



„Lärm am Arbeitsplatz“

- Tieffrequenter Schall – ein Beispiel aus der Praxis

Ulrich Noah

Landesamt für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit

Abteilung Arbeitsschutz, Regionalbereich Süd

ulrich.noah@lavg.brandenburg.de

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

ASR A3.7 „Lärm,“

- ... gilt für das Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen, um Gefährdungen und Beeinträchtigungen für Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten durch Lärmeinwirkungen zu vermeiden

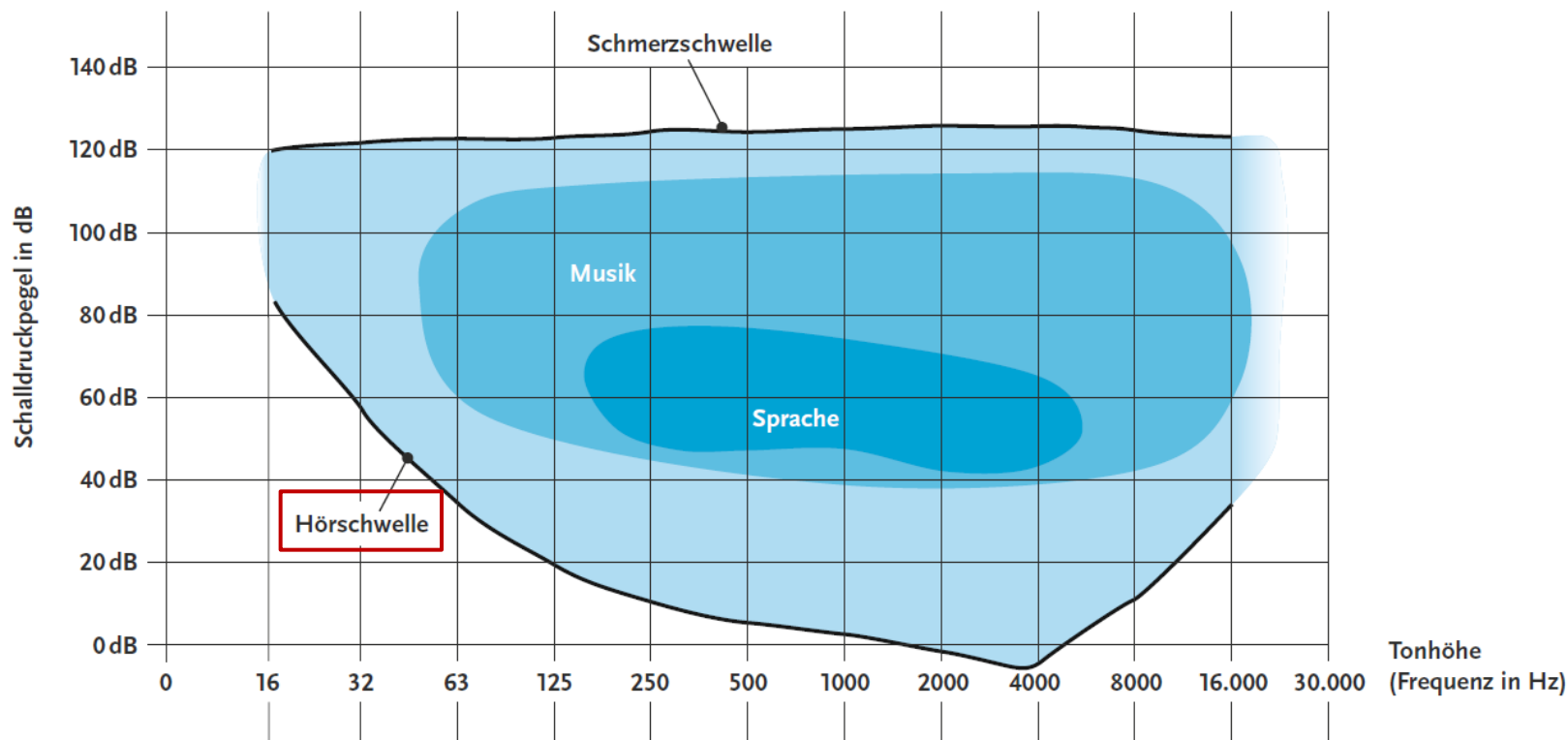
7.6. Bewertung von tieffrequentem Lärm

Besteht eine *begründete Möglichkeit* der Einwirkung tieffrequenter Lärmanteile, sind gesonderte messtechnische Überprüfungen erforderlich.

