

Schallschutz in Europa – was ist erreicht, was fehlt noch zur europäischen Gemeinschaft

Judith Lang

Konsulent für Akustik, Wien, E-Mail: judith.lang@aon.at

Einleitung

Zu den wesentlichen Themen der Bauakustik

- Messverfahren einschließlich erforderlichem Frequenzbereich, Reproduzierbarkeit, in Prüfstand und Gebäude und Einzahlangaben

- Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden, einschließlich geeigneter Größe und erforderlichem Maß

- Unterlagen für die Planung, Rechenverfahren und Daten der Bauteile und ihres Zusammenwirkens

werden seit Jahrzehnten in den europäischen Ländern grundlegende Arbeiten durchgeführt und in ISO/TC 43 Acoustics und CEN/TC126 Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden einheitliche Normen erarbeitet. Nachfolgend sollen einige Beispiele der Entwicklung und der Stand der Technik besprochen werden.

Messung des Schallschutzes im Prüfstand

Die Zurverfügungstellung von Angaben über den Schallschutz von Bauteilen ist eine wichtige Grundlage für die Planung von Gebäuden. Diese Angaben erfordern Messungen in geeigneten Prüfständen, deren Aufbau (Raumvolumen, Schallabsorption, Diffusität) seit den 50-er Jahren des vorigen Jahrhunderts behandelt und in Normen der Serie ISO 140 festgelegt wurde. Viele Ringversuche mit Vergleichsmessungen fanden dazu statt, vor allem an Fenstern und Verglasungen, die zu sehr detaillierten Vorschriften für den Prüfstand führten, von den baulichen Gegebenheiten bis zum Kitt für den Einbau der Scheiben. Ein Ringversuch an 2 Fenstern im Jahre 2000 von 7 Prüfstellen in Deutschland und Österreich ergab günstig kleine Werte für die Vergleichsstreuung unter den in ISO 140-2 [1] angegebenen Grenzen. Bei der Abfassung des Berichts konnte die Feststellung getroffen werden, dass diese günstig kleine Vergleichsstreuung durch die detaillierte Festlegung des Prüfstandes, der Einbaubedingungen und der Messdurchführung ermöglicht ist. Neuere Ringversuche wurden an Isolierglasscheiben durchgeführt wegen der großen Bedeutung für die Wirtschaft in Verbindung mit der CE-Kennzeichnung und der Erfordernis Werte für die uncertainty anzugeben [2][3]; sie ergaben eine Vergleichsstreuung unter und an der Grenze der ISO 140-2.

Die Ergebnisse eines Ringversuchs an einer massiven Kalksandsteinwand (12 Prüfstellen in Deutschland) hingegen brachten eher nicht erwartete größere Abweichungen, als deren Ursache der Einfluss der Energieverluste aus der Prüfwand in die Prüfstandbauteile erkannt wurde [4]. Es erschien daraus klar erforderlich, dass bei der Messung des Schalldämm-Maßes im Prüfstand auch der Verlustfaktor gemessen und angegeben werden muss und eine Umrechnung auf einen einheitlichen im praktischen Gebäude ge-

