

ISO 717 – Neues Beurteilungssystem für die Schalldämmung in Gebäuden

Werner Scholl
Wedtlenstedt
DE-Braunschweig



ISO 717 – Neues Beurteilungssystem für die Schalldämmung in Gebäuden

1. Die Aufgabenstellung der ISO 717

Die internationale Norm ISO 717 "Acoustics – Rating of sound insulation in Buildings and building elements" [1] ist das mittlere Element in einer Kette von Normen mit dem Ziel, ausreichenden Schallschutz in Gebäuden zu gewährleisten. ISO 717 erhält ihren Input in Form von Terz- oder Oktavspektren von Schalldämmgrößen, entweder aus Messungen z.B. nach ISO 10140 [2] oder von Prognose-Normen, wie EN 12354 [3], oder auch auf der Basis theoretischer Betrachtungen. Die Aufgabe von ISO 717 ist es nun, solche Spektren zu einem einzigen Zahlenwert zusammenzufassen – sog. "Einzahlwerte" – die die Lärmsituation wiedergeben sollen – auch unter dem Gesichtspunkt der subjektiven Wahrnehmung solcherart belasteter Personen.. Zu diesem Zweck müssen in ISO 717 Annahmen getroffen werden nicht nur bezüglich typischer anzunehmender Geräuschspektren (z.B. von Nachbarn oder Verkehrslärm von draußen) sondern auch bezüglich der subjektiven Lärmwahrnehmung durch Menschen. Indem man Schalldämmung durch eine einzige Zahl repräsentiert, erhofft man sich eine einfache Vergleichbarkeit von Bauelementen oder Bausituationen untereinander und in Bezug auf gesetzliche Anforderungen. Solche Anforderungen sind im letzten Glied der Normenkette festgelegt (in Deutschland in DIN 4109 [4]), zusammen mit einem System zur Kontrolle der Übereinstimmung von erreichtem Schallschutz und gefordertem Schallschutz.

Die Arbeitsteilung zwischen den erwähnten Normen ist wie folgt: Die Mess-Normen (ISO 10140 z.B.) formulieren die anzuwendenden Verfahren und die Messbedingungen, z.B. Anzahl und Positionen der Mikrofone. Die "Bewertungsnormen" der Reihe ISO 717 legen Regeln vom Standpunkt der psychoakustischen Auswertung fest. Beispiele sind der Bezug der Schallpegel auf Nachhallzeiten bzw. Schall-Absorptionsflächen, die Verwendung verschiedener Frequenzauflösungen (Terz oder Oktav) oder die zu berücksichtigenden Frequenzbereiche. ISO 717 stellt außerdem repräsentative Spektren von Test-Schallquellen zur Verfügung zur Einzahlwert-Bildung. Die "Anforderungsnormen" schließlich (DIN 4109) haben eher administrative oder gesetzesähnliche Aufgaben, darunter die Festlegung der Höhe der Anforderungen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen, die Einführung von Ergebniskontrollen oder auch Festlegungen, wie mit Mess- und Prognose-Unsicherheiten umzugehen ist. Die Ermittlung der Höhe der Unsicherheiten allerdings bleibt Sache der Mess- bzw. Bewertungsnormen.

2. Das Ziel der Überarbeitung der ISO 717

Die existierende Version der ISO 717 bietet für die Beurteilung von Bauelementen oder Gebäuden eine enorme Anzahl von Einzahlwerten an.

Zunächst sind da zwei rivalisierende Bewertungssysteme: Ein System bestimmt einen Einzahlwert durch Anpassung einer Referenzkurve an das zu bewertende Schalldämm-Frequenzspektrum (so z.B. bei der Ermittlung von R_w). Das andere System stellt genormte Referenz-Geräuschspektren zur Verfügung, mittels derer man die Gesamtschallpegel-Differenz zwischen Räumen oder an einem Trennbauteil bestimmen kann, teilweise auch in Form von A-Schallpegel-Differenzen.

Zweitens bleibt dem Anwender überlassen, ob er den Schallschutz ab 50, 63 oder 100 Hz und bis 2500, 3150 oder 5000 Hz betrachten möchte. Weiterhin besteht die Wahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Referenz-Lärmspektren und der Art der Normierung der Schallpegel in den Empfangsräumen (T oder A) und weiteren Varianten bezüglich der Messbedingungen z.B. bei Fassaden.

