Schallschutz mit Doppel- und Hohlraumböden

Dipl.-Ing. E. Sälzer
Beratender Ingenieur VBI*
ITA - Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH, Wiesbaden

1. Einleitung

Seit 1976 der Leiter einer großen Bauabteilung an den Autor herantrat, um anzuregen, eine erste vergleichende schalltechnische Untersuchung an verschiedenen Doppelbodensystemen für eine konkrete Projektaufgabe im schalltechnischen Labor durchzuführen, damals "Doppelbodenolympiade" genannt, hat sich einiges geändert.

Während damals lediglich einige wenige Einzeluntersuchungen im Labor und nur unwesentlich mehr Güteprüfungen von Baustellen vorlagen, sind heute über 1.000 messtechnische Untersuchungen an Doppel- und Hohlraumböden allein im Labor bekannt und zum großen Teil auch publiziert.

Nachfolgend kann deshalb ein genereller Überblick über die schalltechnische Leistungsfähigkeit von Installationsböden gegeben werden und das zweckmäßige Prozedere für die Planung des Schallschutzes von Doppel- und Hohlraumböden definiert werden.

---

* Dipl.-Ing. Elmar Sälzer, Beratender Ingenieur VBI, DEGA, EAA, Mitglied der Ingenieurkammer Hessen; öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Technische Akustik und Bauphysik, IHK Wiesbaden. Autor/Coautor mehrerer Fachbücher. Obmann/Mitglied mehrerer Ausschüsse. Geschäftsführender Gesellschafter der ITA-Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH, Wiesbaden (Eignungs- und Güteprüfstelle für den Schallschutz im Hochbau, amtlich benannte Messstelle nach § 26 BImSchG, Prüfstelle zur Erteilung Allgemeiner Bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse).

2. Zur Prüfung im Labor

Bild 1 zeigt Grundriss und Schnitt des heute üblichen Prüfstands aus DIN EN ISO 140-12 [1]. Wesentlich für die weiteren Betrachtungen ist der dreiseitig umlaufende Absorptionsstreifen an den Wänden im Hohlraum, der offene Hohlräume unter Wänden im Bau abbilden soll, und das relativ schlanke Verhältnis von Trennwandbreite (4,5 m) zur Gesamt-Prüfstandslänge, die meist mit ca. 9 mm doppelt so lang wie breit ist.

Der Prüfstand zur Bestimmung der Trittschallminderung bedarf dagegen keiner besonderen Erwähnung, es ist der gleiche wie für Estriche und ist in DIN EN ISO 140-6 [2] geregelt.

3. Norm-Flankenpegeldifferenz

Die Norm-Flankenpegeldifferenz D_{nf}, als Einzahl-Angabe dargestellt durch die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{nf,w}$, entspricht nahezu 100 %ig dem alten Schalllängsdämmmaß, als Einzahl-Angabe dargestellt durch das bewertete Schalllängsdämmmaß R_{Lw}. Durch die Vorgabe des Begriffs Norm-Flankenpegeldifferenz hat sich auch der müßige Streit erledigt, ob es Schalllängsdämmmaß oder Längsschalldämmmaß heißt.

Charakteristische Beispiele der Norm-Flankenpegeldifferenz von **Doppelböden** über der Frequenz zeigt Bild 2. Es ergeben sich Werte von $D_{nf,w,P}$ (P steht für Prüfstand und bedeutet den Wert im Labor) von

$$D_{nf,w,P} = 43 \text{ bis } 56 \text{ dB}.$$

Die Übertragungswege beim Doppelboden sind in Bild 3 dargestellt [3], wobei auf der Baustelle der Anteil der Übertragung über die Fugen wesentlich meist höher ist als im Labor.

In einer Neufassung der DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", an der zurzeit gearbeitet wird, müsste man für Doppelböden somit unbedingt ein Vorhaltemaß von 5 dB ansetzen, um diesem Umstand Rechnung zu tragen. Gemindert wird der erhöhte Übertragungsweg über die Fugen durch die Verwendung von Teppichfliesen, die ja zumeist einen schweren Rücken aufweisen und die fugenversetzt verlegt werden.

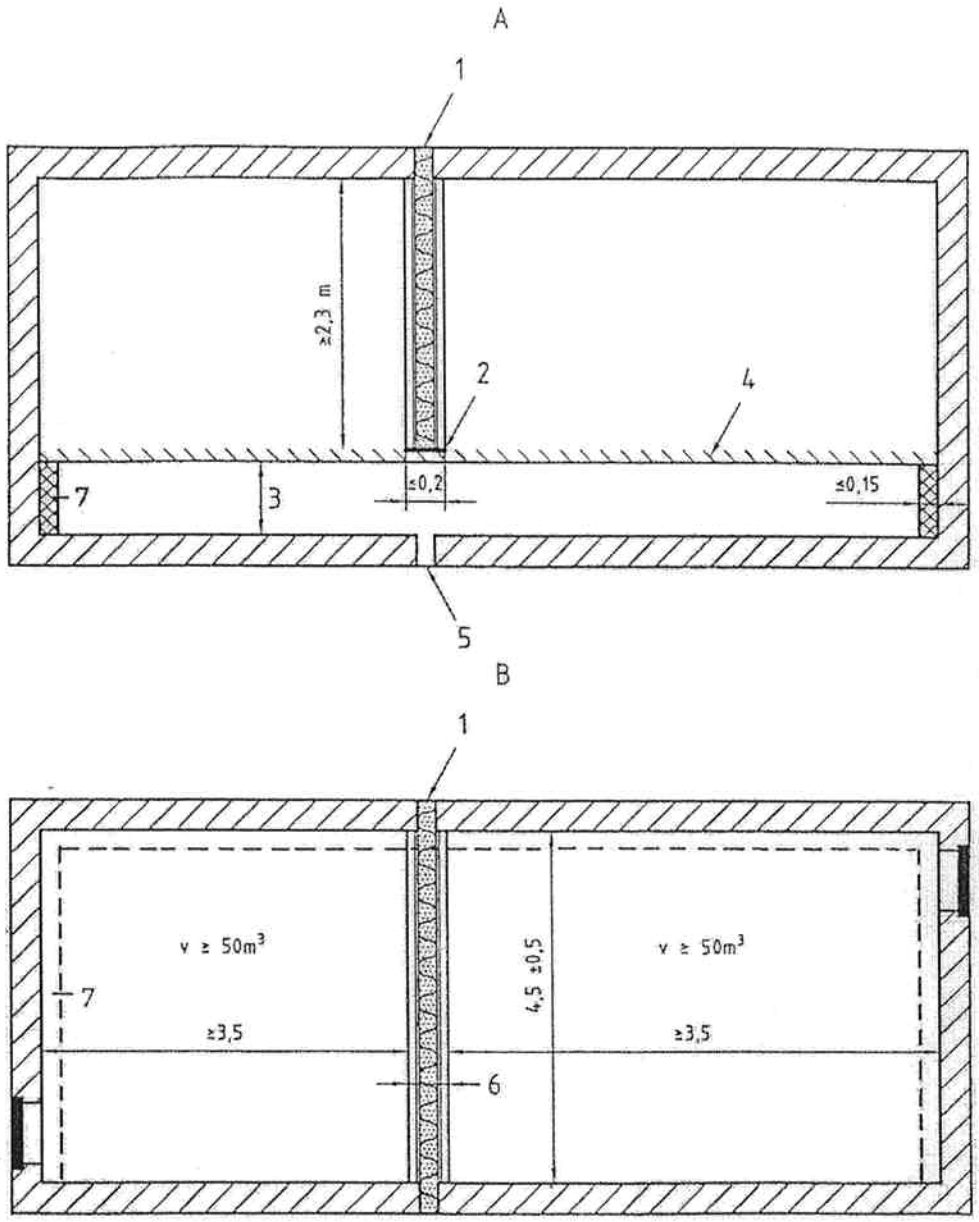


Bild 1: Grundriss und Schnitt des Prüfstands zur Überprüfung der Schalldämmung von Doppel- oder Hohlraumböden nach DIN EN ISO 140-12 (dort Bild 1) mit zusätzlichen Eintragungen