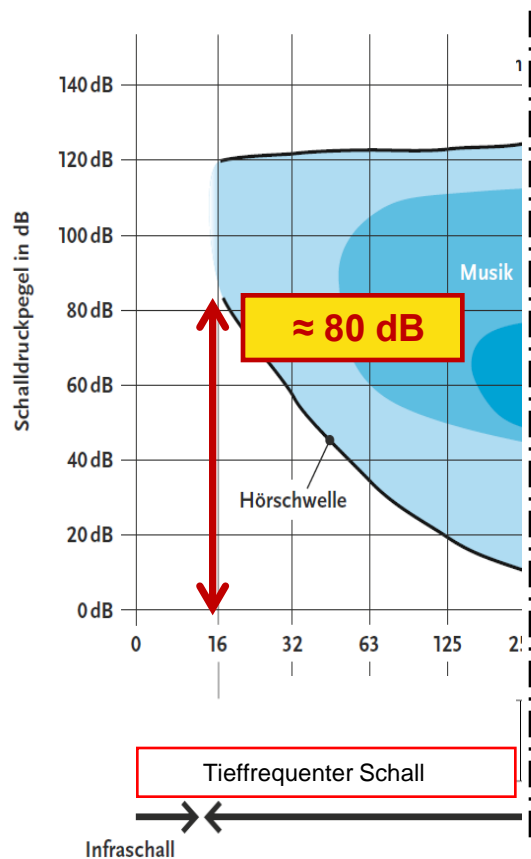
Eine *begründete Möglichkeit* ergibt sich z.B. daraus, dass die Wahrnehmungsschwelle für tieffrequenten Lärm überschritten wird und sich Symptome der Beschäftigten ... beim Verlassen des Arbeitsplatzes verringern.

Wird die Einwirkung tieffrequenter Lärmanteile festgestellt, die die Sicherheit und Gesundheit ... beeinträchtigen, hat der Arbeitgeber Maßnahmen festzulegen, umzusetzen und eine Wirksamkeitskontrolle durchzuführen.

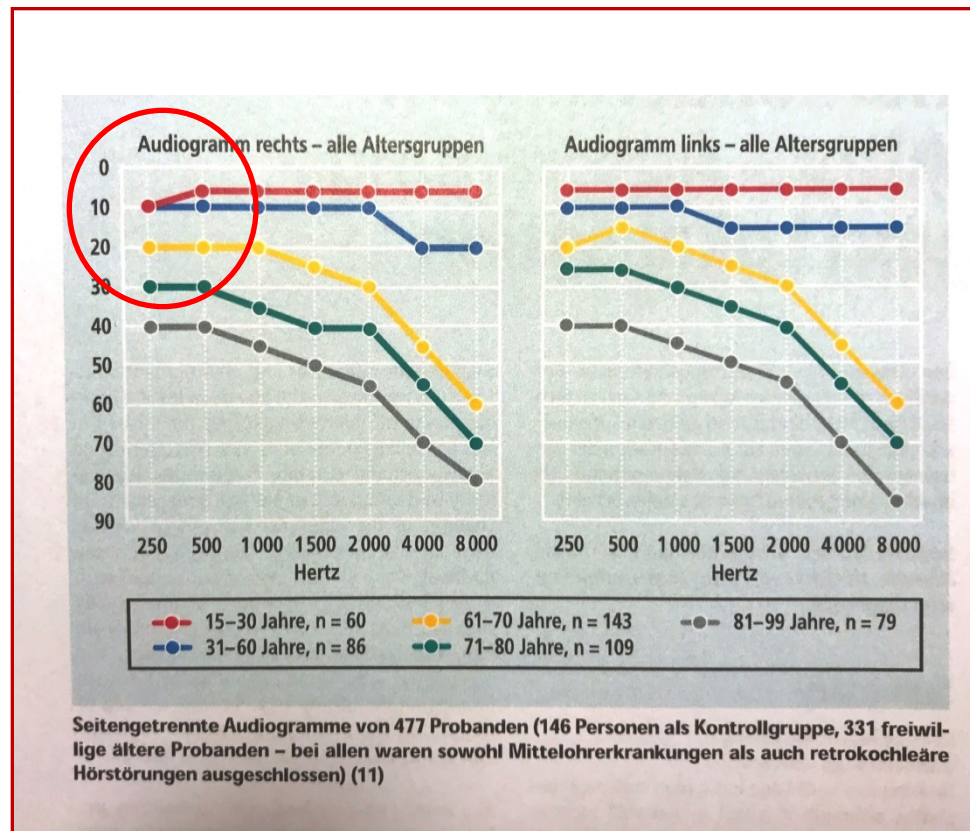
Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Quelle: „Safe an Sound“



