

Messungen der Luftschalldämmung bei tiefen Frequenzen ab 50Hz

Tieffrequenter Schall im Holzbau
Luboš Krajčí, Empa, CH - Dübendorf

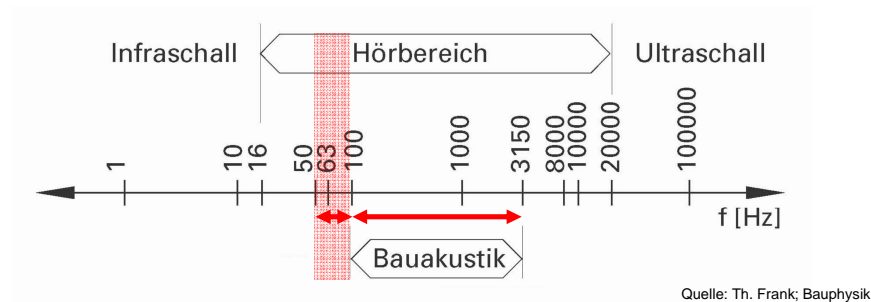
Frühjahrstagung der Schweizerischen Gesellschaft für Akustik
5. Mai 2011 FH Brugg-Windisch

Inhaltsverzeichnis

- Ziele der Untersuchungen
- Tieftonproblematik im Holzbau/Generell
- Normiertes Messverfahren
- Erweitertes normiertes Messverfahren
- Raumvolumen und Raummoden
- Messungen in Anlehnung an EN ISO 16032
- Entwurf eines modifizierten Messverfahrens ab 50Hz
- Zusammenfassung/Nächste Schritte

Erläuterungen

- Bauakustisch relevanter Frequenzbereich von 100 Hz – 3150 Hz
- Tieftonbereich ist in dieser Präsentation unterhalb von 100 Hz zu verstehen



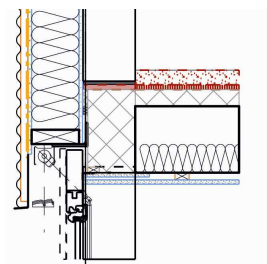
Ziele der Untersuchungen

- Zuverlässige und wiederholbare Messmethode im Tieftonbereich zu entwickeln
- Qualitätskontrolle gewährleisten
- Prognosemethode verbessern
- Entwicklung von Bauelementen

Tieftonproblematik im Holzbau/Generell

- Moderne Musikanlagen, Home Cinemas
- Multimedia- Computersysteme
- Heizungsanlagen und Ventilatoren
- Trittschall und Gehschall insbesondere von Kindern (z.B. Gehen auf den Fersen)
- Musikinstrumente (tiefste Seite des E-Bass: 41 Hz; tiefster Ton eines Klaviers: 28 Hz)
- Strassenlärm (insbesondere von LKW)
- Abprallen von Bällen in Turnhallen (speziell in angrenzenden Wohnungen hörbar).

Tieftonproblematik im Holzbau

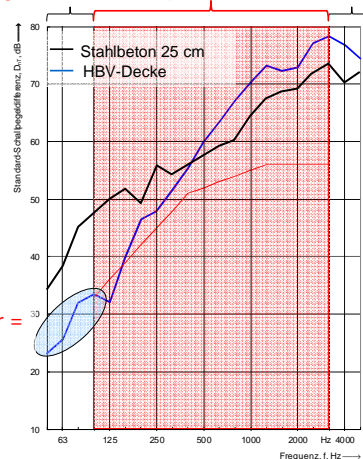


Quelle: Erne AG

Frequenz f [Hz]	$D_{n,T}$ [dB]	Terz
63	23.1	
80	25.6	
90	31.9	
100	33.5	
125	32.1	
160	39.9	
200	46.5	
250	47.8	
315	51.5	
400	55.5	
500	59.9	
630	63.4	
800	67.0	
1000	70.2	
1250	73.2	
1600	76.8	
2000	74.4	