1 Trennfuge
2 flexibles Material
3 Höhe des Doppel- oder Hohlraumbodens 0,15 m
4 Doppel- oder Hohlraumboden
5 Trennfuge (verbindlich)
6 Trennwand
7 dreiseitig umlaufende Absorptionsplatte im Hohlraum

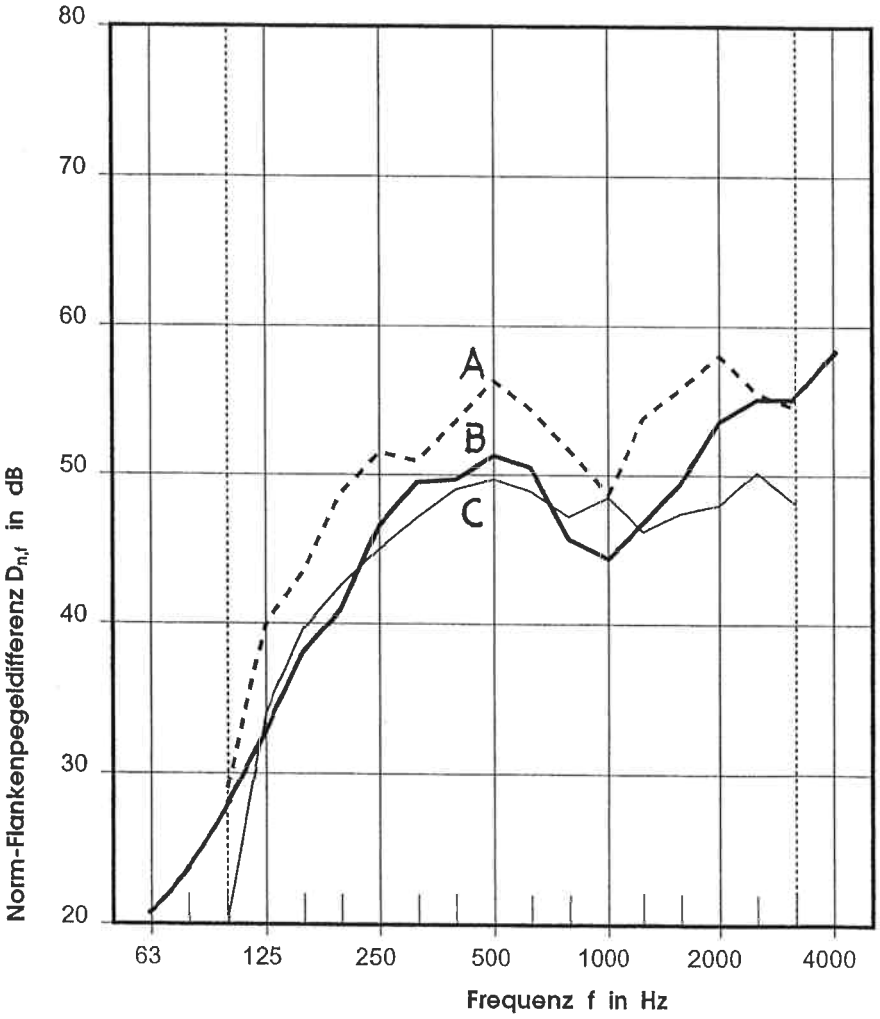
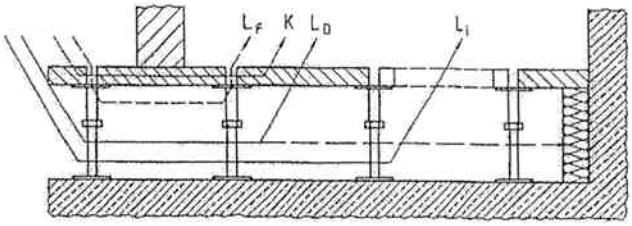


Bild 2: Norm-Flankenpegeldifferenz von charakteristischen Doppelböden

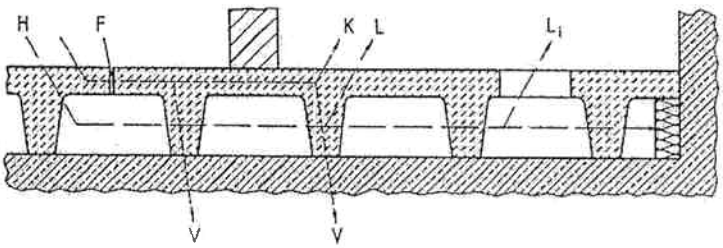
A $D_{n,f,w,P}$ = 54 dB, Kalzium-Silikat-Platten
B $D_{n,f,w,P}$ = 50 dB, Holzspanplatte mit Stahlblech-Applikation
C $D_{n,f,w,P}$ = 47 dB, Holzspanplatte mit Alu-Feinblech-Applikation



L_D = von der Dämmung des Plattenmaterials abhängige Übertragung
L_F = von der Fugendurchlässigkeit zwischen den Platten abhängige Übertragung
K = Körperschallübertragung
L_i = Schallausbreitung über Lüftungsöffnungen

L_D = Transmission determined by the insulation of the plate material
L_F = Transmission determined by the air permeability of joints between the plates
K = Structure-borne sound transmission
L_i = Sound propagation through vent holes

Bild 3: Übertragungswege bei der Flankenübertragung von Doppelböden [3]



H = Hohlraumdämpfung bei der Laborprüfung
K = Körperschallübertragung
L_i = Luftschallübertragung im Hohlraum
V = Verzweigungsdämmung
F = Fugen

H = Cavity attenuation in laboratory test
K = Structure-borne sound transmission
L_i = Airborne sound transmission in the cavity
V = Branching loss
F = Joints

Bild 4: Übertragungswege bei der Flankenübertragung von Hohlraumböden [3]

Andererseits pfuschen die Verleger bei solchen Doppelböden auch besonders stark, während ja bei Doppelböden mit applizierten Linoleum- und sogar Parkettböden die Sorgfalt der Verlegung sichtbar wird und ungleich höher ist.

Hohlraumböden weisen keine Übertragungen über die Fugen auf, hier ist die Übertragung von Körperschall in der Platte dominant; schematisch zeigt dies die Skizze in Bild 4 aus der VDI-Richtlinie.

Handelt es sich um monolithisch gegossene Hohlraumböden (z.B. in Folienschalung), ergeben sich aufgrund der starken Körperschallübertragung in der Platte geringe Norm-Flankenpegeldifferenzen, bei geschichteten Hohlraumböden (Sandwichböden) ist durch die infolge des Sandwicheffekts gedämpfte Körperschallausbreitung in der Tragplatte die Norm-Flankenpegeldifferenz höher. Bild 5 zeigt charakteristische Norm-Flankenpegeldifferenzen verschiedener Hohlraumböden [4] mit den typischen Koinzidenzeinbrüchen in der Schalldämmung zwischen 500 Hz und 800 Hz.

Trocken-Hohlraumböden, bei denen auf der ersten Trägerplatte eine zweite Trägerplatte mit Weißleim oder Polyurethankleber verklebt, teilweise auch verschraubt wird, erreichen tendenziell geringfügig bessere Werte bei der Norm-Flankenpegeldifferenz, wie Bild 6 zeigt.

