
Neue Schalldämm-Prüfzeugnisse im Europäischen Binnenmarkt

Dr.-Ing. W. Scholl, Dr. rer. nat. W. Maysenhölder, Dr.-Ing. H. M. Fischer

1. Hintergrund

Eine wesentliche Aufgabe im Europäischen Binnenmarkt besteht in der Harmonisierung der Normen. Bekanntlich stellen unterschiedliche Normen mit die wirksamsten Handelshemmnisse dar. Deshalb besitzt die Angleichung der Normen eine hohe Priorität. In den Europäischen Binnenmarkt wird auch die Bauwirtschaft mit einbezogen. Durch die Bauproduktenrichtlinie [1] wird die Erstellung harmonisierter Normen für Bauprodukte gefordert. Zu harmonisieren sind alle Nor-

men, die sogenannte «wesentliche Anforderungen» an Bauwerke betreffen. Unter diesen wesentlichen Anforderungen befindet sich auch der Schallschutz. Aus diesem Grunde müssen auch die Normen auf dem Gebiet des baulichen Schallschutzes harmonisiert werden. Dabei ist festzustellen, daß Änderungen infolge der Normen-Harmonisierung auf dem Bausektor zu einem überwiegenden Teil mittelständische Unternehmen betreffen, da sich die Normung auf diesem Gebiet auf die Wettbewerbsfähigkeit der Bauplaner, des Bauhandwerks und der überwiegend mittelständisch strukturierten Bauindustrie auswirkt. Eine Harmonisierung von ursprünglich unterschiedlichen nationalen Normen zu einer einheitlichen Normenkonzeption bedeutet für einzelne Mitgliedsländer des Gemeinsamen Marktes in unterschiedlichem

Dr.-Ing. W. Scholl, Dr. rer. nat. W. Maysenhölder, Dr.-Ing. H. M. Fischer, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Leiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Dr. E.h. K.A. Gertis), Postfach 800469, 70504 Stuttgart

Maße eine Abkehr von der bisher verwendeten, in ihrer Auswirkung bekannten nationalen Normung. Ohne eine ausreichende Vorbereitung auf eine solche Änderung entstehen für die Bauwirtschaft solcher Länder zwangsweise anfängliche Wettbewerbsnachteile. Nach dem derzeitigen Stand der Verhandlungen auf dem Gebiet der Normung des baulichen Schallschutzes werden mit Sicherheit große Änderungen für die deutschen Unternehmer eintreten. Zur Abwendung von Wettbewerbsnachteilen in der (vielfach entscheidenden) Anfangsphase ist es deshalb unerlässlich, die deutsche Bauwirtschaft auf die einschneidenden Änderungen in der Schallschutzkonzeption vorzubereiten. Hierzu ist es dringend erforderlich, eine zeitlich befristete Übergangsregelung für den betroffenen Bereich zu erreichen. Dies ist nur mit Zustimmung der europäischen Partnerländer möglich. Diese müssen deshalb von der Notwendigkeit und von den Grundlagen für eine solche Übergangsregelung überzeugt werden.

2. Die unterschiedlichen Schallschutz-Konzeptionen

Der wichtigste Teil des Schallschutzes im Hochbau erfolgt durch Schalldämmung, d.h. durch Minderung der Schalleistung beim Durchtritt durch Trennwände, Außenwände, Decken und Böden sowie durch darin eingebaute Bauteile wie Türen und Fenster. Es muß unterschieden werden zwischen der Schalldämmung einzelner Bauteile, die im Prüfstand bestimmt wird und die durch das Verhältnis der durchgelassenen Schalleistung zur auftreffenden Schalleistung beschrieben wird, und dem resultierenden Schallschutz zwischen benachbarten Räumen oder zwischen außen und innen. Das Schalldämm-Maß der Bauteile kennzeichnet diese Bauteile selbst; der Schallschutz in einem Gebäude kennzeichnet die bauliche Situation, die durch das Zusammenwirken mehrerer Bauteile bei der Schallübertragung entsteht. In der Behandlung dieser Unterscheidung liegt die Differenz begründet zwischen der deutschen Schallschutz-Konzeption und der Schallschutzkonzeption der übrigen europäischen Länder. Nach der deutschen Schallschutzkonzeption wird das Schalldämm-Maß von Bauteilen in einem genormten Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» ermittelt. Dieser Prüfstand soll die Flankenübertragung der angrenzenden Bauteile beim späteren Einbau des getesteten Bauteils in ein Gebäude simulieren (Bild 1). Die für den Schallschutz in Gebäuden maßgebliche DIN-Norm 4109 [2] soll nach eigener Absichtserklärung den Schallschutz in Gebäuden festlegen, formuliert aber die Anforderungen hierfür durch die Forderung von Mindest-Schalldämm-Maßen R'_w der trennenden Bauteile zwischen Räumen oder der Außenbauteile. Jedoch [2]: «Die für die Schalldämmung der trennenden Bauteile angegebenen Werte gelten nicht für diese Bauteile allein, sondern für die resultierende Dämmung unter Berücksichtigung der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile und Nebenwege im eingebauten Zustand; dies ist bei der Planung zu berücksichtigen.» Demgegenüber wird in den anderen Ländern das Schalldämm-Maß von Bauteilen in Prüfständen ohne Flankenübertragung ermittelt (Bild 2). Der resultierende Schallschutz in Gebäuden wird dann je nach baulicher Situation und je nach verwendeten Bauteilen der Wände, Decken, Böden, Fassaden, Fenster und Türen rechnerisch aus den Schalldämm-Maßen dieser Bauteile ermittelt.

Parallel zu diesem Unterschied in dem verwendeten Prüfstand, der das Ergebnis stark beeinflusst, gab es bisher noch einen weiteren Unterschied in dem Verfahren, mit dem aus der ursprünglich gemessenen Frequenzkurve der Schalldämmung die sogenannte «Einzahl-Angabe» des Schalldämm-Maßes ermittelt wird. Dies erfolgt durch ein «Bewertungsverfahren», dem die gemessene Frequenzkurve unterworfen wird. Diese Bewertungsverfahren nehmen Gewichtungen der einzelnen Frequenzen vor, wobei u.a. das Frequenzspektrum der typischen Lärmquellen, die frequenzabhängige Empfindlichkeit des Gehörs sowie typische Eigenarten der Bauteile eingehen können. Einige Länder, darunter auch Deutschland, wenden das Bewertungsverfahren nach ISO an, das zu dem

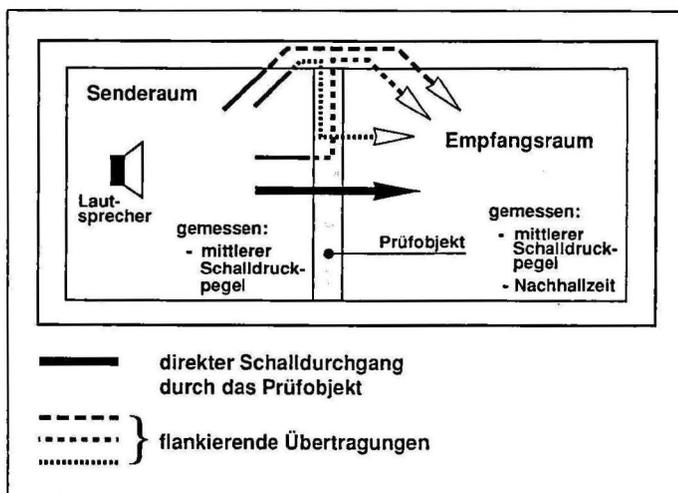


Bild 1: Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» zur Messung des Schalldämm-Maßes R' von Trennwänden

