienhäuser, in einem Fall war das Gebäude eine Seniorenwohnanlage.

Alle Gebäude waren in Massivbauweise errichtet, 10 Objekte mit Kalksandstein-Mauerwerk, 3 Objekte mit Ziegelmauerwerk und 1 Objekt mit Blähton-Mauerwerk. Die nicht tragenden Innenwände waren in der Regel aus 100 mm dicken Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ( $900 \text{ kg/m}^3$ ) ausgeführt, in einem Gebäude mit hoher Rohdichte ( $1200 \text{ kg/m}^3$ ). Die Gipswände waren in 10 Gebäuden durch Kork-Streifen, in 3 Gebäuden durch PE-Schwerschaumstreifen ( $\rho \geq 120 \text{ kg/m}^3$ ) und in einem Objekt durch eine Kombination aus Kork- und Bitumenstreifen entkoppelt.

Die untersuchten Objekte wurden jeweils von den Teilnehmern des projektbegleitenden Ausschusses vorgeschlagen. Ein Merkblatt der Forschungsstelle diente dabei als Grundlage zur Suche nach geeigneten Bauobjekten. Die Gebäude sollten im Prinzip bis auf das Tapezieren (wegen der Befestigung von Körperschallaufnehmern) möglichst fertiggestellt sein. Die in Frage kommenden Objekte wurden im Voraus anhand der Planunterlagen vor allem hinsichtlich der Grundrissgestaltung durch die Forschungsstelle auf Eignung überprüft.

Die horizontale Schallübertragung wurde an insgesamt 11 Übertragungssituationen in 6 verschiedenen Gebäuden untersucht. Die Schallübertragung in vertikaler Richtung wurde an insgesamt 22 Übertragungssituationen in 13 verschiedenen Gebäuden bestimmt.

Alle durchgeführten Gebäudemessungen wurden jeweils in separaten Prüfberichten dokumentiert [47] bis [60]. In den Prüfberichten sind die untersuchten Gebäude sowie die vorhandenen Bauteile jeweils ausführlich dokumentiert. Eine Kurzzusammenstellung aller relevanten Gebäude- und Bauteildaten ist in der Anlage 1 dieses Berichts enthalten.

### 10.1 Durchgeführte Messungen

In den untersuchten Bauobjekten wurden verschiedene Messungen durchgeführt. Je nach Eignung des Objekts beziehungsweise dem Vorhandensein von geeigneten Übertragungssituationen wurden in den verschiedenen Objekten unterschiedlich viele Messungen durchgeführt. Da die Gebäude sich zum Zeitpunkt der Messungen noch in der Bauphase befanden, konnten aufgrund der dadurch bedingten Umstände teilweise nicht alle vorgesehenen Messungen durchgeführt werden.

Im Prinzip wurden in den Gebäuden dieselben messtechnischen Untersuchungen wie im Flankenprüfstand und im Kombinationsprüfstand durchgeführt. Eine genaue Beschreibung der dabei angewandten

Messverfahren kann Kapitel 9.3 entnommen werden. Im Wesentlichen wurden bei den Messungen folgende Kenngrößen bestimmt:

1. Luftschalldämmung zwischen Räumen in horizontaler und vertikaler Richtung
2. Direkt- und Flankendämmung durch Körperschallmessungen
3. Stoßstellendämm-Maße in horizontaler und vertikaler Richtung
4. Luftschalldämmung zwischen Räumen mit einer Trennwand aus Gips-Wandbauplatten
5. Trittschalldämmung von Wohnungstrenndecken

Die Bestimmung des Norm-Trittschallpegels von Wohnungstrenndecken erfolgte entsprechend DIN EN ISO 140-7, Ausgabe 1998 [61]. Die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels  $L'_{n,w}$  erfolgte nach DIN EN ISO 717-2, Ausgabe 2006 [62]. Der Norm-Trittschallpegel  $L'_n$  wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L'_n = L + 10 \lg (A/A_0) \text{ [dB]} \quad (10.1)$$

Dabei bedeutet:

- |        |  |
|--------|--|
| $L'_n$ | Norm-Trittschallpegel [dB]   |
| $L$    | Schallpegel im Empfangsraum bei Anregung des untersuchten Bauteils mit dem Norm-Hammerwerk [dB]            |
| $A$    | äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus der Messung der Nachhallzeit [m <sup>2</sup> ] |
| $A_0$  | Bezugs-Absorptionsfläche, $A_0 = 10 \text{ m}^2$   |

## 10.2 Übersicht der Bauteildaten und der Luft- und Trittschallmessergebnisse

In der folgenden Tabelle 10.1 sind die Ergebnisse der Messungen des Schalldämm-Maßes, des Norm-Trittschallpegels sowie die wichtigsten Bauteildaten der Trennbauteile (Wohnungstrennwände und -decken) und der flankierenden Bauteile (Außenwände und Gipswände) aufgeführt.

Nr.	Objekt	Whg.-Trenn-decken	Wohnungstrennwände	Flankierende Außenwände	Flankierende Gipswände, Randstreifen	Schalldämm-Maß [dB]	Norm-Trittschallpegel [dB]
1	Kornwestheim	20 cm Stb. + SE	24 cm KSV, RDK 2.0	20 cm KSV, RDK 1.8	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	63 / 62 vert. 56 horiz.	39
2	Esslingen-Zell	20 cm Stb. + SE	24 cm Stb.	15 cm KSV, RDK 1.8	10 cm, 120 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	63 / 64 vert. 61 horiz.	37 / 38
3	Möhringen I	20 cm Stb. + SE	-	24 cm KSV, RDK 1.8	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	57 / 55 vert.	45
4	Reutlingen	20 cm Stb. + SE	24 cm KSV, RDK 2.2	17,5 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	62 / 64 vert.	42
5	Karlsruhe	20 cm Stb. + SE	24 cm KSV, RDK 2.2	24 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> PE-Streifen	60 vert. 57 <sup>1)</sup> horiz.	46
6	Schwieberdingen	24 cm Stb. + SE	-	20 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	66 vert.	33
7	Stuttgart	20 cm Stb. + SE	-	24 cm HLZ, RDK 1.2	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	63 / 64 vert.	45
8	Weingarten	20 cm Stb. + SE	-	36,5 cm LHLZ RDK 0.7	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> PE-Streifen	58 / 59 vert.	41 / 38
9	Bad Cannstatt	18 cm Stb. + SE	-	15 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Kork + Bitumen	60	42
10	Heilbronn	20 cm Stb. + SE	-	30 cm Blähton	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	59 / 60 vert.	38 / 39
11	Möhringen II	20 cm Stb. + SE	-	24 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	63 / 62 / 59 vert.	39 / 35 / 37
12	Böblingen	20 cm Stb. + SE	24 cm KSV, RDK 2.0	17,5 cm KSV, RDK 2.0	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	61 vert. 57 / 56 hor.	42
13	Remseck	-	24 cm KSV, RDK 2.0	17,5 cm KSV, RDK 1.8	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> Korkstreifen	57 / 56 / 56 hor.	-
14	Untergruppenbach	20 cm Stb. + SE	24 cm Verfüllziegel, RDK 2.0	30 cm LHLZ, RDK 0.65	10 cm, 90 kg/m <sup>2</sup> PE-Streifen	60 vert. 52 <sup>2)</sup> / 52 <sup>2)</sup> hor.	38

<sup>1)</sup> durch Körperschallmessungen bestimmt

<sup>2)</sup> Anforderungen durch Flankenübertragung über die Ziegel-Außenwände unterschritten

Stb. Stahlbeton

SE Schwimmender Estrich

KSV Kalksandvollstein-Mauerwerk

HLZ Hochlochziegel-Mauerwerk

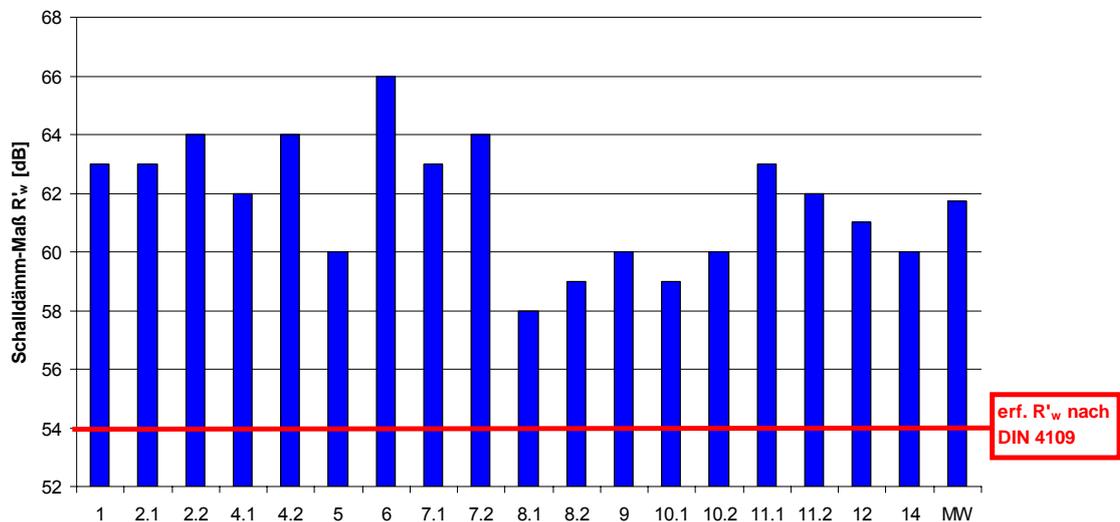
LHLZ Leicht-Hochlochziegel-Mauerwerk

RDK Rohdichteklasse

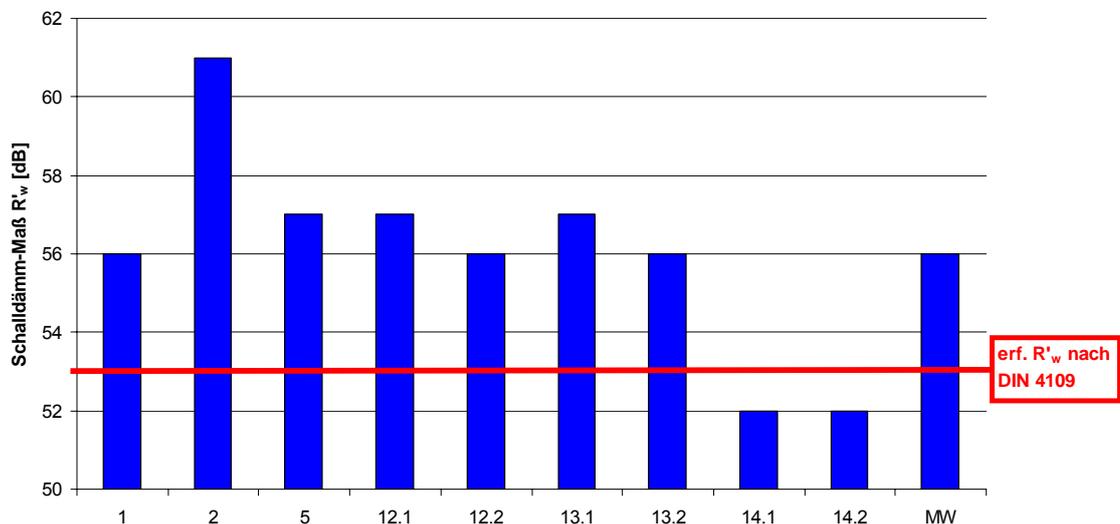
**Tabelle 10.1**

Bauteildaten und Messergebnisse der untersuchten Bauobjekte

Die in den verschiedenen Gebäuden gemessenen Bau-Schalldämm-Maße sind für die vertikalen Übertragungssituationen in Abbildung 10.1 und für die horizontalen Übertragungssituationen in Abbildung 10.2 zusätzlich noch grafisch dargestellt. Dabei ist jeweils auch der Anforderungswert erf.  $R'_w$  nach DIN 4109 angegeben.



**Abbildung 10.1** In den verschiedenen Gebäuden in vertikaler Richtung gemessene Bau-Schalldämm-Maße mit Mittelwert (MW)



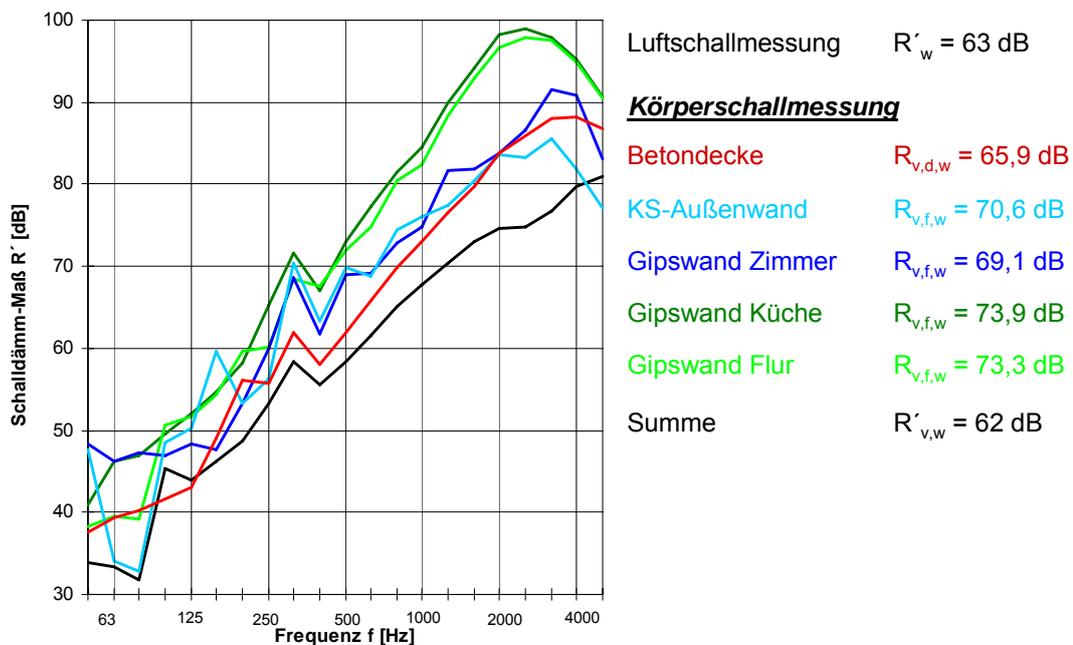
**Abbildung 10.2** In den verschiedenen Gebäuden in horizontaler Richtung gemessene Bau-Schalldämm-Maße mit Mittelwert (MW)

Die in vertikaler Richtung gemessenen Bau-Schalldämm-Maße liegen deutlich über der Anforderung erf.  $R'_w \geq 54$  dB nach DIN 4109. Der Mittelwert aller untersuchten Situationen beträgt dabei 61,7 dB. Bei den horizontalen Messungen liegen die Resultate mit Ausnahme des Bauobjekts in Untergruppenbach ebenfalls deutlich über der Anforderung erf.  $R'_w \geq 53$  dB nach DIN 4109. Beim Bauobjekt in Untergruppenbach ergab sich durch Flankenübertragung über die leichten Ziegelaußenwände ein zu geringes

resultierendes Schalldämm-Maß. Der Mittelwert aller untersuchten horizontalen Übertragungssituationen beträgt 56,0 dB. Lässt man die Messungen aus Untergruppenbach unberücksichtigt, ergibt sich ein Mittelwert von 57,1 dB.

### 10.3 Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden

Zusätzlich zu den Luftschallmessungen wurde das Direktdämm-Maß  $R_v$  und das Flankendämm-Maß  $R_{v,f}$  auch durch Körperschallmessungen der Schnelle (Index v) bestimmt. Dabei wurde bei Luftschallanregung im Senderraum der mittlere Schnellepegel auf der Oberfläche des jeweiligen Trenn- oder Flankenbauteiles im Empfangsraum ermittelt. In Abbildung 10.3 sind die entsprechenden Ergebnisse beispielhaft für eine vertikale Übertragungssituation mit drei flankierenden Gipswänden ( $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ ) und einer flankierenden Außenwand aus Kalksandstein ( $m' = 355 \text{ kg/m}^2$ ) dargestellt. Die Dicke der Stahlbetondecke betrug 200 mm, ein schwimmender Estrich war zusätzlich vorhanden.



**Abbildung 10.3** Schalldämmung einer 200 mm dicken Geschosdecke mit drei flankierenden Gipswänden ( $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ ), durch Korkstreifen entkoppelt, und einer flankierenden KS-Außenwand ( $m' = 355 \text{ kg/m}^2$ )

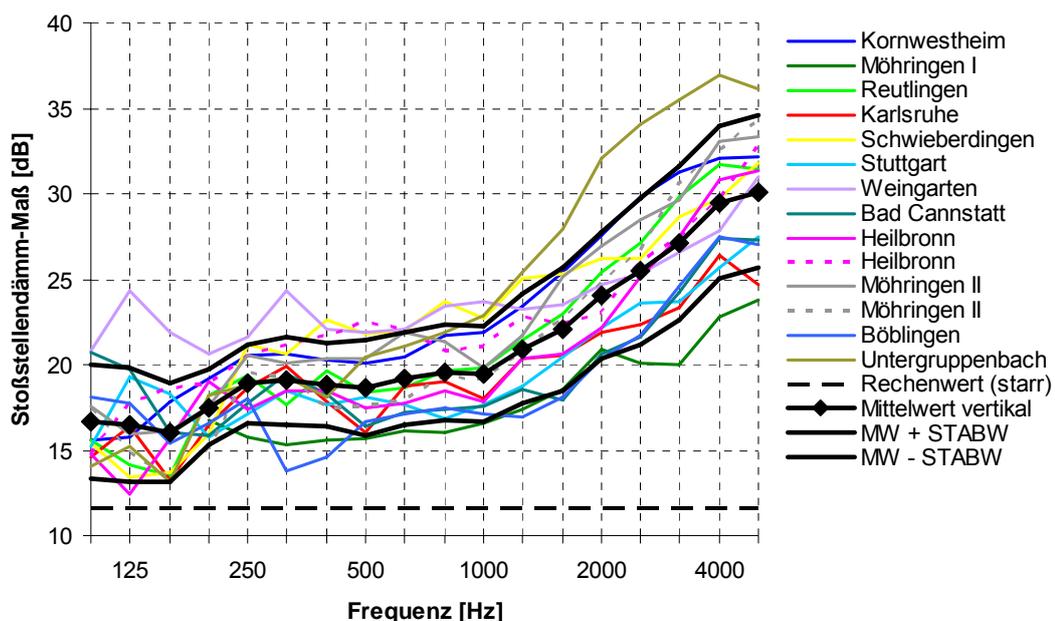
Die an den entkoppelten Gipswänden gemessenen Flankendämm-Maße sind wesentlich höher als die Direktdämmung des Trennbauteils. Dies ist vor allem bei zwei der drei Gipswände zu erkennen. Bei diesen beiden Wänden war somit eine optimale Entkopplung vorhanden. In dem vorliegenden Fall ist mit den durch Korkstreifen entkoppelten Gipswänden ( $90 \text{ kg/m}^2$ ) als flankierende Wände eine zum Teil deutlich bessere Schall-Längsdämmung als mit der massiven Kalksandsteinwand ( $355 \text{ kg/m}^2$ ) möglich. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich im Wesentlichen bei allen untersuchten Übertragungssituationen.

## 10.4 Messtechnische Untersuchungen von Stoßstellen an Gips-Wandbauplatten in ausgeführten Gebäuden

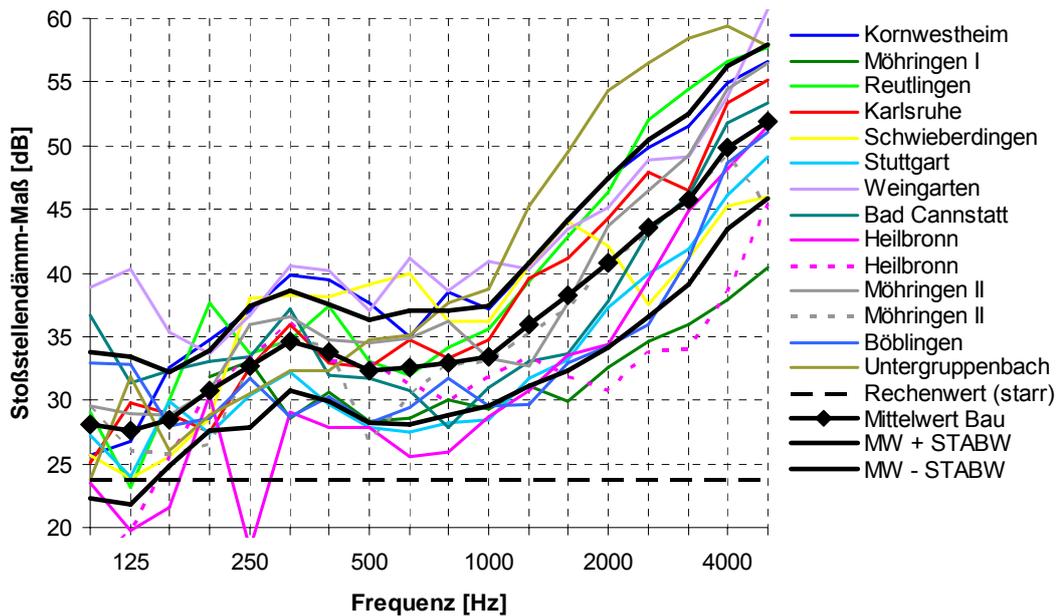
In allen im oberen Abschnitt aufgeführten Bauobjekten mit Ausnahme von Esslingen-Zell wurden die Stoßstellendämm-Maße an jeweils mindestens einer der untersuchten vertikalen und horizontalen Übertragungssituationen bestimmt. Im Bauobjekt Esslingen-Zell war dies leider nicht möglich, da die Wände und Decken bereits teilweise tapeziert waren.

Bei den untersuchten Übertragungssituationen handelte es sich ausschließlich um Kreuzstöße. Die Beschränkung auf Kreuzstöße resultiert daraus, dass nur Situationen betrachtet wurden, die für den Schallschutz gegenüber fremden Wohn- und Arbeitsbereichen relevant sind. In vertikaler Richtung wurden diese Kreuzstöße durch eine durchlaufende, meist 200 mm dicke Stahlbetondecke und darauf beziehungsweise darunter angeordnete 100 mm dicke (entkoppelte) Gipswände mit mittlerer Rohdichte gebildet. Die horizontalen Kreuzstöße wurden durch durchlaufende Wohnungstrennwände und flankierende Gipswände gebildet. Das Stoßstellendämm-Maß wurde jeweils für die Übertragungswege Df / Fd sowie für den Weg Ff bestimmt. Die Dokumentation der untersuchten Übertragungssituationen kann der Anlage 1 oder den detaillierten Messberichten [47] bis [60] entnommen werden.

In der folgenden Abbildung 10.4 sind alle für den Weg Df / Fd in vertikaler Richtung gemessenen Stoßstellendämm-Maße mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1, Anhang E für einen starren Stoß dargestellt. Eine entsprechende Darstellung für den Übertragungsweg Ff ist der Abbildung 10.5 zu entnehmen.