Quelle: „Praktische Arbeitsmedizin“ 6/2006

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Tieffrequente Geräuschemissionen: Frequenzbereich: 0,1 Hz - 300 Hz

Infraschall: Frequenzbereich: 0,1 Hz - 20 Hz

Wahrnehmung:

- Aurale Wirkungen: → TTS → PTS

- Extraaurale Wirkungen:
 - Angst
 - Appetitlosigkeit
 - Benommenheit
 - Ermüdung
 - Konzentrationsschwäche
 - Kopfschmerzen
 - Magenbeschwerden
 - Ohrendruck u.a.

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Tieffrequenter Schall wird verursacht durch:

- Strömungsgeräusche
 - Kompressoren
 - Klimaanlage
 - Blockheizkraftwerke
 - Windenergieanlagen
 - Verkehrsmittel (Flugzeuge)
 - Autobahnen, Schienenstrecken
- } Industrieanlagen

→ Beispiel: fahrender PKW mit geöffnetem Fenster

Übertragungswege:

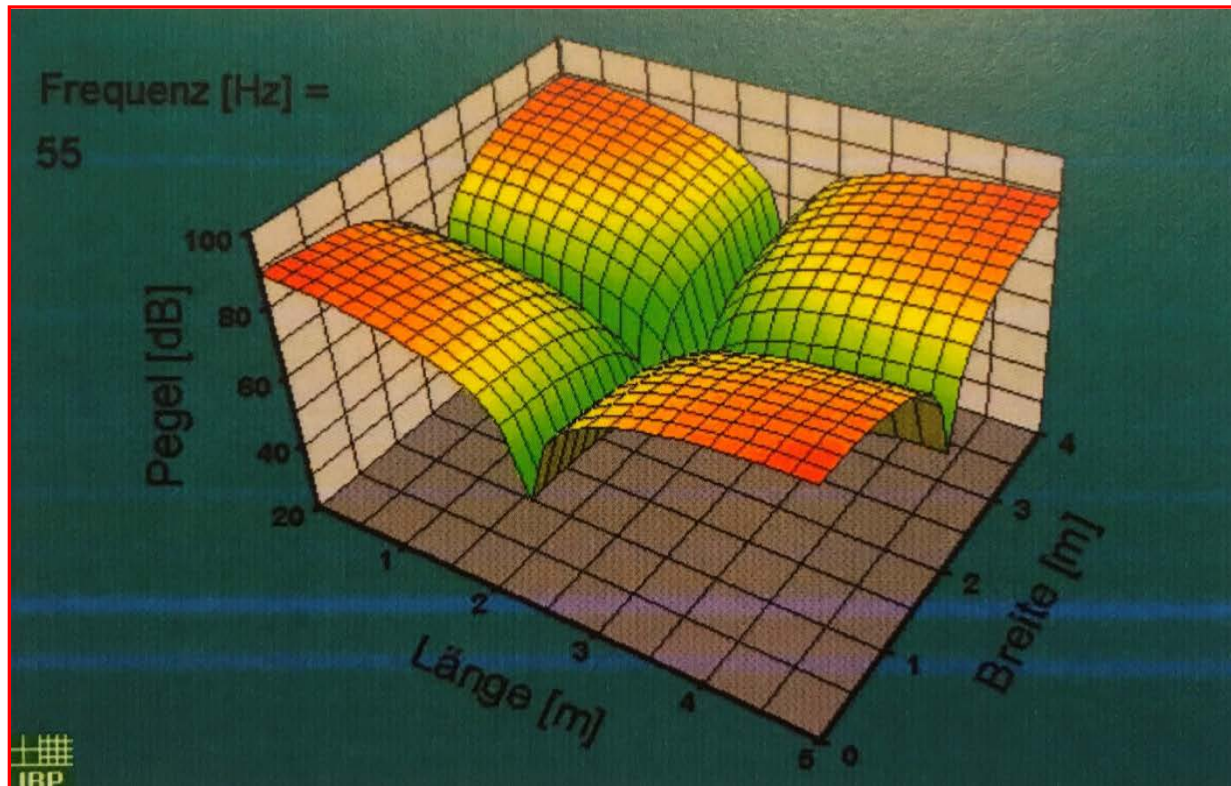
- Luft
- Boden
- Körperschall

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Messung und Bewertung

„Raummoden“ bei 55 Hz