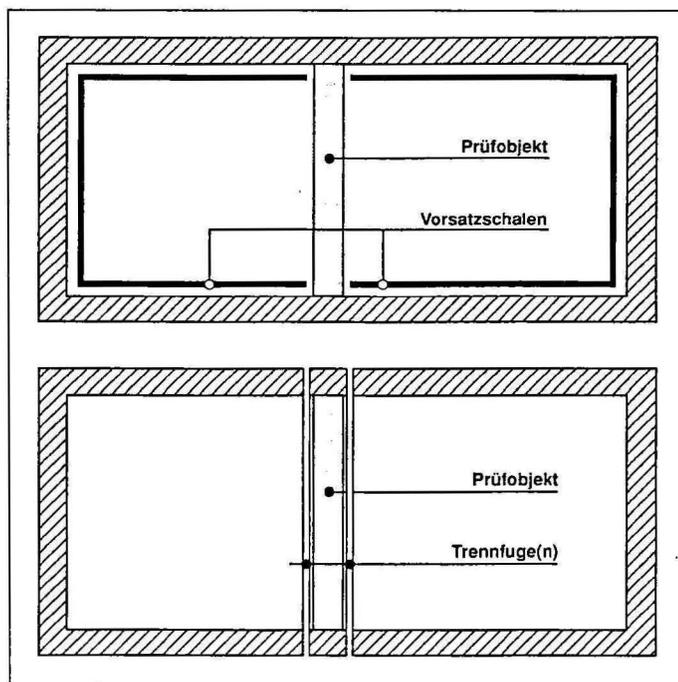


Bild 2: Prüfstände ohne Flankenübertragung zur Messung des Schalldämm-Maßes R von Trennwänden. Zulässige Varianten

«bewerteten Schalldämm-Maß» R_w in dB führt. Dabei wird der Frequenzverlauf der Schalldämmung mit einer Bezugskurve verglichen, die so verschoben wird, daß die Dämmwerte die Bezugskurve im Mittel um höchstens 2 dB unterschreiten. R_w wird als Wert der so verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz abgelesen (Bild 3). Daneben wird z.B. in Frankreich eine Bewertung benutzt, die sonst im technischen Schallschutz verbreitet ist, nämlich die Bewertung nach der sogenannten A-Kurve, die zu einem Schalldämm-Maß in dB(A) führt. Bei diesem Bewertungsverfahren muß ein Spektrum der Lärmquelle festgelegt werden, z.B. Rosa Rauschen oder ein typisches Spektrum eines Verkehrsgeräusches.

3. Das künftige europäische Konzept

Inzwischen gilt bei CEN folgende Konzeption als gesichert:

- Bestimmung des Schalldämm-Maßes von Bauteilen in Prüfständen ohne Flankenübertragung,
- Ermittlung der Einzahlangabe nach dem ISO-Verfahren unter zusätzlicher Angabe von sogenannten «Spektrum-Anpassungswerten» C und C_{tr} [3]. Diese Terme erlauben die Angabe des A-Schallpegels auf der Innenseite des schalldämmenden Bauteils, wenn außen Verkehr oder Rosa Rauschen als Quelle angenommen wird.

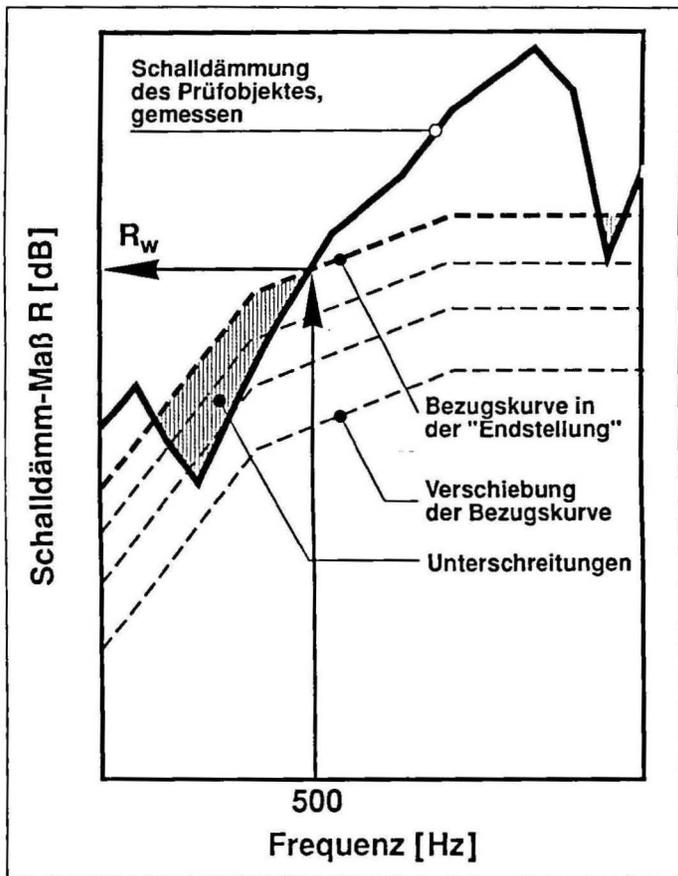


Bild 3: Bildung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w aus dem Frequenzverlauf des Schalldämm-Maßes R

Dies bedeutet für die Deutsche Bauwirtschaft erhebliche Änderungen. Ohne Vorbereitungsmaßnahmen ergeben sich mit der Einführung der entsprechenden Europäischen Norm Wettbewerbsnachteile aus zwei Gründen:

- Zum Tag X sind die zahlreichen Prüfzeugnisse, mit denen deutsche Lieferanten die Qualifikation ihrer Produkte im Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» bisher nachgewiesen haben, auf dem europäischen Binnenmarkt praktisch wertlos.
- Die zukünftige Europäische Norm schafft mit Bezug auf die Spektrum-Anpassungswerte erweiterte «Anforderungsprofile» für die schalltechnische Verbesserung von Bauteilen.

Um die deutschen Hersteller von Bauteilen in die Lage zu versetzen, sich auf die eintretenden Änderungen vorzubereiten – oder eher: im nachhinein damit zurechtzukommen – mußte eine Übergangsregelung für den deutschen Bauproduktmarkt konzipiert und die Zustimmung dazu bei den europäischen Partnern vorbereitet werden. Beides sollte im wesentlichen dadurch erfolgen, daß Prüfzeugnisse nach bisheriger deutscher Norm rechnerisch in Prüfzeugnisse nach der zu erwartenden europäischen Norm umgewandelt werden. Seit 1990 liefen hierzu am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart im Rahmen eines durch Eigenmittel finanzierten Vorhabens Untersuchungen und ausgedehnte Meßreihen, die die Möglichkeiten und Wege der Umrechnung in beiden Richtungen zum Gegenstand hatten.

4. Können alte Zeugnisse in neue umgerechnet werden?

Bedingung ist zunächst, daß die alten Meßwerte gemäß den derzeit gültigen Anforderungen an die Meßwerterfassung und an den Zustand des Prüfobjektes erhoben wurden. Dies erfordert einerseits, daß in den Archiven der messenden Stellen noch Unterlagen hierzu zu finden sind und daß auch die Meßergebnisse selbst noch als Zahlenwerte vorhanden sind. Die Prüfberichte allein sind als Unterlage nicht ausreichend. Insbesondere die «Oldies» von vor 1984 enthalten nicht alle erforderlichen Angaben. Das Ablesen der Terzwerte aus den

Prüfberichts-Diagrammen ist zudem zu ungenau. Ist also das Notwendige noch auffindbar und zu gebrauchen, könnten hieraus Spektrum-Anpassungswerte nachträglich berechnet werden (wobei nur bei flankenübertragungsfreien Ausgangswerten die Anwendbarkeit geklärt ist).