Subjektiv wahrnehmbar =
Störung

Bauakustisch relevanter Frequenzbereich
wird ignoriert



$D_{n,T,w}$ (C; Ctr) = 58 (-3;-9) dB

$D_{n,tot}$ = 55 dB

Normiertes Messverfahren

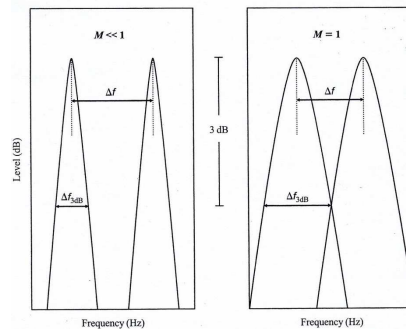
- Norm EN ISO 140-4 definiert:
- Bauakustisch relevanter Frequenzbereich
100-3150 Hz
- Diffuses Schallfeld
- Mindestabstände
 - von 0.7 m zwischen Mikrofonpositionen
 - von 0.5 m zwischen Mikrofonpositionen und Raumabgrenzungen
 - von 1.0 m zwischen Mikrofonpositionen und Schallquelle

Erweitertes Normiertes Messverfahren

- Norm EN ISO 140-4, Anhang D definiert:
- Bauakustisch relevanter Frequenzbereich
50-3150 Hz
- Diffuses Schallfeld
- Mindestabstände
 - von 1.4 m zwischen Mikrofonpositionen
 - von 1.2 m zwischen Mikrofonpositionen und Raumabgrenzungen
 - von 2.0 m zwischen Mikrofonpositionen und Schallquelle

Raumvolumen und Raummoden vs. Diffuses Schallfeld

- Raum 4.5 m x 4.8 m x 2.8 m (B x L x H)
Raumvolumen $V = 60.5 \text{ m}^3$
schweizerische Haushalte auch mit $V = 36.3 \text{ m}^3$
- Modale Überlappung



Quelle:
Hopkins.C, 2007: Sound Insulation

Raumvolumen und Raummoden vs. Diffuses Schallfeld

- Modale Überlappung

Frequency	V= 60.5 m ³		c ₀ = 343 m/s		Reverberation time	Modal overlap factor
	Bandwidth	Modal density	Mode count			
f	B	n(f)	N			
50	11.50	0.047	1		0.67	0.15
63	14.60	0.075	1		0.68	0.24
80	18.30	0.121	2		1.07	0.25
100	22.90	0.188	4		1.11	0.37
125	29.00	0.294	9		1.31	0.49
160	37.00	0.482	18		1.24	0.86
200	46.00	0.754	35		1.30	1.28
250	58.00	1.178	68		1.55	1.67

Raumvolumen und Raummoden vs. Diffuses Schallfeld

Raummoden Rechner:

Breite: m (x-Richtung)
 Länge: m (y-Richtung)
 Höhe: m (z-Richtung)

Verteilung der Eigenfrequenzen

Frequenz [Hz]	n_x	n_y	n_z	zeige:
35.7	0	1	0	<input type="radio"/>
38.1	1	0	0	<input type="radio"/>
52.2	1	1	0	<input checked="" type="radio"/>
61.3	0	0	1	<input type="radio"/>
70.9	0	1	1	<input type="radio"/>
71.5	0	2	0	<input type="radio"/>
72.1	1	0	1	<input type="radio"/>
76.2	2	0	0	<input type="radio"/>
80.5	1	1	1	<input type="radio"/>

Quelle: Hunecke

Raumvolumen und Raummoden vs. Diffuses Schallfeld

Raummoden Rechner:

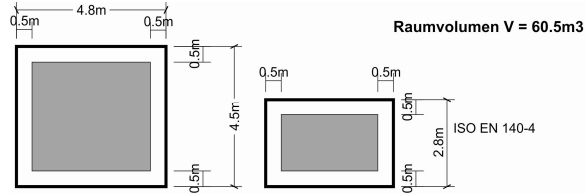
Breite: m (x-Richtung)
 Länge: m (y-Richtung)
 Höhe: m (z-Richtung)