$$L = 20 \times \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]}, \quad \text{mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$



Raummaße:

Länge: 5,00 m
Breite: 4,00 m
Höhe: 3,00 m

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Messung und Bewertung

- DIN 45680 (1997) „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“

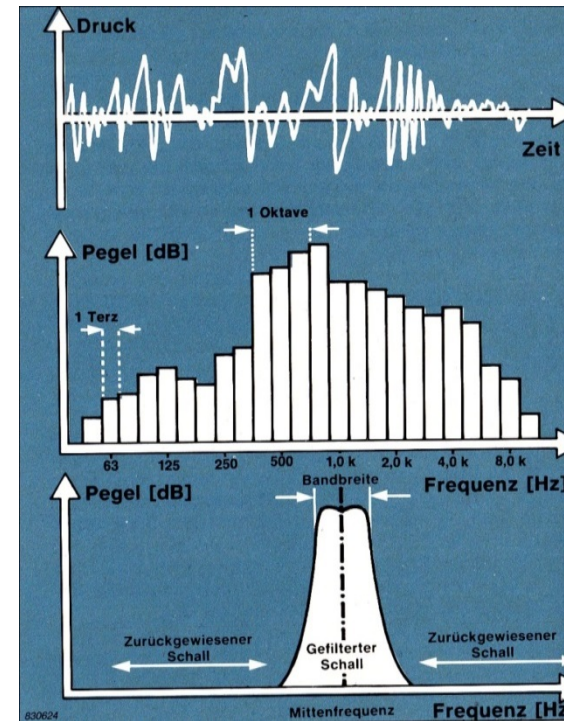
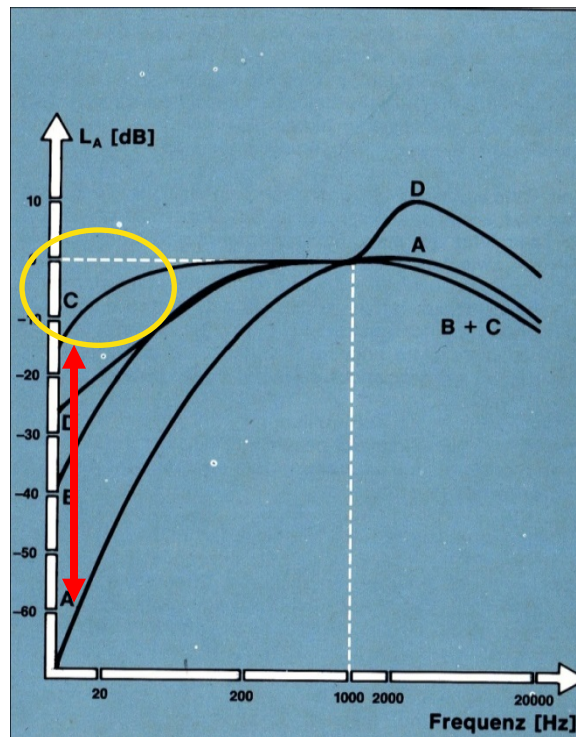
Die Terzbänder in den Mittenfrequenzen 10 Hz bis 80 Hz werden einzeln überprüft ($L_{Ceq} - L_{Aeq}$ bzw. $L_{AFmax} - L_{CFmax}$)

- Tieffrequenter Schall liegt vor, wenn die Differenz zwischen A und C bewertetem Schalldruckpegel **> 20 dB** beträgt;
- Beträgt die Abweichung zwischen 2 Terzbändern **> 5 dB**, spricht man von einem Einzelton;

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Messung und Bewertung

- Mit „normaler“ Schalldruckpegelmessetechnik können das Vorhandensein einer Belastung durch tieffrequenten Schall sowie die Orte maximaler und minimaler Schalldruckpegel in einem Raum bestimmt werden.