Teppiche verbessern bei Doppelböden die Schalllängsdämmung im Regelfall, bei Hohlraumböden können sie jedoch auch zu einer Verschlechterung um bis zu 5 dB führen, wie Bild 7 zeigt. Hier entstehen bei lose aufliegenden Teppichen Resonanzen, die man lediglich durch vollflächige Verklebung verhindern kann. Vollflächige Verklebung beeinträchtigt jedoch die Flexibilität und ist deshalb nicht immer möglich.

Mit Absorberschotts kann man vorrangig bei Doppelböden, nur in Verbindung mit einem zusätzlichen Fugenschnitt auch bei Hohlraumböden eine Verbesserung der Norm-Flankenpegeldifferenz erzielen.

Die Wirkung ist bei einem senderaumseitigen Fugenschnitt bei Hohlraumböden am größten. Bild 8 zeigt, dass ohne Bodenbelag bis zu 13 dB, mit Teppichbelag bis zu 9 dB Verbesserung der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz bei Hohlraumböden durch einen senderaumseitigen Trennschnitt möglich sind.

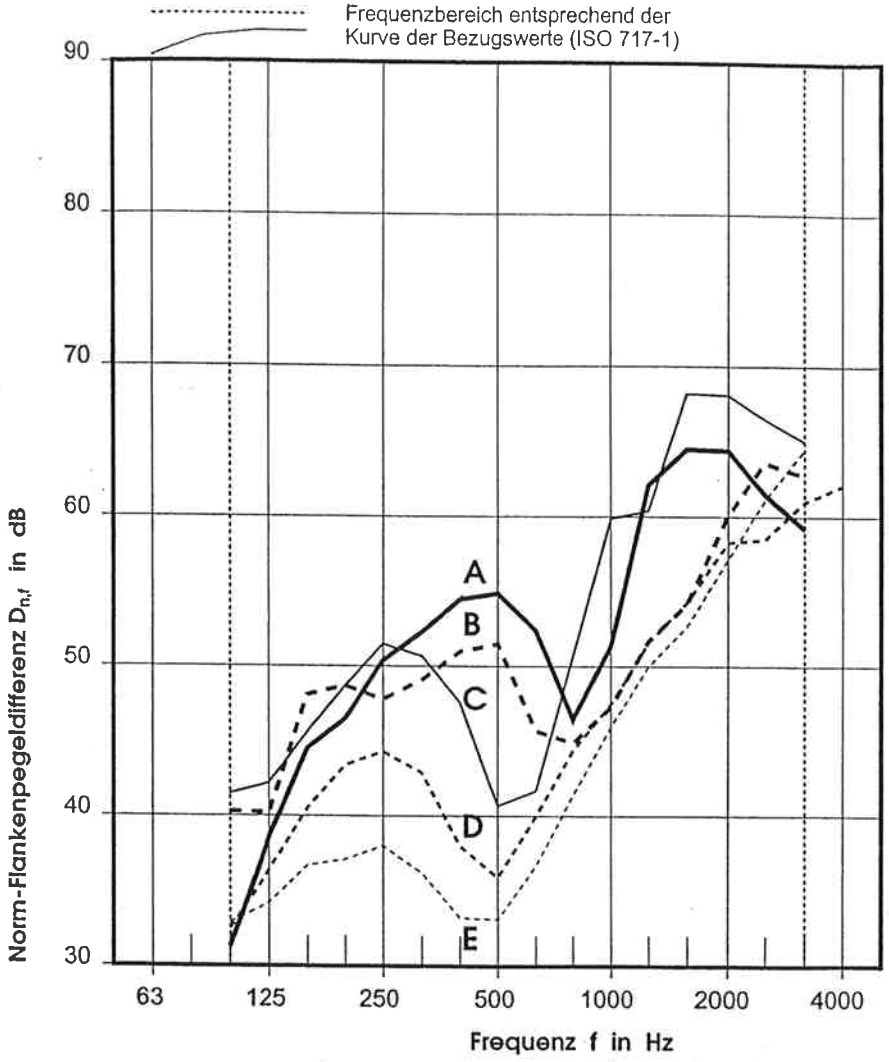


Bild 5: Norm-Flankenpegeldifferenz von charakteristischen Hohlraumböden mit bauseitigem Anhydritestrich, Koinzidenzfrequenz zwischen f_K = 500 Hz und f_K = 800 Hz

A	Stahlstützenboden	$D_{n,f,w,P}$ = 55 dB
B	Monolithischer Folienschalungsboden	$D_{n,f,w,P}$ = 52 dB
C	Monolithischer Folienschalungsboden	$D_{n,f,w,P}$ = 52 dB
D	Monolithischer Folienschalungsboden	$D_{n,f,w,P}$ = 46 dB
E	Monolithischer Folienschalungsboden	$D_{n,f,w,P}$ = 43 dB

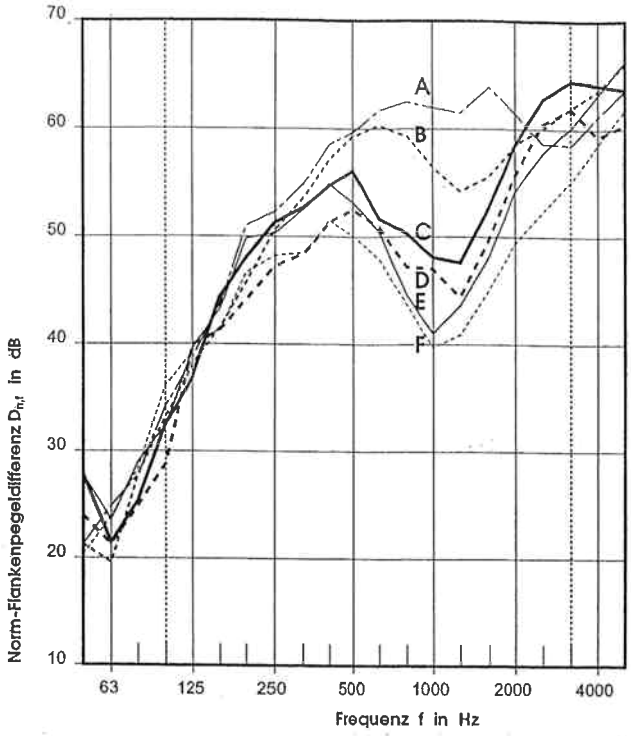


Bild 6: Norm-Flankenpegeldifferenz von charakteristischen Trocken-Hohlraumböden, Koinzidenzfrequenz zwischen f_K = 1.000 Hz und f_K = 1.250 Hz [4]

A	$D_{n,f,w,P}$	=	59 dB (nur punktweise geklebt)
B	$D_{n,f,w,P}$	=	57 dB
C	$D_{n,f,w,P}$	=	53 dB
D	$D_{n,f,w,P}$	=	50 dB
E	$D_{n,f,w,P}$	=	49 dB
F	$D_{n,f,w,P}$	=	46 dB

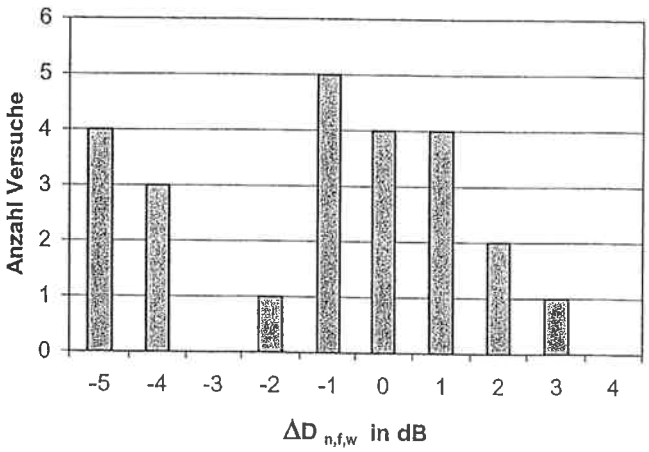


Bild 7: Veränderung der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz durch aufgelegte Teppiche