Viel schwieriger stellt sich dagegen die nachträgliche Beseitigung der «bauähnlichen Flankenübertragung» bei der Umrechnung von R' in R dar. Die Schallübertragung über die Flankenbauteile kann – wenn Flankenfreiheit gefordert ist – bei der Schalldämmungsmessung als zusätzliches Störgeräusch im Empfangsraum aufgefaßt werden. Dieses verfälscht das meßbare Nutzsinal im Empfangsraum, das ja eigentlich nur vom Prüfling herrühren soll. Bei Prüfobjekten mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von mehr als 45 dB muß mit einem erheblichen Einfluß durch die Flankenübertragung gerechnet werden, ab etwa 52 dB überwiegt das über die Flanken übertragene Geräusch das Nutzgeräusch sogar. Könnte nun der Schallpegel im Empfangsraum beliebig genau gemessen werden und wäre bei jeder Messung die Flankenübertragung genau bekannt, ließe sich theoretisch der direkte, durch das Prüfobjekt hindurchgegangene Schallanteil immer errechnen und somit auch dessen Schalldämmung ohne Flankenübertragung. Dem steht aber die Praxis entgegen: Da mit Rauschen gearbeitet wird und sich in den Meßräumen kein ideal diffuses Schallfeld einstellt, unterliegt der gemessene Schallpegel statistischen Schwankungen von einigen dB [4]. Die Flankenübertragung ist bis zu einem gewissen Grad genormt [5, Teil 2], indem für eine spezielle vorgegebene Leichtwand und eine spezielle vorgegebene Massivwand (300 kg/m^2) die Flankenübertragung im Labor im Bereich von 200 Hz bis 3150 Hz innerhalb eines Toleranzschlauches von 4 bis 6 dB Breite liegen soll. Dies wird z. B. anlässlich einer Labor-Inbetriebnahme nachgemessen. Aber abgesehen von der Unsicherheit, was denn unter 200 Hz passieren soll, ändert sich die Flankenübertragung von Messung zu Messung, da jedes Prüfobjekt die flankierenden Wände des Prüfstandes anders festhält. Dies wäre zum Teil noch rechnerisch korrigierbar, wenn zwischen Prüfobjekt und Prüfstand von einer idealen biegesteifen Verbindung ausgegangen werden könnte. Gerade bei den hier hauptsächlich betroffenen Massivbauteilen entwickeln sich aber während der Trocknungszeit undefinierte Verhältnisse. Die Flankenübertragung schwankt also ebenfalls um einige dB. Die Randanschlüsse gehen aber auch in die Schalldämmung des Prüfobjektes selbst («ohne Flankenübertragung») ein! Die bei der Messung auf das Prüfobjekt auftreffende Schallenergie kann nämlich teilweise über die Verbindung als Körperschall ins angrenzende Gebäude abgegeben werden, so daß dieser Anteil vom Prüfobjekt selbst nicht mehr in den Empfangsraum abgestrahlt wird. Die Schalldämmung «des Prüfobjektes selbst» ist dann höher. All dies zeigt, daß – von Bauteilen mit niedriger Schalldämmung abgesehen – eine physikalisch korrekte Umrechnung von Schalldämmwerten mit Flankenübertragung in solche ohne praktisch nicht möglich ist. Eine Übertragung alter Zeugnisse in neue, ohne Flankenübertragung, ist also nur in gewissen Grenzen auf der Basis von vereinbarten Spielregeln denkbar, die allerdings nach Möglichkeit physikalisch plausibel sein sollen.

5. Ansatz für die Übertragung von Prüfzeugnissen

Sollen Ergebnisse von Schalldämm-Messungen an Bauteilen mit «bauähnlicher Flankenübertragung» so umgewandelt werden, daß sie mit Ergebnissen von Messungen ohne Flankenübertragung verglichen werden können, so sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Die Bestimmung des Schalldämm-Maßes ohne Flankenübertragung muß energetisch erfolgen, d.h. von der gesamten bei der Messung im Empfangsraum eintreffenden Schallenergie muß der Anteil abgezogen werden, der über die Flankenbauteile kam.
- Die bei der Messung über die Flankenbauteile übertragene Schallenergie muß, da nicht gemessen, möglichst genau

rekonstruiert werden. Hier spielt der Einfluß des Prüfobjektes auf die Stoßstelle zwischen ihm und den flankierenden Prüfstandsbauteilen die wesentliche Rolle. An der Stoßstelle wird je nach Verhältnis der flächenbezogenen Massen von Prüfling und flankierenden Prüfstandsbauteilen die Flankenübertragung behindert. An der Stoßstellenbeschaffenheit entscheidet sich aber auch der Energieabfluß aus dem zu prüfenden Bauteil.

- Die Übertragung der Schalldämm-Maße muß gegenüber den statistischen Meßwertschwankungen und den Unsicherheiten der Flankenweg-Rekonstruktion unempfindlich sein. Bei «guten» Meßobjekten ergeben ja schon kleinste Pegeldifferenzen riesige Unterschiede im errechneten Schalldämm-Maß ohne Flankenübertragung. Bei den der Schalldämmungsmessung nach DIN 52210 innewohnenden Unsicherheiten kann es sich sogar ergeben, daß der gemessene Empfangsraum-Schallpegel von Prüfobjekt und Flankenübertragungen zusammen zumindest bei einzelnen Terzfrequenzen gleich oder sogar niedriger ist als der rekonstruierte Schallpegel über die Flanken allein. Mathematisch wäre dann die Schalldämmung des Prüflings unendlich oder unbestimmt.
- Die Übertragung der Schalldämm-Maße braucht keine höhere Genauigkeit aufzuweisen als der Weg zur Bestimmung der Schalldämmung selbst. Dessen Ungenauigkeiten bestehen vor allem in der begrenzten Reproduzierbarkeit des Prüfobjektes, der zugrunde gelegten idealen Schallfelder beiderseits des Prüfobjektes und der Anbindung an den Prüfstand sowie in Unterschieden zwischen den Prüfständen der verschiedenen Laboratorien.

Einem prinzipiellen Problem, das bislang nicht befriedigend gelöst ist, kann jedenfalls auch von der Übertragung «mit bauähnlicher» auf «ohne Flankenübertragung» nicht abgeholfen werden: Selbst wenn die Randanbindungen bei der Messung im Prüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung genau bekannt und reproduzierbar wären – auf welche Randbedingungen in Prüfständen ohne Flankenübertragung soll denn überhaupt umgerechnet werden? Die Flankenwegfreiheit darf in diesen Prüfständen z.B. durch Trennfugen in den flankierenden Prüfstandsbauteilen vor und hinter dem Prüfobjekt erzielt werden, ebenso aber auch durch Vorsatzschalen an den Prüfstandswänden auf den Sende- und Empfangsseiten (Bild 2). Das sind völlig verschiedene Randbedingungen für das Prüfobjekt, selbst bei idealer biegesteifer Verbindung mit dem Prüfstand.

6. Mit und ohne Flankenübertragung – Vergleichsmessungen am IBP

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart, Prüfstelle der Gruppe I für Eignungs- und Güteprüfungen nach DIN 4109, verfügt über Prüfstände mit «bauähnlicher» und ohne Flankenübertragung. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Umrechenbarkeit von Schalldämmungs-Meßergebnissen mit «bauähnlicher Flankenübertragung» in solche ohne (und umgekehrt) wurden verschiedene Trennwandtypen in beiden Prüfstandsarten untersucht und die Meßwerte R ohne Flankenübertragung verglichen mit errechneten Werten R, die mittels verschiedener Ansätze aus den Meßwerten R' mit «bauähnlicher Flankenübertragung» gewonnen wurden. Da die Prüfstände geringfügig andere Einbauflächen aufweisen – 11 und 13 m² –, mußten in allen Fällen jeweils zwei verschiedene Exemplare des selben Wandtyps aufgebaut werden. Bei den Massivwänden traten hierbei zum Teil merkliche Gewichtsunterschiede auf. Im Prüfstand ohne Flankenübertragung befand sich das Prüfobjekt in einem elastisch gelagerten, umlaufenden Betonrahmen zwischen Sende- und Empfangsraum (2. Variante in Bild 2), wodurch die Schallübertragungen entlang der flankierenden Bauteile und zwischen diesen und dem Prüfobjekt vermieden werden.