Hieraus ergab sich der Wunsch nach einer Reduktion der Anzahl möglicher Einzahlwerte, so festgehalten in einer Resolution des zuständigen ISO Komitees zur Überarbeitung der ISO 717. Hiermit war aber keineswegs gemeint, ganz neue Arten von Schalldämm-Größen zu schaffen, sondern eher, aus der bestehenden Menge geeignet auszuwählen.

Das macht auch Sinn, da dem Fortbestand bestehender Messergebnisse ein großes Gewicht zukommt.

Die Überarbeitung der ISO 717 eröffnete ganz nebenbei die Möglichkeit, die unnötig komplizierte gegensätzliche Behandlung von Luft- und Tritt-Schalldämmung zu überdenken. Nicht nur, dass im Falle der Trittschalldämmung die Anwendung der Spektrum-Anpassungskoeffizienten so schwer verständlich ist, dass sie kaum angewendet werden. Der wahre Vorteil der Beschreibung von Trittschallschutz in Form von Schalldämm-Maßen (wie beim Luftschall) besteht in der Tatsache, dass die Trittschallquelle dann genauso wie beim Luftschall explizit in der der Auswertung des Einzahlwerte erscheint und somit dann auch zur Bewertung andere Referenzspektren verwendet werden können als das, was durch die Verwendung des Norm-Trittschall-Hammerwerks zwangsläufig vorgegeben ist. Dieser Aspekt wird noch an Bedeutung gewinnen, als sich in kürzlichen Diskussionen zeigte, dass das Anregespektrum des Hammerwerks nicht bei allen Deckentypen zu befriedigenden Ergebnissen führt. Eine entsprechende Anpassung des Trittschall-Referenzspektrums scheint eine einfache Möglichkeit der Verbesserung.

3. Die Vorschläge zur Überarbeitung

Zunächst wurden vier Anwendungsbereiche für baulichen Schallschutz definiert, für die sich eigene Einzahlwerte zu lohnen scheinen:

- Lärm von den Nachbarn (Im Englischen - der ISO "Amtssprache" - als "living noise" bezeichnet),
- Lärm von draußen (überwiegend Strassenverkehrslärm),
- menschliche Sprache unter dem Gesichtspunkt der Vertraulichkeit, und
- Trittschall, womit i.A. körperschall-erzeugte Geräusche bei typischer Wohnungsnutzung gemeint sind, darunter natürlich auch menschliches Gehen.

Für diese Fälle wurden passende (und obligatorische) Frequenzbereiche vorgegeben. Alle neueren Untersuchungen haben gezeigt, dass für eine gute Korrelation zwischen Einzahlwert und menschlicher Wahrnehmung der Frequenzbereich unter 100 Hz wesentlich ist. Daher wurde der Bereich von 50 bis 5000 Hz in allen Fällen fest vorgegeben, außer bei dem Kennwert für Sprachverständlichkeit, bei dem eine Untergrenze von 200 Hz besser passt [5,6]. Eine Übersicht über solche Untersuchungen findet sich in [7].

Weiterhin war zu beantworten, ob überhaupt zwei Bewertungssysteme erforderlich sind, d.h. das Verfahren mit dem Referenzkurvenvergleich (wie bei R_w oder $L_{n,w}$) und andererseits das Verfahren der Bestimmung der (teilweise A-bewerteten) Gesamtpegeldifferenzen vor und hinter einem Bauteil (wie bei " R_w+C " oder " $L_{n,w}+C_I$ "). Die oben genannten Untersuchungen haben gezeigt, dass beide Prozeduren bezüglich der psychoakustischen Gültigkeit gleichwertig sind, wenn dieselben Frequenzbereiche zugrunde liegen. Daher wurde das Verfahren der Gesamtpegeldifferenzen wegen seiner sonstigen Vorteile als einziges Verfahren gewählt. Es ist im Übrigen zu beachten, dass " R_w+C " keineswegs eine Summe aus einem Ergebnis des Referenzkurvenverfahrens (R_w) und einer Korrektur C darstellt. " R_w+C " ist vielmehr der etwas irreführende Name für eine einzige Kenngröße mit ihrer eigenen, relativ einfachen Auswerteformel. Sie hat mit R_w überhaupt nichts zu tun.