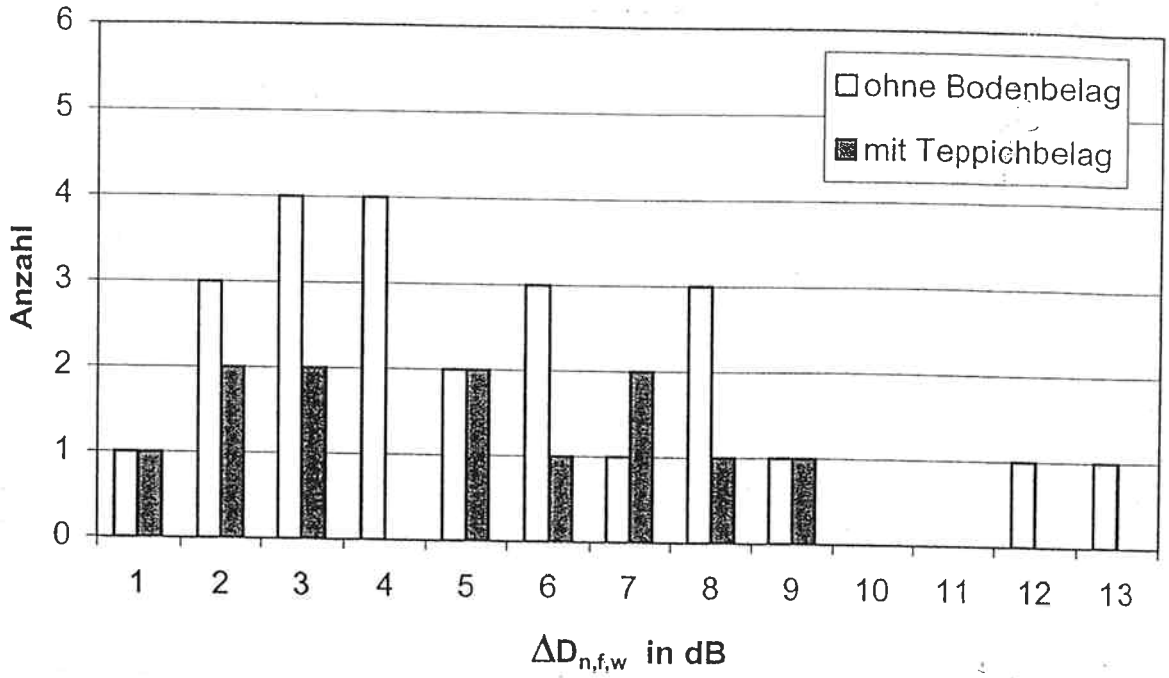
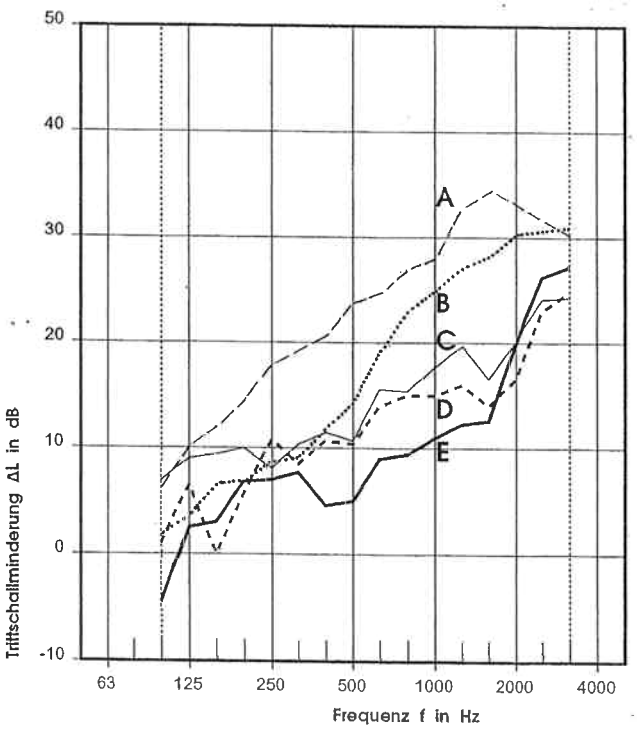


Bild 8: Verbesserung der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz durch einen senderaumseitigen Trennschnitt



A Hohlraum-Sandwichboden, 60 cm Stützabstand, $\Delta L_{w,P} = 27$ dB
B wie A, $L_{w,P} = 22$ dB
C Doppelboden Calziumsulfatplatte, $\Delta L_{w,P} = 20$ dB
D Doppelboden Betonplatte, $\Delta L_{w,P} = 17$ dB
E Doppelboden Holzspanplatte, $\Delta L_{w,P} = 15$ dB

Bild 9: Trittschallminderung von Doppel- und Hohlraumböden

4. Trittschalldämmung

4.1 Trittschallminderung

Sowohl Doppelböden als auch Hohlraumböden erreichen in der Grundausstattung, somit ohne Belag und ohne trittschallmindernde Stützenunterlagen, bewertete Trittschallminderungen von ΔL_w = 9 bis 20 dB.

Die starke Streuung führt von den unterschiedlichen mechanischen Konstruktionsmerkmalen ab.

Von Einfluss sind die Masse der Trägerplatte, die Ausbildung der Stützenköpfe und der Gewindestäbe (dünne Gewindestäbe M8 oder M10 sind besser als Gewindestäbe M16 oder M20) und zu guter Letzt ist auch die Art der Stützenfußverklebung mit Polyurethankleber, dessen Shore-Härte zwischen Shore A40 und Shore A90 aufweisen kann, gegeben.

Bild 9 zeigt charakteristische Verläufe der Trittschallminderung über der Frequenz von Doppel- und Hohlraumbodensystemen ohne Bodenbeläge und ohne Elastomer-Unterlagen. Mit Elastomer-Unterlagen können bewertete Trittschallminderungen von $\Delta L_{w,P} \geq 25$ dB erzielt werden, ebenso bei starrer Verlegung der Stützenfüße auf der Rohdecke, wenn Teppichbeläge aufgebracht werden.

Dass man die Trittschallminderungen von Installationsböden und Bodenbelägen nicht addieren darf, hat sich Gott sei Dank inzwischen herumgesprochen, ebenso wie bei Holzbalkendecken wirken elastische Bodenbeläge auch auf Installationsböden nur mit ca. einem Drittel oder der Hälfte ihrer auf Massivdecken erreichbaren bewerteten Trittschallminderung.

Dies zeigt Bild 10 aus [3] mit zusätzlichen Eintragungen von aktuellen Messungen an Hohlraumböden im schalltechnischen Labor [5].