Es wurden nacheinander folgende Wände eingebaut:

1. 17 cm Massivwand, verputzt, 208 bzw. 230 kg/m²
2. 17,5 cm Massivwand, verputzt, 326 kg/m²

3. 11,5 cm Massivwand, verputzt, 112 bzw. 149 kg/m²
4. 11,5 cm Massivwand, verputzt, 148 bzw. 154 kg/m²
5. 24 cm Massivwand, geschlämmt, 454 kg/m²
6. 17,5 cm Massivwand, 326 kg/m², mit GKB-Vorsatzschale in 6 cm Abstand, dazwischen 4 cm Mineralwolle
7. Ständerwand, einschalig, einlagig 16 mm Spanplatte
8. Ständerwand, doppelschalig: 16 mm Spanplatte, 98 mm Zwischenraum, darin 50 mm Mineralwolle, 16 mm Spanplatte, getrenntes Holzständerwerk
9. wie 8., jedoch mit Undichtigkeit (2 m langer und 3 mm breiter Schlitz).

Doppelwände mit zwei massiven Schalen wurden nicht berücksichtigt, da ein Einbau mit «bauähnlicher Flankenübertragung», d.h. mit durchgehender massiver Flankenwand, den Nutzen dieses Wandtyps zunichte machen würde und daher praktisch ohne Bedeutung ist. Gemessen wurden (unter anderem) die Luftschalldämmung mit «bauähnlicher» und ohne Flankenübertragung nach DIN 52210 [5] und die Körperschallnachhallzeit der Wände nach EN 20 140-3 [6] als Index für die Änderung der Randbedingungen für das Prüfobjekt, wenn von einem Prüfstand in den anderen gewechselt wird.

7. Zur Genauigkeit der Vergleichsmessungen

Angaben zur Genauigkeit von Schalldämmungsmessungen enthält EN 20 140, Teil 2 [4]. Dort werden Fehlergrenzen genannt, die zu 95 % Wahrscheinlichkeit vom Absolutwert der Differenz zwischen zwei Prüfergebnissen für ein Prüfobjekt unterschritten werden. Zwei Fehlergrenzen werden unterschieden:

- die Wiederholgrenze r, wenn voneinander unabhängige Prüfergebnisse mit demselben Verfahren an identischem Material in demselben Laboratorium mit denselben Geräten durch denselben Bearbeiter in kurzen Zeitabständen erzielt werden, und
- die Vergleichsgrenze R, wenn Prüfergebnisse mit demselben Verfahren an identischem Material in verschiedenen Laboratorien mit verschiedenen Geräten durch verschiedene Bearbeiter gewonnen werden.

Terzband-Mittenfrequenz Hz	Vergleichsgrenzen R für Luftschalldämm-Maße nach ISO 140-3 dB
100	9
125	8,5
160	6
200	5,5
250	5,5
315	4,5
400	4,5
500	4
630	3,5
800	3
1000	2,5
1250	3
1600	3,5
2000	3,5
2500	3,5
3150	3,5

Tabelle 1: Vergleichswerte R für Laborversuche [4]

In Tabelle 1 sind die Vergleichsgrenzen R für Luftschalldämm-Maße aus Laborversuchen ohne Flankenübertragung ange-

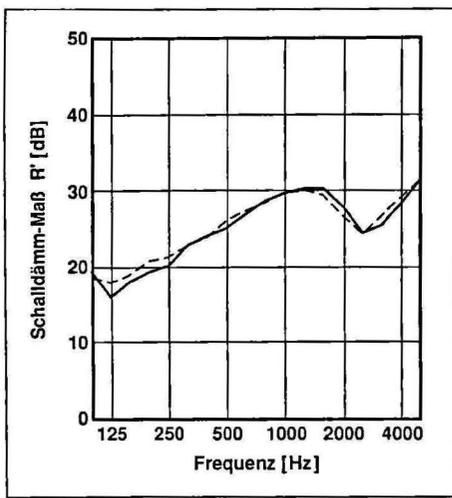


Bild 4: Schalldämmungs-Messung an zwei gleichen Wänden in demselben Labor (Wand Nr. 7, Spanplatte einschalig)

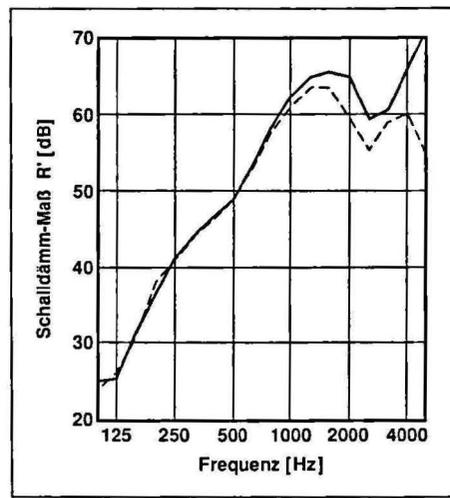


Bild 5: Schalldämmungs-Messung an zwei gleichen Wänden in demselben Labor (Wand Nr. 8, doppel-schalige Ständerwand)

geben. Die Vergleichsgrenze der entsprechenden Einzahlangaben R_w «wird ... normalerweise im Bereich von 1 dB bis 3 dB liegen» [4]. An diesen Genauigkeiten sollte sich auch ein Verfahren zur Umrechnung von R aus R' bzw. R_w aus R'_w orientieren. Nicht klar ersichtlich ist, in welchem Maße die genannten Vergleichsgrenzen Abweichungen der Kontroll-Prüfobjekte selbst beinhalten. Während die Definition der Vergleichsgrenze Prüfungen «an identischem Material» verlangt, basieren die angegebenen Grenz-Werte u.a. auch auf Ringversuchen an bis zu 450 kg/m² schweren Ziegelwänden, die vermutlich nicht komplett von einem Labor zum andern transportiert, sondern jedesmal aus neuen Steinen neu aufgebaut wurden. Bilder 4 und 5 zeigen die möglichen Schwankungen am Beispiel von zwei leichten Wänden (die o.g. Nrn. 7 und 8) bei einem erneuten Aufbau aus neuem Material im selben Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» nach zwei Jahren. Die Unterschiede zwischen «gleichen» Meßobjekten sind offenbar nicht von vornherein vernachlässigbar, selbst wenn sich dies wie im vorliegenden Fall nicht in den Einzahlangaben R'_w widerspiegelt.

8. Die angewandten Umrechnungen von R' in R

Bei Prüfobjekten mit geringem Schalldämm-Maß (< 45 dB) spielt die «bauähnliche Flankenübertragung» keine Rolle. Für massive Bauteile gilt dies näherungsweise auch bei höheren Schalldämm-Maßen, da selbst bei gleichem oder größerem Flächengewicht, als es die Flankenwände haben, das Schalldämm-Maß R' nur 2–3 dB kleiner ist als R , unabhängig vom Massenverhältnis [7]. Der einfachste Ansatz für eine «Umrechnung» lautet also:

$$R = R' \quad (1)$$

Wenn nicht auf einen speziellen, real existierenden Prüfstand ohne Flankenübertragung umgerechnet werden soll, sondern auf einen fiktiven, der dem Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» hinsichtlich der Randbedingungen (Energieableitung aus dem Prüfobjekt) exakt entspricht, sind vom gemessenen R' lediglich die Flankenanteile energetisch abzuziehen, um die Schalldämmung R des Prüfobjektes zu erhalten. Als zweiter Ansatz wurde also gewählt:

$$R = -10 \lg [10^{-R'/10} - 10^{-(R_{Ff} + \delta)/10}] \quad (2)$$

$$= R' + \Delta_{Ff}$$

Dabei ist R_{Ff} das Flankendämm-Maß des Prüfstandes mit «bauähnlicher Flankenübertragung» für leichte Trennbauteile. δ soll die unterschiedlichen Stoßstellenbedingungen bei Einbau verschiedener Prüfobjekte wiedergeben. Bei kraftschlüssiger Verbindung zwischen Prüfstand und Trennbauteil und Vorherrschen der ausschließlich über die Flanken verlaufenden Wege Ff könnte δ als Erhöhung der Stoßstellendämmung durch das Trennbauteil berechnet werden [7]:

$$\delta = 9,0 - 18,8 \lg \frac{m'_{Ff}}{m'_T}, \delta \geq 0 \text{ [dB]} \quad (3)$$

m'_{Ff} und m'_T sind die flächenbezogenen Massen der Prüfstandsflanken – gemittelt – und des Trennbauteils. Gerade bei schweren Wänden ist die Anbindung an den Prüfstand und das Vorherrschen des Weges Ff jedoch fraglich, δ wird kleiner ausfallen als so berechnet. Die für diesen zweiten Ansatz benötigten Größen sind i.a. als bekannt vorauszusetzen.