benen Verlustfaktor wurde diskutiert, ja sogar vorgeschlagen nur den auf den genormten Verlustfaktor bezogenen Wert des Schalldämm-Maßes im Prüfbericht anzugeben. Die Frage wurde in den Normengruppen intensiv bearbeitet und Vorschläge und Daten dazu erarbeitet [5][6][7]. Es blieben allerdings Fragen offen, wie behandelt man den Frequenzbereich unter der Koinzidenzfrequenz, wie behandelt man den Bereich der Resonanzfrequenz bei Hohlziegelwänden. Aus den intensiven Arbeiten zu der Frage blieb nur die Normforderung in der neuen ISO 10140 [8], dass der Verlustfaktor im Prüfstand, gemessen an einer Prüfwand mit einer Masse von rd. 400 kg/m², einen festgelegten Wert (unverändert gegenüber der Ausgabe 1997 der ISO 140-1) nicht unterschreiten soll. Es ist die derzeitige Praxis, dass Messergebnisse für das Schalldämm-Maß im jeweiligen Prüfstand ohne Angabe des Verlustfaktors und jedenfalls ohne Umrechnung angegeben werden. Die neue ISO verlangt die Angabe des Gesamt-Verlustfaktors im Prüfbericht auch nur „sofern gemessen“. Es ist dies nicht nur unbefriedigend im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von Messergebnissen aus verschiedenen Prüfständen sondern auch im Hinblick darauf, dass für die Planung nach EN 12354-1 (detailliertes Modell) der Verlustfaktor bei der Messung des Schalldämm-Maßes zur Umrechnung auf den Verlustfaktor im Gebäude gebraucht wird. Unabhängig von der Festlegung in ISO 10140 wurde an der Hochschule für Technik in Stuttgart eine Reihe von Forschungsvorhaben durchgeführt zur Korrektur des Verlustfaktors für verschiedene Massivbaustoffe mit einer Umrechnung auf einen mittleren Bauverlustfaktor (vgl. dazu die Literatur-Zitate 75-81 in [9]). Vielleicht sollte die Frage für die Aufnahme in die ISO 10140 noch einmal behandelt werden.

Es ist interessant zu erwähnen, dass die Verfasserin bereits 1980 auf den Einfluss des Verlustfaktors der Prüfwand auf das Schalldämm-Maß hingewiesen hat und den damals noch neuen Prüfstand entsprechend mit einer dämpfenden Sandschicht außen versehen hat um den Verlustfaktor im Prüfstand entsprechend dem im praktischen Gebäude einzustellen. Der mit Sanddämpfung erzielte Verlustfaktor entspricht dem in [6] für Wohngebäude dargestellten; das Schalldämm-Maß einer massiven Wand konnte damit um 1 bis 2 dB erhöht werden im Bereich über der Koinzidenzfrequenz und unter der Resonanzfrequenz [10].

Die Messungen in dem Ringversuch wurden für den Frequenzbereich von 50-5000 Hz durchgeführt und es gilt nun 10 Jahre später als mehr oder weniger erwiesen, dass der Frequenzbereich ab 50 Hz erfasst werden soll, insbesondere im Hinblick auf den vermehrten Einsatz leichter Mehrfachwände und leichter mehrschaliger Holzdecken, bei welchen der Bereich der tiefen Frequenzen eine größere Bedeutung hat. Allerdings nicht alle Prüfstellen geben das

Schalldämm-Maß ab 50 Hz an und auch in der neuen ISO 10140 ist die Messung ab 50 Hz nur als optional angeführt.

Ein Ringversuch mit Messung der Schalldämmung einer leichten mehrschaligen Wand in den Jahren 1990-1994, an dem 21 europäische Länder teilnahmen, ergab sehr große Unterschiede mit einer Vergleichsstreuung bis zu 12 dB (im Bereich der Frequenzen über 1000 Hz [11]; sie konnten vor allem auf die Art des Rahmens der Prüföffnung zurückgeführt werden; entsprechende Verbesserungen und Ergänzungen zur Beschreibung des Prüfstandes und des Einbaues der Prüfwand wurden in ISO 10140 aufgenommen. Ein zurzeit laufender Ringversuch an einer leichten mehrschaligen Wand wird zeigen, ob und wie weit die Übereinstimmung der Prüfergebnisse damit verbessert werden konnte.

Die Durchführung von Ringversuchen hat somit zu einem wertvollen Austausch von Erfahrungen und zu einer wesentlichen Verbesserung der Prüfstände und der Messbedingungen und damit zu einer Verbesserung der Vergleichsstreuung geführt. Damit ist auch der Vergleich und der Austausch von Messergebnissen weitgehend möglich. Wichtig bleibt allerdings dabei, dass die Prüfstellen auch die auf Grund der Ergebnisse der Ringversuche in den Normen festgelegten Messbedingungen genau einhalten. Laufende Prüfungen erscheinen dazu unbedingt erforderlich. Unterlagen zur Ermittlung der Vergleichsstreuung und der Anwendung wird die in Ausarbeitung befindliche ISO 12999 [12], die Nachfolge-Norm zur ISO 140-2, bringen.