Verteilung der Eigenfrequenzen

Frequenz [Hz]	n_x	n_y	n_z	zeige:
35.7	0	1	0	<input type="radio"/>
38.1	1	0	0	<input type="radio"/>
52.2	1	1	0	<input type="radio"/>
61.3	0	0	1	<input type="radio"/>
70.9	0	1	1	<input type="radio"/>
71.5	0	2	0	<input type="radio"/>
72.1	1	0	1	<input type="radio"/>
76.2	2	0	0	<input type="radio"/>
80.5	1	1	1	<input checked="" type="radio"/>

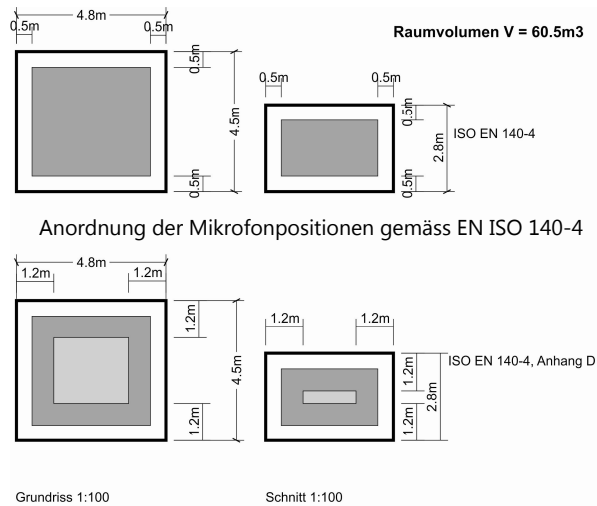
Quelle: Hunecke

Normiertes Messverfahren



Anordnung der Mikrofonpositionen gemäss EN ISO 140-4

Normiertes Messverfahren



Anordnung der Mikrofonpositionen gemäss EN ISO 140-4, Anhang D

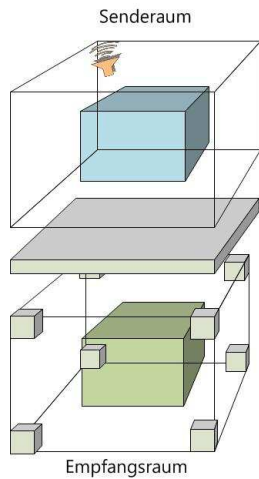
Zwischenfazit

- Genügende modale Überlappung erst ab 200Hz
= Messmethode nach ISO 140-3 ist begrenzt
- Abstände zwischen Mikrofonpositionen –
Schallquelle – Raumbegrenzungsflächen = nur
begrenzt umsetzbar, gemäss Anhang D = nicht
anwendbar

Messungen in Anlehnung an EN ISO 16032

- EN ISO16032 – Messung des Schalldruckpegels
von haustechnischen Anlagen in Gebäuden
- Auswahl der Eckpositionen für das Mikrofon
- Schalldruckpegel L_{LF} aus drei Mikrofonpositionen
 - 1 Raumeckenposition mit max. $L_{Ceq, Corner}$
 - 2 Positionen im Hallfeld $L_{eq, ISO 140}$
- Nachhallzeit nach EN ISO 3382

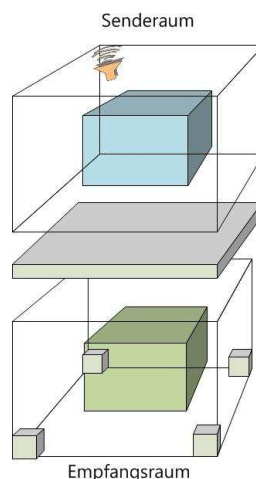
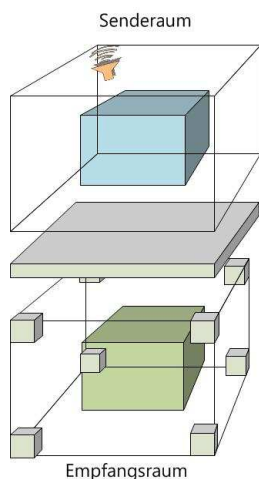
Anordnung der Mikrofonpositionen $25\text{m}^3 < \text{Raumvolumen} < 300\text{m}^3$