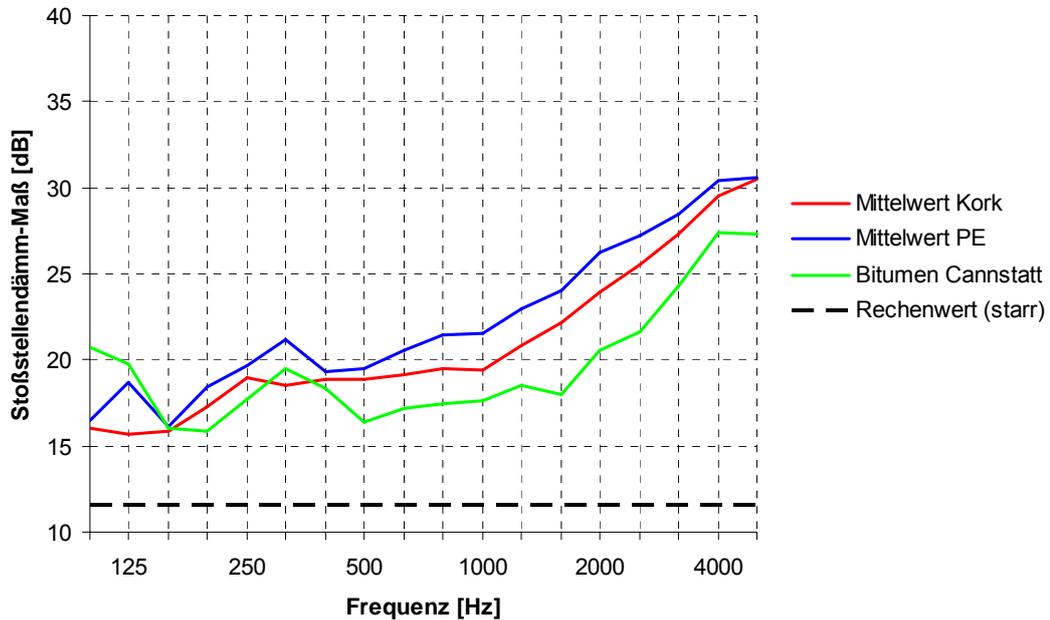
**Abbildung 10.4** Gemessene Stoßstellendämm-Maße von vertikalen Gebäude-Übertragungssituationen - Weg Df / Fd - mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW)



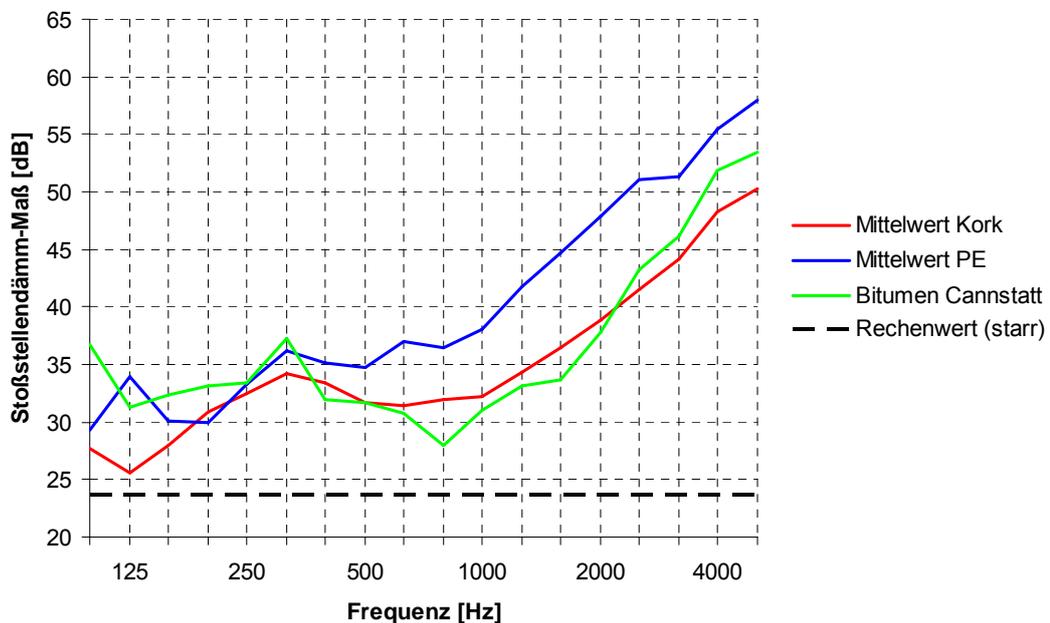
**Abbildung 10.5** Gemessene Stoßstellendämm-Maße von vertikalen Gebäude-Übertragungssituationen - Weg Ff - mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW)

Sowohl beim Übertragungsweg Df / Fd als auch beim Weg Ff liegen alle gemessenen Stoßstellendämm-Maße deutlich - zu höheren Frequenzen hin ansteigend - über dem Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß (ohne Entkopplung). Die Streuung der Messwerte ergibt sich vermutlich durch die Ausführungsqualität der Randanschlüsse und damit der Entkopplung der Gipswände. Ein möglicher Einflussfaktor ist dabei vor allem der Randanschluss der Gipswände im Bodenbereich. Durch die leicht unebene Oberfläche von Ortbetondecken liegt der Randstreifen auf dem Boden nicht immer plan auf. Zusätzliche Faktoren sind die verschiedenen verwendeten Randstreifen - hauptsächlich Kork- und PE-Streifen - sowie die unterschiedlich großen Bauteile.

Bildet man nun separate Mittelwerte für alle Messungen mit Korkstreifen beziehungsweise für alle Messungen mit PE-Schwerschaumstreifen und vergleicht diese dann mit dem einzigsten Messergebnis mit Bitumenstreifen (Bad Cannstatt), erhält man die in Abbildung 10.6 (Weg Df / Fd) und Abbildung 10.7 (Weg Ff) dargestellten Resultate. Zusätzlich ist jeweils noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß dargestellt.



**Abbildung 10.6** Mittelwerte der gemessenen Stoßstellendämm-Maße für Kork- und PE-Streifen von vertikalen Übertragungssituationen - Weg Df / Fd



**Abbildung 10.7** Mittelwerte der gemessenen Stoßstellendämm-Maße für Kork- und PE-Streifen von vertikalen Übertragungssituationen - Weg Ff

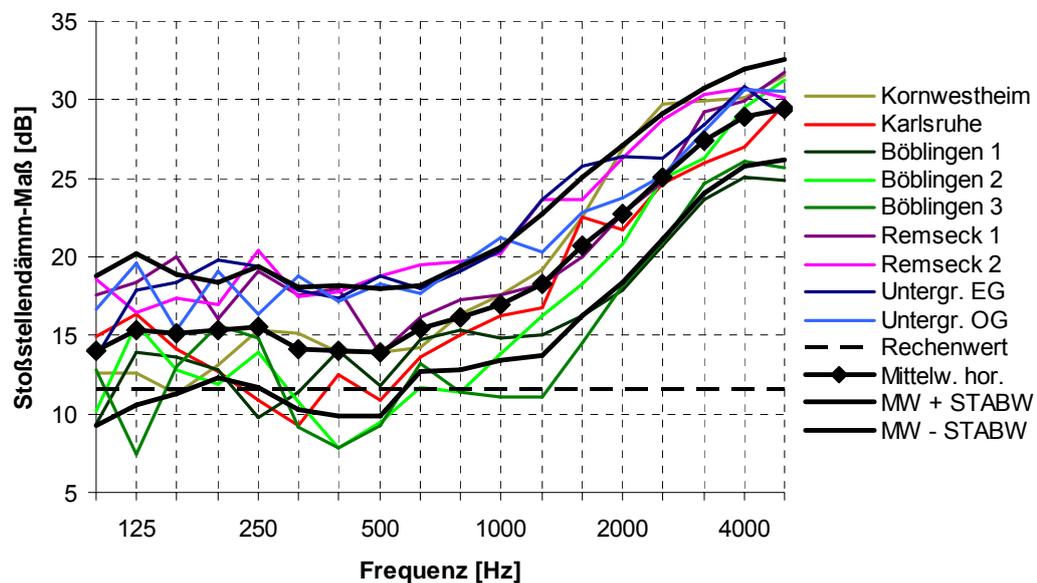
Bei den Übertragungssituationen mit PE-Schwerschaumstreifen zur Entkopplung wurden insgesamt die höchsten Stoßstellendämm-Maße gemessen. Die Werte der Situationen mit Korkstreifen liegen etwas darunter, sind aber durch die größere Anzahl der Messungen am sichersten. Die einzelne Messung mit Bitumenstreifen liegt vom Ergebnis am niedrigsten.

Die nach DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittelung der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz ermittelten Einzahlwerte sind in der folgenden Tabelle 10.2 dargestellt. Für die Berechnung des Schallschutzes nach DIN EN 12354-1 mittels des vereinfachten Verfahrens wird der Einzahlwert des Stoßstellendämm-Maßes benötigt.

	Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,200-1250\text{Hz}}$ [dB]	
	Weg DF / Fd	Weg Ff
Mittelwert PE-Streifen	20,5	35,9
Mittelwert Korkstreifen	19,1	32,5
Messwert Bitumen	17,6	32,2
Mittelwert aller Messungen	19,1	33,2
Rechenwert für starren Stoß	11,6	23,7

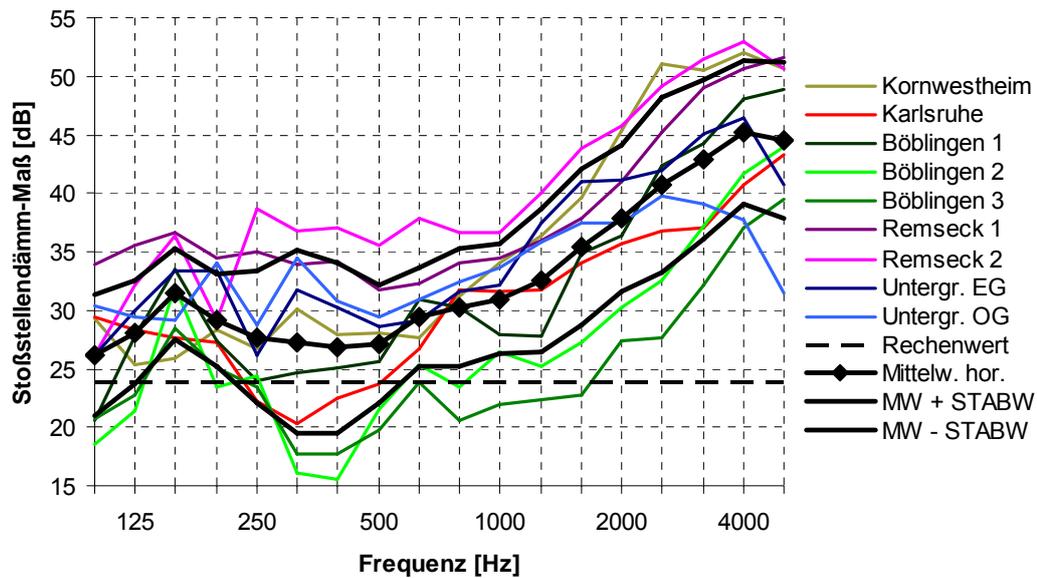
**Tabelle 10.2** Einzahlwerte von Stoßstellendämm-Maßen für den Übertragungsweg Df / Fd sowie für den Weg Ff - vertikale Übertragung

In der folgenden Abbildung 10.8 sind alle für den Weg Df / Fd in horizontaler Richtung gemessenen Stoßstellendämm-Maße mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß dargestellt.



**Abbildung 10.8** Gemessene Stoßstellendämm-Maße von horizontalen Gebäude-Übertragungssituationen - Weg Df / Fd - mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW)

Abbildung 10.9 zeigt alle für den Weg Ff in horizontaler Richtung gemessenen Stoßstellendämm-Maße mit Mittelwert und Standardabweichung. Zusätzlich ist noch der Rechenwert nach Anhang E der DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß dargestellt.



**Abbildung 10.9** Gemessene Stoßstellendämm-Maße von horizontalen Gebäude-Übertragungssituationen - Weg Ff - mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW)

Die in horizontaler Richtung gemessenen Stoßstellendämm-Maße weisen einen ähnlichen Verlauf wie die in vertikaler Richtung gemessenen Stoßstellendämm-Maße auf. Sie liegen jedoch nicht so deutlich über dem Rechenwert für einen starren Stoß, teilweise sogar darunter, vor allem beim Weg Ff. Somit sind die horizontalen Stoßstellendämm-Maße auch insgesamt niedriger als die vertikalen Stoßstellendämm-Maße. Es wird aber dennoch auch in horizontaler Übertragungsrichtung durch die Entkopplung der Gipswände eine Erhöhung des Stoßstellendämm-Maßes und damit der Flankendämmung erreicht.

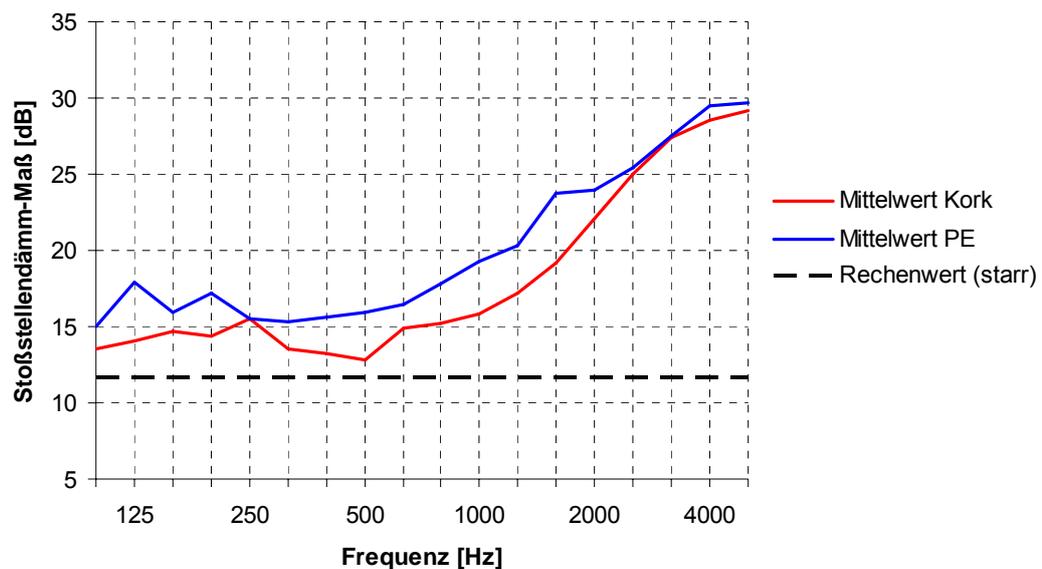
Die Streuung der horizontal gemessenen Stoßstellendämm-Maße läßt sich unter anderem durch die nicht immer gleichen Bausituationen, zum Beispiel unterschiedliche flächenbezogene Massen der Wohnungstrennwände sowie unterschiedlich große Bauteilflächen, begründen. Bei einigen der untersuchten Gebäudesituationen waren auch auf einer Seite der Gipswände Versorgungsschächte, ebenfalls aus Gips-Wandbauplatten, angeordnet. Diese Schächte waren zum Zeitpunkt der Messungen bereits komplett geschlossen, so dass keine Sichtkontrolle der dahinterliegenden Randanschlüsse der flankierenden Gipswände erfolgen konnte.

Die Wohnungstrennwände werden in der Regel erst nach dem Einbau der Gipswände verputzt. Beim Aufbau der Gipswände werden die Randstreifen auf der zum Teil unebenen Oberfläche der unverputzten Wohnungstrennwand angebracht, dabei wird auch die Entkopplung der Gipswände gewährleistet. Beim späteren Verputzen der Wohnungstrennwände wird der Putz dann in der Regel durch einen Kellenschnitt von den Gipswänden getrennt. Falls jedoch der Kellenschnitt nicht richtig ausgeführt wird, kommt es zwangsläufig zu kleineren Schallbrücken zwischen Putz und Gipswand, welche dann die erreichbare Stoßstellendämmung vermindern können.

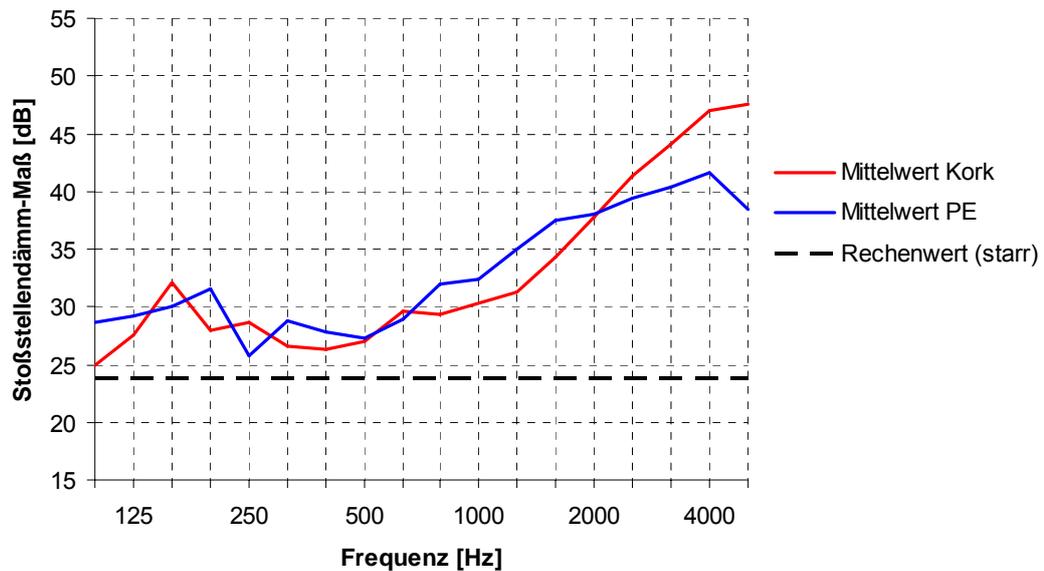
Abhilfe könnte bei diesem Problem ein elastisches (Klebe-)Band zwischen Putz und Gipswand, zum Beispiel aus 2 mm dickem PE-Schaum oder ähnlichem, schaffen. Ein solches Band würde eine zuverlässigere Trennung als der übliche Kellentrennschnitt gewährleisten. Diese Vorgehensweise konnte sich aber bislang in der Baupraxis noch nicht durchsetzen.

In vertikaler Richtung tritt das Problem des „Einputzens“ in der Regel nicht auf, da die heutzutage im Massivbau üblichen Filigrandeckenunterseiten nicht verputzt, sondern nur an den Stößen dünn verspachtelt werden. Somit bleibt die Trennung am Deckenanschluss durch den Randstreifen gewährleistet. Der Randanschluss am Boden wird durch den schwimmenden Estrich verdeckt, somit kann es hier in der Regel auch nicht zu Schallbrücken durch Überspachteln kommen.

Bildet man für die horizontalen Stoßstellendämm-Maße separate Mittelwerte für alle Messungen mit Korkstreifen beziehungsweise für alle Messungen mit PE-Schwerschaumstreifen, erhält man die in Abbildung 10.10 (Weg Df / Fd) und Abbildung 10.11 (Weg Ff) dargestellten Resultate. Zusätzlich ist jeweils noch der Rechenwert nach DIN EN 12354-1 für einen starren Stoß dargestellt.



**Abbildung 10.10** Mittelwerte der gemessenen Stoßstellendämm-Maße für Kork- und PE-Streifen von horizontalen Übertragungssituationen - Weg Df / Fd



**Abbildung 10.11** Mittelwerte der gemessenen Stoßstellendämm-Maße für Kork- und PE-Streifen von horizontalen Übertragungssituationen - Weg Ff

Die Messwerte für Kork- und PE-Streifen liegen im für die Einzahlwertbildung relevanten Frequenzbereich insgesamt in derselben Größenordnung. Beim Übertragungsweg Df / Fd sind die Messwerte der Bauobjekte mit Korkstreifen allerdings etwas geringer als die der Situationen mit PE-Schwerschaumstreifen. Durch die größere Anzahl der Messungen mit Korkstreifen sind diese jedoch als etwas sicherer einzustufen.

Die nach DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittelung der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz ermittelten Einzahlwerte sind in der folgenden Tabelle 10.3 dargestellt. Für die Berechnung des Schallschutzes nach DIN EN 12354-1 mittels des vereinfachten Verfahrens wird der Einzahlwert des Stoßstellendämm-Maßes benötigt.

	Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,200-1250\text{Hz}}$ [dB]	
	Weg DF / Fd	Weg Ff
Mittelwert PE-Streifen	17,1	29,9
Mittelwert Korkstreifen	14,8	28,6
Mittelwert aller Messungen	15,5	29,0
Rechenwert für starren Stoß	11,6	23,8

**Tabelle 10.3** Einzahlwerte von Stoßstellendämm-Maßen für den Übertragungsweg Df / Fd sowie für den Weg Ff - horizontale Übertragung

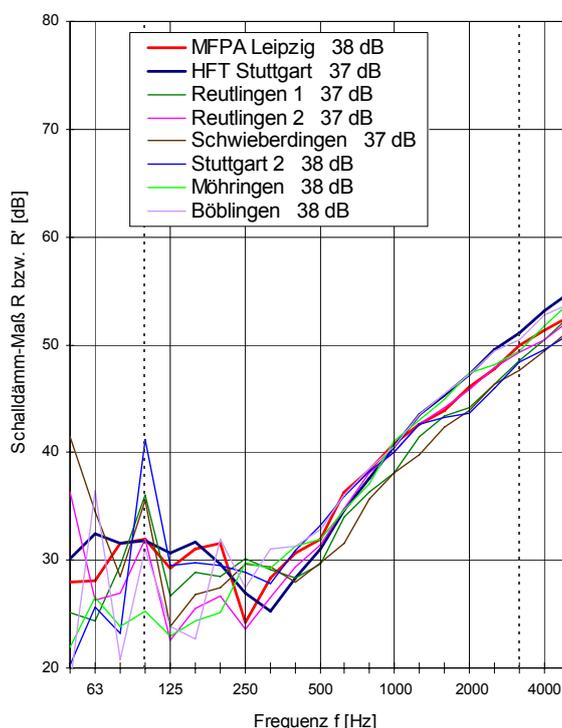
## 10.5 Luftschalldämmung von Trennwänden aus Gips-Wandbauplatten

In einigen Bauobjekten wurde auch die Luftschalldämmung von Trennwänden aus 100 mm dicken Gips-Wandbauplatten, die mit Kork- oder PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt waren, bestimmt. Dies war jedoch nur

bei entsprechend gestalteten Grundriss-Situationen möglich und auch dann teilweise nur mit Einschränkungen. Die Einschränkungen ergaben sich in der Regel dadurch, dass die Türöffnungen von Räumen mit einer Gips-Trennwand dazwischen häufig sehr nah beieinander lagen (zum Flur hin orientiert) und in die Öffnungen auch noch keine Türen eingebaut waren. Für die Messungen wurden die Türöffnungen zwar mit Holzspanplatten verschlossen, dennoch konnte eine Luftschallübertragung nicht immer vollständig ausgeschlossen werden. Zur Kontrolle der Luftschallmessungen wurde das Schalldämm-Maß zusätzlich noch mittels Körperschallmessungen bestimmt.

Alle Messungen, bei denen eine mögliche Luftschallübertragung über die Türöffnungen oder sonstige Nebenwege nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden im Rahmen dieses Berichts nicht weiter berücksichtigt. Sie können jedoch den Messberichten [47] bis [60] der einzelnen Bauobjekte entnommen werden.