Die " R_w+C "-Methode hat große Vorteile: sie enthält explizit das verwendete "Testgeräusch" und die ggf. angewandte zusätzliche Bewertung mit der Empfindlichkeitskurve des menschlichen Gehörs (hier als A-Bewertung). Da der so berechnete Einzahlwert auf einer relativ einfachen Formel basiert, kann auch die Unsicherheit des Einzahlwertes leicht aus den (eher bekannten) Unsicherheiten der Terz-Werte berechnet werden. Für die " R_w+C "-Methode lautet die Formel zur Berechnung des Einzahlwertes der Schalldämmung aus den gegebenen Terzwerten allgemein:

$$R_{source} = 10 \cdot \lg \left(\frac{\sum_i 10^{L_{i,source}/10}}{\sum_i 10^{(L_{i,source}-R_i)/10}} \right) \text{ dB} , \quad (1)$$

wobei der Platzhalter-Index "source" je nach Wahl des obengenannten Anwendungsbereichs zu ersetzen ist durch "living" (vom Nachbarn), "traffic", "speech" oder "impact". (Auf der internationalen Ebene sind hier englische Bezeichnungen in Gebrauch.) Der Zähler repräsentiert die gesamte einfallende oder "angebotene" Schallleistung auf der Sendeseite und der Nenner die gesamte übertragene Schallleistung in den Empfangsraum. Für die Luftschallübertragungs-Fälle sind die Referenz-Geräuschkpektren in Bild 1 dargestellt.

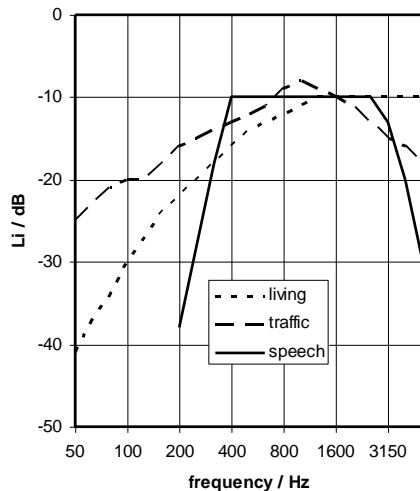


Bild 1: Referenz-Quellspektren L_i für "living noise", "traffic noise" (beide aus der bisherigen C und C_{tr} Definition übernommen) und "speech intelligibility" (neu).

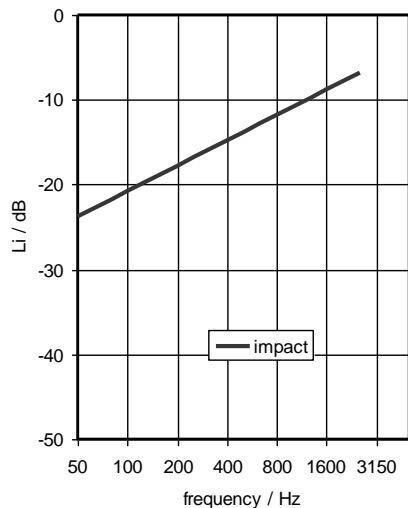
Gleichung (1) kann bei Trittschall ganz analog angewendet werden. In diesem Fall enthält der Zähler von Gleichung (1) das Referenz-Quellspektrum des Trittschall-Normhammerwerks und der Zähler das Spektrum der in den Empfangsraum übertragenen Luftschallleistung. Die Terzwerte der Trittschalldämmung, R_i (oder $R_{impact,i}$) repräsentieren ganz analog die Differenz der vom Hammerwerk "angebotenen" zur durchgelassenen oder abgestrahlten Schallleistung. So erhält man nach einsetzen der Hammerwerks-Schallleistung:

$$R_i = 78,2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{f_i}{1\text{Hz}}\right) - L_{n,i} \quad (2)$$