Um den Übergang eines Prüfobjektes vom Prüfstand mit «bauähnlicher Flankenübertragung» in den ohne rechnerisch noch genauer nachzuvollziehen, können die Änderungen an den Rändern des Prüfobjektes berücksichtigt werden. Durch Schallenergieabfluß über seine Ränder wird der Prüfling bedämpft. Oberhalb der Koinzidenz-Grenzfrequenz eines Bauteils – bei Massivbauteilen meist im gesamten interessierenden Frequenzbereich – ist dessen Schalldämmung abhängig von der Bedämpfung, die sich über die Körperschall-Nachhallzeit am Prüfling ermitteln läßt. Daher wurde als dritter Umrechnungsansatz gewählt:

$$R = R' + 10 \lg \left(\frac{T'}{T} \right) \quad (4)$$

$$= R' + \Delta_T$$

T' und T bedeuten die Körperschallnachhallzeiten im Prüfstand mit bzw. ohne Flankenübertragung. Diese Größen werden an sich bei der Messung der Schalldämmung nicht mit bestimmt und sind insofern für eine nachträgliche Umrechnung auch nicht verfügbar. Auch ist ihre Verwendung nur sinnvoll, wenn auf einen bestimmten Prüfstand umgerechnet werden soll, was angesichts fehlender einheitlicher Vorgaben für die Prüfstände ohne Flankenübertragung gar nicht empfehlenswert ist. Im Rahmen der Untersuchungen am IBP sollte allerdings geprüft werden, ob hiermit die Umrechnung auf den vorhandenen Prüfstand ohne Flankenübertragung zu einer verbesserten Übereinstimmung mit den Meßwerten in diesem Prüfstand führt.

Als vierter Ansatz zur Umrechnung wurde die Kombination aus Nebenwegkorrektur (2) und Randanschlußkorrektur (4) gewählt:

$$R = R' + \Delta_{Ff} + \Delta_T \quad (5)$$

Für das Flankendämm-Maß R_{Ff} wurden bei den Untersuchungen die an dem verwendeten Prüfstand gemessenen Werte eingesetzt. Um die Flankenwegkorrekturen überhaupt durchführen zu können, mußte für den Fall Vorsorge getroffen werden, daß sich R' größer als R_{Ff} ergab. Hier wurde dann jeweils R_{Ff} unendlich gesetzt, d. h. $R = R'$.

9. Ergebnisse der Untersuchungen

Die Bilder 6 bis 11 zeigen beispielhaft für einige der untersuchten Wände die Gegenüberstellung von Meßwerten des Schalldämm-Maßes R ohne Flankenübertragung und Rechenwerten nach (1), (2), (4) und (5). Die Einzahlangaben R_w und R'_w wurden nach dem üblichen Verfahren gemäß ISO 717 ermit-

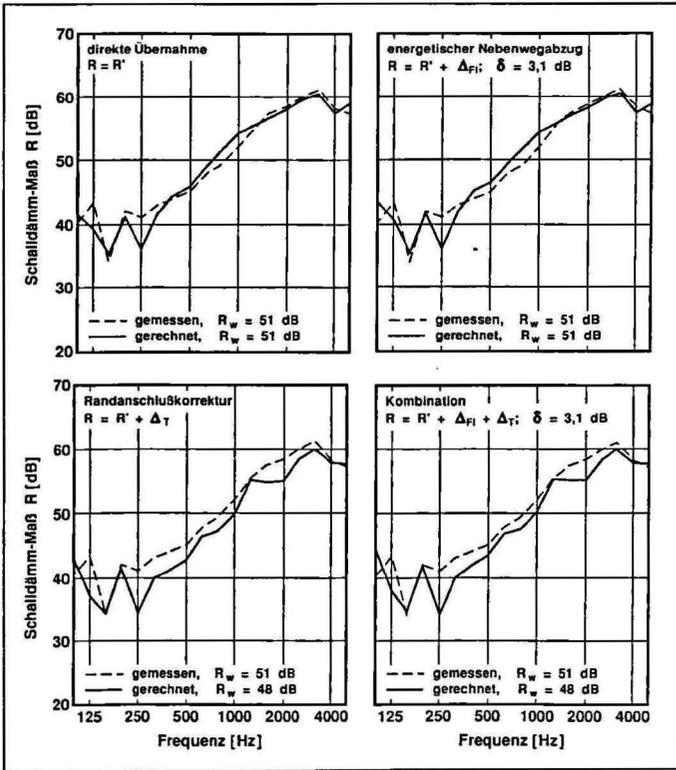


Bild 6: Vergleich berechneter Schalldämm-Maße «ohne Flankenübertragung» (—) mit Meßwerten ohne Flankenübertragung (---) für vier Umrechnungsansätze. Beispiel: Wand Nr. 1, Bimsmauerwerk

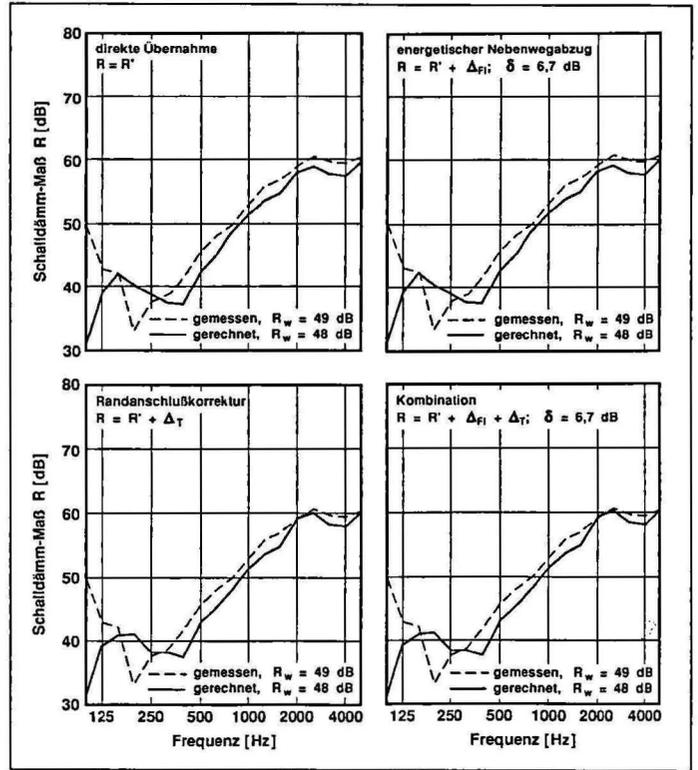


Bild 7: Vergleich berechneter Schalldämm-Maße «ohne Flankenübertragung» (—) mit Meßwerten ohne Flankenübertragung (---) für vier Umrechnungsansätze. Beispiel: Wand Nr. 2, Lochziegelmauerwerk