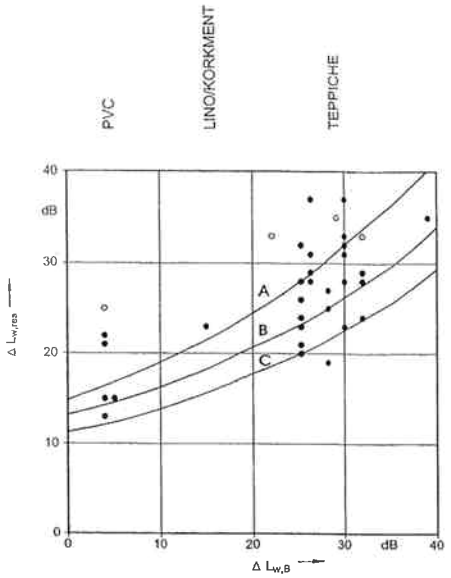


Bild 10: Abhängigkeit des Trittschall-Verbesserungsmaßes kompletter Installationsbodenkonstruktionen $\Delta L_{w,res}$ vom Trittschall-Verbesserungsmaß des Bodenbelags $\Delta L_{w,B}$ (jeweils Prüfstandswert). (nach Bild 7 in [3]):

- • Messwerte ohne Elastomerunterlagen, Hohlraumboden
- o Messwerte mit Elastomerungerlagen, Hohlraumboden
- A, B, C Doppelböden

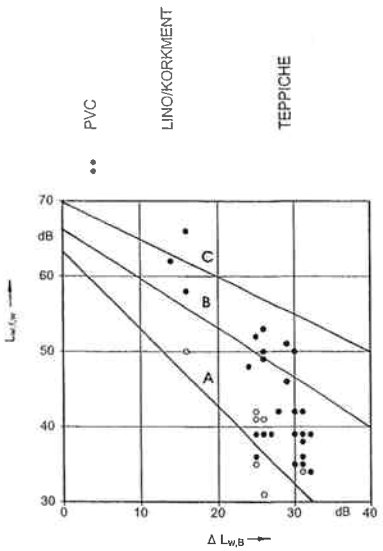


Bild 11: Abhängigkeit des horizontal gemessenen bewerteten Norm-Flankentrittpegels $L_{n,f,w}$ vom Trittschall-Verbesserungsmaß $\Delta L_{w,B}$ des Bodenbelags bei Installationsbodenkonstruktionen, jeweils Prüfstandswerte

- • Messwerte ohne Fuge, Hohlraumboden
- o Messwerte mit SR-seitiger Fuge, Hohlraumboden
- A, B, C Doppelboden [3]

4.2 Norm-Flankentrittschallpegel

Der Norm-Flankentrittschallpegel, üblicher Weise als Einzahl-Angabe dargestellt durch den bewerteten Norm-Flankentrittschallpegel $L_{n,f,w}$, früher als horizontaler Norm-Trittschallpegel dargestellt, erreicht ohne Bodenbeläge sowohl bei Doppel- als auch bei Hohlraumböden meist extrem hohe Werte von $L_{n,w,P} \geq 70$ dB.

Mit Bodenbelägen, insbesondere mit Teppichbelägen, deren auf der Rohdecke ermittelte bewertete Trittschallminderung bei $\Delta L_{w,P} \geq 23$ dB liegt, lassen sich akzeptable bewertete Norm-Flankentrittschallpegel erreichen, siehe hierzu auch Bild 11.

Bei Doppelböden sind die Möglichkeiten durch den Einbau von Absorberschotts wiederum relativ stark beschränkt, bei Hohlraumböden lassen sich durch den Einbau von senderaumseitigen Fugenschnitten dagegen nochmals gute Verbesserungen erzielen.

Literatur

[1] DIN EN ISO 140-12 "Akustik, Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 12, Messung der Luft- und Trittschalldämmung durch einen Doppel- oder Hohlraumboden ...", März 2000

[2] DIN EN ISO 140-6 "Akustik, Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 6 Messung der Trittschalldämmung von Decken in Prüfständen", Dezember 1998

[3] VDI 3762 "Schalldämmung von Doppel- und Hohlraumböden", November 1998

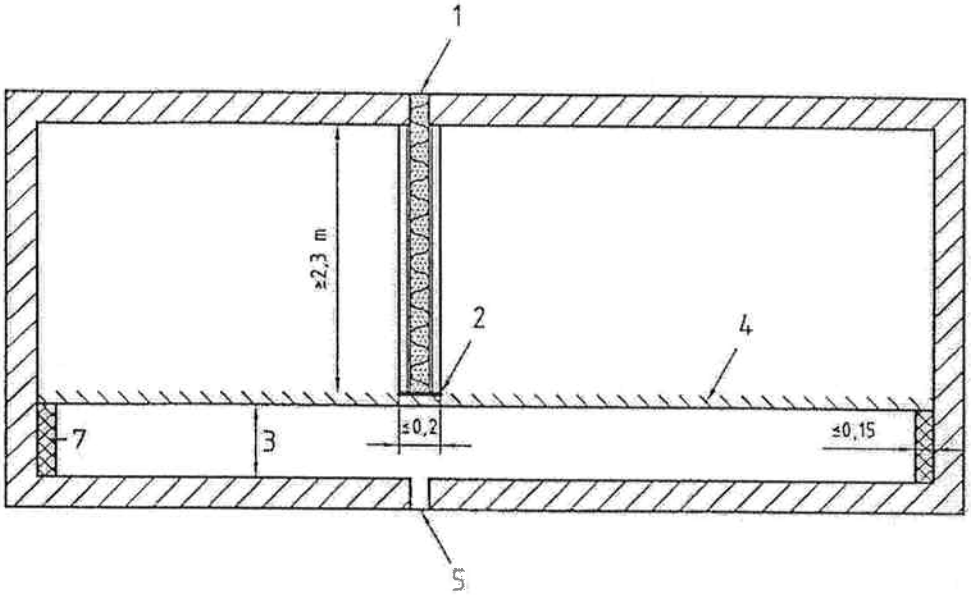
[4] Sälzer, E. und Freimuth, H. "Schallschutz mit Hohlraumböden", Teil 1 "Entwicklungsstand und Flankenpegeldifferenz, Bauphysik 26. Jahrgang, Heft 1/04

[5] Sälzer, E. und Maack, J. "Schallschutz mit Hohlraumböden", Teil 2 "Trittschallschutz" Bauphysik 26. Jahrgang, Heft 2/04

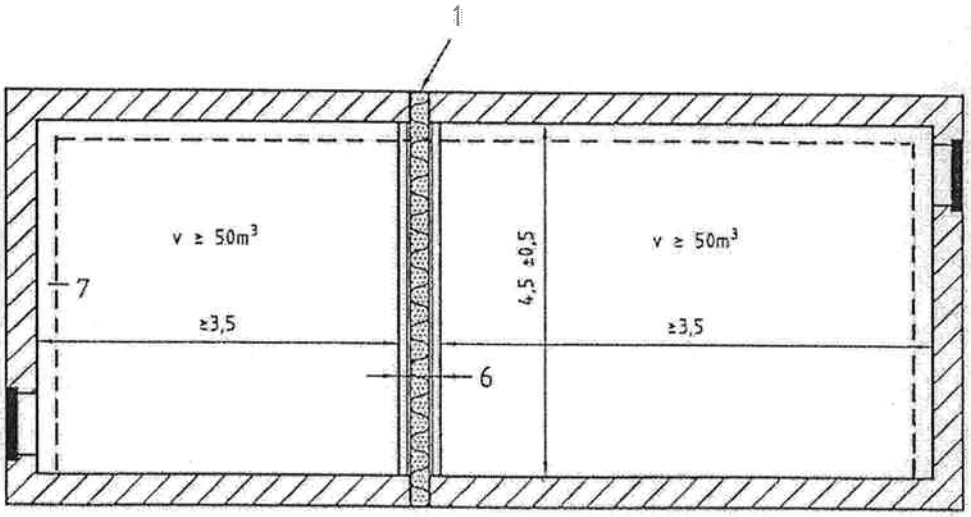
[6] Sälzer, E., Eßer, G. und Kühn, H. "Schallschutz mit Hohlraumböden", Teil 3 "Anwendung in der Praxis, Schadensfälle", Bauphysik 26. Jahrgang, Heft 3/04 (in Vorbereitung)