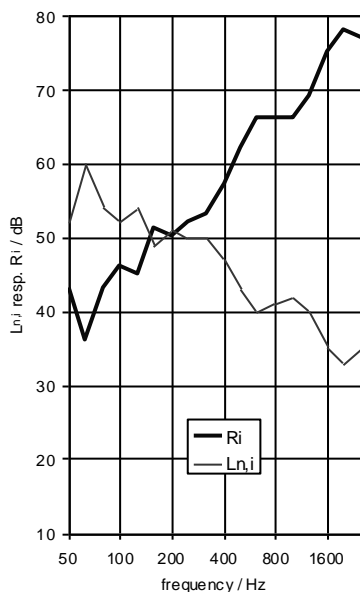
$L_{n,i}$ sind die Terzwerte des Norm-Trittschallpegels im Empfangsraum. Die ersten beiden Terme stellen die Leistung des Hammerwerks dar, wobei f_i die Mittenfrequenz des betrachteten Terzbandes ist. Wenn man dieses "natürliche" Spektrum des ISO Hammerwerks als Referenzspektrum übernimmt (siehe Bild 2), kann das neue Trittschalldämm-Maß unmittelbar aus dem "alten" Einzahlwert " $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$ " übernommen werden:

$$R_{impact} = 104 - (L_{n,w} + C_{I,50-2500}) \quad (3)$$

Künftig würde man R_{impact} aber direkt nach Formel (1) bestimmen und nicht über den unnötigen Umweg der $L_{n,w}$ -Bestimmung.

Bild 2: Referenz-Quellspektrum L_i für das ISO Norm-Hammerwerk.

Durch diesen kleinen Schritt – Ersatz von $L_{n,i}$ durch R_i – wird das ganze Schalldämm-System für Luft- und Trittschall konsistent und klar. Es ist nun sogar vorstellbar, verschiedene Körperschallquellen mittels ihrer potentiellen Körperschalleistung vergleichbar zu machen. Vorhandene Berechnungen für den Luftschall – wie Unsicherheitsbetrachtungen – können nun direkt für Trittschall übernommen werden. Und nicht zuletzt liegen die Zahlenwerte für Rimpact in dem gleichen "normalen" Bereich, wie wir es vom Luftschall her gewohnt sind. Bild 3 zeigt ein Beispiel.

Bild 3: Norm-Trittschallpegelwerte $L_{n,i}$ und Trittschall-Dämm-Maß-Werte R_i einer beliebig gewählten Decke als Beispiel. Die Einzahlwerte sind: $L_{n,w} = 46$ dB, $C_{T,50-2500} = 3$ dB, $R_{\text{impact}} = 55$ dB.

Die obligatorische Einbeziehung von Frequenzen unter 100 Hz führt zu der Frage, ob hierdurch die Unsicherheiten der Einzahlwerte nicht in unzulässigem Maße erhöht würden. Die Auswertung zahlloser Ringversuche durch Wittstock [7] hat Folgendes ergeben: Die Erhöhung der Anzahl berücksichtigter Terzen durch Hinzunahme tiefer Frequenzen macht die Einzahlwerte eher stabiler, d.h. weniger streuend und damit weniger unsicher. Mit einer Ausnahme: Bei Bauelementen bzw. Bausituationen, die eine gravierende Schalldämm-Schwäche unter 100 Hz aufweisen, wird die Unsicherheit des Einzahlwertes ungefähr den Unsicherheitswert bei dieser dominierenden Frequenz annehmen. Die hier vorgeschlagenen Einzahlwerte erzeugen aber das Problem nicht, sondern sie machen es lediglich sichtbar. Und da es sich um ein real existierendes Problem handelt, erfüllen sie somit ihre Aufgabe. Anders ausgedrückt: das Weglassen der tiefen Frequenzen würde das Problem zwar verdecken, aber nicht beseitigen.

Tabelle 1 zeigt den für die Überarbeitung der ISO 717 gewählten Satz von Einzahlwerten. Die Pseudo-Summen-Namen wurden durch neue Namen mit selbsterklärenden Namen ersetzt.

Was das Ziel der Verringerung der Anzahl von Einzahlwerten betrifft, werden zurzeit zwei weitere Punkte diskutiert:

Erstens: Neben dem Schalldämm-Maß R existieren noch zwei konkurrierende Systeme "standardisierter" und "normalisierter" Schalldruckpegel, ausgedrückt als D_{nT} und D_n . Ihr Existenzrecht hängt davon ab, ob man annimmt, dass in normalen Gebäuden entweder die Nachhallzeit oder eher die sogenannte "äquivalente Schall-Absorptionsfläche" typisch und näherungsweise konstant sei. D_{nT} wird wesentlich häufiger benutzt und könnte daher als einzige der beiden Größen übrig gelassen werden.