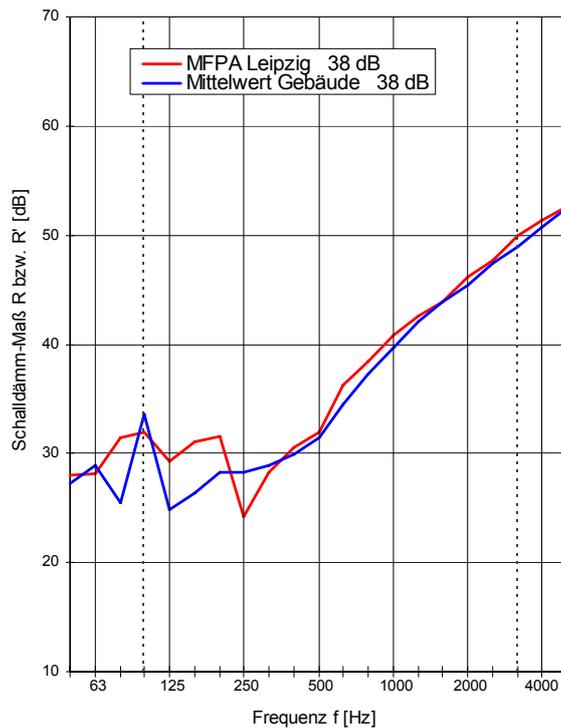
In Abbildung 10.12 sind sechs Bau-Schalldämm-Maße von Gipswänden, die mit Korkstreifen entkoppelt waren, den Labor-Schalldämm-Maßen der Forschungsstelle und der MFPA Leipzig gegenübergestellt. Die Labor-Schalldämm-Maße wurden von Gipswänden, die ebenfalls mit Korkstreifen entkoppelt waren, bestimmt. Bei den sechs dargestellten Ergebnissen der Baumessungen konnte eine Luftschallübertragung über Nebenwege definitiv ausgeschlossen werden.



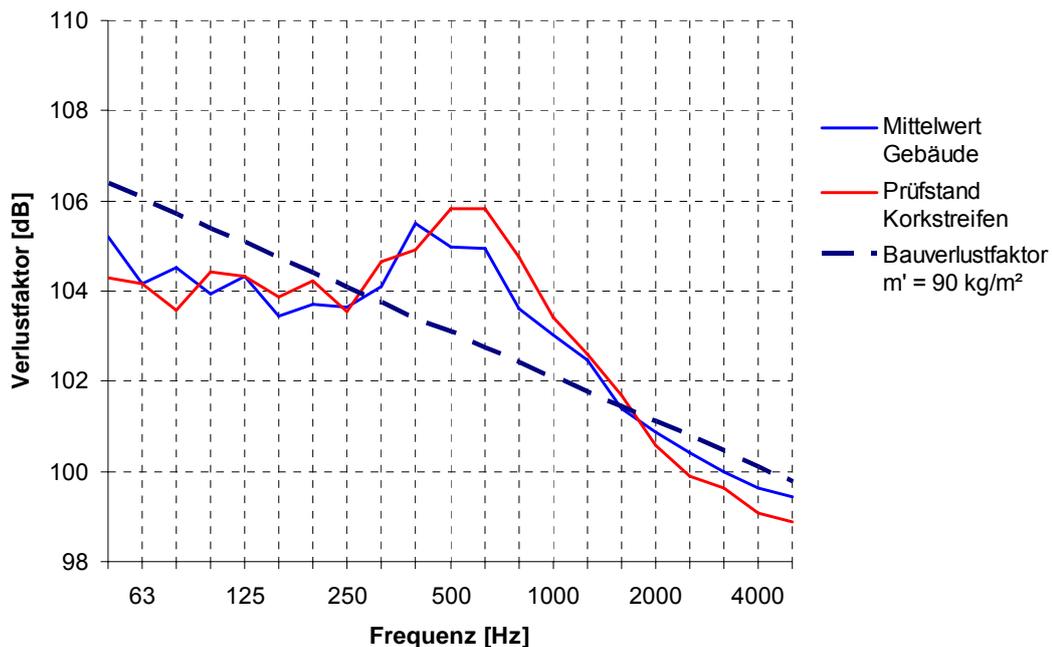
**Abbildung 10.12** Vergleich von Labor- und Bau-Schalldämm-Maßen von 100 mm dicken Gipswänden mit mittlerer Rohdichte, die durch Korkstreifen entkoppelt waren

Ab 315 Hz haben die Messkurven einen ähnlichen Verlauf. Bei tiefen Frequenzen schwanken die von verschiedenen Übertragungssituationen ermittelten Schalldämm-Maße aufgrund der Modenkopplung zwischen

Wand- und Raummoden. Daher sind bei tiefen Frequenzen größere Abweichungen der Messkurven vorhanden. Betrachtet man auch die bewerteten Schalldämm-Maße, wird klar ersichtlich, dass sowohl die Labor- als auch die Gebäudemessungen in der gleichen Größenordnung von 37 dB bis 38 dB liegen. Zur Verdeutlichung des Sachverhalts ist in Abbildung 10.13 ein Vergleich des Schalldämm-Maßes zwischen dem Mittelwert der entsprechenden Baumesungen und der Labormessung der MFPA Leipzig dargestellt. Abbildung 10.14 zeigt als Ergänzung den Vergleich des im Gebäude und im Prüfstand gemessenen Verlustfaktors.



**Abbildung 10.13** Mittelwert des Bau-Schalldämm-Maßes von Gipswänden im Vergleich zur Labormessung der MFPA Leipzig



**Abbildung 10.14** Mittelwert des am Bau gemessenen Verlustfaktors von Gipswänden im Vergleich zur Messung im Prüfstand

Die Messungen haben gezeigt, dass in ausgeführten Gebäuden prinzipiell die gleichen Schalldämm-Maße erreicht werden wie dies im Labor bei den entsprechenden Konstruktionen der Fall ist. Die Verlustfaktoren der Gipswände am Bau liegen ebenfalls in der gleichen Größenordnung wie im Labor. Aus diesem Grund braucht für Labormessungen von entkoppelten Gipswänden aufgrund der Entkopplung und der dadurch nicht dominierenden Energieableitung in benachbarte Bauteile eine In-situ Korrektur nicht durchgeführt werden.

## 10.6 Zusammenstellung der Ergebnisse

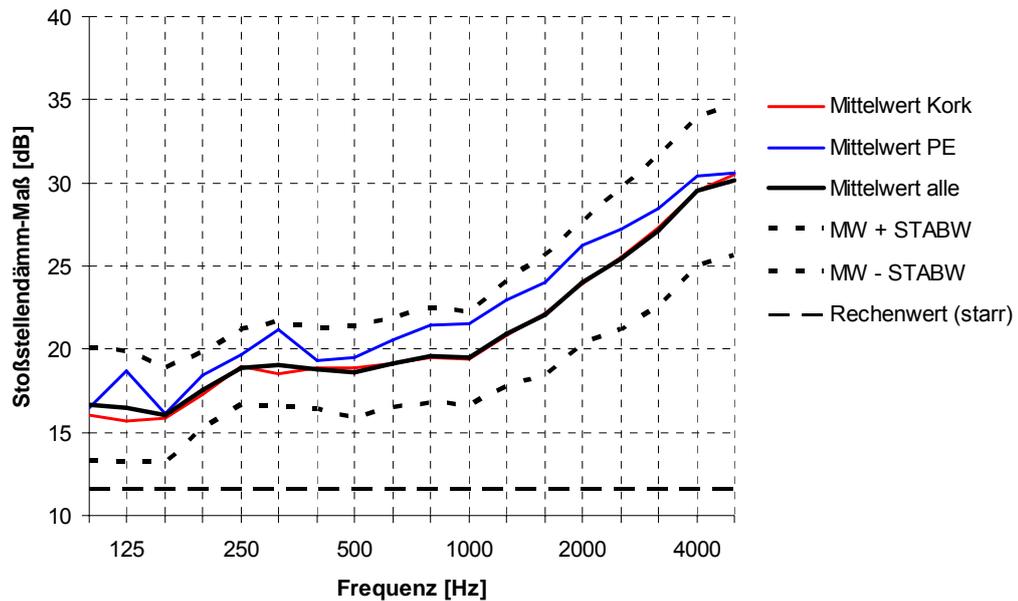
Die Messungen in den verschiedenen Gebäuden haben gezeigt, dass mit entkoppelten Gipswänden als flankierende Bauteile prinzipiell hohe resultierende Bau-Schalldämm-Maße zwischen benachbarten Räumen erreicht werden können. Bedingung dafür ist allerdings eine handwerklich korrekte Ausführung der Gipswand-Randanschlüsse und damit der Entkopplung. Wenn das gewährleistet ist, können hohe Schalldämm-Maße in vertikaler und horizontaler Richtung erreicht werden. Die Übertragung in vertikaler Richtung über Wohnungstrenndecken und in horizontaler Richtung über Wohnungstrennwände wurde durch Luft- und Körperschallmessungen eingehend untersucht. Dazu wurden unter anderem auch die Flankendämm-Maße auf allen flankierenden Bauteilen bestimmt. Dabei hat sich gezeigt, dass das resultierende Bau-Schalldämm-Maß unter Umständen auch durch andere flankierende Bauteile, zum Beispiel zu leichte Außenwände begrenzt wird. Die Untersuchungen des Flankendämm-Maßes haben gezeigt, dass eine entkoppelte Gipswand hinsichtlich der Flankendämmung in derselben Größenordnung wie eine übliche Massivwand mit etwa 300 kg/m<sup>2</sup> flächenbezogener Masse liegt. Zusammenfassend lässt sich zur Flankendämmung von entkoppelten Gipswänden sagen, dass vertikale

Übertragungssituationen dabei eher unproblematisch sind. Bei horizontalen Übertragungssituationen besteht vor allem die Gefahr, dass die Randanschlüsse der Gipswände beim Verputzen der Wohnungstrennwände überputzt werden, was dann zur Verminderung der resultierenden Schalldämmung der Wohnungstrennwand führen kann.

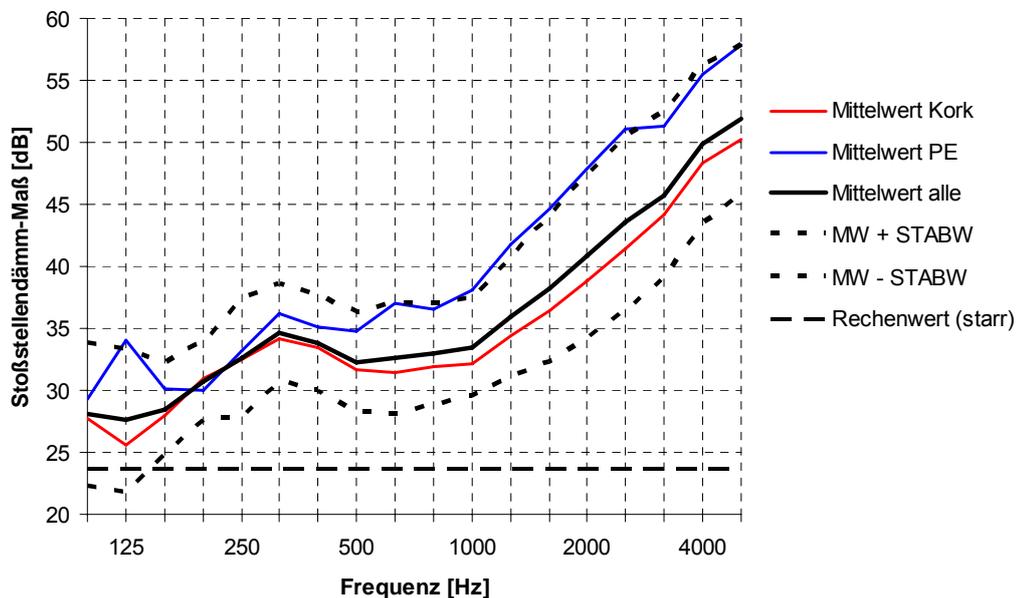
Das Bau-Schalldämm-Maß von Gipswänden im Gebäude liegt in derselben Größenordnung wie bei den Messungen im Prüfstand. Die am Bau ermittelten Verlustfaktoren der Wände aus Gips-Wandbauplatten liegen ebenfalls in der gleichen Größenordnung wie im Prüfstand. Eine In-situ-Korrektur erscheint daher für die Labormesswerte nicht sinnvoll, da die Gipswände durch die Randstreifen von den übrigen Bauteilen getrennt sind. Somit wird die Energieableitung in diese benachbarten Bauteile weitgehend verhindert.

In den verschiedenen Gebäuden wurden Stoßstellendämm-Maße von Gipswänden in vertikaler und horizontaler Richtung messtechnisch bestimmt. Bei den Messungen wurde sowohl der Übertragungsweg  $D_f / F_d$ , das heißt von einer Gipswand auf ein Trennbauteil, als auch der Weg  $F_f$  von einer Gipswand über ein Trennbauteil auf eine andere Gipswand berücksichtigt. Die gemessenen Stoßstellendämm-Maße stellen eine wichtige Eingangsgröße für die Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes nach DIN EN 12354-1 dar. Zur Klärung, wie die gemessenen Stoßstellendämm-Maße für die Berechnung zu berücksichtigen sind, wurden die Ergebnisse entsprechend aufgearbeitet und analysiert. Im folgenden wird die Vorgehensweise für die vertikale Übertragung erörtert.

Die Messungen wurden in neun Gebäuden mit Kork-Randstreifen und in drei Gebäuden mit PE-Schwerschaumstreifen durchgeführt. Daher sollte auch geklärt werden, ob bei den Eingangsdaten für die Berechnung nach DIN EN 12354-1 zwischen Kork- und PE-Schwerschaumstreifen unterschieden werden muss. Die Mittelwerte für Kork-Streifen, PE-Streifen und alle Messungen sind in Abbildung 10.15 für den Weg  $D_f / F_d$  und in Abbildung 10.16 für den Weg  $F_f$  dargestellt.



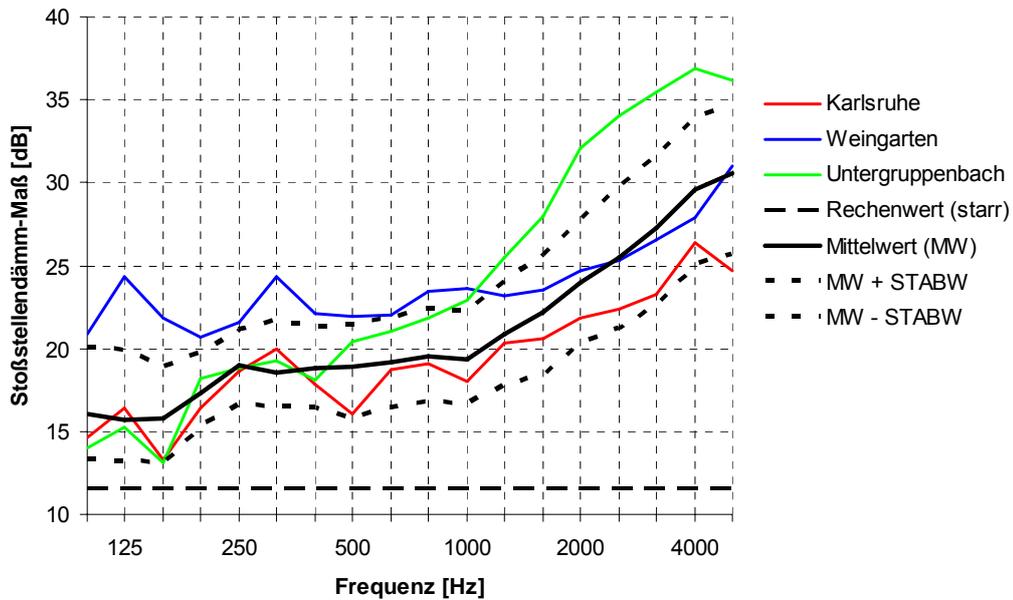
**Abbildung 10.15** Mittelwerte für Kork-Streifen und PE-Streifen im Vergleich zum Mittelwert aller Messungen für den Übertragungsweg Df / Fd



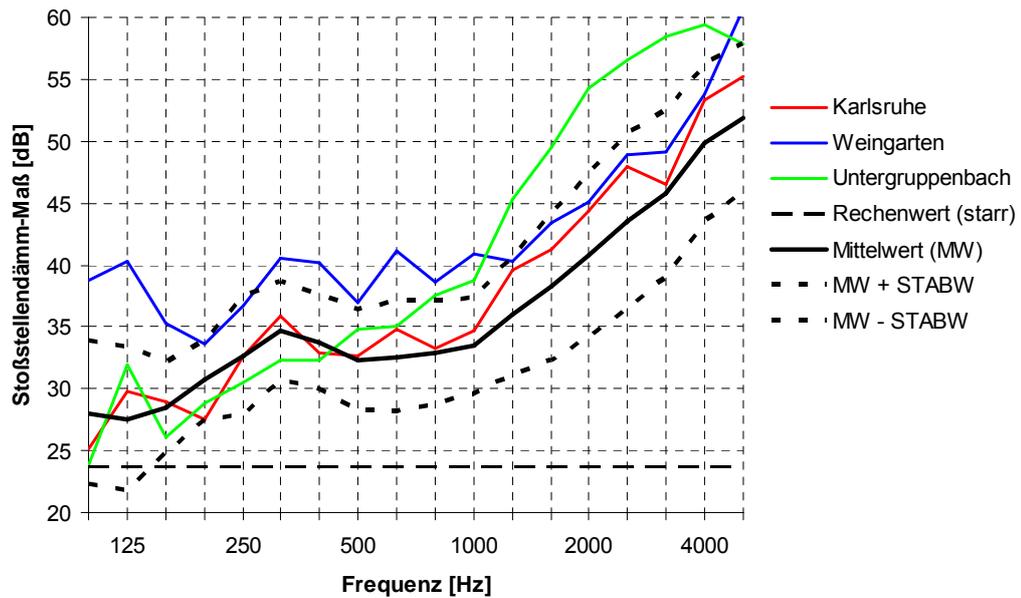
**Abbildung 10.16** Mittelwerte für Kork-Streifen und PE-Streifen im Vergleich zum Mittelwert aller Messungen für den Übertragungsweg Ff

Der Mittelwert aller Messungen entspricht im Wesentlichen dem Mittelwert der Messungen mit Korkstreifen, die Stoßstellendämm-Maße der untersuchten Situationen mit PE-Schwerschaumstreifen sind im Mittel etwas höher, jedoch aufgrund der geringen Anzahl (drei Messungen) mit größeren Unsicherheiten behaftet. Der Mittelwert der PE-Schwerschaumstreifen liegt innerhalb der Standardabweichung des gesamten Mittelwertes, so dass eine Differenzierung zwischen Kork- und PE-Schwerschaumstreifen aufgrund des

ähnlichen Frequenzverlaufs und der geringen Datenmenge beim PE-Streifen nicht sinnvoll erscheint. In Abbildung 10.17 sind ergänzend die drei Messergebnisse mit PE-Schwerschaumstreifen dem Mittelwert aller gemessenen vertikalen Situationen mit dessen Standardabweichung für den Weg Df / Fd gegenübergestellt, die entsprechende Darstellung für den Weg Ff ist Abbildung 10.18 zu entnehmen.



**Abbildung 10.17** Messwerte mit PE-Streifen im Vergleich zum Mittelwert aller Messungen für den Übertragungsweg Df / Fd



**Abbildung 10.18** Messwerte mit PE-Streifen im Vergleich zum Mittelwert aller Messungen für den Übertragungsweg Ff

Die drei Messwerte der PE-Schwerschaumstreifen streuen relativ stark, allerdings liegt auch das schlechteste Messergebnis der PE-Streifen noch innerhalb der Standardabweichung aller gemessenen Stoßstellendämm-Maße. Aufgrund der Ergebnisse erscheint es sinnvoll, für die Berechnung nach DIN EN 12354-1 den Mittelwert aller gemessenen Stoßstellendämm-Maße als Eingangsgröße heranzuziehen. Dieser Ansatz wurde bei der eigentlichen Berechnung (siehe Kapitel 12) noch zusätzlich überprüft. Für die Berechnung wird das Stoßstellendämm-Maß als Einzahlwert benötigt. In Tabelle 10.4 sind die nach DIN EN ISO 10848-1 bestimmten Einzahlwerte für die Bau- und Labormessungen in vertikaler Richtung angegeben und mit dem Rechenwert für einen starren Stoß, der nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungsgleichungen bestimmt wurde, verglichen.

	Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,200-1250\text{Hz}}$ [dB]	
	Weg DF / Fd	Weg Ff
Mittelwert PE-Streifen (Bau)	20,5	35,9
Mittelwert Korkstreifen (Bau)	19,1	32,5
Mittelwert aller Messungen (Bau)	19,1	33,2
Rechenwert für starren Kreuzstoß (Bau), Deckendicke: 200 mm, nach dem Normentwurf der zukünftigen DIN 4109-3 bestimmt	13,4	17,4
Messwert PE-Streifen (Labor)	17,9	30,7
Messwert Korkstreifen (Labor)	19,5	34,9
Rechenwert für starren Kreuzstoß (Labor), Deckendicke: nach dem Normentwurf der zukünftigen DIN 4109-3 bestimmt	12,5	16,9

**Tabelle 10.4** Einzahlwerte von Stoßstellendämm-Maßen - vertikale Übertragung

Für zukünftige Berechnungen des Schallschutzes im Gebäude soll das höhere Stoßstellendämm-Maß der entkoppelten Gipswände durch einen Zuschlag  $\Delta K_{ij}$  zum gemäß dem Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 berechneten Stoßstellendämm-Maß für einen starren Stoß (ohne Entkopplung) berücksichtigt werden. Die Gleichungen (4.22), (4.23) und (4.24) ermöglichen die Berechnung für einen starren Kreuzstoß. Der Zuschlag  $\Delta K_{ij}$ , der auch als „Stoßstellen-Verbesserungsmaß“ bezeichnet werden kann, wird anhand der oben genannten Messergebnisse festgelegt und soll dann ebenfalls im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 verfügbar sein. Bei der Festlegung des Zuschlags zur Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes wird nicht nur die vertikale, sondern auch die horizontale Übertragung berücksichtigt (siehe dazu auch Kapitel 14).

Wie bereits in Abbildung 10.10 und Abbildung 10.11 deutlich wurde, gibt es in horizontaler Richtung keine signifikanten Unterschiede der mit Kork- und PE-Schwerschaumstreifen gemessenen Stoßstellendämm-Maße im für die Einzahlwertbildung interessierenden Frequenzbereich von 200 Hz bis 1250 Hz. Die zuvor dargestellten Ausführungen für die vertikale Übertragung

treffen daher auch sinngemäß für die horizontale Übertragung zu, so dass auch dafür nicht zwischen Kork- und PE-Schwerschaumstreifen unterschieden werden soll. Statt dessen soll ebenfalls der Mittelwert aller Messungen die Basis für die Festlegung des Zuschlags  $\Delta K_{ij}$  sein. In Tabelle 10.5 sind die nach DIN EN ISO 10848-1 bestimmten Einzahlwerte für die Bau- und Labormessungen in horizontaler Richtung angegeben und mit den Rechenwert für einen starren Kreuzstoß, der nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungsgleichungen bestimmt wurde, verglichen.

	Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,200-1250\text{Hz}}$ [dB]	
	Weg DF / Fd	Weg Ff
Mittelwert PE-Streifen (Bau)	17,1	29,9
Mittelwert Korkstreifen (Bau)	14,8	28,6
Mittelwert aller Messungen (Bau)	15,5	29,0
Rechenwert für starren Kreuzstoß (Bau), nach dem Normentwurf der zukünftigen DIN 4109-3 bestimmt	13,0	17,5
Messwert PE-Streifen (Labor)	24,7	36,3
Messwert Korkstreifen (Labor)	21,0	35,3
Rechenwert für starren Kreuzstoß (Labor), nach dem Normentwurf der zukünftigen DIN 4109-3 bestimmt	13,7	17,5

**Tabelle 10.5** Einzahlwerte von Stoßstellendämm-Maßen - horizontale Übertragung

## 11 Berechnung nach der bisherigen DIN 4109, Beiblatt 1

Das Ziel des Forschungsvorhabens war im Wesentlichen die Umsetzung des vereinfachten Berechnungsverfahrens nach DIN EN 12354-1 [4], welches in der zukünftigen DIN 4109 für den Nachweis des Schallschutzes in Gebäuden vorgesehen ist. In einem ersten Schritt sollte für die untersuchten Bauobjekte jedoch auch die Berechnung des Schallschutzes nach der bisherigen DIN 4109 [30] durchgeführt werden. Dadurch sollte sozusagen die aktuelle Berechnungssituation aufgezeigt werden. Im weiteren Verlauf sollte dann auch versucht werden, das Berechnungsverfahren mit relativ einfachen Modifikationen an die speziellen Belange des Gips-Wandbau-plattenbereichs (Entkopplung der Wände) anzupassen. Diese Vorgehensweise diente hauptsächlich der Vorbereitung auf die Berücksichtigung der Gipswände im vereinfachten Rechenverfahren der DIN EN 12354-1.

### 11.1 Berechnungsverfahren und mögliche Modifikationen des Verfahrens

Für alle messtechnisch untersuchten Gebäudesituationen wurde eine Berechnung des Schallschutzes nach dem derzeit noch gültigen Beiblatt 1 zur DIN 4109, Ausgabe 1989 [30] durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_{w,R}$  erfolgt dabei nach der folgenden Gleichung:

$$R'_{w,R} = R'_{w,R,300} + K_{L,1} + K_{L,2} \quad (11.1)$$

Dabei bedeutet:

$R'_{w,R,300}$	Rechenwert für Trennbauteile nach DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 1 oder Tabelle 12 (Decken) bei einer mittleren flächenbezogenen Masse ( $m'$ ) der flankierenden Bauteile von etwa 300 kg/m <sup>2</sup>
$K_{L,1}$	Korrekturwert nach Tabelle 13 wenn die mittlere flächenbezogene Masse ( $m'$ ) der flankierenden Bauteile kleiner oder größer als 300 kg/m <sup>2</sup> ist
$K_{L,2}$	Korrekturwert nach Tabelle 15 für flankierende Bauteile mit Vorsatzschalen oder für biegeeweiche Bauteile

Im Beiblatt 1 der DIN 4109 ist die Berechnungsgrundlage für den Schallschutz im Wesentlichen die flächenbezogene Masse der trennenden und flankierenden Bauteile. Eine Entkopplung der flankierenden Bauteile wird dabei nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde nun im Rahmen des Forschungsvorhabens versucht, mit drei verschiedenen Varianten, basierend auf dem im Beiblatt 1 der DIN 4109 vorgesehenen Rechenverfahren, die in den ausgeführten Gebäuden gemessenen horizontalen und vertikalen Übertragungssituationen mit Gipswänden als flankierende Bauteile möglichst genau zu berechnen.

Bei der Variante 1 wurden alle flankierenden Bauteile - auch die entkoppelten Gipswände - für die Bestimmung der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile herangezogen. Durch die relativ geringe flächenbezogene Masse der Gipswände ergab sich bei Räumen mit zwei

oder drei flankierenden Gipswänden ein negatives  $K_{L,1}$ , so dass die Schalldämmung des Trennbauteils (Wohnungstrennwand oder -decke) für die Berechnung stark vermindert wurde. Die Variante 1 ergab die größte Abweichung vom tatsächlich gemessenen Schalldämm-Maß, stellt jedoch die bei der Planung in der Praxis gängigste Vorgehensweise dar. Man kann davon ausgehen, dass die Variante 1 den ungünstigsten Einbauzustand, das heißt den Einbau der Gipswände ohne Entkopplung durch Randstreifen, darstellt.

Bei der Variante 2 wurde angenommen, dass die Gipswände durch die Entkopplung keinen nennenswerten Beitrag zur Flankenübertragung leisten. Sie blieben daher bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung unberücksichtigt. Die Bestimmung der mittleren flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile und damit des Korrekturwerts  $K_{L,1}$  erfolgte nur für die flankierenden Massivbauteile mit starrem Anschluss (ohne Entkopplung). Die Variante 2 wies eine bessere Übereinstimmung mit dem gemessenen Schalldämm-Maß als die Variante 1 auf.

Da die Variante 2 aber auch keine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung ergab, wurde bei der Variante 3 versucht, eine Verbesserung der Flankendämmung durch die Entkopplung der Gipswände bei der Berechnung zu berücksichtigen. Für die Bestimmung von  $K_{L,1}$  wurden - wie bei Variante 2 - nur die Massivbauteile ohne Entkopplung angesetzt. Zusätzlich wurde noch ein  $K_{L,2}$  bei der Berechnung berücksichtigt. Der Korrekturwert  $K_{L,2}$  ist im Beiblatt 1 der DIN 4109 für eine Verbesserung der Flankendämmung durch biegeeweiche Vorsatzschalen an den flankierenden Bauteilen vorgesehen. Diese Verbesserung der Flankendämmung wurde nun auch für die Entkopplung der Gipswände berücksichtigt. Dabei ergab sich das  $K_{L,2}$  bei einer flankierenden Gipswand zu + 1 dB, bei zwei Gipswänden zu + 3 dB und bei 3 Gipswänden zu + 6 dB. Mit der Berechnungsvariante 3 konnte teilweise eine noch bessere Übereinstimmung mit den Messwerten erzielt werden als dies bei Variante 2 der Fall war.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungsvarianten vorgestellt und mit den Messwerten verglichen.

## 11.2 Ergebnisse für die horizontalen Übertragungssituationen

In der folgenden Tabelle 11.1 sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten dem gemessenen Schalldämm-Maß für die untersuchten horizontalen Übertragungssituationen gegenübergestellt.

Bauobjekt	Anz. flank. Gipswände	Rechenwert [dB]			Messwert [dB]
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	
Kornwestheim	1	54	56	57	56
Esslingen-Zell	1	56	58	59	61
Karlsruhe	1	57	58	59	57 <sup>1)</sup>
Böblingen	1	54	56	57	57
					56
Remseck	1	53	55	56	57
					56
Untergruppenbach	1	53	55	56	52 <sup>2)</sup>
					52 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> durch Körperschallmessungen bestimmt

<sup>2)</sup> Anforderungen nach DIN 4109 durch Flankenübertragung über die Ziegel-Außenwände unterschritten

**Tabelle 11.1**

Horizontale Übertragungssituationen - Vergleich Rechnung in Anlehnung an DIN 4109 - Messung in Gebäuden

### 11.3 Ergebnisse für die vertikalen Übertragungssituationen

In der folgenden Tabelle 11.2 sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten dem gemessenen Schalldämm-Maß für die untersuchten vertikalen Übertragungssituationen gegenübergestellt.

Bauobjekt	Anz. flank. Gipswände	Rechenwert [dB]			Messwert [dB]
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	
Kornwestheim	3	55	59	65	63
Esslingen-Zell (A)	2	56	58	61	63
Esslingen-Zell (B)	2	57	60	63	64
Reutlingen (A)	3	55	59	65	62
Reutlingen (B)	2	56	59	62	64
Karlsruhe	2	58	60	63	60
Schwieberdingen	2	57	60	63	66
Stuttgart (A)	2	55	57	60	63
Stuttgart (B)	2	57	60	63	64
Weingarten (A)	2	55	57	60	58
Weingarten (B)	2	56	57	60	59
Bad Cannstatt	2	55	57	60	60
Heilbronn (A)	3	56	59	65	59
Heilbronn (B)	2	57	59	62	60
Möhringen II (A)	3	56	60	66	63
Möhringen II (B)	3	56	60	66	62
Böblingen	2	57	60	63	61
Untergruppenbach	2	57	59	62	60

**Tabelle 11.2**

Vertikale Übertragungssituationen - Vergleich Rechnung in Anlehnung an DIN 4109 - Messung in Gebäuden

## 11.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Variante 1, welche die nach DIN 4109 anzuwendende Berechnungsmethode ist, die tatsächlich am Bau erreichbaren Schalldämm-Maße deutlich unterschätzt. Dies lässt sich damit begründen, dass für die Berechnung nur die relativ geringe flächenbezogene Masse der Gipswände und nicht deren Entkopplung berücksichtigt wird. Dabei wird auch deutlich, dass in dieser Hinsicht das bisherige Berechnungsverfahren in der DIN 4109 entkoppelte Gipswände völlig unzureichend berücksichtigt und dass dort dringender Handlungsbedarf besteht.

Die Varianten 2 (entkoppelte Gipswände leisten keinen Beitrag zur Flankenübertragung) und 3 (entkoppelte Gipswände vermindern die Flankenübertragung) führten beide sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Übertragungsrichtung zu einer deutlich besseren Übereinstimmung mit den Messwerten. Die Übereinstimmung der Variante 3 mit dem gemessenen Schalldämm-Maß war für vertikale Übertragungssituationen mit zwei flankierenden Gipswänden relativ gut. Bei Raumsituationen mit drei flankierenden Gipswänden ergab die Berechnung nach Variante 3 jedoch aufgrund des zu hohen Korrekturwertes von + 6 dB zu hohe Schalldämm-Maße. Für eine weitere Verbesserung der Berechnungsvariante 3 müsste daher der Korrekturwert für drei entkoppelte Gipswände entsprechend modifiziert werden.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollte jedoch nicht die Berechnung nach der bisherigen DIN 4109 an die Belange der entkoppelten Gipswände angepasst werden. Vielmehr war das Ziel, das vereinfachte Berechnungsverfahren der DIN EN 12354-1, welches in der zukünftigen DIN 4109 für den Nachweis des Schallschutzes in Gebäuden vorgesehen ist, für den Gips-Wandbauplattenbereich zu verifizieren (siehe nachfolgendes Kapitel).

## 12 Berechnung nach DIN EN 12354-1

Für eine möglichst genaue rechnerische Prognose des Schallschutzes sind im Wesentlichen zwei Dinge notwendig: die Auswahl eines geeigneten Rechenverfahrens sowie die Verfügbarkeit von abgesicherten Eingangsdaten für die entsprechende Übertragungssituation. Mit dem Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-1 [4] steht ein geeignetes Prognosemodell zur Verfügung, bei welchem die flankierende Übertragung durch massive Gipswände entsprechend berücksichtigt werden kann. Dazu mussten aber noch entsprechende Eingangsdaten, welche insbesondere die Entkopplung der Gipswände beschreiben, festgelegt werden.

### 12.1 Verifizierung des Berechnungsverfahrens

Das Rechenverfahren nach DIN EN 12354-1 zur Bestimmung der Luftschalldämmung war für übliche Bausituationen mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten zu überprüfen. Unabhängig von den einzelnen speziellen Eingangsdaten für die entkoppelten Gipswände sollte überprüft werden, ob mit dem Rechenverfahren eine hinreichend zutreffende Prognose für die Schalldämmung in ausgeführten Gebäuden ermöglicht werden kann.

Darüber hinaus war auch die Genauigkeit der rechnerischen Prognose sowie deren Abhängigkeit von den Eingangsdaten von Interesse.

Die Überprüfung des europäischen Rechenverfahrens zur Vorherbestimmung der Schalldämmung bezog sich in besonderem Maße auf das vereinfachte Modell, da in der zukünftigen DIN 4109 dieses Berechnungsmodell als Basis zur Berechnung des Schallschutzes dienen wird.

### 12.2 Methodik der Verifizierung

Die Methodik der Verifizierung des Rechenverfahrens basiert auf dem Vergleich zwischen den Berechnungen mittels des entsprechenden Berechnungsverfahrens und den messtechnischen Untersuchungen der zum Vergleich ausgewählten für den Gips-Wandbauplattenbereich repräsentativen Bausituationen.

Die untersuchten Gebäude (-situationen) und die durchgeführten Messungen sind im Kapitel 10 und in Anlage 1 dieses Berichtes dokumentiert.

Mit Eingabedaten, welche aus unterschiedlichen Quellen stammen, wird der Einfluss dieser Eingangsparameter auf das Ergebnis der Berechnung untersucht. Aufgrund der durchgeführten Messungen ist es nicht nur möglich das Endergebnis, das heisst das resultierende Bau-Schalldämm-Maß, zu vergleichen, sondern ebenso verschiedene Zwischenwerte wie Stoßstellen-dämm-Maße und Flankendämm-Maße zu analysieren.

Mit Hilfe von einzelnen Ergebnisvergleichen und statistischen Auswertungen kann die Übereinstimmung zwischen Rechen- und Messwerten beurteilt werden.

### 12.3 Berechnungen mit den verschiedenen Verfahren der DIN EN 12354-1

Die horizontalen und vertikalen Übertragungssituationen der in Kapitel 10 dargestellten 14 Bauobjekte wurden mittels verschiedener Berechnungsvarianten und Modifikationen der Eingangsdaten jeweils nach DIN EN 12354-1 berechnet. Da für den allgemeinen Massivbau bereits umfangreiche Erfahrungen zur Anwendung des CEN-Rechenverfahrens vorliegen, beschränkten sich die Modifikationen der Eingangsdaten im Wesentlichen auf die entkoppelten Gipswände als flankierende Bauteile.

Die Berechnungen wurden hauptsächlich nach dem vereinfachten Verfahren mit Einzahlwerten durchgeführt. Einzelne Übertragungssituationen wurden teilweise auch nach dem detaillierten Verfahren mit frequenzabhängigen Daten berechnet.

#### 12.3.1 Allgemeines

In allen Berechnungsverfahren ist die flächenbezogene Masse der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile eine wesentliche Größe, die zur Berechnung der Schalldämmung notwendig ist. Wie die flächenbezogene Masse eines Massivbauteils zu ermitteln ist, ist in der DIN EN 12354-1 nicht festgelegt. Jedoch werden im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 dazu Festlegungen getroffen. Zur Zeit ist lediglich im Beiblatt 1 zur DIN 4109 [30] ein Verfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Massivbauteilen festgelegt. Daher wird aktuell dieses einfache und in Deutschland bekannte Verfahren angewandt, um die flächenbezogenen Massen der Bauteile zu ermitteln, welche zur Berechnung der Schalldämmung benötigt werden.

Üblicherweise wird bei Massivbauteilen die flächenbezogene Masse aus der Steinrohddichte unter Berücksichtigung des verwendeten Mörtels und Putzes bestimmt. Speziell bei Bauteilen aus Gips-Wandbauplatten wird die flächenbezogene Masse gemäß DIN EN 12859 [23] vom Hersteller angegeben. Die flächenbezogene Masse wird dabei nur aus der Rohddichte ohne Berücksichtigung der Fugenverklebung bestimmt. Da die Gipswände nicht verputzt werden, wird natürlich auch kein Putz mitberücksichtigt. Jedoch lassen sich die schalltechnischen Eigenschaften der Gipswände aufgrund der Entkopplung nicht allein durch die flächenbezogene Masse beschreiben.

Die Bauteildaten der untersuchten Übertragungssituationen wurden bei den Gebäudemessungen soweit wie möglich ermittelt. Dies betraf vor allem die Abmessungen der Bauteile und der Räume. Eventuelle Abweichungen gegenüber den zur Verfügung stehenden Planunterlagen konnten direkt vor Ort ausfindig gemacht werden. Damit war gewährleistet, dass zwischen der messtechnisch untersuchten und der theoretisch berechneten Übertragungssituation größtmögliche Übereinstimmung bestand. Die einzelnen Bauteilaufbauten wurden der Forschungsstelle vom Bauherrn oder Fachplaner angegeben und nach Möglichkeit noch geengeprüft.

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Berechnungen und die Ergebnisse dargestellt.

### 12.3.2 Berechnungen nach dem vereinfachten Verfahren

Die erste Stufe der Verifizierung des Rechenverfahrens stellte die Berechnung der messtechnisch untersuchten Gebäude beziehungsweise Übertragungssituationen nach dem vereinfachten Rechenverfahren mit den notwendigen Eingabedaten dar.

Zur Berechnung wurde ein von der Forschungsstelle erstelltes Rechenprogramm, basierend auf MS-Excel verwendet, in das die benötigten Eingabedaten eingesetzt wurden.

Folgende Eingabedaten für die Berechnung waren notwendig:

- Schalldämm-Maße aller beteiligten Bauteile, ermittelt nach dem aktuellen Stand der Forschung, unter anderem basierend auf den in früheren Forschungsvorhaben [8] bis [11] bestimmten Massekurven, die im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 verfügbar sein werden
- Schalldämm-Maße der flankierenden Gipswände, den Prüfberichten der jeweiligen Wandkonstruktion (Berücksichtigung von verschiedenen Randstreifen) entnommen
- Fläche des Trennbauteils, ermittelt aus den Planunterlagen und / oder den Messungen
- Stoßstellenlänge der flankierenden Bauteile an das Trennbauteil, ermittelt aus den Planunterlagen und / oder den Messungen
- Stoßstellendämm-Maße aller Schallübertragungswege mit starr angekoppelten Flankenbauteilen, ermittelt nach DIN EN 12354-1, Anhang E beziehungsweise nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungsgleichungen
- Stoßstellendämm-Maße der Schallübertragungswege mit elastisch entkoppelten Gipswänden als Flankenbauteile, als Eingabedaten dienten die in den Bauobjekten gemessenen Stoßstellendämm-Maße sowie Modifikationen dieser Messdaten
- Luftschallverbesserungsmaß von eventuellen Vorsatzkonstruktionen, ermittelt nach DIN EN 12354-1, Anhang D

Es wurden insgesamt 28 messtechnisch untersuchte Übertragungssituationen nachgerechnet und mit den Messwerten verglichen. Dabei handelt es sich um 10 horizontale Situationen (Übertragung über eine Wohnungstrennwand hinweg) und 18 vertikale Situationen (Übertragung über eine Wohnungstrenndecke hinweg).

Das Stoßstellendämm-Maß als Eingangsgröße beschreibt dabei die Entkopplung der Gipswände. Die Bestimmung des Einzahlwertes der gemessenen Stoßstellendämm-Maße wurde entsprechend DIN EN ISO 10848-1 [21] durch arithmetische Mittelung der Terzwerte zwischen 200 Hz und 1250 Hz durchgeführt. Bei der Berücksichtigung des Stoßstellendämm-Maßes wurde entsprechend der Ergebnisse aus den Gebäudemessungen zwischen vertikaler und horizontaler Übertragung unterschieden. Die Berechnung mittels des vereinfachten Verfahrens erfolgte für drei unterschiedliche Varianten des Stoßstellendämm-Maßes als Eingangsgröße:

### Variante 1

Bei der Variante 1 wurden als erster Schritt alle untersuchten Bausituationen mit dem jeweils im entsprechenden Gebäude gemessenen Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij, \text{Messwert}}$  nachgerechnet.

### Variante 2

Bei der Variante 2 wurden nach Abschluss aller Gebäudemessungen die untersuchten Bausituationen mit dem Mittelwert  $K_{ij, \text{Mittelwert}}$  aller gemessenen Stoßstellendämm-Maße nachgerechnet.

### Variante 3

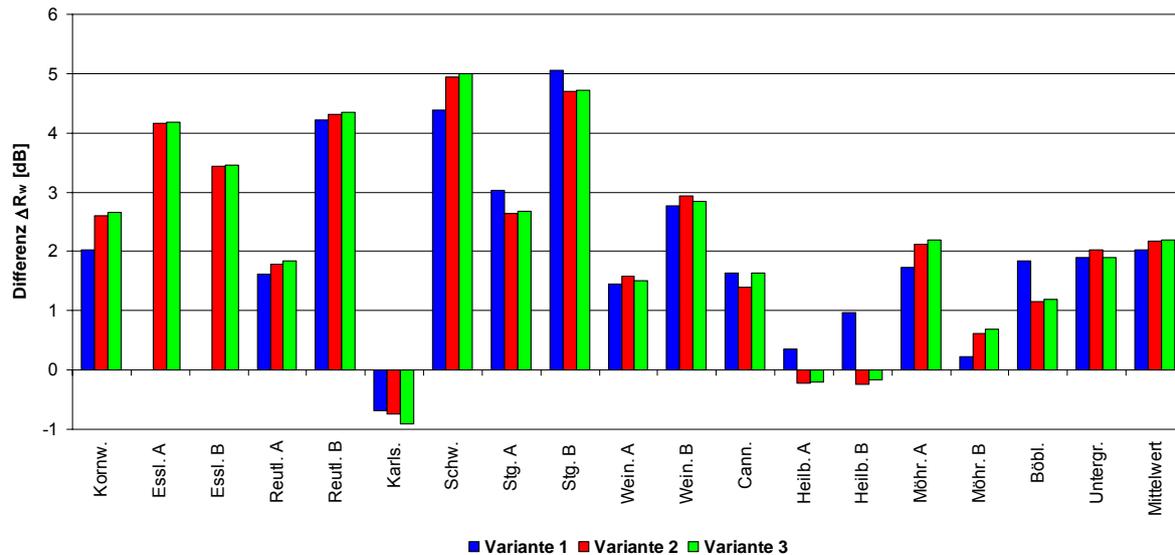
Bei der Variante 3 wurden nach Abschluss aller Gebäudemessungen zwei Mittelwerte aus den gemessenen Stoßstellendämm-Maßen gebildet. Einer für alle Bausituationen, bei denen die Gipswände mit Korkstreifen entkoppelt waren ( $K_{ij, \text{Mittel, Kork}}$ ) und ein zweiter für die Bausituationen, bei denen die Entkopplung der Gipswände mit PE-Schwerschaumstreifen ( $K_{ij, \text{Mittel, PE}}$ ) realisiert war. Die einzelnen Bausituationen wurden dann mit dem entsprechenden Mittelwert nachgerechnet.

In der folgenden Tabelle 12.1 sind für die untersuchten vertikalen Bau-situationen die Messwerte und die Differenz  $\Delta R_w$ , gebildet aus Messwert minus Rechenwert, für die drei oben beschriebenen Varianten dargestellt. Zusätzlich sind noch Mittelwert und Standardabweichung für die Messwerte und die berechneten Differenzen angegeben.