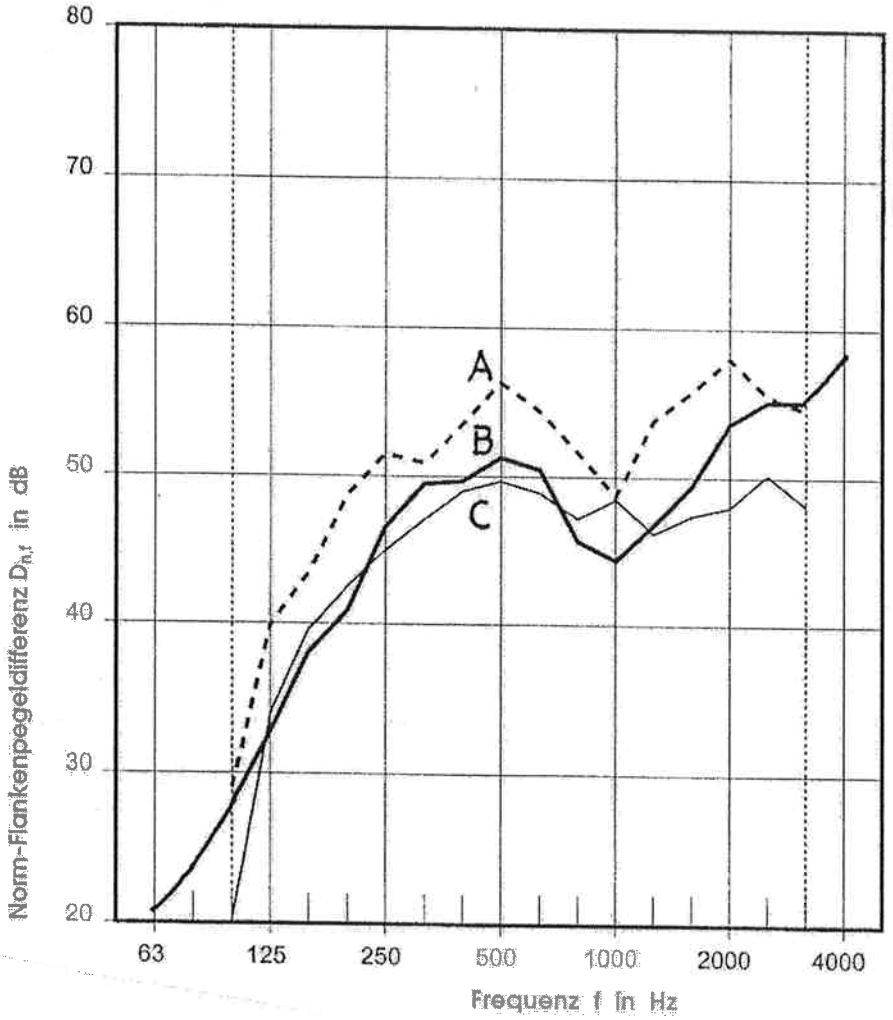
sz/hu 09.03.2004

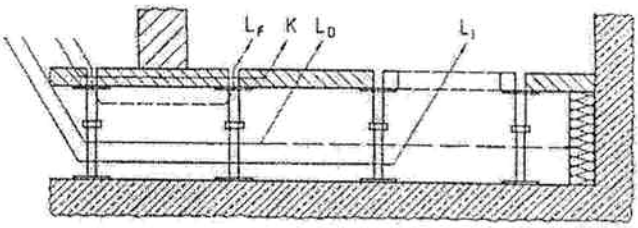
A

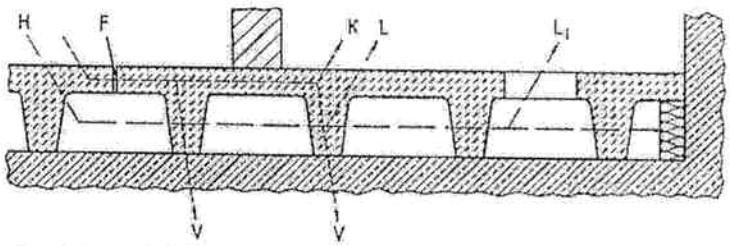


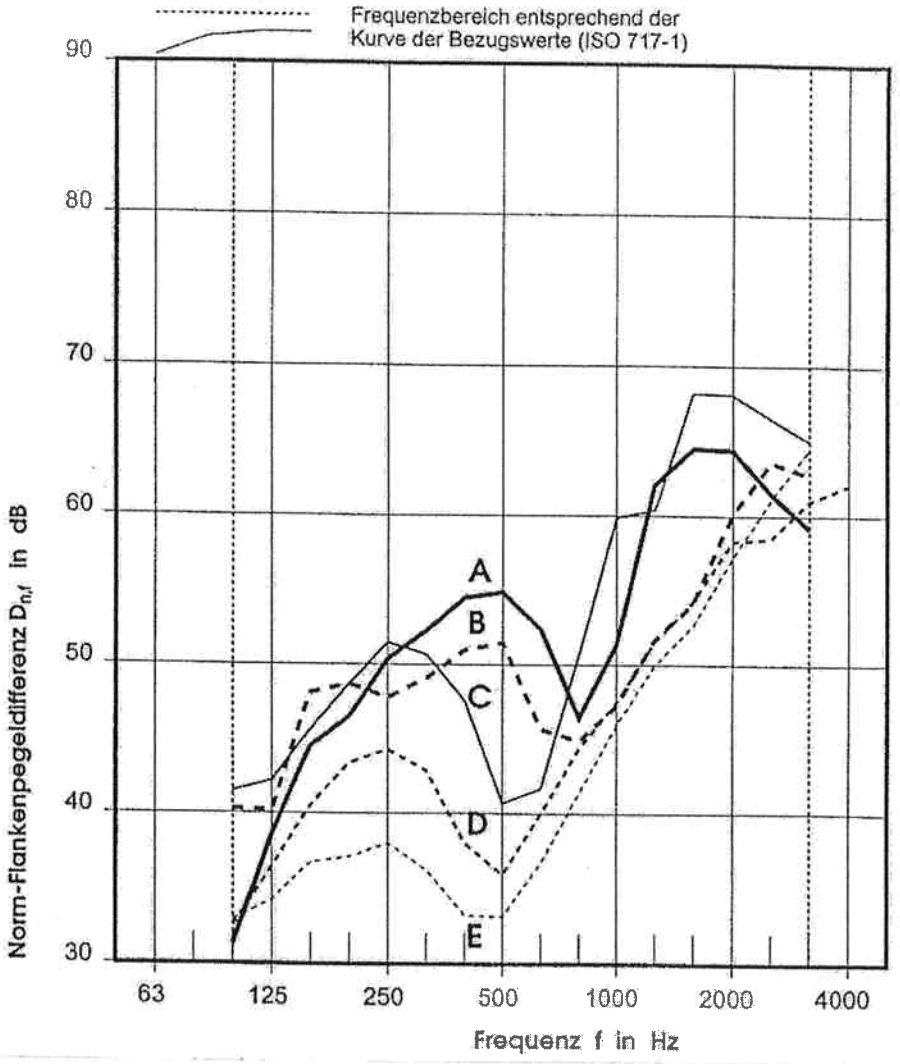
B

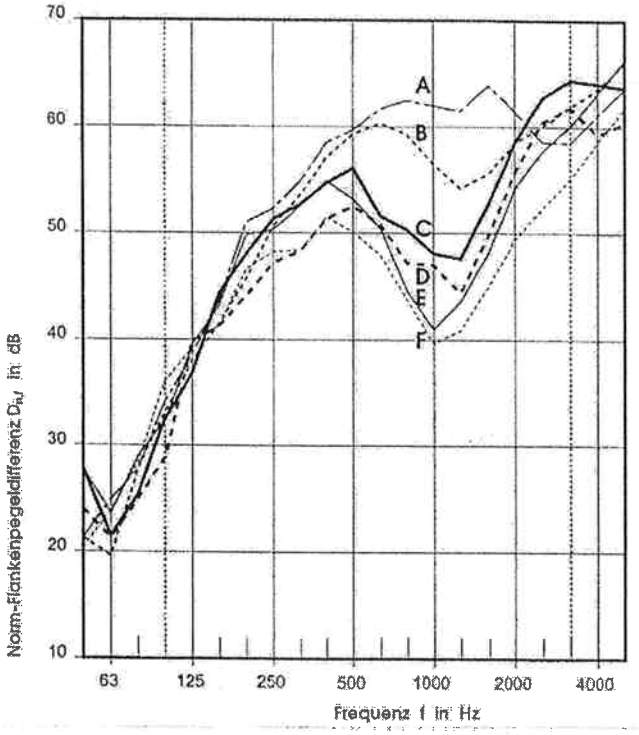


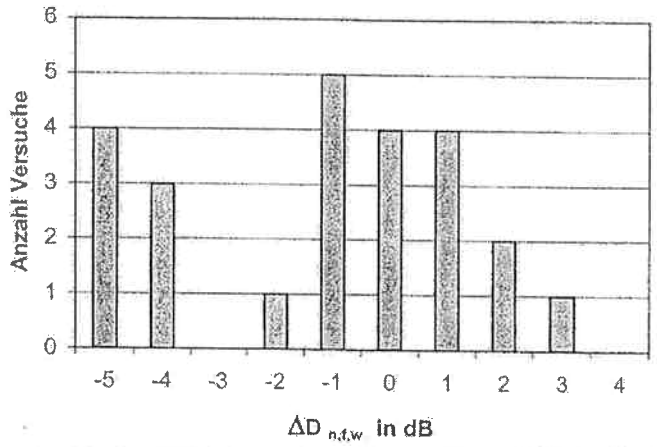

80
70
60
50
40
30
20
Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ in dB
A
B
C
63
125
250
500
1000
2000
4000
Frequenz f in Hz