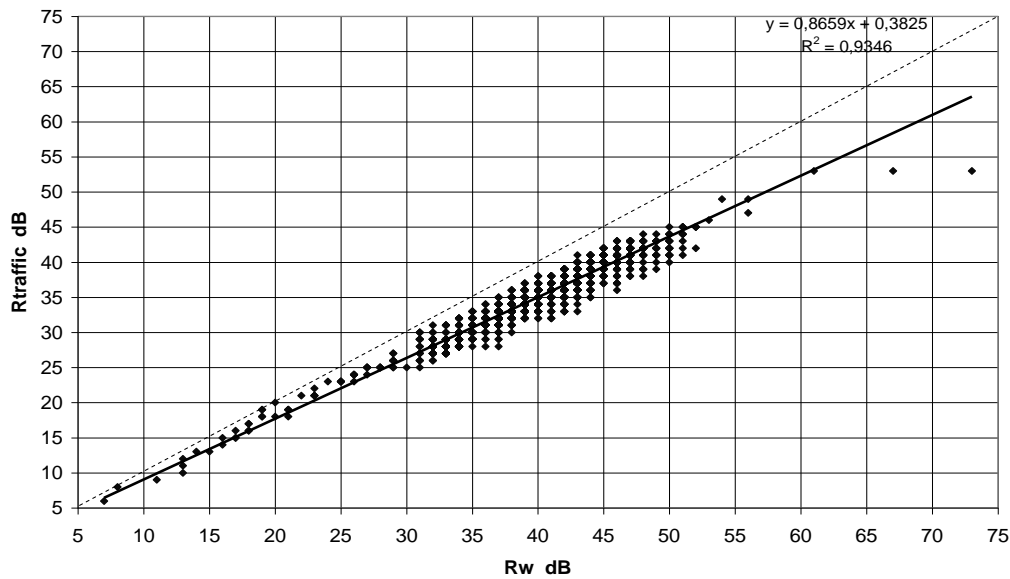
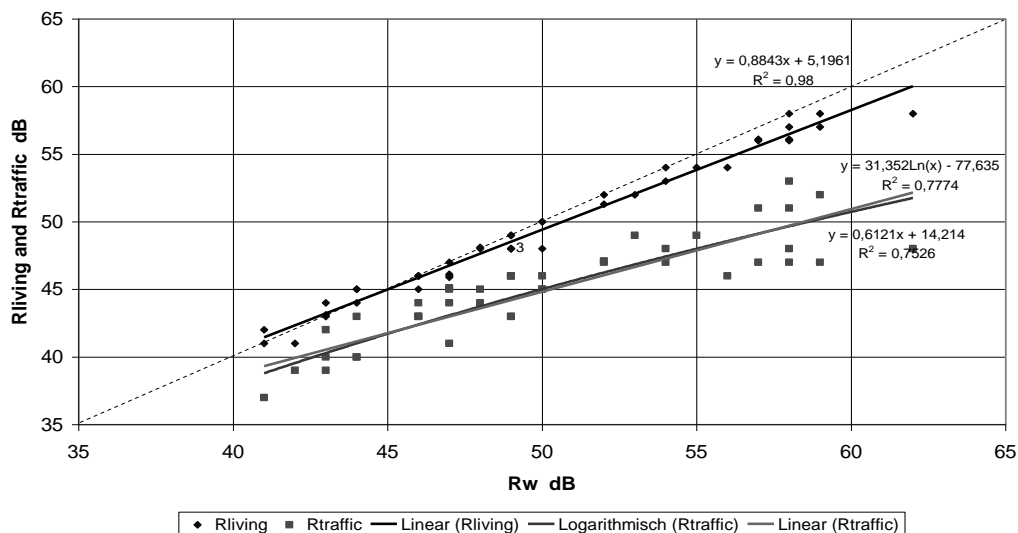
Zweitens: Derzeit können alle Einzahlwerte noch auf der Basis von Terz- und Oktavbandwerten ermittelt werden. Dies erfordert die zweifache Definition aller Referenzkurven und getrennte Darstellung in der Norm. Mehr noch, die resultierenden Einzahlwerte sind nicht zwangsläufig gleich und müssten daher jeweils zusätzlich mit der angewandten Bandbreite gekennzeichnet werden [9]. Die Terzanalyse enthält deutlich mehr Information bezüglich der Eigenheiten der beschriebenen Bauteile, z.B. der Lage und Breite von Resonanzen, erfordert jedoch heutzutage keinerlei Mehraufwand bei der Messung und Berechnung der Einzahlwerte. Daher könnte die terzweise Auswertung als Einzige übrig bleiben. Vielleicht könnte zusätzlich eine Formel in der Norm angegeben werden, mit der Oktavwerte (aber nicht zur Berechnung der Einzahlwerte!) berechenbar sind, falls diese noch in nationalen Vorschriften gefordert werden. Ein solches Vorgehen wurde in einem kürzlich erschienenen Entwurf einer Messnorm vorgeschlagen [10].