Für die Messung der Schalllängsleitung wurde die ISO 10848 [13] erarbeitet und hat sich für die Messung von Stoßstellendämmung und Längsleitung, erforderlich für die Berechnung des Schallschutzes im Gebäude, insbesondere mit speziellen Stoßstellen und in leichten Konstruktionen bewährt [14][15][16][17][18].

Zu erwähnen ist auch die ISO 3822 [19], die mehrfach verbessert und ergänzt, sowohl für die Wirtschaft mit der eindeutigen Angabe von Emissionswerten als auch für die Planung des Schallschutzes für die haustechnischen Einrichtungen wertvoll ist. Auch dazu wurde eine Reihe von Ringversuchen durchgeführt.

Kennzeichnende Größen und Einzahlangaben

Das Schalldämm-Maß R (in alten österreichischen Normen und Fachbüchern als Schalldämmwert und Schalldämmzahl angegeben), der 10-fache Logarithmus des Verhältnisses der auf den Bauteil auftreffenden zu der von dem Bauteil abgestrahlten Schallleistung, ist seit Jahrzehnten die kennzeichnende Größe für die Schalldämmung eines Bauteils. Nach dem derzeitigen Stand der Technik wird es ausschließlich in Prüfständen ohne Nebenwege gemessen und ist mit dem so ermittelten Wert auch in Berechnungen des Schallschutzes zwischen Räumen im Gebäude einzusetzen. In den 50-er Jahren wurde der Schallschutz zwischen zwei Räumen im Gebäude dem „Schalldämmwert“ der Wand gleichgesetzt. Nach den ersten Arbeiten mit der Erkenntnis des Einflusses der Schalllängsleitung [20][21] wurde dann für den Schallschutz im Gebäude das „Bau-Schalldämm-Maß“ R' definiert und in den DIN-Normen auch den Anforderungen zugrunde gelegt; besser ist diese Größe durch das englische Wort

„apparent sound reduction index“ beschrieben. In anderen Ländern wurden auch andere Größen zur Beschreibung des Schallschutzes im Gebäude festgelegt, die die Schallpegeldifferenz zwischen 2 Räumen bezogen auf eine genormte Schallabsorption im Empfangsraum, beschrieben durch die Schallabsorptionsfläche (Norm-Schallpegeldifferenz D_n) oder die Nachhallzeit (Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT}) einsetzen. Alle diese Größen wurden in die ISO-Normen aufgenommen. Sie bestehen bis jetzt für die Beschreibung des Schallschutzes zwischen Räumen in Gebäuden in den verschiedenen Ländern. Die internationale Normung konnte in diesem Fall keine Vereinheitlichung erzielen.

Während in den ersten Nachkriegsjahren als Einzahlwert der Mittelwert des Schalldämm-Maßes über den Frequenzbereich eingesetzt wurde, wurde in Deutschland sehr bald das Sollkurven-Verfahren zur Ermittlung eines kennzeichnenden Einzahlwertes (Luftschallschutzmaß und Trittschallschutzmaß) entwickelt und auch sehr bald in anderen Ländern verwendet. Seit 1968 ist das Verfahren mit Bezugskurven (diese Bezeichnung ist geeignet den Schallschutz ohne unmittelbaren Vergleich mit einem Sollwert anzugeben) in die ISO-Norm 717 [22] aufgenommen mit den Einzahlangaben bewertetes Schalldämm-Maß und bewerteter Norm-Trittschallpegel. 1982 wurde diese durch eine neuere erweiterte Fassung in 3 Teilen ersetzt [23]. Das Einzahl-Verfahren war einheitlich und konnte für die verschiedenen bestehenden Größen zur Beschreibung des Schallschutzes von Bauteilen und zur Festlegung von Anforderungen angewendet werden.