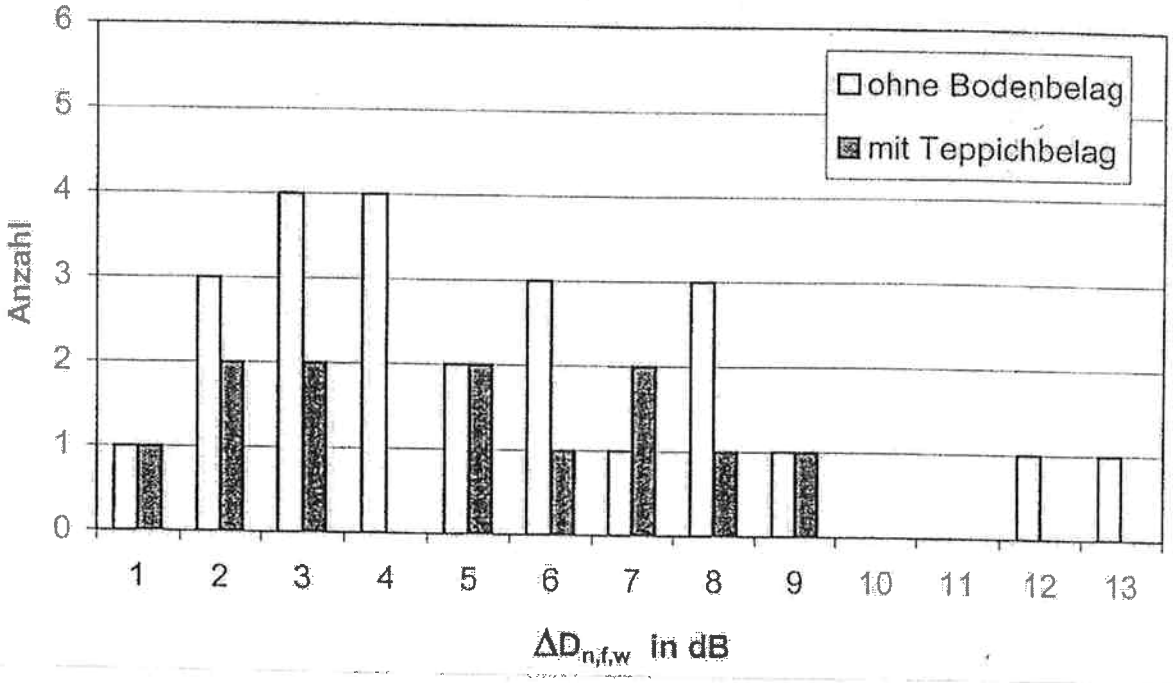

L_F
K
L_0
L_1

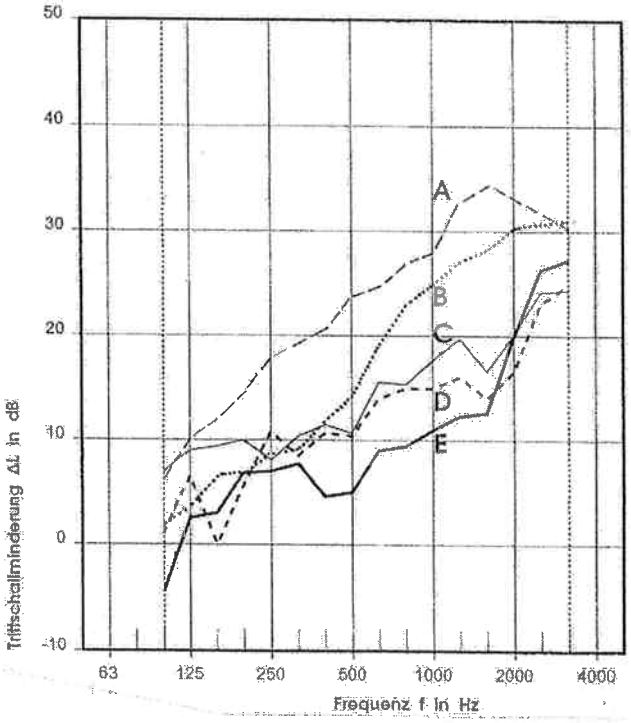

H
F
K
L
L_1
V
V

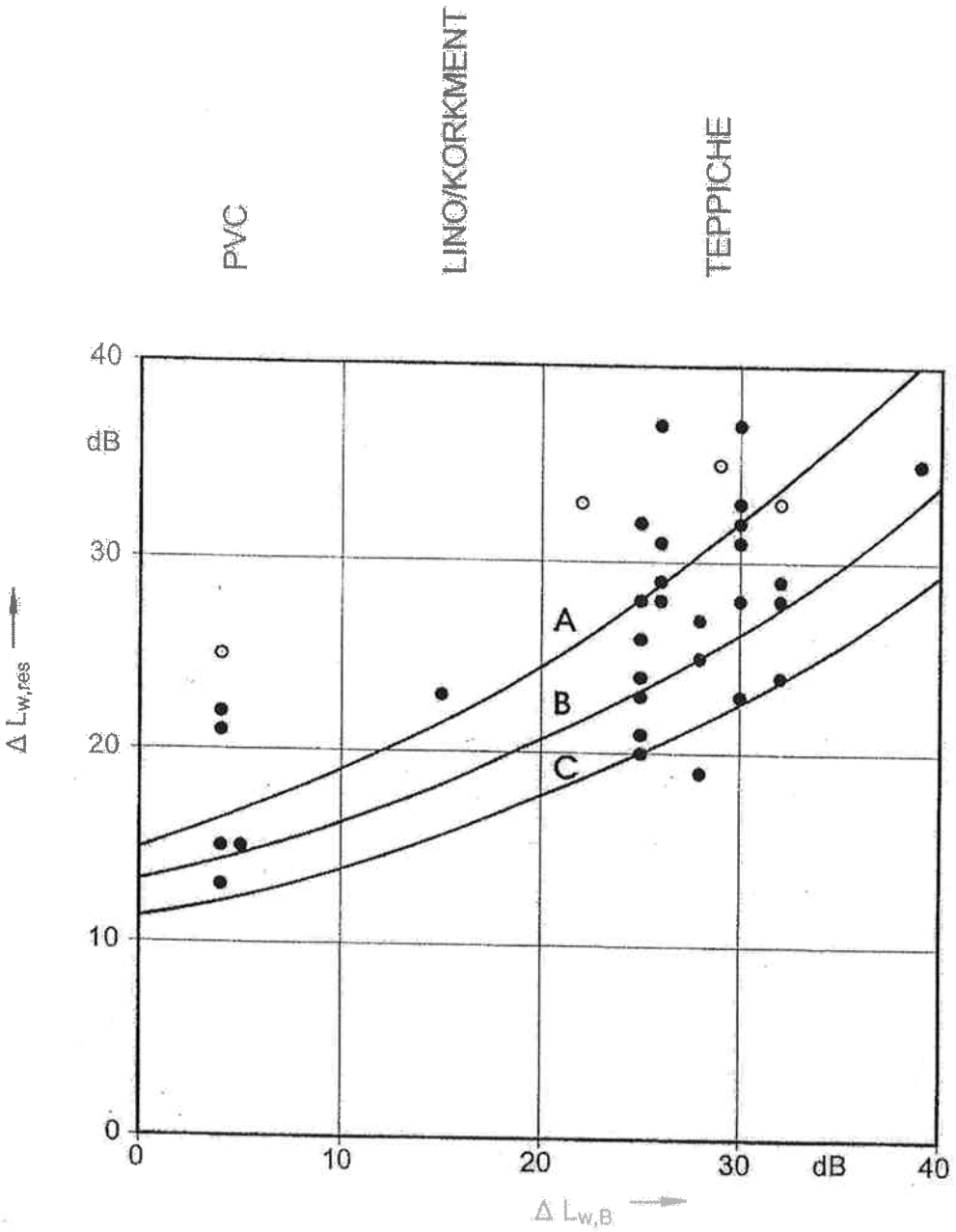

Frequenzbereich entsprechend der
Kurve der Bezugswerte (ISO 717-1)
90
80
70
60
50
40
30
Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ in dB
A
B
C
D
E
63
125
250
500
1000
2000
4000
Frequenz f in Hz

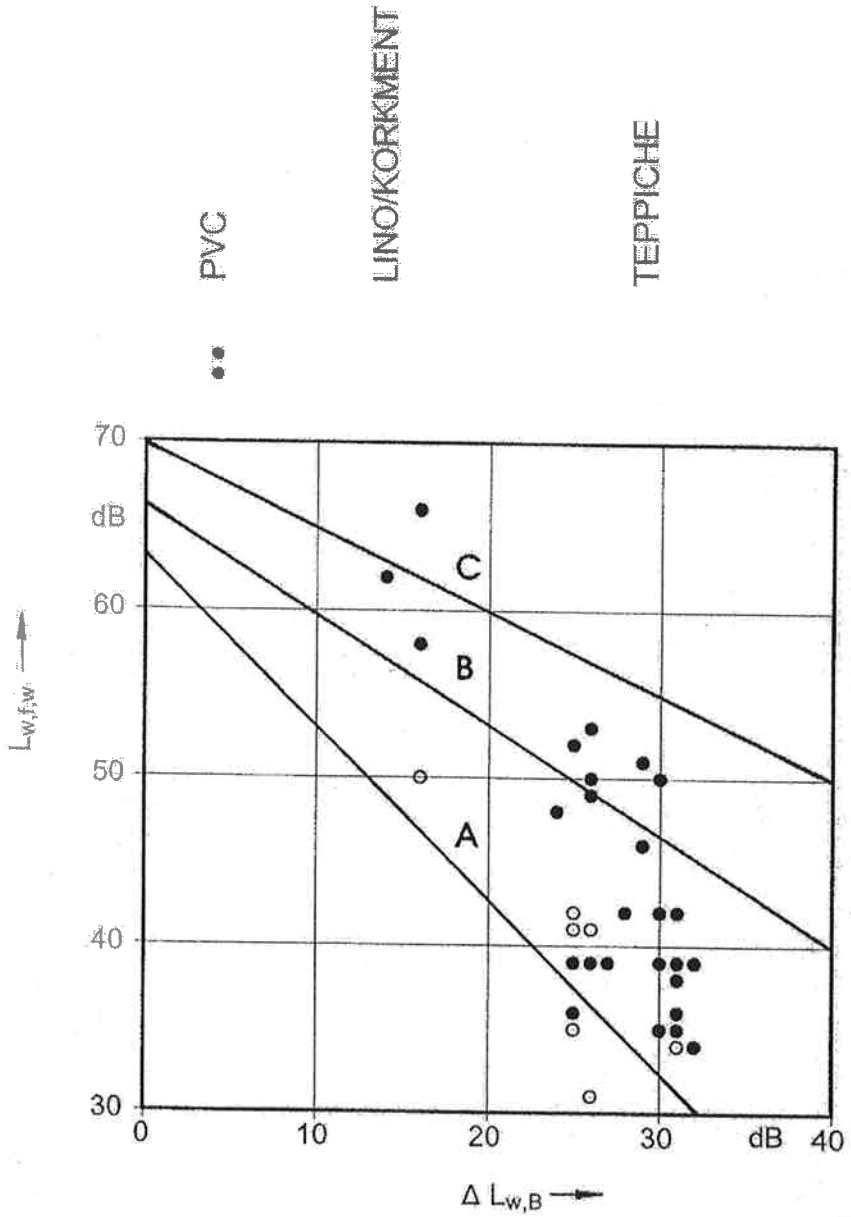

70
60
50
40
30
20
10
Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ in dB
63
125
250
500
1000
2000
4000
Frequenz f in Hz
A
B
C
D
E
F


Anzahl Versuche
0
1
2
3
4
5
6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
ΔD n,f,w in dB


6
5
4
3
2
1
0
Anzahl
ohne Bodenbelag
mit Teppichbelag
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
ΔDn,f,w in dB


50
40
30
20
10
0
-10
Trittschallminderung ΔL in dB
63
125
250
500
1000
2000
4000
Frequenz f in Hz
A
B
C
D
E


PVC
LINO/KORKMENT
TEPPICHE
40
dB
30
20
10
0
Δ Lw,res
A
B
C
0
10
20
30
dB
40
Δ Lw,B


PVC
LINO/KORKMENT
TEPPICHE
70
dB
60
50
40
30
$L_{w,f,w}$
C
B
A
0
10
20
30
dB
40
$\Delta L_{w,B}$