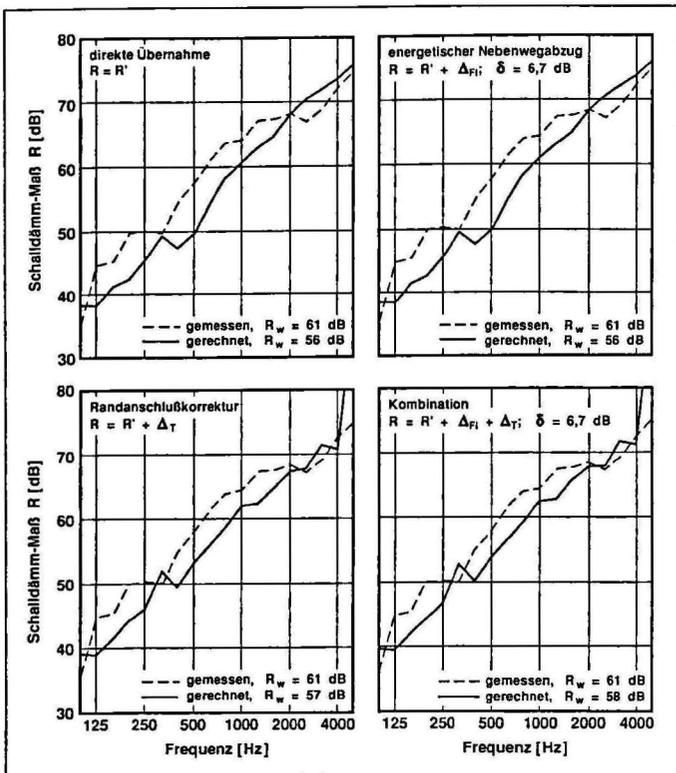


Bild 8: Vergleich berechneter Schalldämm-Maße «ohne Flankenübertragung» (—) mit Meßwerten ohne Flankenübertragung (---) für vier Umrechnungsansätze. Beispiel: Wand Nr. 6, Lochziegelmauer mit Vorsatzschale

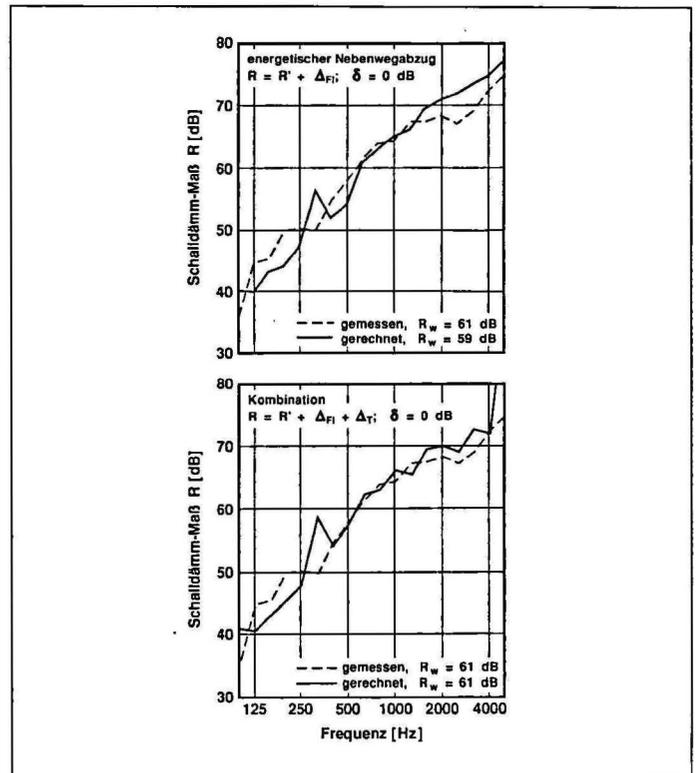


Bild 9: Ergänzung zu Bild 8: energetischer Flankenwegabzug mit $\delta = 0$ dB statt 6,7 dB.

telt. Die Randanschlusskorrektur führt im großen und ganzen offenbar nicht zu einer Präzisierung der Umrechnung (siehe Bilder 6, 7, 10 und 11), insbesondere bei den Leichtwänden, für die das Korrekturverfahren eigentlich auch nicht vorgesehen ist. Das Beispiel der leichten Doppelwand in Bild 11 scheint dem zunächst insoweit zu widersprechen, als die Einzelangabe R_w bei Randanschlusskorrektur mit 48 dB den gemessenen Wert $R_w = 47$ dB am besten trifft. Daß aber ohne Flankenübertragung die Schalldämmung überhaupt um 3 dB niedriger ermittelt wurde als mit, beruht einzig auf der großen Diskrepanz der gemessenen Werte mit und ohne Flanken-

übertragung bei 100 Hz. Hier sind gleichzeitig die Meßunsicherheiten am größten. Setzt man diesen einen Meßwert ohne Flankenübertragung versuchsweise gleich dem Meßwert mit Flankenübertragung – was physikalisch plausibel wäre –, betrüge auch $R_w = 50$ dB, wobei dann die Randanschlusskorrektur, wie schon im Frequenzgang, auch im Einzelwert keine Verbesserung mehr bringt. Solche extremen Abweichungen zwischen den Meßwerten von R' und R bei 100 Hz finden sich auch in Bild 7 und tendenziell in Bild 8. Die nach (3) berechnete Stoßstellenkorrektur δ für schwere Wände führt nicht immer zur besten R' - R -Umrechnung. Bei

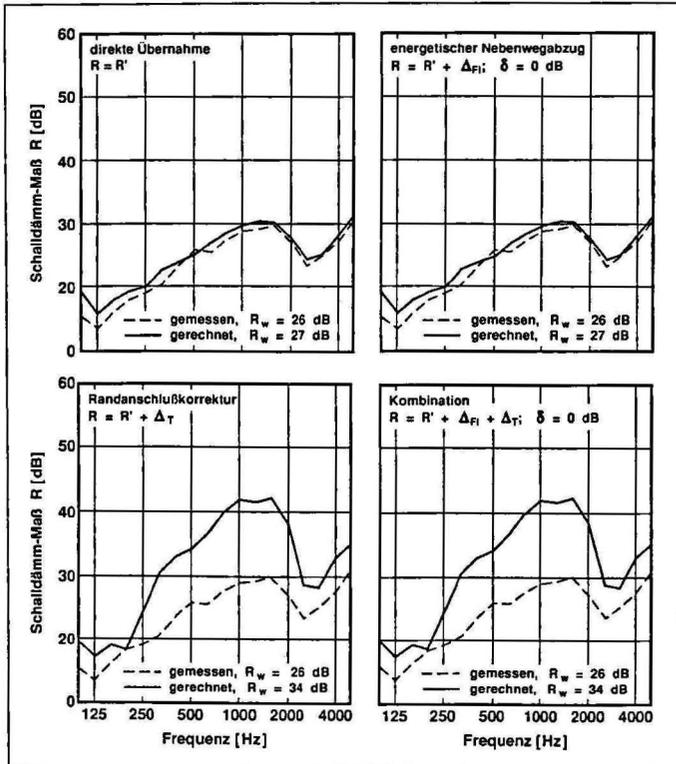


Bild 10: Vergleich berechneter Schalldämm-Maße «ohne Flankenübertragung» (—) mit Meßwerten ohne Flankenübertragung (---) für vier Umrechnungsansätze. Beispiel: Wand Nr. 7, Spanplatte, einschalig

der Massivwand mit Vorsatzschale z. B. liefert $\delta = 0$ eine bessere Umrechnung als der errechnete Wert $\delta = 6,7$ (Bilder 8 und 9). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, daß die Massivwand im Verlauf der Trocknung von den Prüfstandswänden abgerissen war. Dies passiert öfters.

Die Körperschall-Nachhallzeitmessung ergibt bei den Massivwänden frequenzunabhängige Verlustfaktor-Werte in der erwarteten Größenordnung um 0,03 (Bilder 12 und 13). Bei den leichten Wänden hingegen schwanken die Nachhallzeiten beim Prüfstandswechsel extrem und erreichen auch bei hohen Frequenzen noch 0,5 bis 1s mit entsprechenden scheinbaren Verlustfaktoren bis $5 \cdot 10^{-4}$ (Bilder 14 und 15). Hier wird auf der Wand offensichtlich nicht die Energieabnahme in der Wand beobachtet, sondern vielmehr die Energieaufnahme der leichten Wandschale aus dem viel langsamer abklingenden umgebenden Luftschallfeld. Auch dies erklärt den ausbleibenden Erfolg der Randanschlußkorrektur zumindest bei den leichten Wänden.