Neben der Methode der Einzahlangabe auf der Basis von Bewertungskurven wurde auch, z.B. in Frankreich, das Verfahren der Ermittlung eines Einzahlwertes auf der Basis der Differenz der A-bewerteten Schallpegel unter Zugrundelegung eines genormten Spektrums für den Schallpegel im Gebäudeinneren und außerhalb des Gebäudes angewendet.

Auf Grund von verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten und Fragen zur Eignung des Bezugskurven-Verfahrens wurden in einer ISO-Study-group 1989 und 1990 die verschiedenen offenen Fragen behandelt und eine neue Arbeitsgruppe vorgeschlagen zur Revision der ISO 717 und Ausarbeitung zusätzlicher Teile um verschiedene Schallspektren (in Terzbändern) als Basis für die Berechnung von Einzahlwerten zu normen.

Gleichzeitig ergab sich auch im Rahmen der EG nach Erstellung der Bauproduktenrichtlinie und der wesentlichen Anforderungen (zu welchen der Schallschutz zählt) der Bedarf nach harmonisierten Normen und es wurde daher schon im November 1989 im CEN/TC 126 die Arbeitsgruppe „Einzahlangaben“ gegründet. Das Bezugskurven-Verfahren wurde unverändert beibehalten; dazu auch Bezugskurven für Oktavbänder neu festgelegt. Ein besonderes Anliegen war einerseits das Bezugskurvenverfahren unverändert beizubehalten, andererseits auch die Kontinuität für die Länder zu sichern, die die Luftschalldämmung durch die Differenz der A-bewerteten Schallpegel eines typischen Verkehrslärms bzw. eines rosa Rauschens beschreiben. Es wurden dazu 2 Spektrumanpassungswerte mit 2 festgelegten Schallspektren definiert C (für rosa Rauschen) und C_T für

Straßenverkehrslärm (traffic). Ergebnisse von Messungen sollten angeführt werden mit $R_w(C; C_{tr})$; es konnten aber auch R_w+C oder R_w+C_{tr} verwendet werden, das gleiche für $D_{nT,w}$. Es war nicht vorgesehen eine neue Größe für R_w+C oder R_w+C_{tr} einzuführen, andererseits konnten aber die entsprechenden Größen R_A und $R_{A,tr}$ (auch $R_{A,1}$ und $R_{A,2}$) weiter verwendet werden. Es war damit einerseits eine Vereinheitlichung erzielt worden (die Differenz der A-bewerteten Schallpegel als Einzahlangabe), andererseits war die Anzahl der Möglichkeiten von Einzahlangaben vergrößert worden.

Die Anzahl der Einzahlwerte wurde weiter sprunghaft erhöht mit der Erweiterung des Frequenzbereichs (Terzen 50, 63, 80 Hz und 4000 und 5000 Hz) für die Messungen in ISO 140. Demzufolge wurden in ISO 717 zwar nicht die Bezugskurven für den erweiterten Frequenzbereich festgelegt, aber die für die Spektrumanpassungswerte einzusetzenden erweiterten Spektren und die zu verwendenden Bezeichnungen, wie z.B. $C_{50-5000}$, $C_{tr,50-3150}$ [24].

Ähnliche vielfache Einzahlwerte bestehen auch für den Trittschallschutz.

Damit steht ein großes Angebot von Einzahlangaben zur Verfügung, aus dem verschiedene Größen zur Festlegung von Anforderungen in den verschiedenen europäischen Ländern eingesetzt sind. Die so entstandene Vielfalt ist in [25][26] ausführlich dargestellt. Eine kleine Auswahl zeigt die Tabelle 1. Der zahlenmäßige Vergleich der Anforderungen ist nicht bzw. nur näherungsweise möglich. Dies zeigt z.B. der Vergleich von R_w und $R_w+C_{50-5000}$ für verschiedene Konstruktionen [27]. $R_w + C_{50-3150} = 53$ dB kann je nach Deckenbauart einem $R_w = 53$ bis 55 dB oder einem $R_w = 55$ bis 65 dB entsprechen.