Tabelle 1: Vorschlag für die neu zu verwendenden Einzahlwerte.

Anwendung der Schalldämmung:	Neuer Name:	Äquivalent zu:
"living noise" vom Nachbarn	R_{living}	$R_w + C_{50-5000}$
Straßenverkehrslärm	R_{traffic}	$R_w + C_{\text{tr},50-5000}$
Sprschverständlichkeit / Vertraulichkeit	R_{speech}	$R_w + C_{\text{speech}}$
Trittschall	R_{impact}	104 – ($L_{n,w} + C_{I,50-2500}$)

4. Zusammenhang zwischen den bisherigen und den künftigen Schalldämm-Maßen

Die Auswirkungen der Auswahl bestimmter Einzahlwerte gegenüber den bisher Verwendeten, die im Wesentlichen durch den Einbezug der Frequenzen unter 100 Hz verursacht werden, sind bereits umfangreich untersucht worden [7]. Um eine Vorstellung des Einflusses zu geben, sind für massive Wände und Fenster die Werte von R_w und die neu vorgeschlagenen Werte R_{living} und R_{traffic} einander gegenübergestellt, siehe Bilder 4 und 5. Es versteht sich von selbst, dass bei einer (ausschließlichen) Einführung der neuen Einzahlwerte die Anforderungswerte an die Schalldämmung entsprechend angepasst werden müssen. Die muss in einer Übergangsperiode geschehen, in der das alte und das neue System zunächst noch parallel existieren.

Bild 4: Korrelation R_{traffic} - R_w für Fenster nach [7]Bild 5: Korrelation R_{living} - R_w and R_{traffic} - R_w für schwere Wände nach [7]

5. Zusammenfassung und Ausblick

Gemäß der ursprünglichen ISO-Resolution wurde die Anzahl der Einzahlwerte in ISO 717 reduziert durch Auswahl aus der bestehenden Menge, wobei psychoakustische Aspekte und typische Anwendungsbereiche in Gebäuden beachtet wurden. Die Bereiche Nachbarschaftslärm ("living noise"), Verkehrslärm ("traffic"), Trittschall durch körperschallanregende Vorgänge ("impact noise") und – das ist neu – Sprachverständlichkeit oder Vertraulichkeit ("speech") werden künftig durch jeweils ein einziges Schalldämm-Maß beschrieben. Die gewählte Schalldämm-Maße haben fest vorgegebene Frequenzbereiche, immer ab 50 Hz (außer bei der Sprachverständlichkeit, dort 200 Hz). Diese Festlegungen führen zu einer besseren Übereinstimmung mit der wahrgenommenen Lärmbelastigung. Obwohl nunmehr die oft unsichersten tiefen Frequenzen in die Auswertung einbezogen werden, erhöht sich die Sicherheit der Einzahlwerte, es sei denn, dass ein Bauteil oder eine Gebäudesituation gravierende und dominierende Probleme unter 100 Hz hat, wobei die Unsicherheit des Einzahlwertes dann die Unsicherheit des entsprechenden Frequenzbandes annimmt. Die Einzahlwerte verursachen aber nicht das Problem, genauso wenig wie sie es lösen könnten. Sie zeigen nur das, was man auch hören würde.