Tabelle 2 enthält die Zusammenfassung der Umrechnungsfehler je nach Ansatz, wenn die bewerteten Schalldämm-Maße – d. h. die Einzahlangaben – miteinander verglichen werden. Für die schwereren Wände sind neben den errechneten Werten der Stoßstellenkorrektur z. T. auch die kleineren Werte 0 und 3 versuchsweise eingesetzt. Von der leichten Doppelwand 8 abgesehen, ergibt die Umrechnung auf der Basis der Flankenkorrektur (2) für $\delta = 0$ Fehler von maximal 2 dB, also innerhalb der in EN 20140 Teil 2 angegebenen Vergleichsgrenze für R_w von 1–3 dB. Auch die Doppelwand 8 paßt, wenn, wie zuvor erwähnt, der 100-Hz-Wert korrigiert wird. δ ist offensichtlich nicht in der vollen Höhe einzusetzen: Entweder ist die Verbindung von Prüfobjekt und Prüfstand nicht vollkommen oder der Flankenweg F_f nicht vorherrschend.

Die einzelnen Terzwerte betrachtet, sind auch Umrechnungsfehler außerhalb der Vergleichsgrenzen nach EN 20140/2 möglich.

10. Fazit der Untersuchungen

Die Umrechnung von Schalldämm-Maßen mit «bauähnlicher Flankenübertragung» in solche ohne sollte durch energetischen Abzug der Flankendämmung R_{Ff} des Prüfstandes vom

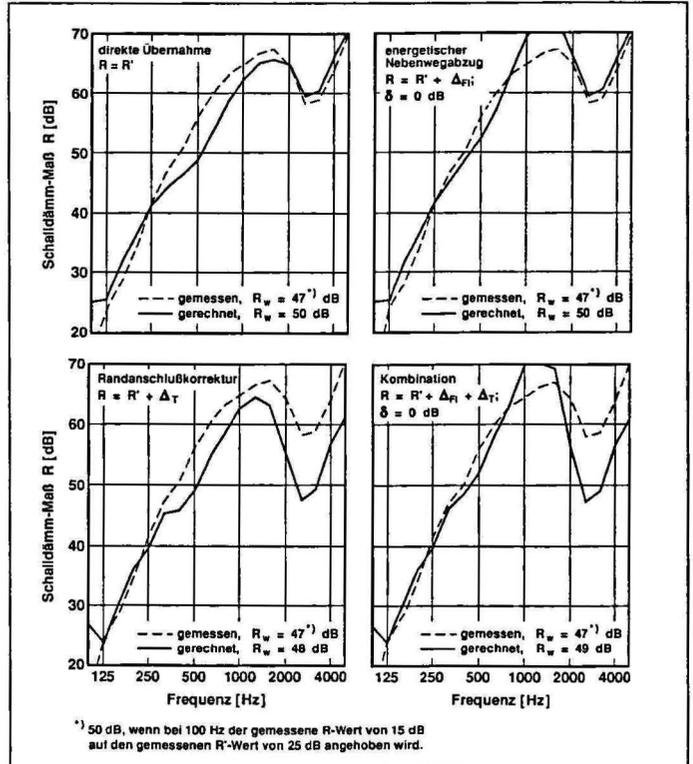


Bild 11: Vergleich berechneter Schalldämm-Maße «ohne Flankenübertragung» (—) mit Meßwerten ohne Flankenübertragung (---) für vier Umrechnungsansätze. Beispiel: Wand Nr. 8, doppelschalige Ständerwand

Meßergebnis R' erfolgen. Heranzuziehen sind Werte der Flankendämmung, die für leichte Trennwände ermittelt sind. Eine Erhöhung der Flankendämmung bei schweren Prüfobjekten in Form einer Stoßstellenkorrektur sollte im Zweifelsfalle lieber unterbleiben. Eine Berücksichtigung der Anschlußbedingungen des Prüfgegenstandes an den Prüfstand über die Körperschall-Nachhallzeit bringt im Zweifelsfalle ebenfalls nichts, bei leichten Bauteilen schon gar nicht, ist i. a. auch nicht bekannt und wirft lediglich die Frage auf, welches die Bedingungen im Prüfstand ohne Flankenübertragung denn sein sollen. Da aufgrund der hohen Meßunsicherheiten bei den Terzwerten öfter die physikalisch sinnlose Situation auftaucht, daß über die flankierenden Bauteile allein scheinbar mehr Schall übertragen wird als über die unveränderten Flankenbauteile und das Prüfobjekt zusammen, empfiehlt es sich, um Aufwand zu sparen, die Umrechnung überhaupt vollständig anhand der Einzahlwerte R'_w und $R_{Ff,w}$ durchzuführen. So errechnete R_w -Werte (s. Tabelle 2, Spalte «Annex G») liegen bei den untersuchten Wänden jedenfalls nicht schlechter als die anhand der Terzwerte errechneten. Die Umrechnung sollte nach oben hin begrenzt werden, indem man verlangt, daß sich bei der Schalldämmungsmessung beim «Ein- und Ausschalten» (d. h. vollkommenem Abdecken) des Prüfobjektes der Schalldruckpegel im Empfangsraum wenigstens noch um 2 dB ändert. Sonst verkommt die Umrechnung zur Raterei. R_w kann dann maximal 4 dB über R'_w liegen. Bei $R'_w = 55$ dB bzw. $R_w = 59$ dB ist dann im großen und ganzen Schluß.

11. Vorschlag zur Umrechnung in einer künftigen Euro-Norm

In die aktuelle CEN-Normungsarbeit wurde ein vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik erarbeiteter Vorschlag eingebracht, der während einer Übergangszeit die wechselseitige Umrechnung von R_w und R'_w regeln könnte. Dieser Vorschlag wurde als Annex G von Teil 1 (Luftschalldämmung) der bei der Arbeitsgruppe CEN/TC 126/WG 2 (Estimation of the acoustic performance of buildings from the performance of products) erarbeiteten Dokumente [8] aufgenommen. Hier ein Auszug in der derzeit vorliegenden Form:

«The conversion from R_w to R'_w is done by:

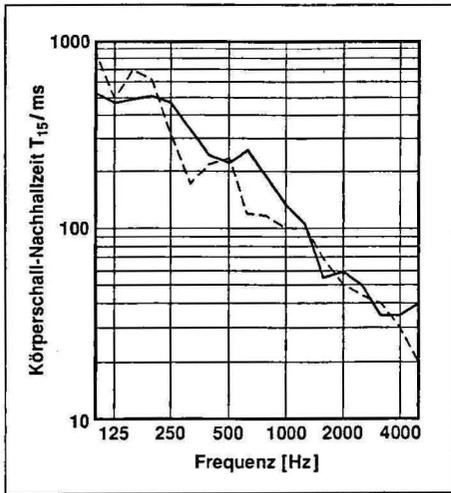


Bild 12:
Körperschall-Nachhallzeit T_{15} der Wand Nr. 3 (Bimsmauerwerk) im Prüfstand mit «bauähnlicher» (---) bzw. ohne (—) Flankenübertragung

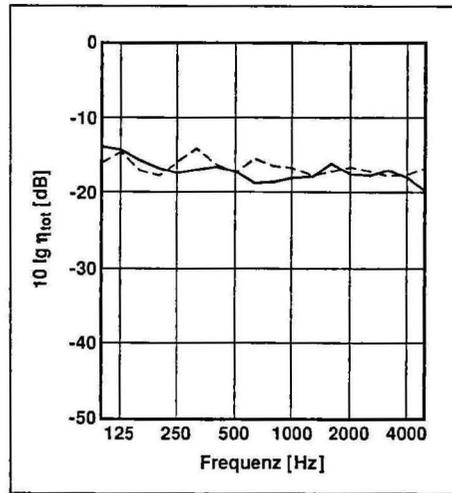


Bild 13:
Verlustfaktor η_{tot} der Wand Nr. 3 (Bimsmauerwerk), bestimmt aus der Körperschall-Nachhallzeit T_{15} im Prüfstand mit «bauähnlicher» (---) bzw. ohne (—) Flankenübertragung