Wirkung von Infraschall und Vibrationen auf den Menschen

Kopf und Hals

Kopfschmerzen 13 - 20 Hz

Gefühl von "Kloß im Hals" 12 - 16 Hz

Unterkiefer in Resonanz 6 - 8 Hz

durch Resonanzen im Kehlkopf und Luftröhre beeinflusstes Sprechen 13 - 20 Hz

Brustkorb

Atmung wird beeinflusst 4 - 8 Hz,

Atemnot 1 - 3 Hz

Schmerzen in der Brust 5 - 7 Hz

Magenregion

Muskelkontraktionen in der Bauchdecke 4,5 - 9 Hz

Magenschmerzen 4,5 - 10 Hz

Beckenregion

Harndrang 10 - 18 Hz, Stuhlndrang 10,5 - 16 Hz

Skelett und Muskeln

Muskelkontraktionen in Armen und Beinen 4,5 - 9 Hz

Vermehrte Muskelverspannung in Beinen, Rücken und Nacken 8 - 12 Hz

Allgemeines Unbehagen 4,5 - 9 Hz

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Tieffrequenter Schall - Besonderheiten

- Gebäudeteile können durch tieffrequenten Schall zu Schwingungen angeregt werden;

Schallquellen:

- im Gebäude (Lüftungseinrichtungen, elektr. Geräte, Maschinen mit großen bewegten Massen)
 - außerhalb des Gebäudes (Straßenverkehr, WEA 's, BHKW 's, Wärmepumpen, etc.)
 - in Arbeitsräumen können sich, bei einem entsprechenden Verhältnis der Raumabmessungen zur Schall – Frequenz, „stehende Wellen“ ausbilden (sog. „Harmonische“ - z.B.: $2f$);
- Wellenmaxima und Wellenminima an festen Punkten im Raum;

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Bekämpfung von tieffrequentem Schall ist äußerst aufwendig → **Entstehung verhindern !**

- auf Grund der großen Wellenlänge ist eine Schalldämpfung durch Absorption kaum möglich; (erforderliche Schichtdicke mindestens $\lambda / 4$, bei 20 Hz mindestens 4 m)
- Schalldämmung erfordert eine große Masse;
- durch tiefe Frequenzen haben Raumbegrenzungen (Kapselungen) in der Regel nur geringe Wirkung;
- Lärmschutzwände nutzen auf Grund der wellenlängenbedingten Beugungsfähigkeit der Infraschallwellen nur sehr wenig;
- Übertragung auf ein Gebäude und innerhalb eines Gebäudes durch Entkopplung verhindern !

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Praxisbeispiel:

2006 - Beschwerde über

Belastung durch tieffrequenten Schall an einem Büroarbeitsplatz,

als Schallquelle wird vermutet: „Abluftanlage auf dem Gebäudedach“

- Tätigkeit mit hohen Anforderungen an die Konzentration, schöpferisches Denken , Verstehen komplexer Texte u.ä.

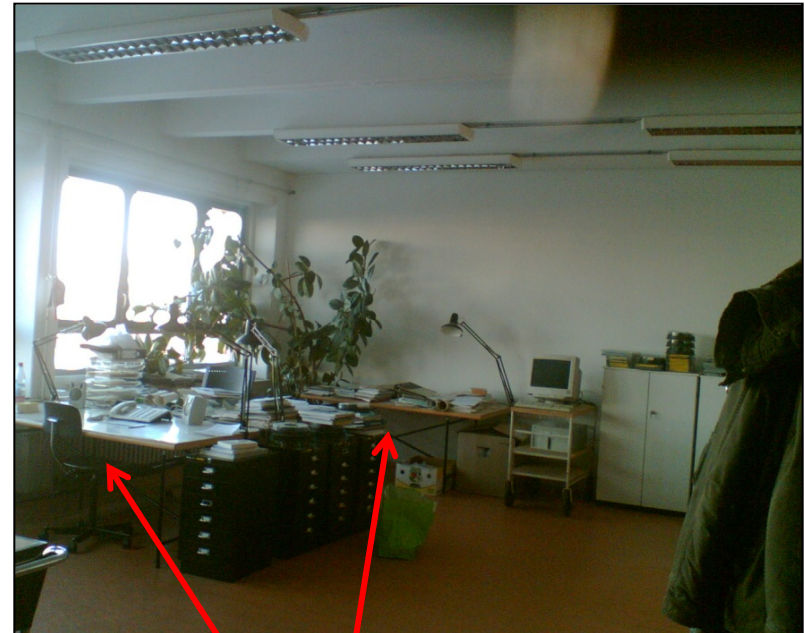
→ Tätigkeit der Kategorie I gemäß 3.16 ASR A 3.7