Tabelle 1: Größen, die zur Beschreibung der Mindestanforderungen an den Luftschallschutz in Wohngebäuden in europäischen Ländern verwendet werden

Größe	Land
R'_w	Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Norwegen, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik, Ungarn ^{*)}
$R'_w + C$	Polen
$R'_w + C_{50-3150}$	Schweden
$D_{nT,w}$	Belgien, Österreich, ^{**)****)}
$D_{nT,w} + C$	Frankreich, Niederlande, Schweiz
$D_{nT,w} + C_{100-5000}$	Spanien
$D_{nT,w} + C_{tr}$	UK
$D_{n,w}$	Portugal

^{*)} neu R'_w+C

^{**) nach neuem Vorschlag auch Litauen}

^{****) nach dem Entwurf zu DIN 4109-1 auch in Deutschland}

Es sind somit weder die zur Beschreibung des Schallschutzes eingesetzten Größen (R'_w , D_n , D_{nT}) noch der Frequenzbereich oder die Frequenzbewertung (C , C_{tr} , $C_{50-3150}$, $C_{100-5000}$) einheitlich. Ähnlich ist die Vielfalt für die Größen zur Beschreibung des Trittschallschutzes.

Die unterschiedlichen Größen für schallschutztechnische Anforderungen in den einzelnen Ländern werden auch von

der Wirtschaft beklagt, da ein Übertragen von schallschutztechnisch günstigen Lösungen von einem Land in ein anderes kaum möglich ist.

Die Revision der ISO 717, Teile 1 und 2 wird zurzeit begonnen. Einige Vereinfachungen oder Vereinheitlichungen sind darin vorgesehen [28]:

- für den Schallschutz im Gebäude soll nur die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} eingesetzt werden,
- es soll einheitlich der Frequenzbereich ab 50 Hz eingesetzt werden,
- das bewertete Schalldämm-Maß und die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz sollen durch eine neue Größe aus der Summe $R_w+C_{50-5000} = R_{A,1}$ (oder R_{living}) und $R_w+C_{tr,50-5000} = R_{A,2}$ (oder $R_{traffic}$) für den Bauteil bzw. $D_{nT,w}+C_{50-5000}$ ersetzt werden.

Es besteht überwiegend Einigkeit darüber, dass der Frequenzbereich ab 50 Hz erfasst werden soll; es werden dazu auch die geeigneten Messmethoden für die Messung in Wohngebäuden noch behandelt.