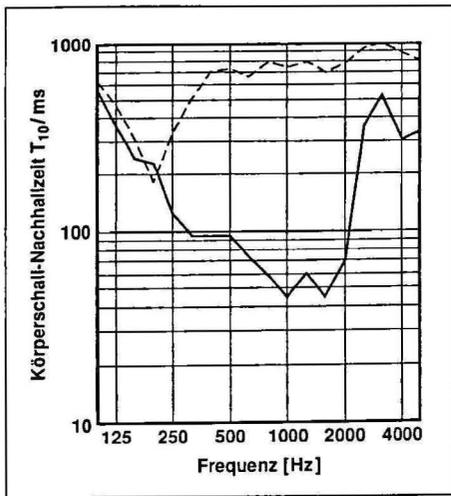


Bild 14:
Körperschall-Nachhallzeit T_{10} der Wand Nr. 7 (Spanplatte, einschalig) im Prüfstand mit «bauähnlicher» (---) bzw. ohne (—) Flankenübertragung

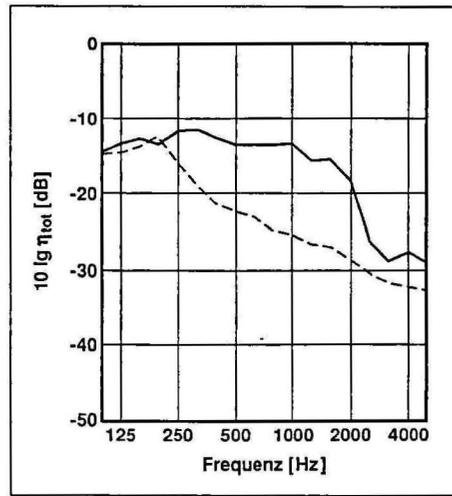


Bild 15:
Verlustfaktor η_{tot} der Wand Nr. 7 (Spanplatte, einschalig), bestimmt aus der Körperschall-Nachhallzeit T_{10} im Prüfstand mit «bauähnlicher» (---) bzw. ohne (—) Flankenübertragung

Wandtyp	Nr.	Meßwerte			Abweichungen R_w (gerechnet) – R_w (gemessen) bei Umrechnung nach				
		R_w [dB]	R'_w [dB]	δ [dB]	Formel (1) [dB]	Formel (2) [dB]	Formel (3) [dB]	Formel (4) [dB]	Annex G [dB]
Massivwände	1	51	51	0	0	0	-3	-2	1
				3,1	0	0	-3	-3	0
	2	49	48	0	-1	-1	-1	-1	-1
				6,7	-1	-1	-1	-1	-1
				3	-4	-2	*)	*)	0
mit Vorsatzschale	6	61	56	0	-5	-2	-4	0	-2
				3	-5	-4	-4	-2	-4
				6,7	-5	-5	-4	-3	-5
Ständerwände	7	26	27	0	1	1	8	8	0
				3	3	4	1	2	4
	8	47	50	0	0	1	-2	-1	1
				50**)	0	1	-2	-1	1
9	43	42	0	-1	-1	*)	*)	-1	
			3	-1	-1	*)	*)	-1	

Tabelle 2:
Abweichungen zwischen errechneten und gemessenen bewerteten Schalldämm-Maßen ohne Flankenübertragung

*) Körperschall-Nachhallzeit nicht ermittelt

***) wenn bei 100 Hz der gemessene R-Wert von 15 dB auf den gemessenen R'-Wert von 25 dB angehoben wird

$$R'_w = -10 \log [10^{-R'_w/10} + 10^{-(R_{Ff,w} + \delta)/10}] \quad (\text{G1})$$

The conversion from R'_w to R_w is done by:

$$\text{if } R'_w \leq R_{Ff,w} - 2: R_w = -10 \log [10^{-R'_w/10} - 10^{-(R_{Ff,w} + \delta)/10}] \quad (\text{G2})$$

$$\text{if } R'_w > R_{Ff,w} - 2: R_w = R'_w + 4$$

where

R'_w is the weighted apparent sound reduction index with field-a-like flanking transmission;

R_w is the weighted sound reduction index without flanking transmission;

$R_{Ff,w}$ is the weighted sound reduction index of the laboratory, as tested with a light-weight double leaf separating element according to DIN 52 210. For the conversion from R_w to R'_w (eq. G1) the value is $R_{Ff,w} = 55$ dB and for the conversion from R'_w to R_w (eq. G2) it is the measured data of the test facility in which R'_w has been obtained; if measured data are not available this can be taken also as $R_{Ff,w} = 55$ dB;

δ is the increase of the weighted flanking sound reduction index of the laboratory facility due to a heavy test object.

Provided an ideal T-junction between test object and test facility δ can be estimated by:

$$\delta = 9,0 - 18,8 \lg \frac{m'_f}{m'_t}; \delta \geq 0 \text{ [dB]} \quad (\text{G3})$$

where

m'_f is the mass per unit area of the flanking elements of the test facility, in kg/m^2

m'_t is the mass per unit area of the test object, in kg/m^2 .

In practice $\delta = 0$ dB is an approximation which yields a conversion for both lightweight and heavy separating elements with a precision within the limits of EN 20 140-2 (annex B).»

12. Zusammenfassung

Die Luftschalldämmung von Bauteilen wird im künftigen Europa durch Schalldämm-Maße ohne Flankenübertragung gekennzeichnet werden sowie durch zusätzliche Einzahlwerte, die das Verhalten des Bauteils gegenüber speziellen Geräuschkennlinien (u.a. Verkehrslärm) erfassen. Die zusätzlichen Einzahlwerte lassen sich nachträglich aus alten Meßwerten – die Vorlage der alten Prüfzeugnisse reicht nicht! – bestimmen, wenn die damaligen Meßbedingungen den heutigen entsprechen. Die Anwendbarkeit bei eingeschlossener «bauähnlicher Flankenübertragung» ist allerdings ungeklärt. Das nachträgliche Herausrechnen der in Deutschland mitberücksichtigten «bauähnlichen Flankenübertragung» ist wesentlich schwieriger und nur bis etwa $R'_w = 55$ dB möglich.

Aufgrund umfangreicher eigener Untersuchungen wurde vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik ein Vorschlag zur wechselseitigen Umrechnung der Einzahlwerte R_w und R'_w erarbeitet, der als Annex G in das bei CEN/TC 126/WG 2 erarbeitete Dokument zur Bauakustik [8] aufgenommen wurde. Falls diesem Annex im Laufe der bei CEN erforderlichen Abstimmungsprozedur nicht widersprochen wird – die zuständige Arbeitsgruppe hat dem Vorschlag bereits zugestimmt –, steht ein Weg zur Verfügung, der während einer Übergangsphase die Verwendung bisheriger deutscher Schalldämmungs-Prüfzeugnisse auf dem europäischen Binnenmarkt sicherstellt. Damit wäre ein wichtiger Schritt zur Gewährleistung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bauwirtschaft getan.

Literatur

- [1] Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte. Schriftstück 89/106/EWG, veröffentlicht im Amtsblatt der EG Nr. L 40/12 vom 12.2.89.
- [2] DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, September 1989, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [3] EN 20717-1 Einzahlangaben für die Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung, Entwurf 1993.
- [4] EN 20 140-2 Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 2: Angaben von Genauigkeitsanforderungen, Mai 1993, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [5] DIN 52210 Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung, Beuth Verlag GmbH, Berlin:
Teil 1: Meßverfahren, August 1984,
Teil 2: Prüfstände für Schalldämm-Messungen an Bauteilen, August 1984,
Teil 3: Prüfung von Bauteilen in Prüfständen und zwischen Räumen am Bau, Februar 1987,
Teil 4: Ermittlung von Einzahlangaben, August 1984.
- [6] EN 20 140-3 Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen, Entwurf November 1992, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [7] Fasold, W., Kraak, W. Schirmer, W. (Hrsg.), Taschenbuch Akustik, Band 2, VEB Verlag Technik, Berlin, 1984.
- [8] Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the Performance of Products; Part 1: Airborne Sound Insulation between rooms, Entwurf 1/1994; CEN/TC 126/WG 2 – Dokument N 111.