→ Der Beurteilungspegel darf während der Tätigkeitsausübung
55 dB (A) nicht überschreiten



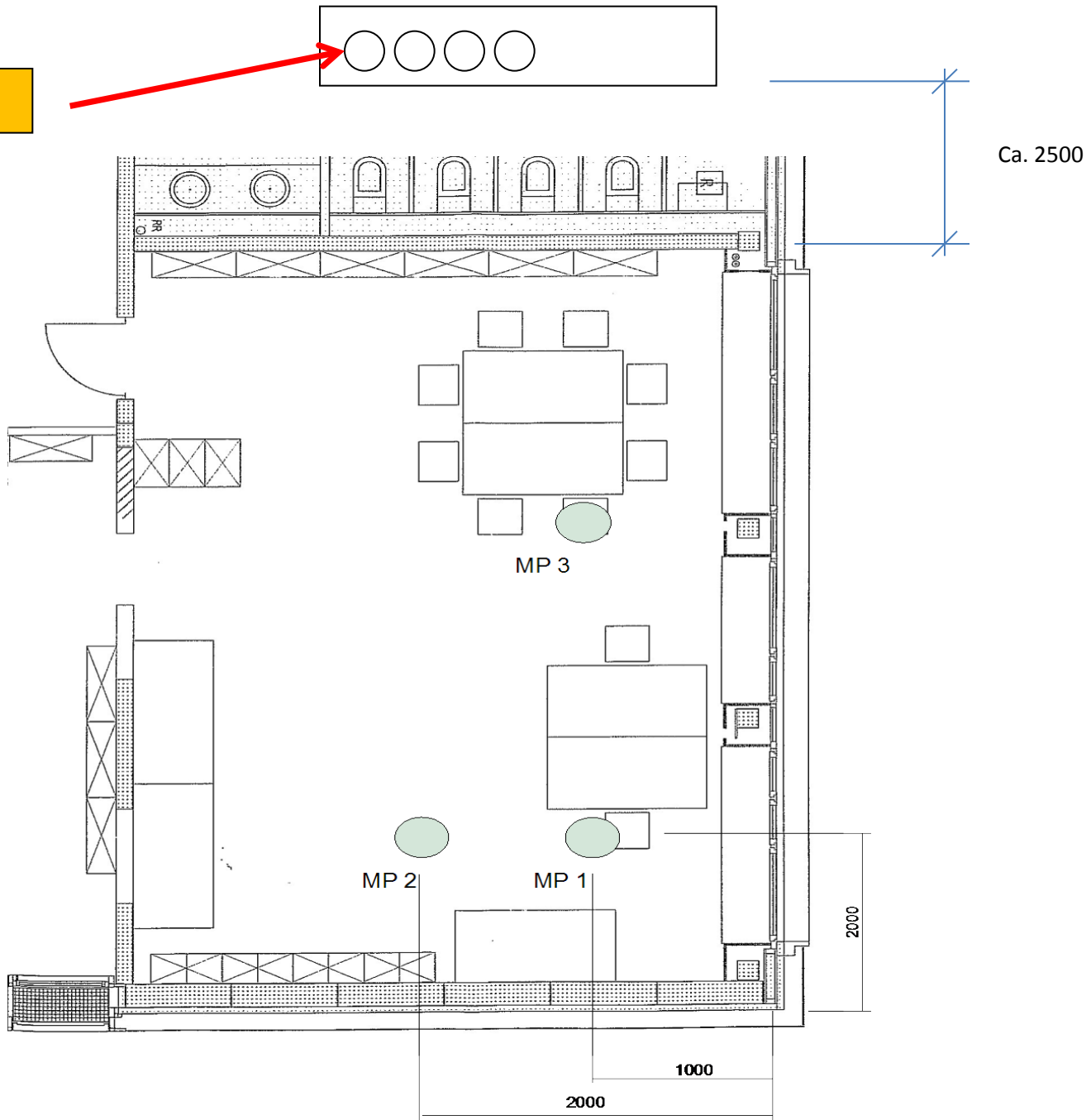
Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Bürraum