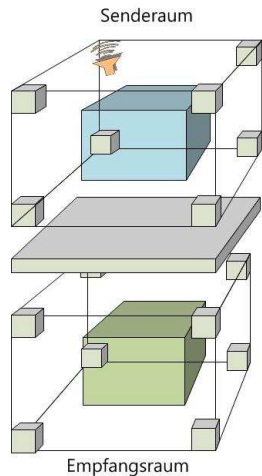
Hallfeldpositionen
0.7 m zwischen
Mikrofonpositionen
0.5 m zwischen
Mikrofonpositionen und
Raumabgrenzungen
1.0 m zwischen
Mikrofonpositionen und
Schallquelle

Raumeckpositionen
0.5 m von den Wänden
0.5 m über dem Fussboden

Anordnung der Mikrofonpositionen Reduziert; $25\text{m}^3 < \text{Raumvolumen} < 300\text{m}^3$



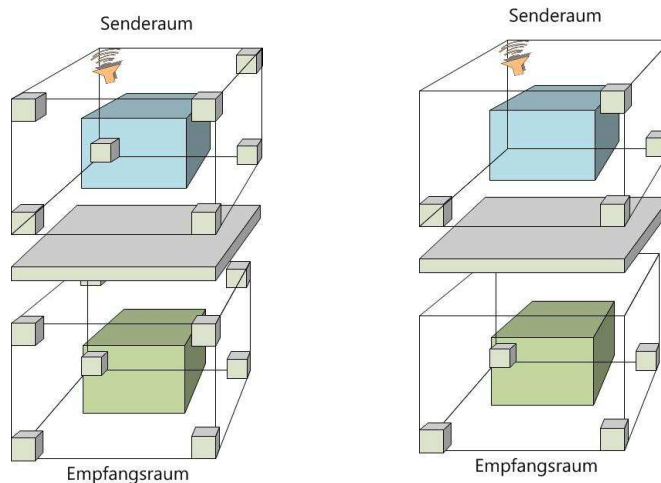
Anordnung der Mikrofonpositionen Raumvolumen $< 25\text{m}^3$



Raumeckpositionen
0.5 m von den Wänden
0.5 m über dem Fussboden

Hallfeldpositionen
0.7 m zwischen
Mikrofonpositionen
0.5 m zwischen
Mikrofonpositionen und
Raumabgrenzungen
1.0 m zwischen
Mikrofonpositionen und
Schallquelle

Anordnung der Mikrofonpositionen Reduziert, Raumvolumen $< 25\text{m}^3$



Ermittlung des empfangsseitigen Schalldruckpegels L_{LF} aus Messungen

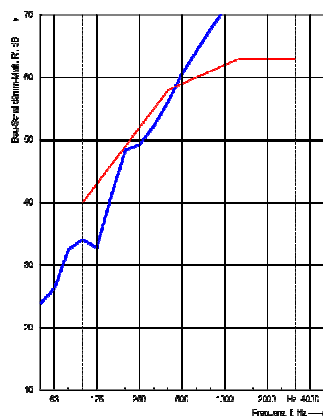
$$L_{LF} = 10 \lg \left(\frac{2 \cdot 10^{0.1 \cdot L_{eq,ISO140}} + 10^{0.1 \cdot L_{Ceq,Corner}}}{3} \right) \text{ [dB]}$$