Berechnung des Schallschutzes im Gebäude

Mit der Erkenntnis, dass die Schalldämmung zwischen zwei Räumen im Gebäude nicht der Schalldämmung des Trennbauteils entspricht, wurde sehr bald die Frage der Planung des Schallschutzes im Gebäude wichtig. Ein erster Schritt war in der Zeit der vorwiegenden Verwendung von massiven Bauteilen die Messung des Schallschutzes einer Wand im Prüfstand mit bauüblichen Nebenwegen, aus der etwa die im Gebäude zu erwartende Schalldämmung angegeben werden konnte. Diese Messung, in DIN 52210-2 [29] beschrieben, wurde in keinem anderen europäischen Land übernommen. DIN 4109 enthielt zusätzlich Mindestanforderungen für die Masse (damals Gewicht) der flankierenden Bauteile. Es wurden sehr bald in den meisten Ländern Empfehlungen für geeignete Kombinationen von Trenn- und Flankenbauteilen ausgearbeitet. So war z.B. in der ÖNORM B 8115 [30] aus 1959 zu lesen: „Schließen Bauteile mit niedrigerem Schallschutzmaß von beiden Seiten an eine Wand oder Decke mit erforderlichem höheren Schallschutzmaß an, so muss ihre Dämmung gegen Schalllängsleitung (darunter ist die Luftschalldämmung zuzüglich der Stoßstellendämmung zu verstehen) das höhere Schallschutzmaß, erhöht um 6 dB aufweisen. Daraus folgert, dass diese Stoßstellendämmung das Ausmaß „Unterschiede der Schallschutzmaße der zusammenstoßenden Bauteile zuzüglich 6 dB“ haben muss“. Eine große Zahl von Angaben zur Stoßstellendämmung dazu ist z.B. in [31] gegeben. In einer großen Zahl der europäischen Länder wurden Rechenverfahren entwickelt, die die Schallübertragung über Trennbauteil und Flankenbauteile getrennt erfassten und addierten, z.B. in Österreich [32], Niederlande [33][34], Frankreich [35]. Die Ausarbeitung eines europäischen Rechenverfahrens wurde sogleich nach Gründung von CEN/TC 126 begonnen und in wenigen Jahren stand die EN 12354 mit den Teilen 1 (Luftschallschutz) und 2 (Trittschallschutz) zur Verfügung [36]. Damit lag ein Rechenverfahren vorzugsweise für massive Gebäude vor, das in den meisten europäischen Ländern übernommen wurde, meist mit nationalen Datensätzen. Nachweise der Eignung durch Vergleich von Mess- und Rechengrößen

wurden in mehreren Ländern geführt, z.B. in Österreich [37], Deutschland [38][39][40], Dänemark [41], Schweden [42], die durchaus zufriedenstellend ausfielen. Computerprogramme wurden zu dem Verfahren ausgearbeitet, z.B. Bastian, Acoubat, jeweils in mehreren Ländern verwendet.

Zur Berechnung von leichten, mehrschaligen (Holz)bauwerken wurde in Deutschland eine Anleitung zusammengestellt [43]. Auf europäischer Ebene wird zurzeit die Ausarbeitung eines EN-Verfahrens vorbereitet durch Austausch und Sammlung von Grundlagen dazu von 30 Mitarbeitern aus 14 (12 europäischen) Ländern im Rahmen der COST-Action FP 0702 „Timber based light weight buildings“ [44]. Es ist zu erwarten, dass auch dazu ein EN-Verfahren in wenigen Jahren vorliegen wird.

Für die Planung des Schallschutzes für haustechnische Einrichtungen, wie z.B. whirl-pool, wurde EN 12354-5 [45] ausgearbeitet. Ein Nachweis der Eignung des Verfahrens wurde z.B. in [46] erbracht.

Die Normung in CEN/TC 126 war somit durchaus erfolgreich.

Weitere Arbeiten

Während auf dem Gebiet der Messung des Schallschutzes im Prüfstand und der Berechnung des Schallschutzes im Gebäude aus den Prüfstanddaten eine grundsätzliche Vereinheitlichung in Europa erzielt werden konnte (Verbesserungen und Anpassungen an den Stand der Technik werden immer notwendig sein) ist in der Frage der geeigneten Größe zur Beschreibung des Schallschutzes im Gebäude und des Ausmaßes des erforderlichen Schallschutzes bis jetzt keine Vereinheitlichung erkennbar. Wohl bestehen in allen Ländern Mindestanforderungen und in vielen auch Klassifikationen für den erhöhten Schallschutz (z.B. in Deutschland, Niederlande, Dänemark, Schweden, Finnland), ein Vergleich ist aber kaum möglich, da sowohl die zugrunde gelegten Größen als auch die Maße unterschiedlich sind. Zwar gibt es in vielen Ländern regelmäßig Befragungen über die Störung durch den Lärm der Nachbarn oder die Zufriedenheit mit dem Schallschutz, jedoch sind die Aussagen zu den unterschiedlichen Fragen kaum zu vergleichen. Die Ergebnisse der Befragungen in einigen europäischen Ländern sind in [47] zusammengestellt. Es wäre daher auch nützlich einen einheitlichen Fragebogen über die Störung durch den Nachbarlärm in Wohnhäusern zur Verfügung zu stellen.