Bauobjekt	Anz. flank. Gipsw.	Messung $R'_w$ [dB]	Differenz $\Delta R_w$ [dB]		
			Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kornwestheim	3	63.4	2.0	2.6	2.7
Esslingen-Zell (A)	2	63.6	-	4.2	4.2
Esslingen-Zell (B)	2	64.0	-	3.4	3.5
Reutlingen (A)	3	62.7	1.6	1.8	1.8
Reutlingen (B)	2	64.2	4.2	4.3	4.3
Karlsruhe	2	60.6	-0.7	-0.7	-0.9
Schwieberdingen	2	66.8	4.4	4.9	5.0
Stuttgart (A)	2	63.6	3.0	2.6	2.7
Stuttgart (B)	2	64.9	5.0	4.7	4.7
Weingarten (A)	2	58.3	1.4	1.6	1.5
Weingarten (B)	2	59.4	2.8	2.9	2.8
Bad Cannstatt	2	60.3	1.6	1.4	1.6
Heilbronn (A)	3	59.9	0.4	-0.2	-0.2
Heilbronn (B)	2	60.1	1.0	-0.2	-0.2
Möhringen II (A)	3	63.7	1.7	2.1	2.2
Möhringen II (B)	3	62.2	0.2	0.6	0.7
Böblingen	2	61.5	1.8	1.2	1.2
Untergruppenbach	2	60.7	1.9	2.0	1.9
<i>Mittelwert</i>	-	62.2	2.0	2.1	2.2
<i>Standardabweichung</i>	-	2.2	1.6	1.7	1.7

**Tabelle 12.1** Vertikale Übertragungssituationen - Messwerte und Differenzen  $\Delta R_w$ , berechnet aus den Messwerten und drei verschiedenen Rechenwerten (Varianten 1 bis 3)

In Abbildung 12.1 sind die für die vertikale Übertragung aus den Messwerten und den drei verschiedenen Berechnungsvarianten bestimmten Differenzen  $\Delta R_w$  zusätzlich noch grafisch dargestellt.



**Abbildung 12.1** Vertikale Übertragungssituationen - Vergleich der Differenzen  $\Delta R_w$ , berechnet aus den Messwerten und drei verschiedenen Rechenwerten (Varianten 1 bis 3)

Im Mittel lagen die in vertikaler Richtung gemessenen Schalldämm-Maße bei 62,2 dB mit einer Standardabweichung von 2,2 dB. Zwischen den drei einzelnen Berechnungsvarianten ergeben sich keine großen Unterschiede. Das ist insbesondere zwischen der Berechnung mit dem Mittelwert aller vertikalen  $K_{ij}$ -Messungen (Variante 2) und der Berechnung mit den für Kork- und PE-Schwerschaumstreifen separat bestimmten Mittelwerten der jeweiligen vertikalen  $K_{ij}$ -Messungen (Variante 3) der Fall. Aus diesem Grund erscheint eine Differenzierung zwischen Kork- und PE-Streifen für die untersuchten Bauobjekte nicht sinnvoll. Auch die Verwendung der jeweils im entsprechenden Gebäude gemessenen Stoßstellendämm-Maße als Eingangsdaten für die Berechnung bringt keine deutlich bessere Übereinstimmung mit den gemessenen Werten. Insgesamt betrachtet wird das Schalldämm-Maß der untersuchten Übertragungssituationen durch die Berechnung mit dem vereinfachten Modell eher unterschätzt. Das trifft bei allen Stoßstellendämm-Maßen, die als Eingangsdaten für die Berechnungen verwendet wurden, zu. Da sich zwischen den einzelnen Berechnungsvarianten kein signifikanter Unterschied ergibt, erscheint es sinnvoll, die Stoßstellendämm-Maße, die für die Berechnungsvariante 2 als Eingangsdaten verwendet wurden, für zukünftige Berechnungen nach DIN EN 12354-1 zur Berücksichtigung von Gipswänden, die durch Kork- oder PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt sind, zu verwenden. Die mittlere Abweichung zwischen Messung und Rechnung betrug bei der Variante 2, das heißt bei Verwendung des Mittelwertes aller vertikalen  $K_{ij}$ -Messungen als Eingangsdaten, 2,1 dB mit einer Standardabweichung von 1,7 dB.

In der folgenden Tabelle 12.2 sind für die untersuchten horizontalen Bausituationen die Messwerte und die Differenz  $\Delta R_w$ , gebildet aus Messwert minus Rechenwert, für die drei Berechnungsvarianten dargestellt. Zusätzlich sind noch Mittelwert und Standardabweichung für die Messwerte und die berechneten Differenzen angegeben.

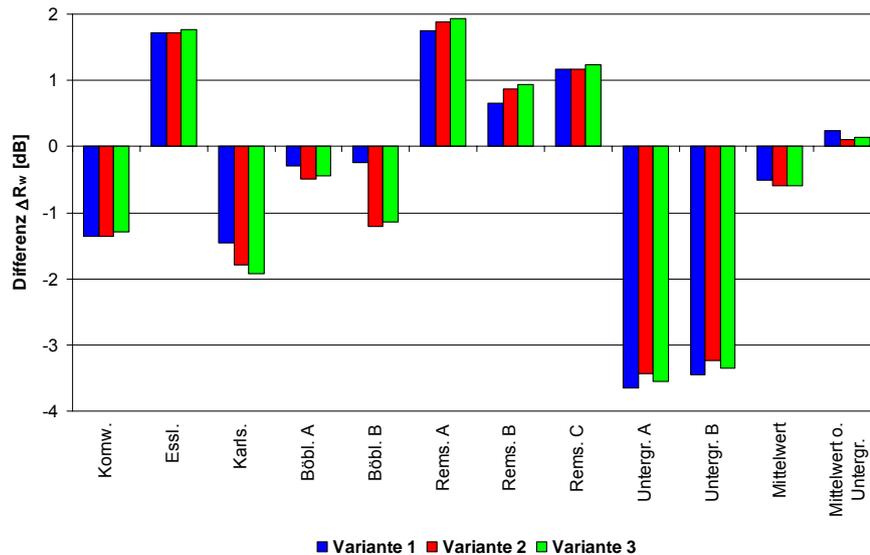
Bauobjekt	Anz. flank. Gipsw.	Messung $R'_w$ [dB]	Differenz $\Delta R_w$ [dB]		
			Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kornwestheim	1	56.5	-1.4	-1.4	-1.3
Esslingen-Zell	1	61.1	1.7	1.7	1.8
Karlsruhe	1	57.2 <sup>1)</sup>	-1.5	-1.8	-1.9
Böblingen A	1	57.2	-0.3	-0.5	-0.4
Böblingen B	1	56.5	-0.2	-1.2	-1.1
Remseck A	1	57.5	1.7	1.9	1.9
Remseck B	1	56.5	0.7	0.9	0.9
Remseck C	1	56.8	1.2	1.2	1.2
Untergruppenbach A	1	52.4 <sup>2)</sup>	-3.7	-3.4	-3.5
Untergruppenbach B	1	52.6 <sup>2)</sup>	-3.4	-3.2	-3.3
<i>Mittelwert</i>	-	56.4	-0.5	-0.6	-0.6
<i>Standardabweichung</i>	-	2.5	2.0	1.9	2.0
<i>Mittelwert ohne Untergruppenbach</i>	-	57.4	0.2	0.1	0.1
<i>Standardabweichung o. Untergruppenbach</i>	-	1.5	1.3	1.5	1.5

<sup>1)</sup> Schalldämmung aufgrund von Luftschallübertragung aus Körperschall-messungen bestimmt

<sup>2)</sup> Anforderungen nach DIN 4109 durch Flankenübertragung über die Ziegel-Außenwände unterschritten

**Tabelle 12.2** Horizontale Übertragungssituationen - Messwerte und Differenzen  $\Delta R_w$ , berechnet aus den Messwerten und drei verschiedenen Rechenwerten (Varianten 1 bis 3)

In Abbildung 12.2 sind die für die horizontale Übertragung aus den Messwerten und den drei verschiedenen Berechnungsvarianten bestimmten Differenzen  $\Delta R_w$  zusätzlich noch grafisch dargestellt.



**Abbildung 12.2** Horizontale Übertragungssituationen - Vergleich der Differenzen  $\Delta R_w$ , berechnet aus den Messwerten und drei verschiedenen Rechenwerten (Varianten 1 bis 3)

Wie in vertikaler Übertragungsrichtung gibt es auch in horizontaler Richtung keinen signifikanten Unterschied zwischen den Varianten 2 und 3. Teilweise wird durch die Variante 1, das heisst mit den gemessenen Stoßstellendämm-Maßen als Eingangsdaten, eine etwas bessere Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung erreicht, jedoch gleicht sich das über alle untersuchten Situationen betrachtet wieder aus. Wie in vertikaler Richtung erscheint es zur Vereinfachung sinnvoll, die Stoßstellendämm-Maße, die für die Berechnungsvariante 2 als Eingangsdaten verwendet wurden (Mittelwerte aller horizontalen Messungen), für zukünftige Berechnungen nach DIN EN 12354-1 zur Berücksichtigung von Gipswänden, die durch Kork- oder PE-Schwerschaumstreifen entkoppelt sind, zu verwenden. Im Mittel liegen die mit Variante 2 berechneten Schalldämm-Maße 0,6 dB über den Messwerten mit einer Standardabweichung von 1,9 dB. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, dass bei den beiden Messungen im Bauobjekt „Untergruppenbach“ durch Flankenübertragung über ungeeignete Ziegel-Außenwände die resultierende Schalldämmung deutlich vermindert wurde. Dadurch lässt sich auch die relativ große Differenz zwischen Rechnung und Messung von rund 3,5 dB erklären. Lässt man diese beiden Übertragungssituationen unberücksichtigt, dann liegen die Messwerte im Mittel 0,1 dB über den Rechenwerten mit einer Standardabweichung von 1,5 dB (bei Variante 2).

### 12.3.3 Berechnungen nach dem detaillierten Verfahren

Der nächste Schritt zur Verifizierung des Berechnungsverfahrens stellte die Berechnung einiger messtechnisch untersuchten Gebäude beziehungsweise Übertragungssituationen nach dem detaillierten Verfahren mit den notwendigen Eingabedaten dar.

Zur Berechnung wurde ein weiteres von der Forschungsstelle erstelltes Rechenprogramm, ebenfalls basierend auf MS-Excel verwendet, in das die benötigten Eingabedaten eingesetzt wurden.

Folgende frequenzabhängige Eingabedaten für die Berechnung waren dazu notwendig:

- Schalldämm-Maße aller beteiligten Bauteile, ermittelt nach dem aktuellen Stand der Forschung, unter anderem basierend auf den in früheren Forschungsvorhaben [8] bis [11] bestimmten Massekurven, die im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 verfügbar sein werden
- Schalldämm-Maße der flankierenden Gipswände, den Prüfberichten der jeweiligen Wandkonstruktion (Berücksichtigung von verschiedenen Randstreifen) entnommen
- Fläche des Trennbauteils, ermittelt aus den Planunterlagen und / oder den Messungen
- Stoßstellenlänge und Fläche der flankierenden Bauteile an das Trennbauteil, ermittelt aus den Planunterlagen und / oder den Messungen
- Stoßstellendämm-Maße aller Schallübertragungswege mit starr angekoppelten Flankenbauteilen, ermittelt nach DIN EN 12354-1, Anhang E beziehungsweise nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungsgleichungen
- Stoßstellendämm-Maße der Schallübertragungswege mit elastisch entkoppelten Gipswänden als Flankenbauteile, als Eingabedaten dienten die in den Bauobjekten gemessenen Stoßstellendämm-Maße sowie Modifikationen dieser Messdaten
- Luftschallverbesserungsmaß von eventuellen Vorsatzkonstruktionen, ermittelt nach DIN EN 12354-1, Anhang D

Zur rechnerischen Bestimmung der frequenzabhängigen Schalldämmung sind teilweise noch weitere Angaben notwendig. Einige dieser Daten sind ebenfalls in den Anhängen verfügbar und wurden bei der Berechnung verwendet. Waren für einige benötigte Daten keine Werte in den Anhängen verfügbar, so wurden die Werte aus anderen Quellen, zum Beispiel [25] und [26] verwendet.

Bei der Berücksichtigung des Stoßstellendämm-Maßes als wichtige Eingangsgröße für die Entkopplung der Gipswände wurde entsprechend der Ergebnisse aus den Gebäudemessungen zwischen vertikaler und horizontaler Übertragung unterschieden. Die Berechnung mittels des detaillierten Verfahrens erfolgte für drei unterschiedliche Varianten des Stoßstellendämm-Maßes als Eingangsgröße:

### Variante 1

Bei der Variante 1 wurde im gesamten Frequenzbereich der aus dem Mittelwert aller Messungen bestimmte Einzahlwert des Stoßstellendämm-Maßes (siehe Variante 2 beim vereinfachten Modell)  $K_{ij,MW\text{-Einzahlwert}}$  eingesetzt.

### Variante 2

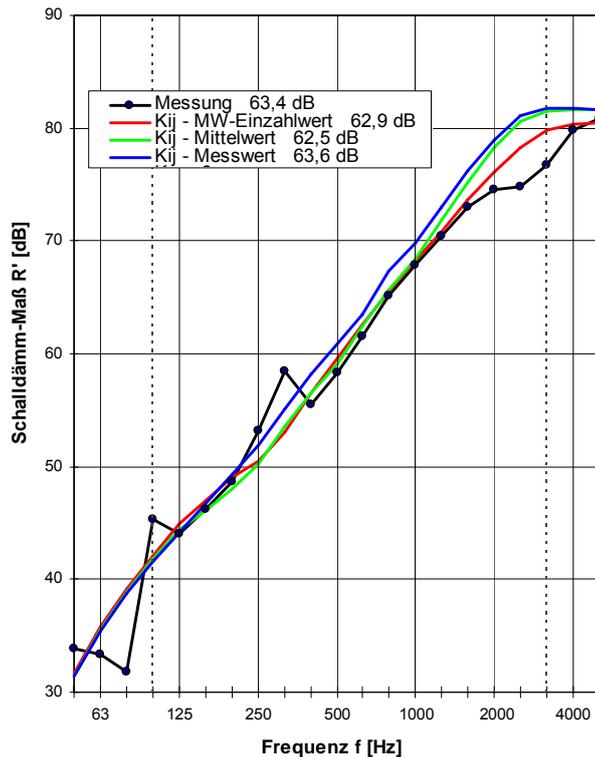
Bei der Variante 2 wurde der aus allen Messungen bestimmte Mittelwert des gemessenen Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij,Mittelwert}$  frequenzabhängig als Eingangsgröße verwendet.

### Variante 3

Bei der Variante 3 wurde für die Berechnung das jeweils im entsprechenden Gebäude gemessene Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij,Messwert}$  frequenzabhängig eingesetzt.

Es wurden mehrere messtechnisch untersuchte Übertragungssituationen nachgerechnet und mit den Messwerten verglichen. Dabei handelte es sich sowohl um horizontale Situationen (Übertragung über eine Wohnungstrennwand hinweg) als auch um vertikale Situationen (Übertragung über eine Wohnungstrenndecke hinweg). Die Berechnung nach dem detaillierten Verfahren gestaltet sich deutlich aufwendiger als beim vereinfachten Verfahren, welches vom zuständigen Normenausschuss für den Nachweis des Schallschutzes in der zukünftigen DIN 4109 festgelegt wurde. Da somit auch für den Bereich der Gips-Wandbauplatten hauptsächlich das vereinfachte Verfahren zur Anwendung kommt, werden an dieser Stelle nur stellvertretend zwei Berechnungsbeispiele nach dem detaillierten Berechnungsmodell dargestellt.

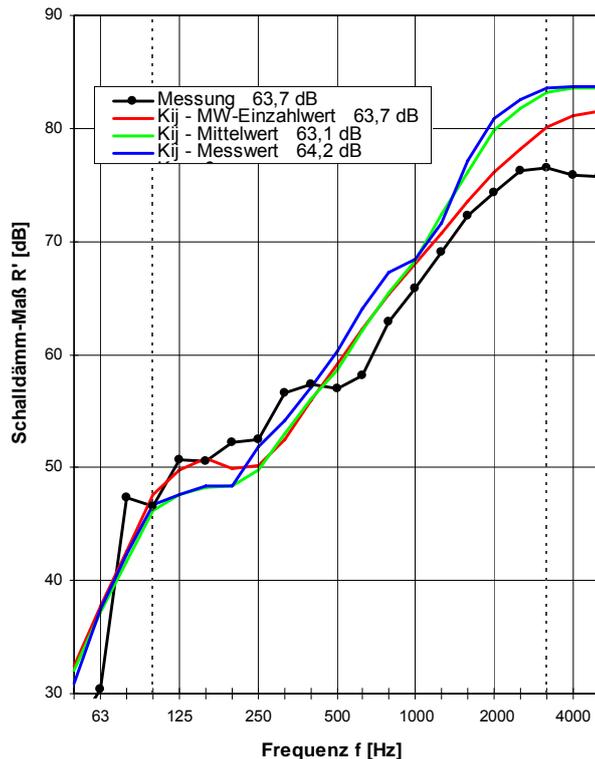
In Abbildung 12.3 sind die Ergebnisse der drei oben beschriebenen Varianten der detaillierten Berechnung für eine vertikale Übertragungssituation, untersucht bei der Baumessung in Kornwestheim, dem tatsächlichen Messwert gegenübergestellt.



**Abbildung 12.3** Ergebnisse der verschiedenen Varianten für die detaillierte Berechnung einer vertikalen Übertragungssituation, untersucht bei der Baumessung in Kornwestheim

Alle drei Berechnungsvarianten führen zu einer sehr guten Übereinstimmung mit dem Messwert, insbesondere im Frequenzbereich von 100 Hz bis 1600 Hz. Bei hohen Frequenzen liegen die berechneten Schalldämm-Maße über dem gemessenen Wert, das hat allerdings für die Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R'_w$  im bauakustisch relevanten Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3150 Hz keinen großen Einfluss mehr. Die Berechnung mit dem gemessenen Stoßstellendämm-Maß (Variante 3) ergibt beim bewerteten Schalldämm-Maß die beste Übereinstimmung mit dem Messwert. Allerdings ist auch bei den beiden anderen Berechnungsvarianten keine große Differenz zum Messwert vorhanden.

In Abbildung 12.4 sind die Ergebnisse der drei verschiedenen Varianten der detaillierten Berechnung für eine weitere vertikale Übertragungssituation, untersucht bei der Baumessung in Möhringen, dem tatsächlich ermittelten Messwert gegenübergestellt.



**Abbildung 12.4** Ergebnisse der verschiedenen Varianten für die detaillierte Berechnung einer vertikalen Übertragungssituation, untersucht bei der Baumessung in Möhringen

Die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung ist bis 1600 Hz relativ gut. Zwischen den drei Berechnungsvarianten gibt es keine großen Unterschiede, insbesondere bei Frequenzen bis 1250 Hz. Oberhalb 1250 Hz liegen dann die Varianten 2 und 3, bei denen das  $K_{ij}$  für die Berechnung frequenzabhängig berücksichtigt wurde, höher als bei der Variante 1, bei der für das  $K_{ij}$  über den gesamten Frequenzbereich der gleiche Wert eingesetzt wurde. Für die Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes haben diese hochfrequenten Abweichungen jedoch keinen großen Einfluss. Mit der Berechnungsvariante 1 wird genau das gleiche bewertete Schalldämm-Maß erreicht wie bei der Messung. Aber auch die beiden anderen Varianten liefern ziemlich ähnliche Ergebnisse.

## 12.4 Berücksichtigung der In-situ-Korrektur für die Berechnung

Die In-situ-Korrektur über den Gesamtverlustfaktor der Bauteile wurde in Kapitel 4.3 bereits erläutert. Auch der Zweck dieser Korrektur wurde bereits ausführlich dargestellt. In diesem Abschnitt soll nun erläutert werden, wie die In-situ-Korrektur für die Anwendung des Rechenmodells auf Bausituationen mit flankierenden Bauteilen aus Gips-Wandbauplatten im abgeschlossenen Forschungsvorhaben gehandhabt wurde. Dieses Vorgehen soll auch prinzipiell für zukünftige Berechnungen, zum Beispiel zum Nachweis des Schallschutzes nach der neuen DIN 4109 angewandt werden.

Um die Einbaubedingungen für reale Gebäude zu berücksichtigen, ist im Berechnungsmodell nach DIN EN 12354-1 vorgesehen, die In-situ-Korrektur auf das Schalldämm-Maß der Bauteile anzuwenden. Allerdings ist dies dort

nur explizit für das detaillierte Verfahren beschrieben. In der Beschreibung des vereinfachten Verfahrens sind keine Aussagen zur In-situ-Korrektur getroffen worden. Jedoch haben frühere Forschungsarbeiten, zum Beispiel [8] bis [11] gezeigt, dass auch beim vereinfachten Verfahren die In-situ Korrektur sinnvoll ist und die Genauigkeit der Prognose verbessert. Bei den untersuchten Übertragungssituationen wurde für alle Bauteile, die nicht aus Gips-Wandbauplatten bestanden, die In-situ Korrektur nach dem in Kapitel 4.3 beschriebenen Verfahren über den Bauverlustfaktor durchgeführt.

Wände aus Gips-Wandbauplatten werden - wie in DIN 4103-2 [24] vorgesehen - durch so genannte Randstreifen, die an allen Anschlusskanten der Wände eingebaut werden, von den übrigen Bauteilen getrennt. Die Eingangsdaten für die Schalldämmung der Gipswände, also das Schalldämm-Maß  $R$  beziehungsweise  $R_w$ , liegen in der Regel als Labormesswerte in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse und der Art des Randstreifens vor. Für Standard-Gips-Wandbauplattenkonstruktionen mit 100 mm Dicke sollen die entsprechenden Ergebnisse dieser Labormessungen dem Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 entnehmbar sein. Für Sonderkonstruktionen mit anderer Dicke und / oder anderen Randstreifen muss ein Prüfzeugnis der entsprechenden Konstruktion zur adäquaten Berücksichtigung im Rechenverfahren vorliegen.

Das Bau-Schalldämm-Maß  $R'_w$  von Wänden aus Gips-Wandbauplatten im Gebäude zeigt gegenüber dem im Prüfstand bestimmten Schalldämm-Maß  $R_w$  keine wesentlichen Unterschiede. Das ist damit zu begründen, dass durch die akustisch wirksame Entkopplung der Gipswände die Energieableitung in benachbarte Bauteile stark vermindert wird. Durch den Einbau von schalltechnisch geeigneten Randstreifen, zum Beispiel aus Kork oder PE-Schwerschaum liegt damit am Bau eine ähnliche Einbausituation wie im Labor vor. Die schalltechnisch wirksame Entkopplung konnte zusätzlich durch Messungen des Verlustfaktors nachgewiesen werden. Bei den Berechnungen nach DIN EN 12354-1 wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens deshalb für die flankierenden Gipswände keine In-situ-Korrektur berücksichtigt. Durch die relativ gute Übereinstimmung der Berechnungsergebnisse mit den Messergebnissen wird dieser Ansatz zusätzlich bestätigt.

Für zukünftige Berechnungen nach DIN EN 12354-1 soll daher bei der Berücksichtigung der Schalldämmung von entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten auf die Durchführung der In-situ Korrektur verzichtet werden, da bei gleich bleibender Entkopplung im Gebäude und im Labor die gleiche Schalldämmung der Gipswände zu erwarten ist.

## 12.5 Berücksichtigung von Öffnungen in den Gipswänden

In vielen Bauteilen der heute üblichen Bauweise des Mehrgeschosswohnungsbaus befinden sich Öffnungen wie Fenster und Türen. Jedoch handelt es sich bei diesen Bauteilen fast ausschließlich um flankierende Bauteile. Bei den Gipswänden, die ja ausschließlich als nicht tragende Innenwände Verwendung finden, sind in der Regel nur Türoffnungen für Innentüren vorhanden, die häufig auch geschosshoch ausgeführt sind. In den

meisten Fällen ist pro Raum bei den flankierenden Gipswänden auch nur eine Türöffnung vorhanden.