L_{LF}	Raumseitiger Schalldruckpegel [dB]
$L_{eq,ISO140}$	Mittlerer Schalldruckpegel gemessen gemäss Norm ISO 140 [dB]
$L_{Ceq,Corner}$	Maximaler Schalldruckpegel gemessen in den Raumecken gemäss EN ISO 16032 [dB]

Erste Ergebnisse der Empa

Messungen HBV, Raum 306 zu 206

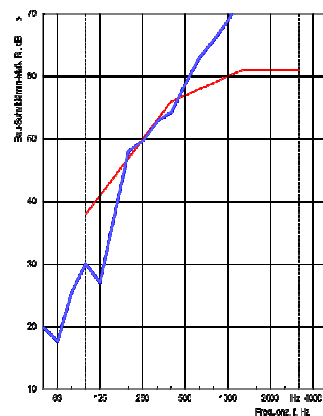
ISO 140-4



$R'_w(C; Ctr) = 59 (-3; -10) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -5 \text{ dB}$

ISO 140-4 mit EN ISO 16032



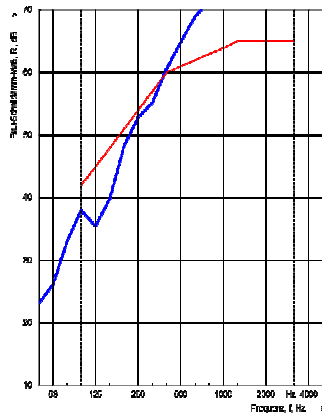
$R'_w(C; Ctr) = 57 (-6; -12) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -9 \text{ dB}$

Erste Ergebnisse der Empa

Messungen HBV, Raum 307 zu 207

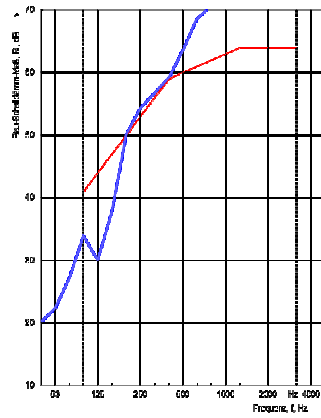
ISO 140-4



$R'_w (C; Ctr) = 61 (-3;-9) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -6 \text{ dB}$

ISO 140-4 mit EN ISO 16032



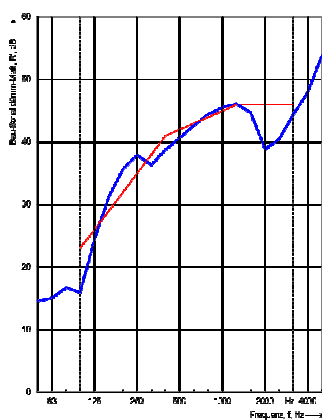
$R'_w (C; Ctr) = 60 (-6;-12) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -9 \text{ dB}$

Erste Ergebnisse der Empa

Messungen Zimmertrennwand

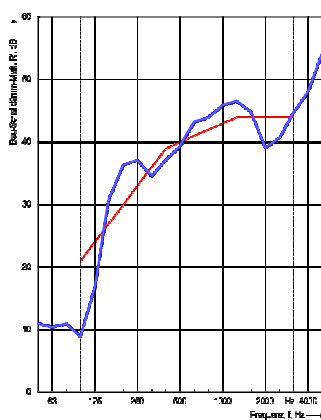
ISO 140-4



$R'_w (C; Ctr) = 42 (-2;-8) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -3 \text{ dB}$

ISO 140-4 mit EN ISO 16032



$R'_w (C; Ctr) = 40 (-5;-12) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -6 \text{ dB}$

Zusammenfassung, Nächste Schritte

- Wiederholbare Messungen ab 50 Hz in kleinen Räumen ohne diffuses Schallfeld
- Realitätsnahe Messmethode
- Eingangsdaten für Prognosemethoden
- Entworfen in einer Zusammenarbeit mit CEN TC 126/WG 18

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.