Durch die Initiative von Birgit Rasmussen gelang es in der COST-Action TU 0901 „Integrating and Harmonising Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions“ [48] 85 Vertreter aus 31 (28 europäischen) Ländern zu gemeinsamer Arbeit zu Fragen der geeigneten Größe zur Beschreibung des Schallschutzes im Gebäude (Luftschall, Trittschall, Lärm der haustechnischen Einrichtungen) zu gewinnen. Dabei sollen auch geeignete Baukonstruktionen gesammelt werden und ein Fragebogen für die einheitliche Befragung zur subjektiven Beurteilung des Schallschutzes in Wohnhäusern ausgearbeitet werden [49]. Es ist zu erwarten, dass damit die in der CEN- und ISO-Normung bis jetzt fehlende Vereinheitlichung von Größen und Maßen zum Schallschutz erreicht werden kann.

Literatur

- [1] ISO 140-2 (EN 20140-2): Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 2: Angaben von Genauigkeitsanforderungen
- [2] Rehfeld, M.: Dispersion of sound transmission loss of glazings. Symposium Managing Uncertainty in Noise Measurements and Prediction Le Mans (France) 2005
- [3] Analysis and conclusions of a round robin on glazings by joint WG CEN TC 126-129
- [4] Schmitz, A. et al.: Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls, part I and II, Journal of Building Acoustics 1999 (6)
- [5] Gerretsen, E.: Some remarks and proposals related to the use of the total loss factor in sound reduction index measurements in the laboratory. Memorandum to CEN/TC126/WG1 AHG6, May 2001
- [6] Fischer, H.-M.: Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände. DAGA 2001
- [7] Schmitz, A. and Fischer, H.-M.: How will heavy walls be measured in future in test facilities according to ISO 140. 17th ICA Rome 2001
- [8] EN ISO 10140: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand, Teile 1 bis 5
- [9] Fischer, H.-M.: Neufassung der DIN 4109 auf der Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes. Bauphysik Kalender 2009, Verlag Ernst & Sohn
- [10] Lang, J.: Sound Insulation in Buildings and Control of Traffic Noise. 11th Congress IABSE, Vienna 1980
- [11] Pompoli, R. and Smith, R.S.: Possible Reasons for the Discrepancy in the Reproducibility Results of the Inter-comparison of Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Walls. Presented at the 18th meeting of CEN/TC 126/WG1 March 1998, Zürich
- [12] ISO/WD 12999-1: Determination and application of uncertainties in building acoustics. In Ausarbeitung in ISO/TC 43/SC2/WG18
- [13] EN ISO 10848: Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen, Teile 1 bis 4
- [14] Crispin, C. et al. The vibration reduction index K_{ij} : laboratory measurements versus predictions EN 12354-1 (2000). Inter-noise 2004 Prag
- [15] Crispin, C., Ingelaere, B., Vermeir G.: Innovative building systems to improve the acoustical quality in lightweight masonry constructions: Application of resilient joints at junctions – Part 1: analysis of the experimental results Acoustics 08 Paris
- [16] Crispin, C., Ingelaere, B., Wuyts, D.: Innovative building systems to improve the acoustical quality in lightweight masonry constructions: Application of resilient joints at junctions – Part 2: Study cases