Wie sich diese Inhomogenitäten (Öffnungen) in den flankierenden Bauteilen auf die resultierende Schalldämmung auswirken, ist im Rechenverfahren innerhalb der Norm DIN EN 12354-1 nicht erläutert. Zur Handhabung solcher Situationen findet sich lediglich innerhalb der Beschreibung des detaillierten Modells für die Körperschallübertragung ein Hinweis für durchgehende Diskontinuitäten, zum Beispiel geschosshohe Türen. In diesem Fall kann die Fläche hinter der Diskontinuität vernachlässigt werden. Zum Einfluss von Inhomogenitäten in den flankierenden Bauteilen auf die resultierende Schalldämmung liegen Erkenntnisse aus Forschungsarbeiten, zum Beispiel [63] und [64], vor.

Aufgrund der Erfahrungen aus früheren Forschungsvorhaben zum Massivbau [8] bis [11] blieben beim vorliegenden Forschungsvorhaben bei der Berechnung nach dem vereinfachten Verfahren die in den flankierenden Wänden vorhandenen Öffnungen bis zu einer Größe von einem Viertel der gesamten Bauteilfläche für die Schallübertragung unberücksichtigt. Eine Berücksichtigung der Durchbrüche in Flankenbauteilen im vereinfachten Verfahren würde zu einer deutlich aufwendigeren Berechnung führen. Für den baurechtlichen Nachweis in der zukünftigen DIN 4109 würde dies auch bedeuten, dass die resultierende Schalldämmung bei der Berechnung von der Größe und der Position von Öffnungen in den flankierenden Wänden abhängt. Darüber hinaus wäre die Festlegung einer Einzahlangabe als Pegelminderung für eine Öffnung erforderlich. Flankierende Außenwände, die im betreffenden Raum größtenteils oder vollständig verglast waren, wurden bei der Berechnung der resultierenden Schallübertragung nicht berücksichtigt.

## 12.6 Zusammenfassung zur Berechnung nach DIN EN 12354-1

Die messtechnisch untersuchten Gebäudesituationen wurden sowohl mit dem vereinfachten Modell als auch mit dem detaillierten Modell der DIN EN 12354-1 nachgerechnet. Für die entkoppelten Gipswände wurden dazu für die Direktschalldämmung die Labormesswerte als Eingangsgröße verwendet. Für die Stoßstellendämmung wurden die am Bau gemessenen Werte in verschiedenen Varianten verwendet. Es hat sich gezeigt, dass aus den einzelnen Berechnungsvarianten keine großen Unterschiede für das Rechenergebnis resultieren beziehungsweise dass die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung bei allen Varianten relativ ähnlich ist.

Da der zuständige Normungsausschuss bereits vor längerer Zeit für den Nachweis des Schallschutzes in der zukünftigen DIN 4109 das vereinfachte Berechnungsverfahren festgelegt hat, wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens das Hauptaugenmerk auf das vereinfachte Verfahren gelegt. Als Eingangsdaten für die Stoßstellendämmung haben sich die aus allen Baumessungen bestimmten Mittelwerte für den Weg  $D_f / F_d$  und  $F_f$  als geeignet erwiesen. Dabei wurde zwischen vertikaler und horizontaler Übertragung unterschieden.

Bei der vertikalen Übertragung lagen die Rechenwerte mit einer Standardabweichung von 1,7 dB im Mittel 2,1 dB unter den im Gebäude

bestimmten Messwerten. Bei der horizontalen Übertragung lagen die Rechenwerte mit einer Standardabweichung von 1,5 dB im Mittel 0,1 dB unter den am Bau bestimmten Messwerten.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit den nach der bisherigen Berechnung gemäß Beiblatt 1 zur DIN 4109 ermittelten Werten, dann erhält man mit der vereinfachten Berechnung nach DIN EN 12354-1 eine wesentlich bessere Übereinstimmung. Das liegt vor allem daran, dass bei der Berechnung nach der bisherigen DIN 4109 die Entkopplung der Gipswände nicht berücksichtigt wird. Beim vereinfachten Rechenmodell nach DIN EN 12354-1 wird die Entkopplung dagegen durch das Stoßstellendämm-Maß als Eingangsgröße für die Berechnung berücksichtigt. Bei der Berechnung der vertikalen Übertragungssituationen nach Beiblatt 1 zur DIN 4109 lagen die Messwerte im Mittel 5,6 dB über den Rechenwerten. Bei den horizontalen Situationen lagen die Messwerte im Mittel 2,7 dB über den Rechenwerten. Der Unterschied zwischen vertikaler und horizontaler Übertragung kommt hauptsächlich dadurch zustande, dass bei der horizontalen Übertragung nur eine flankierende Gipswand zu berücksichtigen war. Bei den vertikalen Übertragungssituationen waren dagegen zwei oder sogar drei flankierende Gipswände zu berücksichtigen.

Insgesamt betrachtet kann also durch die Anwendung des vereinfachten Berechnungsmodells nach DIN EN 12354-1 mit Berücksichtigung der Stoßstellendämmung der entkoppelten Gipswände eine deutlich bessere Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung erreicht werden. Die für Berechnung verwendeten Stoßstellendämm-Maße sollen zukünftig im Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 für den Schallschutznachweis von Übertragungssituationen mit entkoppelten Gipswänden als flankierende Bauteile verfügbar sein.

### 13 Empfehlungen zur Handhabung der Eingangsdaten für das vereinfachte Rechenverfahren für Gebäude mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten

Eingangsdaten zur Berechnung der Luftschalldämmung zwischen Räumen nach dem vereinfachten Rechenverfahren der DIN EN 12354-1 sind Schalldämm-Maße, Stoßstellendämm-Maße, das Verbesserungsmaß für Vorsatzschalen und die Geometriedaten. Die Schalldämm-Maße und Stoßstellendämm-Maße könnten, falls Sie zur Verfügung stehen, direkt in das Rechenmodell eingegeben werden, in der Regel werden jedoch für den allgemeinen Massivbau diese Eingangsdaten aus Hilfsgrößen (zum Beispiel aus der flächenbezogenen Masse der Bauteile) berechnet.

Folgende Eingabedaten sind für die Berechnung notwendig:

	geometrische Größen	konstruktionsbezogene Größen
Trennendes Bauteil	S, Stoßstellengeometrie	$m'$ , $f_0$
Flankierende Bauteile	$S_i$ , $l_{ij}$	$m'$ , $f_0$

S: Fläche des trennenden Bauteils

$S_i$ : Flächen der flankierenden Bauteile im Sende- und im Empfangsraum ohne Fenster oder Türöffnungen

$l_{ij}$ : gemeinsame Kopplungslängen zwischen dem Trennbauteil und den flankierenden Bauteilen

$m'$ : flächenbezogene Masse des Bauteils zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  und des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$  des Bauteils

$f_0$ : Resonanzfrequenz einer vorhandenen Vorsatzschale zur Bestimmung des Verbesserungsmaßes  $\Delta R_w$

Weitere mögliche Eingabedaten, falls direkt verfügbar (zum Beispiel aus dem Bauteilkatalog oder entsprechenden Prüfzeugnissen):

	Dämm-Maße
Trennendes Bauteil	$R_w$ , $\Delta R_w$
Flankierende Bauteile	$R_w$ , $\Delta R_w$ , $K_{ij}$

$R_w$  bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden oder eines flankierenden Bauteils, falls nicht aus  $m'$  über Massekurve berechnet

$\Delta R_w$  bewertetes Verbesserungsmaß durch Vorsatzschale, falls nicht aus Resonanzfrequenz und Schalldämm-Maß des Grundbauteils berechnet

$K_{ij}$  Stoßstellendämm-Maß, falls nicht aus Verhältnis der flächenbezogenen Masse und der Stoßstellengeometrie berechnet

Für den Bereich der Gips-Wandbauplatten ist eine vom allgemeinen Massivbau differenzierte Betrachtungsweise der Eingangsdaten notwendig. Insbesondere muß dabei die Entkopplung der Gipswände und die damit verbundene Verbesserung der Direktschall- und Stoßstellendämmung berücksichtigt werden. Nachfolgend werden Empfehlungen für den Gips-Wandbauplattenbereich gegeben, welche Eingangsdaten zu verwenden und auf welcher Grundlage diese Eingangsdaten zu ermitteln sind.

### **13.1 Direktschalldämmung von entkoppelten Gipswänden**

Für die Berechnung des Schallschutzes im Gebäude wird das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  der flankierenden Gipswände benötigt. Das Schalldämm-Maß der entkoppelten Gipswände hängt von der Art beziehungsweise dem Material der verwendeten Randstreifen ab. Aufgrund der verschiedenen Randstreifen, die in der Baupraxis zur Entkopplung der Gipswände verwendet werden, kann das bewertete Schalldämm-Maß nicht wie bei üblichen homogenen Massivbauteilen allein aus der flächenbezogenen Masse berechnet werden. Statt dessen sollen die Messergebnisse von Prüfstandsmessungen als Eingangsgröße verwendet werden. Für die üblichen, 100 mm dicken Gipswände, sollen für die drei Standardstreifen Kork, PE-Schwerschaum und Bitumen, Angaben zur Direktschalldämmung im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 (siehe Kapitel 14) zur Verfügung stehen. Für alle dort nicht genannten Konstruktionen aus Gips-Wandbauplatten muß folglich für die Berechnung das bewertete Schalldämm-Maß der jeweiligen Konstruktion durch eine Prüfung gemäß DIN EN ISO 140-3 nachgewiesen sein. Aufgrund der Entkopplung und der damit verbundenen stark verminderten Energieableitung in angrenzende Bauteile braucht für akustisch wirksam entkoppelte Gipswände eine In-situ-Korrektur nicht durchgeführt werden. Das bedeutet, als Eingangsgröße für die Berechnung kann das im Prüfstand gemessene Schalldämm-Maß verwendet werden. In welcher Art dabei Sicherheitsabschläge zu berücksichtigen sind, muß im Normungsgremium der DIN 4109 festgelegt werden.

### **13.2 Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden**

Durch die Entkopplung mit den untersuchten Randstreifen wird das Stoßstellendämm-Maß der Gipswände gegenüber einem starren Stoß deutlich verbessert. Dies konnte durch umfangreiche Messungen im Labor und in ausgeführten Gebäuden nachgewiesen werden. Für die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  von entkoppelten Gipswänden war ursprünglich vorgesehen, dass das  $K_{ij}$  aus den Materialeigenschaften der Randstreifen, zum Beispiel aus der dynamischen Steifigkeit, berechnet werden kann. Ein vergleichbarer Berechnungsansatz ist dem Anhang E der DIN EN 12354-1 zur Berücksichtigung von elastischen Zwischenschichten zu entnehmen. Allerdings lies sich im Rahmen des Forschungsvorhabens kein geeigneter Berechnungsansatz zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes verifizieren.

Daher wurde ein alternativer Ansatz verfolgt: Die entkoppelte Gipswand wird als ein Gesamtsystem aus Wand und Randstreifen betrachtet. Für dieses Wandsystem wird gegenüber einer starr eingebauten Wand mit der gleichen

flächenbezogenen Masse eine Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  durch ein so genanntes Stoßstellen-Verbesserungsmaß  $\Delta K_{ij}$  angegeben. Zur Angabe des Stoßstellendämm-Maßes von entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten gilt daher:

$$K_{ij, \text{entkoppelt}} = K_{ij, \text{starr}} + \Delta K_{ij} \quad [\text{dB}] \quad (13.1)$$

Für diesen Ansatz sprechen die folgenden Argumente:

1. Die in der Baupraxis verwendeten Randstreifen lassen sich im Wesentlichen auf ein paar wenige in Frage kommende Varianten reduzieren, so dass nur für diese Varianten die benötigten Daten zu ermitteln sind.
2. Die Stoßstellen-Verbesserungsmaße werden messtechnisch ermittelt und müssen nicht aus den in der Regel unbekanntem Materialeigenschaften der Randstreifen berechnet werden.
3. Die Anwendung von Stoßstellen-Verbesserungsmaßen  $\Delta K_{ij}$  im Rahmen des von der DIN 4109 geforderten Schallschutznachweises stellt die einfachste Möglichkeit zur Behandlung entkoppelter Gipswände dar. Zusätzlich wird dadurch eine anwenderfreundliche Handhabung der entkoppelten Gipswände im Schallschutznachweis gewährleistet.

Das Stoßstellen-Verbesserungsmaß  $\Delta K_{ij}$  soll zur Berücksichtigung der Entkopplung zum Rechenwert für einen starren Stoß addiert werden. Die Berechnung vom  $K_{ij}$  des starren Stoßes soll dabei nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Gleichungen erfolgen (siehe Kapitel 4.4.2). Der Rechenwert lässt sich aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen der entsprechenden Bauteile (Gipswände und Trennbauteile) und der Stoßstellengeometrie bestimmen. Für einen Kreuzstoß gilt dementsprechend:

$$K_{12} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (13.2)$$

für  $M < 0.182$  gilt

$$K_{13} = 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 [\text{dB}] \quad (13.3)$$

für  $M \geq 0.182$  gilt

$$K_{13} = 9,6 + 11 \cdot M [\text{dB}] \quad (13.4)$$

mit:

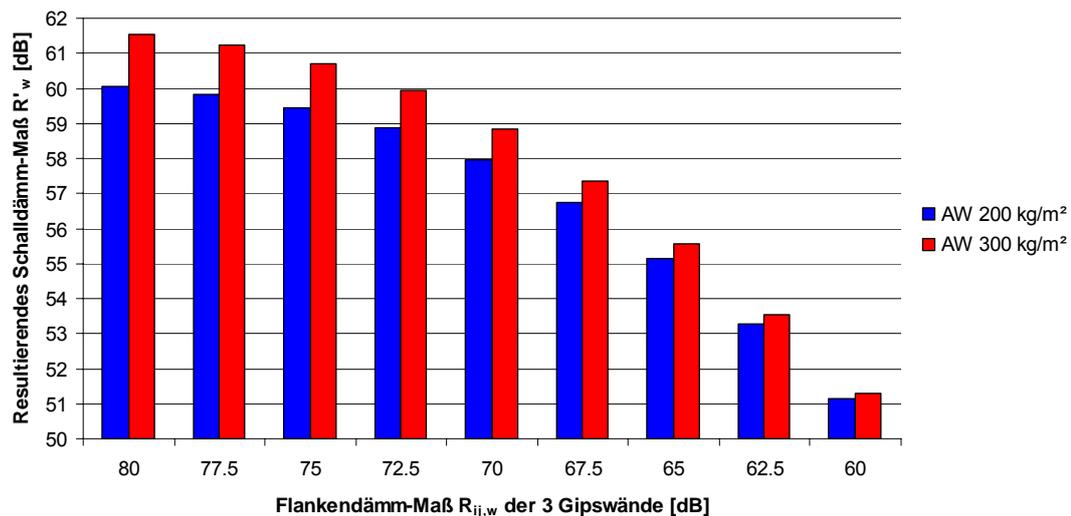
$$M = \log \left( \frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \right) \quad (13.5)$$

Aufgrund der Ergebnisse der Gebäudemessungen erscheint eine Differenzierung bei der Stoßstellendämmung zwischen Kork- und PE-Schwerschaumstreifen nicht sinnvoll. Daher soll bei Verwendung beider Randstreifen die gleiche Verbesserung berücksichtigt werden. Für andere Randstreifen, insbesondere Bitumen können derzeit aufgrund bislang fehlender Messobjekte für die Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes keine fundierten Aussagen getroffen werden. Bei der Verbesserung des



etwa einer flächenbezogenen Masse von  $300 \text{ kg/m}^2$  bei einem homogenen Mauerwerk entspricht. Das Flankendämm-Maß der Außenwand ergab sich in diesem Fall bei 3,5 m Länge zu  $R_{ij,AW} = 67,2 \text{ dB}$  und bei 5,0 m Länge zu  $R_{ij,AW} = 68,8 \text{ dB}$ .

In Abbildung 13.1 ist die von der Flankendämmung der Gipswände abhängige resultierende Schalldämmung für die berechnete Übertragungssituation „Kleiner Raum“ dargestellt.



**Abbildung 13.1** Von der Flankendämmung der Gipswände abhängiges Schalldämm-Maß der bei der Musterrechnung berücksichtigten Übertragungssituation - „Kleiner Raum“

Das resultierende Schalldämm-Maß  $R'_w$  der Übertragungssituation wird in den Berechnungen durch die Flankendämmung der drei entkoppelten Gipswände wesentlich beeinflusst. Zur Erhöhung der Flankendämmung der Gipswände wurden dabei nur die Stoßstellendämm-Maße der Gipswände entsprechend erhöht, die Direktschalldämmung der Gipswände blieb konstant bei 38 dB. Um eine Flankendämmung der Gipswände von 75 dB zu erreichen, wurden mit 19,5 dB (Weg Df / Fd) und 33,5 dB (Weg Ff) Stoßstellendämm-Maße eingegeben, die in der Größenordnung der bei den Gebäudemessungen bestimmten Mittelwerte (Weg Df / Fd: 19,1 dB, Weg Ff: 33,2 dB) lagen. Um die Anforderungen der DIN 4109 von 54 dB zu erfüllen, muß im dargestellten Fall das berechnete Flankendämm-Maß der Gipswände bei etwa 65 dB liegen. Das konnte bei der Musterrechnung durch die Eingabe von Stoßstellendämm-Maßen erreicht werden, die in der Größenordnung des Rechenwerts nach DIN EN 12354-1, Anhang E für einen starren Stoß liegen. Bei den vertikalen Messungen im Labor konnte nachgewiesen werden, dass bei starr eingebauten Gipswänden das Stoßstellendämm-Maß geringfügig über dem für einen starren Stoß berechneten Wert liegt. Soll für das resultierende Schalldämm-Maß der Übertragungssituation ein Vorhaltemaß von zum Beispiel 2 dB berücksichtigt werden, muß die Flankendämmung der Gipswände entsprechend höher sein. Es wird zudem deutlich, dass mit zunehmender Flankendämmung der Gipswände auch die flächenbezogene Masse der Außenwand eine wesentliche Rolle für das resultierende Schalldämm-Maß spielt.

In Abbildung 13.1 ist das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  dargestellt. In der bisherigen DIN 4109 werden die Anforderungen an den Schallschutz von Trennbauteilen durch diese Kenngröße angegeben. In der zukünftigen DIN 4109 werden jedoch die Anforderungen durch die so genannte bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{n,T,w}$  zwischen Räumen mit fremder Nutzung vorgegeben. Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{n,T,w}$  kann dabei aus dem bewerteten Schalldämm-Maß  $R'_w$  folgendermaßen berechnet werden:

$$D_{n,T,w} = R'_w + 10 \lg \frac{0,32 \cdot V}{S} [\text{dB}] \quad (13.6)$$

Dabei bedeutet:

V	Volumen des Empfangsraumes [m <sup>3</sup> ]
S	Trennfläche [m <sup>2</sup> ]

Der Unterschied zwischen  $D_{n,T,w}$  und  $R'_w$  wird damit nur durch das Volumen und die Größe der Trennfläche bestimmt, bei den berechneten vertikalen Übertragungssituationen war  $D_{n,T,w}$  immer 1,1 dB geringer als  $R'_w$ .

Bei der vertikalen Übertragungssituation „Großer Raum“ ergeben sich prinzipiell ähnliche Resultate, jedoch sind die Absolutwerte des resultierenden Schalldämm-Maßes durch die veränderte Raumgröße minimal höher, jedoch nicht mehr als 0,9 dB.

Für die horizontale Übertragung wurde die folgende Raumsituation anhand von Musterrechnungen untersucht:

- trennendes Bauteil mit einer Direktschalldämmung  $R_w = 60$  dB, das entspricht bei einer typischen Wohnungstrennwand aus homogenem Mauerwerk, zum Beispiel aus Kalksandstein, einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 475$  kg/m<sup>2</sup>
- flankierende Stahlbetondecke mit 200 mm Dicke,  $m' = 460$  kg/m<sup>2</sup>
- flankierende Außenwand mit  $m' = 200$  kg/m<sup>2</sup> (Variante 1) und  $m' = 300$  kg/m<sup>2</sup> (Variante 2)
- flankierende Gipswand mit 100 mm Dicke,  $m' = 90$  kg/m<sup>2</sup>,  $R_w = 38$  dB

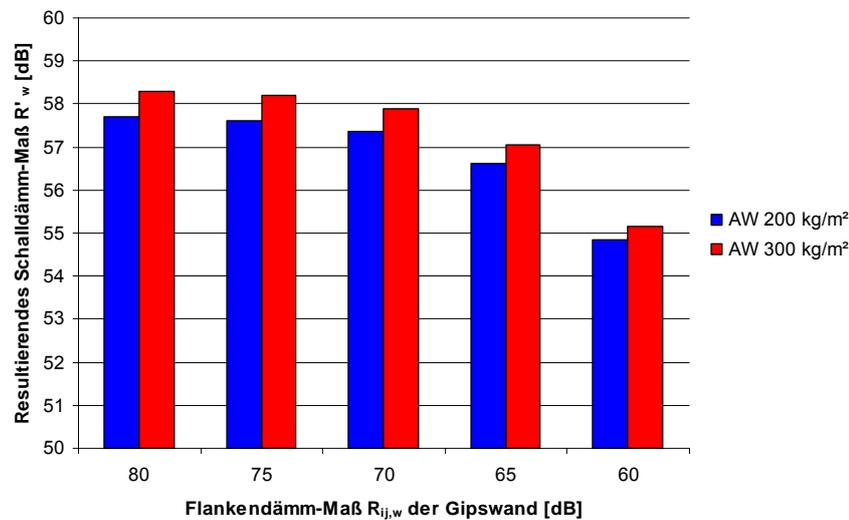
Horizontale Raumsituationen mit mehr als einer flankierenden Gipswand sind im Prinzip für diese Betrachtung nicht relevant, da an solche Räume aufgrund ihrer Lage (keine Fenster wegen fehlender Außenwand) und der damit verbundenen Nutzung keine Anforderungen an den Schallschutz bestehen. Die für die Musterrechnung berücksichtigte Raumsituation kann über die folgenden geometrischen Kenngrößen beschrieben werden:

$$5,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} \times 2,45 \text{ m} \text{ (L} \times \text{B} \times \text{H)}$$

$$S = 12,25 \text{ m}^2, V = 61,25 \text{ m}^3$$

In Abbildung 13.2 ist die von der Flankendämmung der Gipswand abhängige resultierende Schalldämmung  $R'_w$  für die oben beschriebene horizontale Übertragungssituation dargestellt. Das Flankendämm-Maß  $R_{ij}$  der Gipswand

wurde über die Eingabe des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  zwischen 60 dB und 80 dB in 5 dB Schritten variiert.



**Abbildung 13.2** Von der Flankendämmung der Gipswand abhängiges Schalldämm-Maß der bei der Musterrechnung berücksichtigten horizontalen Übertragungssituation

Dadurch, dass es in horizontaler Richtung nur eine flankierende Gipswand gibt, wird das resultierende Schalldämm-Maß dieser Übertragungssituation insgesamt weniger stark beeinflusst als dies bei der betrachteten vertikalen Übertragungssituation mit drei flankierenden Gipswänden der Fall ist. Bei einer Erhöhung des Flankendämm-Maßes der Gipswand von 60 dB auf 70 dB kommt es zwar noch zu einer recht deutlichen Erhöhung der resultierenden Schalldämmung. Wird dann aber das Flankendämm-Maß der Gipswand noch weiter auf 80 dB erhöht, hat das keinen signifikanten Einfluss auf das resultierende Schalldämm-Maß der Übertragungssituation. Mit Eingabe von Stoßstellendämm-Maßen, die in der Größenordnung des aus den Gebäudemessungen bestimmten Mittelwerts lagen, wird eine Flankendämmung der Gipswand von 70 dB erreicht. Aufgrund der relativ schweren Stahlbetondecke als weiteres flankierendes Bauteil spielt die flächenbezogene Masse der Außenwand bei der horizontalen Übertragung auch keine so große Rolle wie bei der vertikalen Übertragung.