Luft- und Trittschalldämmung sollen nun einheitlich als Schalldämm-Maße dargestellt werden. Das wird nicht nur das ganze Schalldämm-System klarer machen, sondern auch einen großen Vorteil der bisherigen Luftschall-Darstellung auf den Trittschall übertragen:

nämlich ein Anregespektrum durch ein anderes zu ersetzen oder zu ergänzen, dass an die beabsichtigte Anwendung (Gehgeräusche oder fallende Gegenstände?) und die menschliche Wahrnehmung angepasst werden kann (wie z.B. bei Nachbarschaftslärm oder Verkehrslärm bei Luftschall). Solange das Spektrum des ISO-Normhammerwerks als Referenz-Quellspektrum beibehalten wird, wird das neue Trittschalldämm-Maß R_{impact} exakt die Einzahlwert-Reihenfolge und –Abstände von Bauprodukten und Bausituationen beibehalten, die bisher für die Kenngröße $L_{n,w}+C_{1,50-2500}$ galten.

Die vorgeschlagenen Einzahlwerte werden selbsterklärende Namen haben.

Da die vorgeschlagenen Einzahlwerte durch Formeln auf der Basis von Leistungsbetrachtungen definiert sind (und nicht durch Prozeduren wie z.B. bei R_w), sind sie am besten geeignet für die rechnerische Kombination der Schalldämmung von Bauteilen und Übertragungswegen, für Unsicherheitsberechnungen und um Verbesserungen auszudrücken.

Weiter könnte die Anzahl von Einzahlwerten durch Weglassen der oktav-basierten Werte und der Normschallpegeldifferenzen D_n verringert werden. Dies ist noch nicht ausdiskutiert. Es wurde darauf geachtet, dass die Ergebnisse bisheriger Schalldämm-Messungen auch künftig verwendbar sind, zumindest, soweit sie bereits die Frequenzbereiche von 50 bis 100 Hz enthalten. In diesem Fall können die bisherigen Einzahlwerte direkt übernommen werden (s. Tabelle 1) bzw. im Falle der Sprachverständlichkeit anhand der bestehenden Terzwerte ohne Weiteres nachberechnet werden.

Zur Zeit werden die ausgewählten Einzahlwerte in den meisten Ländern nicht zur Festlegung von Anforderungen verwendet. Deshalb erscheint es notwendig, eine längere Übergangszeit vorzusehen, in der die alten Schalldämm-Größen parallel weiterverwendet werden können. Aber die neuen Rahmenbedingungen sind dann bereits bekannt, und es besteht die Gelegenheit, die Anforderungen anzupassen und die Bauelemente und Gebäude entsprechend zu optimieren. Um die Koexistenz des bisherigen und des künftigen Systems zu ermöglichen, wird das neue System unter der neuen Norm-Nummer ISO 16717 erscheinen.

6. Literatur

- [1] ISO 717, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation (1996 + AM1:2006) and Part 2: Impact sound insulation (1996 + AM1:2006).
- [2] ISO 10140, Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements. All parts. 2010.
- [3] EN12354, Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - All parts.
- [4] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau. 1989
- [5] Mortensen, F.R.: Subjective evaluation of noise from neighbours. With focus on low frequencies. Publication no 53, Technical University of Denmark, Department of Acoustic Technology, 1999.
- [6] Park, H.K.; Bradley, J.S.: Evaluating standard airborne sound insulation measures in terms of annoyance, loudness, and audibility ratings. J. Acoust. Soc. Am., 126 (1) 208-219, 2009
- [7] W. Scholl, J. Lang, V. Wittstock: Rating of Sound Insulation at Present and in Future: The Revision of ISO 717. Acta Acustica united with Acustica, Vol 97 (2011) No. 4
- [8] W. Scholl: Revision of ISO 717: Why Not Use Impact Sound Reduction Indices Instead of Impact Sound Pressure Levels?. Acta Acustica united with Acustica, Vol 97 (2011) No. 3
- [9] W. Scholl, V. Wittstock: Does it matter whether single-number values of sound reduction indices were evaluated from third-octave band values or from octave band values? Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) No.2
- [10] ISO DIS 16283-1: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. To appear in 2012.