- modelled according to the standard 12354-1 (2000).
Acoustics 08 Paris
- [17] Schneider, M., Fischer, H-M.: Flanking transmission of masonry building elements with flexible interlayer. Forum Acusticum 2005 Budapest
- [18] Teibinger, M., Müllner, H.: Schall-Längsleitung im Holz-Mischbau, Bauphysik 27 (2005) Heft 5
- [19] EN ISO 3822: Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium, Teile 1 bis 4
- [20] Gösele, K.: Der Einfluss der Hauskonstruktion auf die Schalllängsleitung bei Bauten. Ges.Ing.75.Jhg. (1954), H.17/18
- [21] Kristen, Th. und Müller, H.W.: Über den Einfluss der Nebenwegübertragung auf die Schalldämmung von Trennwandkonstruktionen. Die Schalltechnik, 16.Jhg. (1956), H.18
- [22] ISO R 717: Evaluation de l'isolement acoustique des habitations 1.ed. 1968
- [23] ISO 717-1982: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements,
Part 1: Airborne sound insulation in buildings and of interior building elements
Part 2: Impact sound insulation
Part 3: Airborne sound insulation of facade elements and facades
- [24] ISO 717-1996: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements
Part 1: Airborne sound insulation
Part 2: Impact sound insulation
- [25] Rasmussen, B.: Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe. Applied Acoustics, 2010, 71(4), 373-385
- [26] Rasmussen, B. and Rindel, J.H.: Sound insulation between dwellings – Descriptors in building regulations in Europe. Applied Acoustics, 2010, 71(3), 171-180
- [27] Lang, J.: Zur Erweiterung des bauakustischen Frequenzbereichs bis 50 Hz, wksb 62/2009
- [28] Scholl, W., Lang, J., Wittstock, V.: Rating of sound insulation at present and in future – the revision of ISO 717. Submitted to Acustica, June 2010
- [29] DIN 52210-2: Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung, Prüfstände für Schalldämm-Messungen an Bauteilen
- [30] ÖNORM B 8115 Hochbau – Schallschutz und Hörsamkeit 1959
- [31] Bruckmayer, F.: Handbuch der Schalltechnik im Hochbau, Verlag Franz Deuticke, Wien 1962
- [32] ÖNORM B 8115-4 Hochbau- Schallschutz und Hörsamkeit, Teil 4 Maßnahmen zur Erfüllung des Schallschutzes 1992
- [33] Gerretsen, E.: Calculation of the sound transmission between dwellings by partitions and flanking structures. Applied Acoustics 12 (1979), 413-433
- [34] Gerretsen, E.: Calculation of airborne and impact sound insulation between dwellings . Applied Acoustics 19 (1986), 245-264
- [35] Guide Qualitel, Ed. Association Qualitel, Paris 1989
- [36] EN 12354: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften (2000)
Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen
Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen
- [37] Lang, J.: Ergebnisse des Vergleichs von Messwerten des Schallschutzes in Gebäuden mit Rechenwerten nach EN 12354, wksb 47/2001
- [38] Metzen, H.: Accuracy of CEN-prediction models applied to German building situations. Journal of Building Acoustics 6 (1999)
- [39] Späh, M., Blessing, S., Fischer, H-M.: Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 1: Einfluss von Eingangsgrößen. DAGA 2001
- [40] Blessing, S., Späh, M., Fischer, H-M., Schneider, M.: Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 2: Erreichbare Genauigkeit. DAGA 2001
- [41] Pedersen, D-B.: Nordic basis PNT 870022 of calculation of sound insulation in buildings. DELTA Acoustics and Vibration NT 1346-97
- [42] Simmons, Ch.: Reproducibility of measurements with ISO 140 and calculations with EN 12354. NT Technical Report 603, Nordic Innovation Centre, Oslo 2005
- [43] Scholl, W., Bietz, H.: Integration des Holz- und Skelettbauens in die neue DIN 4109. Bericht Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig 2004-07-14
- [44] www.costfp0702.eu
- [45] EN 12354-5: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 5: Geräusche von haustechnischen Anlagen und Geräten (2009)
- [46] Ruff, A., Mayr, A.R., Fischer, H-M.: Prediction of the sound transmission of heating devices in buildings according EN 12354-5. Inter-noise 2010, Lissabon
- [47] Lang, J.: Schallschutz in Europa. Bauphysik Kalender 2009, Verlag Ernst & Sohn
- [48] www.costtu0901.eu
- [49] Rasmussen, B.: Harmonization of sound insulation descriptors and classification schemes in Europe: COST Action TU0901. EAA Symposium Florence Dec.2010