## 14 Vorschläge für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109

Um die Handlungsfähigkeit des Gips-Wandbauplattenbereichs bezüglich der von der DIN 4109 [1] geforderten Schallschutznachweise zu gewährleisten, muß diese Bauweise (entkoppelte Gipswände) im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 [3] entsprechend berücksichtigt werden. Dabei ist einerseits die Direktschalldämmung  $R$  und andererseits die Stoßstellen-dämmung  $K_{ij}$  der entkoppelten Gipswände zu beachten. Die Dämmwerte, insbesondere die Direktschalldämmung, sind stark von der Materialart des Randstreifens abhängig. Da die Norm nicht alle möglichen Arten von Randstreifen, vor allem deren Kombinationen, abdecken kann, erscheint es sinnvoll, sich im Rahmen des Bauteilkatalogs auf die drei Standardstreifen Kork, PE-Schwerschaum und Bitumen zu beschränken. Zur Charakterisierung der Standardstreifen für den Bauteilkatalog wird die folgende Tabelle 14.1 vorgeschlagen.

Material-bezeichnung	Kork	PE-Schwer-schaum	Bitumen (-Wollfilzpappe)	Bitumenfilz
Dicke $d$ [mm]	ca. 5 mm	3 - 4 mm	ca. 3 mm	ca. 3 mm
Streifen-rohdichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\geq 250$	$\geq 120$	$\geq 300$	$\geq 300$
Dynamische Steifigkeit [MN/m <sup>2</sup> ]	$\leq 150$	$\leq 150$	$\leq 750$	$\leq 300$
Beschreibung des Materials	gepresster Naturkork-Granulat-Streifen	ein- oder beidseitig vlieskaschierter Polyethylen-(PE-)Schwertschaumstreifen	bitumen-imprägnierte Wollfilzpappstreifen mit glatter Oberfläche	Bituminierte Filzstreifen

**Tabelle 14.1** Materialeigenschaften von Standard-Randstreifen für Wände aus Gips-Wandbauplatten

Zur Zeit wird auch die DIN 4103-2 [24] grundlegend überarbeitet und an die aktuellen bauüblichen Verfahrensweisen angepasst. Im Rahmen dieser Überarbeitung werden auch die oben genannten Randstreifen mit ihren Materialeigenschaften in dieser Norm entsprechend berücksichtigt.

Zur Angabe des bewerteten Direktschalldämm-Maßes  $R_w$  von entkoppelten Gipswänden und des Stoßstellen-Verbesserungsmaßes  $\Delta K_{ij}$  gegenüber dem Stoßstellendämm-Maß eines starren Stoßes (siehe Kapitel 13) wird die folgende Tabelle 14.2 für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgeschlagen. Die Angaben in der Tabelle beziehen sich auf entkoppelte Gipswände mit 100 mm Dicke und einer flächenbezogenen Masse von  $m' \approx 90$  kg/m<sup>2</sup>. Diese flächenbezogene Masse ergibt sich bei Verwendung von 100 mm dicken Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ( $\rho \approx 900$  kg/m<sup>3</sup>). Nach DIN EN 12859 [23] ist die flächenbezogene Masse der Gips-Wandbauplatten vom Hersteller anzugeben. Auf diese Festlegung sollte auch im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 verwiesen werden. Die in der

Tabelle angegebenen Stoßstellen-Verbesserungsmaße beziehen sich jeweils auf einen Kreuzstoß.

		Gipswände ( $m' \approx 90 \text{ kg/m}^2$ ), umlaufend entkoppelt durch			
		Kork <sup>1)</sup>	PE-Schwer-schaum <sup>1)</sup>	Bitumen <sup>1)</sup> (Wollfilzpappe)	Bitumenfilz <sup>1)</sup>
$R_w$ [dB]		38	40	42	-
$\Delta K_{ij}$ [dB] vertikal	Weg Df/Fd	5	5	-	-
	Weg Ff	15	15	-	-
$\Delta K_{ij}$ [dB] horizontal	Weg Df/Fd	2	2	-	-
	Weg Ff	12	12	-	-

<sup>1)</sup> gemäß den in Tabelle 14.1 genannten Spezifikationen

**Tabelle 14.2** Direktschalldämm-Maße  $R_w$  und Stoßstellen-Verbesserungs-Maße  $\Delta K_{ij}$  von elastisch entkoppelten Gipswänden mit mittlerer Rohdichte ( $\rho \approx 900 \text{ kg/m}^3$ )

Die angegebenen Direktschalldämm-Maße sind ohne Abschlüsse Prüfberichten der Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig und der Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig entnommen. Diese Prüfungen wurden durch die Forschungsstelle für das Vorhaben bei den oben genannten Institutionen als Leistungen Dritter beauftragt. Im Wesentlichen wurden dabei die Messergebnisse der im Verlauf des Vorhabens von der Forschungsstelle durchgeführten Labormessungen bestätigt.

Die vorgeschlagenen Stoßstellen-Verbesserungsmaße  $\Delta K_{ij}$  für entkoppelte Gipswände wurden aus den bei den Gebäudemessungen ermittelten Stoßstellendämm-Maßen (siehe Abschnitt 10.4) von der Forschungsstelle bestimmt. Die Verbesserung des Stoßstellendämm-Maßes bezieht sich dabei auf den Rechenwert eines starren Kreuzstoßes nach den im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungs-gleichungen (siehe Kapitel 4.4.2 und Kapitel 13.2).

Da keine geeigneten Bauobjekte mit starr eingebauten Gipswänden verfügbar waren, konnte nur anhand von Labormessungen nachgewiesen werden, dass Mess- und Rechenwert für einen starren Stoß in der gleichen Größenordnung liegen. Es wird davon ausgegangen, dass bei ausreichend schweren Stahlbetondecken die Verbesserungswirkung der Entkopplung unabhängig von der jeweiligen Deckendicke ist. Durch den Impedanzsprung zwischen Trennbauteil und Gipswand ist eigentlich eine Änderung der Stoßstellendämm-Maße zu erwarten, allerdings liegt diese für übliche Deckendicken im Rahmen der anzustrebenden Genauigkeit. Da angesichts der verfügbaren Bauobjekte die Stoßstellendämm-Maße mit zwei Ausnahmen nur von vertikalen Übertragungssituationen mit 200 mm Deckendicke bestimmt werden konnten, war eine genaue experimentelle Überprüfung dieser Aussage nicht möglich. Aus diesem Grund wird die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Stoßstellen-Verbesserungsmaße  $\Delta K_{ij}$  auf Stahlbetondecken mit mindestens 180 mm Dicke beschränkt. Angesichts heutzutage üblicher Deckendicken bedeutet das jedoch für die praktische Anwendung keine Einschränkung.

Im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsvorhabens wurde die Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden mit hoher Rohdichte ( $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$ ) mangels Verfügbarkeit geeigneter Bauobjekte nicht untersucht. Lediglich in einem der untersuchten Gebäude waren Gipswände mit hoher Rohdichte eingebaut, jedoch konnten dort die Stoßstellendämm-Maße aufgrund der bereits tapezierten Bauteile nicht gemessen werden. Daher können keine quantitativen Angaben über die Stoßstellendämmung angegeben werden. Für die Angabe von Stoßstellen-Verbesserungsmaßen für Gipswände mit hoher Rohdichte wären daher noch weitere messtechnische Untersuchungen in entsprechenden Gebäuden notwendig. Zur Untersuchung der Stoßstellendämmung von Gipswänden, die mit Bitumen(-Wollfilzpappstreifen) entkoppelt sind, standen im Verlauf des Forschungsvorhabens leider keine geeigneten Bauobjekte zur Verfügung. Entsprechende Messungen sind jedoch geplant und werden bei Verfügbarkeit entsprechender Bauobjekte durchgeführt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden beim klassischen Bitumenfilzstreifen keine Untersuchungen zur Direktschalldämmung und zur Stoßstellendämmung durchgeführt, da dieser Streifen in der Baupraxis zur Zeit aus verschiedenen Gründen nur selten eingesetzt wird. Im Beiblatt 1 der bisherigen DIN 4109 wird dieser Streifen jedoch explizit in der Fußnote zu Tabelle 1 genannt. Dort ist die Verbesserung der Direktschalldämmung einer Gipswand um 2 dB bei umlaufender Verwendung dieses Randstreifens angegeben. Die Gips-Wandbauplattenindustrie ist auch bemüht, diese Art von Randstreifen für bestimmte Einsatzbereiche wieder einzuführen und strebt daher in naher Zukunft auch die Durchführung von schalltechnischen Untersuchungen an. Aus diesem Grund sollte dieser Streifen daher auch in den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 mit aufgenommen werden, sobald entsprechende Ergebnisse vorliegen.

Die Direktschalldämmung wurde teilweise auch für Gipswände mit hoher Rohdichte bestimmt und kann deshalb für die Standardstreifen Kork und Bitumen(-Wollfilzpappe) angegeben werden. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen darstellen.

	Gipswände ( $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$ ), umlaufend entkoppelt durch	
	Kork <sup>1)</sup>	Bitumen <sup>1)</sup> (Wollfilzpappe)
<b>R<sub>w</sub> [dB]</b>	40	45

<sup>1)</sup> gemäß den in Tabelle 14.1 genannten Spezifikationen

**Tabelle 14.3** Direktschalldämm-Maße  $R_w$  von elastisch entkoppelten Gipswänden mit hoher Rohdichte ( $\rho \approx 1200 \text{ kg/m}^3$ )

Das Schalldämm-Maß für den Korkstreifen stammt von einer Messung der Forschungsstelle, das Schalldämm-Maß für den Bitumenstreifen ist einem Prüfbericht der MFPA Leipzig entnommen.

Zusätzlich zu den oben genannten Angaben zur Direktschalldämmung und Stoßstellendämmung sollten im Bauteilkatalog noch Hinweise für die Planung und Ausführung von entkoppelten Wänden aus Gips-Wandbauplatten angegeben werden. Zur Sicherstellung der guten

schalltechnischen Eigenschaften der entkoppelten Gipswände sollte folgendes berücksichtigt werden:

- Der Einbau der Gipswände soll schallbrückenfrei erfolgen, das heißt, entsprechend geeignete Randstreifen sind an allen Anschlusskanten der Gipswände zu anderen Massivbauteilen einzubauen.
- Unterbrechungen der Randstreifen, zum Beispiel durch Elektroleitungen, die von der Wand in die Decke geführt werden, sind nach Möglichkeit auf ein Minimum zu beschränken, da hier beim Verfüllen der Leitungsschlitze meist eine Schallbrücke entsteht.
- Zur Vermeidung von Schallbrücken beim Verspachteln der Gipswände empfiehlt sich die Verwendung von Randstreifen, die mindestens 20 mm breiter sind als die jeweilige Wandstärke. Der Streifenüberstand wird dann erst nach dem Verspachteln der Gipswand abgeschnitten.
- Beim Verputzen der Trennbauteile (zum Beispiel Wohnungstrennwände und -decken) ist der Putz durch einen sorgfältig ausgeführten Kellenschnitt oder durch ein geeignetes Schaumstoffklebeband von den flankierenden Bauteilen zu trennen. Ansonsten ist die akustisch wirksame Entkopplung der Gipswände nicht mehr gewährleistet.

Unter Umständen wäre es sinnvoll, im Bauteilkatalog Musterlösungen für übliche vertikale und horizontale Übertragungssituationen mit flankierenden Gipswänden anzugeben. Solche Musterlösungen müßten aber von der Gips-Wandbauplattenindustrie für die Berücksichtigung im Bauteilkatalog separat eingebracht werden und bedürfen auch einer umfassenden Diskussion im Normenausschuss. Beispiele für mögliche Musterlösungen werden im folgenden Kapitel vorgestellt.

Falls eine entkoppelte Wand aus Gips-Wandbauplatten als trennendes Bauteil zwischen zwei Räumen, zum Beispiel als Trennwand zwischen Hotelzimmern, eingebaut wird, muß beachtet werden, dass die Stoßstellen-dämmung der (massiven) Flankenbauteile unter Umständen stark vermindert werden kann. Dies ist besonders bei leichten Flankenbauteilen, zum Beispiel bei Außenwänden aus Porenbeton, zu beachten. Auch wenn der Schallschutz im eigenen Wohnbereich, zum Beispiel zwischen Schlaf- und Kinderzimmer mit Gips-Trennwand, berechnet werden soll ist dies zu berücksichtigen.

## 15 Beispiele für Musterlösungen

### 15.1 Zielsetzung für die Erstellung von Musterlösungen für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109

In der Baupraxis wird auch in schalltechnischer Hinsicht immer wieder auf bestimmte konstruktive Lösungen zurückgegriffen. Dies bedeutet, dass eine große Anzahl von ausgeführten Gebäuden bezüglich des Schallschutzes weitgehend gleiche Konstruktionen aufweisen. Wird für solche, oft ausgeführten und somit für einen Großteil der Gebäude repräsentativen, Konstruktionen die Berechnung des zu erwarteten Schallschutzes in Form einer Musterlösung durchgeführt beziehungsweise angegeben, so kann für andere Gebäude, welche entsprechend dieser Musterlösung ausgeführt werden, die Berechnung des Schallschutzes im Einzelfall entfallen.

Diese Vorgehensweise führt zu einer Vereinfachung des Planungsprozesses für die am Bau beteiligten Planer. Um den Planer bei seiner Arbeit zu entlasten, erscheint es sinnvoll, Musterlösungen für immer wieder vorkommende Übertragungssituationen anzugeben. Stehen nun Musterlösungen für repräsentative Bausituationen des Massivbaus zur Verfügung, mit welchen ein bestimmtes Schallschutzniveau erreicht werden kann, so braucht der Planer lediglich auf diese Lösung zurückzugreifen und kann sich die aufwendigere Berechnung ersparen. Damit würde also nicht nur dem Planer die Arbeit erleichtert, sondern es wird vermutlich auch die bisher bestehende Fehlerquote beim Führen des Schallschutznachweises reduziert.

Solche Musterlösungen müssen selbstverständlich konform nach der zukünftigen DIN 4109 berechnet werden können. Das damit angegebene Schalldämm-Maß sollte dabei stets auf der „sicheren Seite“ sein. Im Rahmen dieses Berichts werden für Übertragungssituationen mit flankierenden Gipswänden nur Beispiele für Musterlösungen angegeben. Die Berücksichtigung von Unsicherheiten zum Beispiel in Form von Abschlägen muß dann noch im zuständigen Normenausschuss diskutiert und festgelegt werden.

### 15.2 Formulierung von Musterlösungen

Eine konkrete Formulierung von Musterlösungen für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 gestaltet sich derzeit schwierig, da sich das Normenkonzept der DIN 4109 in einer Übergangsphase von der bisherigen, noch gültigen in die zukünftig geltende Fassung befindet. Bei der Umstellung des Normenkonzepts werden gravierende Änderungen vollzogen.

In der bisherigen DIN 4109 werden die Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  eines Trennbauteils, zum Beispiel einer Geschossdecke, gestellt. Der Nachweis des Schallschutzes im Gebäude erfolgt nach dem in Beiblatt 1 der DIN 4109 angegebenen Berechnungsverfahren.

In der zukünftigen DIN 4109-1 werden die Anforderungen an die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz  $D_{n,T,w}$  zwischen Räumen mit fremder Nutzung gestellt. Dabei sind entsprechend der Nutzung verschiedene Raumgruppen zu berücksichtigen. Die Anforderungswerte für die zukünftige DIN 4109 sind

derzeit noch nicht abschließend festgelegt. Der Nachweis des Schallschutzes im Gebäude soll nach dem in DIN 4109-2 angegebenen Berechnungsverfahren, welches im Wesentlichen auf dem vereinfachten Berechnungsverfahren der DIN EN 12354-1 basiert, durchgeführt werden.

Da die Anforderungswerte der zukünftigen DIN 4109 derzeit noch nicht abschließend festgelegt sind, wurde bei der Ausarbeitung von Beispielen für Musterlösungen das Konzept der bisherigen DIN 4109 herangezogen. Bei Einführung der zukünftigen Norm müssen dann die Angaben an die entsprechenden Kenngrößen angepasst werden. Daher werden hier auch nur Beispiele für mögliche Musterlösungen angegeben.

An den Schallschutz in und an Gebäuden bestehen im Allgemeinen verschiedene Anforderungen nach der bisherigen DIN 4109. Für die Erstellung von Musterlösungen müssen die entsprechenden Anforderungen sicher eingehalten werden. Diese können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Schallschutz zwischen fremden Bereichen (Luft- und Trittschallübertragung)
- Schallschutz gegenüber Außenlärm
- Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen

Im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsvorhabens lag das Hauptaugenmerk der Untersuchungen auf der vertikalen und horizontalen Luftschallübertragung innerhalb von Mehrfamilienhäusern mit nicht tragenden Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten. Teilweise wurde bei den Gebäudemessungen auch die Trittschalldämmung in vertikaler Richtung ermittelt. Diese wird jedoch im Wesentlichen von der Qualität der Ausführung des schwimmenden Estrichs bestimmt. Aufgrund der Ergebnisse können für die Luftschallübertragung von repräsentativen Gebäudesituationen Beispiele beziehungsweise Vorschläge für Musterlösungen angegeben werden.

Auf die einzelnen Anforderungen (nach der bisherigen DIN 4109) an den Schallschutz im Gebäude wird im Folgenden kurz eingegangen:

Der Schallschutz zwischen fremden (Wohn-)Bereichen untergliedert sich in Anforderungen an:

- den Luftschallschutz
- den Trittschallschutz

Nach Übertragungssituationen differenziert beziehen sich die Anforderungen der bisherigen DIN 4109 an die Luftschalldämmung im Wesentlichen auf die Übertragung über:

- (Wohnungs-)Trennwände
- (Wohnungs-)Trenndecken
- Flur- beziehungsweise Treppenraumbtrennwände

Beim Trittschallschutz bestehen im Wesentlichen zwei getrennt zu betrachtende Bereiche:

- Trittschallschutz von (Wohnungs-)Trenndecken
- Trittschallschutz von Treppen beziehungsweise Treppenpodesten

In der zukünftigen DIN 4109 wird dabei nicht das Trennbauteil selbst, sondern die Schalldämmung zwischen den an das Trennbauteil grenzenden Räumen betrachtet. Das Anforderungsniveau für Musterlösungen wird durch die DIN 4109 bestimmt. Entsprechend der bisherigen DIN 4109 sind die in der folgenden Tabelle 15.1 angegebenen Anforderungen zwischen fremden Wohn- und Arbeitsbereichen mindestens einzuhalten.

Bauteil	erf. $R'_w$ [dB]	erf. $L'_{n,w}$ [dB]
Wohnungstrenndecken	$\geq 54$	$\leq 53$
Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenträumen unter Aufenthaltsräumen	$\geq 52$	$\leq 53$
Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen unter Aufenthaltsräumen	$\geq 55$	$\leq 53$
Decken unter Hausfluren	-	$\leq 53$
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	$\geq 53$	-
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	$\geq 52$	-
Wände neben Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen	$\geq 55$	-

**Tabelle 15.1** Anforderungen an die Schalldämmung nach DIN 4109, Ausgabe 1989

Aufgrund der Formulierung der Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  müssen auch Musterlösungen entsprechend dieser Anforderung ausgelegt werden. Bei einer Änderung des Anforderungsniveaus oder der Kenngröße für die Anforderung an den Schallschutz sind die Musterlösungen entsprechend anzupassen.

An den Schallschutz im eigenen (Wohn-)Bereich bestehen nach DIN 4109 keine Anforderungen. Dennoch erscheint es sinnvoll, auch im eigenen Bereich ein der geplanten Nutzung entsprechendes Schallschutzniveau vorzusehen. Da Gips-Wandbauplatten vielfach als Innenwände im Wohnbereich eingesetzt werden, sollte bei der Planung bei Bedarf der Schallschutz beachtet werden. Es muß aber dabei immer bedacht werden, dass der Schallschutz von Innenwänden auch durch Türen und dergleichen beeinflusst wird.

Da Gips-Wandbauplatten nur zur Erstellung von nicht tragenden Innenwänden verwendet werden, wird auf den Schallschutz gegen Außenlärm an dieser Stelle nicht näher eingegangen

Der Schallschutz gegenüber haustechnischen Anlagen war nicht Bestandteil des Forschungsvorhabens, deshalb wird in diesem Abschnitt ebenfalls nicht näher darauf eingegangen.

### 15.3 Vorgaben für Musterlösungen

Die vorzuschlagenden Musterlösungen sollen so beschaffen sein, dass bei Beachtung der in der Musterlösung genannten Vorgaben der anzustrebende beziehungsweise mindestens einzuhaltende Schallschutz stets erreicht wird. Dies bedeutet, dass die Anforderungen auch für den jeweils aus schalltechnischer Sicht ungünstigsten Fall eingehalten werden müssen.

Bei der derzeit in Deutschland üblichen Kenngröße für den Schallschutz im Gebäude, dem Schalldämm-Maß  $R'_w$ , wird die gesamte in den Nebenraum übertragene Schallenergie auf die auf das Trennbauteil auftreffende Schallenergie bezogen. Da der Schall aber nicht nur über das trennende Bauteil, sondern auch über die flankierenden Bauteile übertragen wird, ergibt sich aus bauakustischer Sicht der ungünstigste Fall, wenn die flankierende Übertragung einen wesentlichen Anteil an der Schallübertragung hat oder diese bestimmt. Bei Bausituationen mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten ist das vor allem dann der Fall, wenn ein Raum zwei oder drei flankierende Gipswände aufweist. Vier flankierende Gipswände kommen praktisch nicht vor, da es sich dabei um einen innenliegenden Raum ohne Fenster handeln würde. An solch einen Raum bestehen dann aufgrund der Nutzung derzeit keine Anforderungen hinsichtlich des Schallschutzes.

### 15.4 Vorschläge für Musterlösungen

Zum jetzigen Zeitpunkt können nur wenige Musterlösungen für den Gips-Wandbauplattenbereich angegeben werden. Die bereits formulierbaren Musterlösungen basieren auf den in diesem Bericht dokumentierten Ergebnissen und Vorschlägen. Die im Folgenden formulierten Vorschläge beziehungsweise Beispiele für Musterlösungen geben nur den derzeitigen Kenntnisstand wieder und können durch spätere Festlegungen, speziell durch die Umstellung auf die zukünftige DIN 4109, eventuell nicht mehr ausreichend sein.

Die im Folgenden dargestellten Übertragungssituationen wurden anhand des vereinfachten Modells für in der Baupraxis übliche Raumgrößen berechnet. Die Entkopplung der flankierenden Gipswände wurde dabei durch das in Tabelle 14.2 vorgeschlagene Stoßstellen-Verbesserungsmaß  $\Delta K_{ij}$  berücksichtigt. Das Stoßstellen-Verbesserungsmaß wurde dazu zum Rechenwert für einen starren Kreuzstoß addiert. Der Rechenwert für den starren Stoß wurde dabei nach den für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 vorgesehenen Berechnungsgleichungen bestimmt.

Werden die nachfolgend beschriebenen Konstruktionen ausgeführt, so ist davon auszugehen, dass die baurechtlichen Anforderungen nach der bisherigen DIN 4109 für die jeweilige Übertragungssituation gut eingehalten werden können.

### Vertikale Übertragungssituation mit drei flankierenden Gipswänden

- 200 mm Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich
- drei flankierende Gipswände mit  $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ , durch Korkstreifen ringsum entkoppelt,  $R_w = 38 \text{ dB}$
- eine flankierende Massivwand mit  $R_w \geq 52 \text{ dB}$ , das entspricht zum Beispiel einer einseitig verputzten 150 mm dicken Kalksandsteinwand, Rohdichteklasse 1.8,  $m' = 265 \text{ kg/m}^2$

Raumabmessungen: 3,5 m x 3,0 m x 2,5 m (L x B x H)

Trennfläche: 10,5 m<sup>2</sup>

Bewertetes Schalldämm-Maß:  $R'_w \geq 59 \text{ dB}$  (Rechenwert ohne Abschläge)

### Vertikale Übertragungssituation mit zwei flankierenden Gipswänden

- 200 mm Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich
- zwei flankierende Gipswände mit  $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ , durch Korkstreifen ringsum entkoppelt,  $R_w = 38 \text{ dB}$
- zwei flankierende Massivwände mit  $R_w \geq 52 \text{ dB}$ , das entspricht zum Beispiel einer einseitig verputzten 150 mm dicken Kalksandsteinwand, Rohdichteklasse 1.8,  $m' = 265 \text{ kg/m}^2$

Raumabmessungen: 3,5 m x 3,0 m x 2,5 m (L x B x H)

Trennfläche: 10,5 m<sup>2</sup>

Bewertetes Schalldämm-Maß:  $R'_w \geq 58 \text{ dB}$  (Rechenwert ohne Abschläge)

### Horizontale Übertragungssituation mit einer flankierenden Gipswand

- trennendes Bauteil mit einer Direktschalldämmung  $R_w \geq 60 \text{ dB}$ , das entspricht bei einer typischen Wohnungstrennwand aus homogenem Mauerwerk, zum Beispiel aus Kalksandstein, einer flächenbezogenen Masse von  $m' = 475 \text{ kg/m}^2$
- eine flankierende Gipswand mit  $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ , durch Korkstreifen ringsum entkoppelt,  $R_w = 38 \text{ dB}$
- 200 mm Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich als Decke
- Eine flankierende Massivwand mit  $R_w \geq 52 \text{ dB}$ , das entspricht zum Beispiel einer einseitig verputzten 150 mm dicken Kalksandsteinwand, Rohdichteklasse 1.8,  $m' = 265 \text{ kg/m}^2$
- 200 mm Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich als Boden

Raumabmessungen: 3,5 m x 3,0 m x 2,5 m (L x B x H)

Trennfläche: 8,75 m<sup>2</sup>

Bewertetes Schalldämm-Maß:  $R'_w \geq 56 \text{ dB}$  (Rechenwert ohne Abschläge)

## 16 Umsetzung der Ergebnisse

Die Umsetzung der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens erfolgt beziehungsweise erfolgte bereits auf vielfältige Weise, unter anderem durch Mitarbeit und Einbringen der Ergebnisse in die Normungsarbeit auf nationaler und internationaler Ebene sowie durch die Präsentation von Ergebnissen und Untersuchungen auf verschiedenen nationalen und internationalen Kongressen und Tagungen.

### 16.1 Veröffentlichungen

Folgende Vorträge und Veröffentlichungen wurden von der Forschungsstelle in Zusammenhang mit dem Forschungsvorhaben gehalten beziehungsweise publiziert:

- Ruff, A., Schneider, M., Fischer, H.-M.: Flankendämmung von elastisch entkoppelten Gips-Wandbauplatten; DAGA 2007 - 33. Deutsche Jahrestagung für Akustik, 19. - 22. März 2007, Stuttgart
- Ruff, A., Fischer, H.-M.: Reduction of the flanking transmission of gypsum walls by elastic interlayers; ICA 2007 - 19th International Congress on Acoustics, 2. - 7. September 2007, Madrid
- Ruff, A., Fischer, H.-M.: Direkt- und Flankendämmung massiver Innenwände aus Gips-Wandbauplatten - praktische Erfahrungen und rechnerische Prognose; DAGA 2008 - 34. Deutsche Jahrestagung für Akustik, 10. - 13. März 2008, Dresden
- Ruff, A., Fischer, H.-M.: Direct and flanking sound transmission of solid gypsum walls - practical experience and numerical prediction; Acoustics '08, 29. Juni - 4. Juli 2008, Paris
- Fischer, H.-M.: Baulicher Schallschutz: Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen; Tag der Forschungsvereinigung der Gipsindustrie, 5. November 2008, Hamburg
- Ruff, A., Fischer, H.-M.: Hoher Schallschutz mit leichten massiven Bauteilen? Untersuchungen zum schalltechnischen Verhalten von Gips-Wandbauplatten; Bauphysikertreffen 2008 an der Hochschule für Technik Stuttgart
- Ruff, A., Fischer, H.-M.: Acoustical characteristics of lightweight solid gypsum walls and their implementation into prediction models; NAG/DAGA 2009 - International Conference on Acoustics including the 35. German Annual Conference on Acoustics (DAGA), 23. - 26. März 2009, Rotterdam

Alle oben genannten Beiträge sind auch in den entsprechenden Tagungsbänden veröffentlicht worden.

## 16.2 Normungsarbeit

Durch die Mitgliedschaft und aktive Mitarbeit der Forschungsstelle in den folgenden Normenausschüssen und Fachgremien wurden und werden die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens direkt in die laufende nationale und internationale Normungsarbeit eingebracht. Dies ist durch die Mitarbeit in den folgenden Gremien sichergestellt:

- NABau-Arbeitsausschuss "Schallschutz im Hochbau" - DIN 4109
- Unterausschuss "Bauteilkatalog, Rechenverfahren und Sicherheitskonzept" bei NABau-DIN 4109 (Vorsitz)
- Koordinierungsausschuss 05 (KOA 05) "Schallschutz" im NABau
- Arbeitsausschuss NMP 231 "Schalldämmung und Schallabsorption, Messung und Bewertung"
- Arbeitsausschuss NMP 232 "Bauakustische Installationsmessungen" (Vorsitz)
- Sektorkomitee "Geräusche und Schwingungen" beim Deutschen Akkreditierungssystem Prüfwesen (DAP)
- DEGA-Fachausschuss "Bau- und Raumakustik"
- CEN / TC 126 "Acoustic properties of building products and buildings":
  - WG1: "Methods for measuring the sound insulation of building elements and acoustic performance of buildings"
  - WG1-AHG-6: "Total loss factor" (Convenor)
  - WG1-AHG-7: "Walking Noise"
  - WG2 "Prediction of the acoustic performance of buildings from the performance of products"
  - WG2-AHG2: "Structure borne sound from technical equipment"
  - WG 4: "Single number weighting"
  - WG6: "Laboratory measurement of flanking transmission"
  - WG7: "Characterization of air-borne and structure-borne sound from technical equipment"
- CIB/WG 51 (Building Acoustics)

Die Erkenntnisse dieses Forschungsvorhabens werden zusätzlich durch die Gips-Wandbauplattenindustrie in die Überarbeitung der DIN 4103-2 eingebracht.

## 17 Weiterer Handlungsbedarf

In dem Forschungsvorhaben wurde die Direkt- und Stoßstellendämmung von entkoppelten massiven Gipswänden eingehend untersucht. Die Besonderheit dieses Wandsystems liegt dabei bei der elastischen Entkopplung durch die verschiedenen Randstreifen. Durch die gewonnenen Erkenntnisse (Eingangsdaten) wurde die Berechnung des Schallschutzes von Bausituationen mit flankierenden Gipswänden nach dem vereinfachten Verfahren der DIN EN 12354-1 [4] ermöglicht. Die durch das Forschungsvorhaben abgesicherten Erkenntnisse zu den „Gips-Wandbauplatten-Standardvarianten“ sollen zukünftig im Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 [3] verankert werden. Weitere Varianten von Gipswand-Konstruktionen, bei denen teilweise noch zu klären ist, inwieweit sie für die Normung relevant sind, werden im Folgenden dargestellt.

### 17.1 Direktschalldämmung von entkoppelten Gipswänden

Die Standard-Varianten von 100 mm dicken Gipswänden wurden hinsichtlich der Direktdämmung umfassend untersucht und können dementsprechend im Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 berücksichtigt werden. Ob und in welchem Umfang zu einem späteren Zeitpunkt eventuell noch andere Wanddicken oder Randstreifen zu berücksichtigen sind, ist derzeit nicht absehbar.

### 17.2 Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden

Für die zukünftige DIN 4109 sollen nach aktuellem Stand die drei Standardstreifen Kork, PE-Schwerschaum und Bitumen sowohl für die Direktschalldämmung als auch für die Stoßstellendämmung berücksichtigt werden. Für die Direktschalldämmung stehen dazu entsprechende Ergebnisse (Prüfzeugnisse der MFPA Leipzig) zur Verfügung. Bei der Stoßstellendämmung besteht aber noch das Problem, dass im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsvorhabens für Bitumenstreifen im Labor keine Stoßstellendämm-Maße gemessen wurden. Bei den messtechnischen Untersuchungen des Forschungsvorhabens zur Stoßstellendämmung von entkoppelten Gipswänden lag das Hauptaugenmerk auf dem zur Zeit am häufigsten verwendeten Randstreifen aus Kork sowie auf dem von der Gips-Wandbauplattenindustrie zukünftig vorgesehenen Universalstreifen aus PE-Schwerschaum. Auch bei den Baumessungen wurden daher hauptsächlich Situationen mit Kork- und PE-Schwerschaumstreifen untersucht, so dass hier nur eine einzige entsprechende Situation mit Bitumenstreifen gemessen wurde, welche jedoch für sich alleine noch keine ausreichenden Festlegungen zulässt. Aus dieser einen Messung lässt sich nur eine Tendenz ableiten, wonach die Stoßstellendämm-Maße etwas geringer als bei Kork- und PE-Schwerschaumstreifen liegen, die Anforderungen der DIN 4109 an das Trennbauteil (Geschossdecke,  $R'_w \geq 54$  dB) mit einem Messwert von  $R'_w = 60$  dB dennoch gut eingehalten wurden.

Zur adäquaten Berücksichtigung von Bitumenstreifen in der DIN 4109 hinsichtlich der Stoßstellendämmung erscheint es daher sinnvoll, noch

ergänzende Messungen mit Bitumenstreifen im Kombinationsprüfstand (vertikal) und eventuell auch im Flankenprüfstand (horizontal) durchzuführen. So kann im Anschluss ein direkter Vergleich mit den Labor-Ergebnissen der Kork- und PE-Schwerschaumstreifen durchgeführt werden. Zur Absicherung dieser Messreihe wäre auch noch die messtechnische Untersuchung einer repräsentativen Gebäudesituation mit Bitumenstreifen denkbar. Die Ergebnisse aus diesen Messungen können dann auch unabhängig vom AIF-Abschlussbericht für die zukünftige DIN 4109 berücksichtigt werden.

Ob und in welchem Umfang eventuell noch dünnere Wanddicken (80 mm) oder höhere Rohdichten ( $1200 \text{ kg/m}^3$ ) der Gipswände für den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 relevant sind, ist derzeit nicht absehbar.

### 17.3 Zweischalige entkoppelte Gipswände

Im abgeschlossenen Gips-Wandbauplatten-Forschungsvorhaben wurden keine zweischaligen Gipswandkonstruktionen untersucht. Solche zweischaligen Gipswände werden in der Baupraxis im Wohnungsbau als Wohnungstrennwand eher seltener eingesetzt. Das Einsatzgebiet dieser Wände liegt hauptsächlich im Bereich von Trennwänden zwischen Räumen in Hotels, Krankenhäusern und Pflegeheimen. Mit den zweischaligen Gipswänden lassen sich prinzipiell höhere Schalldämm-Maße zwischen den Räumen erreichen als mit einschaligen Konstruktionen. Typische zweischalige Gipswand-Konstruktionen sind zum Beispiel:

- 80 mm Gips-Wandbauplatten  
40 mm Mineralfaser-Dämmung  
10 mm Luftzwischenraum  
80 mm Gips-Wandbauplatten
- 80 mm Gips-Wandbauplatten  
25 mm Mineralfaser-Dämmung  
10 mm Luftzwischenraum  
60 mm Gips-Wandbauplatten

Weitere Kombinationen sind natürlich möglich, bei der Erstellung der Wandkonstruktionen werden sowohl Gips-Wandbauplatten mit mittlerer als auch mit hoher Rohdichte eingesetzt. Die einzelnen Schalen werden durch Randstreifen, wie sie auch bei den einschaligen Gipswänden zum Einsatz kommen, von den umgebenden Bauteilen getrennt.

Die Gips-Wandbauplattenindustrie hat bislang die Schalldämmung von verschiedenen zweischaligen Konstruktionen in verschiedenen Prüfstellen bestimmen lassen. Da solche Wände jedoch auch in Bereichen zum Einsatz kommen, in denen die DIN 4109 Anforderungen an den Schallschutz stellt (siehe obige Anwendungsbeispiele), können die Werte nicht einfach ohne weiteres in den Bauteilkatalog der zukünftigen DIN 4109 aufgenommen werden. Dazu sind unter Umständen weitere Untersuchungen hinsichtlich der Direktschall- und Stoßstellendämmung der Gipswände erforderlich.

Zweischalige Gipswände sind auch zur Realisierung von Installationswänden (siehe nächster Abschnitt) denkbar, diese Anwendung stellt jedoch zusätzliche Fragestellungen dar, welche in einem zukünftigen Forschungsvorhaben gesondert untersucht werden könnten.

## 17.4 Entkoppelte Gipswände als Installationswände

Leichte Installationswände und -Schächte aus Gips-Wandbauplatten sind für den Innenausbau eine attraktive Alternative. Allerdings stehen ihrem Einsatz zurzeit gravierende Hindernisse entgegen, die sich aus den derzeitigen Anforderungen der DIN 4109 (Forderung nach einer flächenbezogenen Masse von 220 kg/m<sup>2</sup>) ergeben. Weitere Einschränkungen ergeben sich durch technische und planerische Unsicherheiten gegenüber den Geräuschen der Sanitärinstallation, die von den Installationswänden übertragen werden. In weiterführenden Untersuchungen könnten diese Einschränkungen beseitigt werden, indem die technischen und methodischen Voraussetzungen geschaffen werden für eine schalltechnisch optimierte Konstruktion dieser Installationswände sowie für die schall-technische Planbarkeit dieser Wände und die Nachweisfähigkeit im Rahmen der geforderten Schallschutznachweise. Ansatz im konstruktiven Bereich ist eine systematische Analyse der Körperschallanregung und -Übertragung unter Berücksichtigung der Körperschalleigenschaften der Sanitärinstallation. Dabei kann insbesondere das schalltechnische Potential der durch Randstreifen körperschallentkoppelten Gipswand genutzt und gesteigert werden. Für die schalltechnische Dimensionierung der Installationswände und die Planung des schalltechnisch abgesicherten Einsatzes können Berechnungsmethoden entwickelt werden, die auch für den Schallschutznachweis herangezogen werden können.

## 18 Literatur

- [1] DIN 4109-1 (Entwurf): Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Anforderungen, Oktober 2006
- [2] DIN 4109-2 (Normvorlage, unveröffentlicht): Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechenverfahren
- [3] Dokument NA 005-55-75 AA N118: Manuskript zum Normvorschlag DIN 4109-3: Schallschutz im Hochbau - Teil 3: Eingangsdaten für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes (Bauteilkatalog), April 2009
- [4] DIN EN 12354-1: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Dezember 2000
- [5] Gerretsen, E.: European development in prediction models for building acoustics, Acta Acustica 2 (1994), S. 205 - 214
- [6] DIN EN ISO 140-16: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 16: Messung der Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzliche Vorsatzschalen im Prüfstand, November 2006
- [7] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Bericht Nr. 1353-01 - Messung und Anwendung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  für Mauerwerkswände im Massivbau. Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Juni 2001
- [8] Blessing, S., Schneider, M., Späh, M., Fischer, H.-M.: Ermittlung und Verifizierung schalltechnischer Grundlagendaten für Wandkonstruktionen aus Kalksandstein-Mauerwerk auf der Grundlage neuer europäischer Normen des baulichen Schallschutzes, Abschlussbericht Nr. 1370 zum AIF-Forschungsvorhaben 11593/1, Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Februar 2002
- [9] Blessing, S., Schneider, M., Späh, M., Fischer, H.-M.: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Porenbetonindustrie, Abschlussbericht Nr. 1371 zum AIF-Forschungsvorhaben 11640 N/1, Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Januar 2002
- [10] Späh, M., Schneider, M., Blessing, S., Fischer, H.-M.: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Leichtbetonindustrie, Abschlussbericht Nr. 1372 zum AIF-Forschungsvorhaben 11642 N/1, Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Februar 2002
- [11] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Bericht Nr. 1373 - Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Ziegelindustrie, Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, April 2005
- [12] Cremer, L.: Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei schrägem Schalleinfall, Akustische Zeitschrift 7 (1942) S. 81 - 104

- [13] DIN 52210-2: Bauakustische Prüfungen Luft und Trittschalldämmung - Teil 2: Prüfstände für Schalldämm-Messungen an Bauteilen, August 1984, zurückgezogen
- [14] DIN EN ISO 140-1: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung, März 2005
- [15] Schmitz, A. et al: Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls, part I and II, Journal of Building Acoustics, Vol. 6, 1999, S. 159 - 169, S. 171 - 186
- [16] Schmitz, A., Fischer, H.-M.: How will heavy walls be measured in test facilities according to ISO 140 in future? ICA - International Congress on Acoustics, September 2001, Rom
- [17] DIN EN ISO 140-3: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen, März 2005
- [18] Beschlussbuch 16, Arbeitskreis der Prüfstellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse für den Schallschutz im Hochbau - Arbeitskreis Schallprüfstellen, <http://www.schall-pruefstellen.de/beschlussbuch.html>, Stand 07.11.2005
- [19] Fischer H.-M., Schneider, M., Blessing, S.: Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände, Fortschritte der Akustik - DAGA 2001, Hamburg
- [20] Späh, M., Fischer H.-M.: Abgesicherte Eingangsdaten für die Berechnung des Schallschutzes nach DIN EN 12354-1, Veröffentlichungen der Hochschule für Technik Stuttgart, Bauphysikertreffen 2001
- [21] DIN EN ISO 10848-1: Akustik - Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 1: Rahmendokument, August 2006
- [22] Scholl, W., Wittstock, V.: Unsicherheiten in der Bauakustik und Konsequenzen, Fortschritte der Akustik - DAGA 2008 Dresden, S. 403 - 404
- [23] DIN EN 12859: Gips-Wandbauplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren, Juni 2008
- [24] DIN 4103-2: Nichttragende innere Trennwände - Trennwände aus Gips-Wandbauplatten, Dezember 1985
- [25] Cremer, L., Heckl, M.: Körperschall, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1996
- [26] Heckl, M., Müller, H. A.: Taschenbuch der Technischen Akustik, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1995
- [27] Gösele, K.: Orientierende Versuche im Prüfstand über Körperschalldämmung verschiedener Dämmstreifen beim Anschluss von Gipsplatten, Nr. 173/84

- [28] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Flanking transmission of masonry building elements with flexible interlayers, ForumAcusticum 2005
- [29] Bongarz, C. M., Kahle, H.: Untersuchung der Körperschallübertragung von leichten und mittelschweren Flanken auf eine Wohnungstrennwand, Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim / Holzminden, Wintersemester 1998/1999
- [30] Beiblatt 1 zur DIN 4109: Schallschutz im Hochbau - Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, November 1989
- [31] DIN EN 29052-1: Akustik - Bestimmung der dynamischen Steifigkeit - Teil 1: Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden, August 1992
- [32] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchungen an einem Kleinprüfstand zur Stoßstellendämmung mit elastischer Zwischenschicht, Forschungsbericht der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, 2004
- [33] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise, November 1989
- [34] Beiblatt 2 zur DIN 4109: Schallschutz im Hochbau - Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, November 1989
- [35] Gösele, K.: Verbesserung der Schall-Längsdämmung bei leichten Zwischenwänden durch Randstreifen, Nr. 230/86, AZ: B15-800184-202
- [36] DIN EN ISO 140-4: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 4: Messung der Luftschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden, Dezember 1998
- [37] DIN EN ISO 717-1: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung, November 2006
- [38] Schneider, M., Mack, F., Fischer, H.-M.: Study of the Influence of Adjacent Elements on the Sound Level Decay of Heavy Building Structures by means of Transient SEA; NAG/DAGA 2009, Rotterdam
- [39] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit Randstreifen Bitumenfilz, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-1
- [40] Messung der Luftschalldämmung einer Wand aus Gips-Wandbauplatten mit umlaufendem PE-Schwerschaum-Randstreifen, Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig, Nr. 2029/889/07
- [41] Messung der Luftschalldämmung einer Wand aus Gips-Wandbauplatten mit PE-Schwerschaum-Randstreifen am seitlichen und oberen Anschluss, Bodenanschluss mit Bitumenstreifen, Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig, Nr. 2001/861/07

- [42] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit Randstreifen Bitumenfilz und PE-Schwerschaum AkustikPro 120, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-2
- [43] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit Randstreifen PE-Schwerschaum AkustikPro 120, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-3
- [44] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit Randstreifen Kork, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-4
- [45] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit Randstreifen Bitumenfilz, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-5
- [46] Messung der Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140-3 einer Massivwand aus Gips-Wandbauplatten mit starrem Anschluss, Material-Forschungs- und Prüfanstalt (MFPA) Leipzig, Prüfbericht-Nr. P 4.2/08-083-6
- [47] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Kornwestheim, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B01
- [48] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Esslingen-Zell, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B02
- [49] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Möhringen, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B03
- [50] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Reutlingen, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B04
- [51] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Karlsruhe, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B05
- [52] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Schwieberdingen, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B06
- [53] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Stuttgart, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B07
- [54] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Weingarten, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B08

- [55] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Bad Cannstatt, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B09
- [56] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Heilbronn, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B10
- [57] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Möhringen, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B11
- [58] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Böblingen, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B12
- [59] Schalltechnische Untersuchungen in einer Seniorenwohnanlage mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Remseck, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B13
- [60] Schalltechnische Untersuchungen in einem Mehrfamilienhaus mit Innenwänden aus Gips-Wandbauplatten in Untergruppenbach, Hochschule für Technik Stuttgart, Bericht-Nr. 122-005-05P / B14
- [61] DIN EN ISO 140-7: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 7: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden, Dezember 1998
- [62] DIN EN ISO 717-2: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung, November 2006
- [63] Schroth, U.: Betrachtung der Stoßstellendämmung unter Berücksichtigung von Inhomogenitäten und Einspannbedingungen mit Zuhilfenahme der Modalanalyse. Diplomarbeit an der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Wintersemester 1999/2000
- [64] Seidel, J.: Der Einfluss von Türen und Fenstern auf die Flankenübertragung, Fortschritte der Akustik - DAGA 2001

## Anlagen

Anlage 1: Dokumentation der Gebäude-Messobjekte  
64 Seiten

Anlage 2: Leitfaden für Laborprüfungen von Wänden aus Gips-Wandbau-  
platten zur Verwendung der Messergebnisse im Bauteilkatalog der  
zukünftigen DIN 4109  
2 Seiten