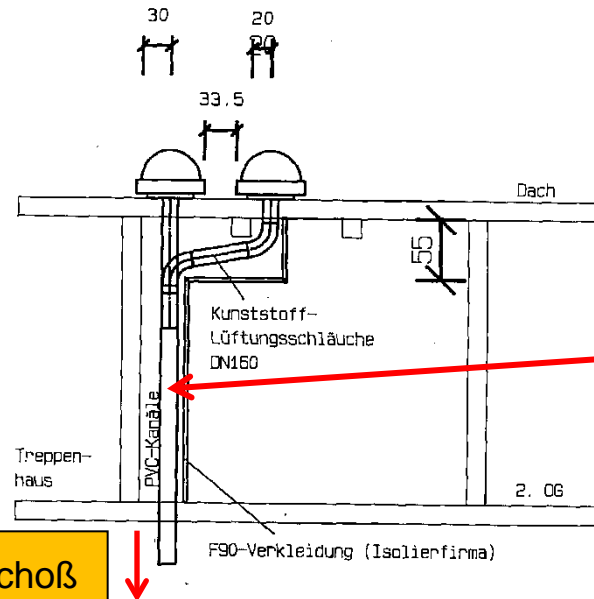


Zeitweilig genutzte Arbeitsplätze

Abluftrohre

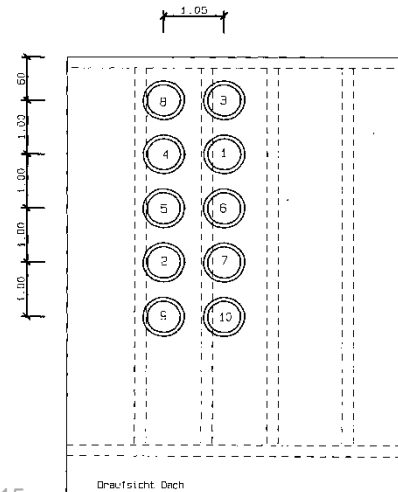


Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Abluftrohre

Kellergeschoß



Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Vibrationsdämpfende Befestigung ?



Sichtbare Vibrationen an den Kanalverkleidungen

1. Messung am 10.01.2006

- Überschreitung der Pegeldifferenz L_{Ceq} und L_{Aeq} am Arbeitsplatz „Schreibtisch“
- Überschreitung des Hörschwellenpegels bei 63 Hz (MP1, MP2)
- Oktavbandfiltermessung ergab Hinweise auf das Vorhandensein einer tonalen Komponente

- Oktavmittenfrequenzen

Oktavmittenfrequenz [Hz]	MP 1		MP 2	
	L_{Okteq}	ΔL	L_{Okteq}	ΔL
31,5	60		51	
		6		4
63	54	11	55	13
125	43		42	
		3		3
250	40		45	

Ergebnisbewertung:

Im Raum „wurden Geräuschmissionen festgestellt, deren Umfang und Intensität keine unmittelbar gehörschädigende Wirkung zur Folge haben. Jedoch sind die Voraussetzungen für eine deutlich belastende Wirkung durch die Höhe des ermittelten frequenzbewerteten Schalldruckpegels unter Berücksichtigung von Betriebsdauer und Betriebshäufigkeit der als Lärmquelle anzusehenden Abluftanlage gegeben.“

„Unter Berücksichtigung der Raumnutzung ... ist eine Reduzierung der Lärmmission durch geeignete technische Maßnahmen objektiv erforderlich.“

Es wurde geraten, die Lüfter - Einheit einschließlich Rohrführung nach außerhalb des Gebäudes zu verlegen (vom Baukörper zu entkoppeln).

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Erneute Messung nach Instandsetzung der Lüftungstechnischen Anlage im Dezember 2006

Messergebnisse (Bewertungskriterien und Bewertung (vergl. Tabelle 1 DIN 45680))

Nach erfolgter Instandsetzung der Ablufführung im angrenzenden WC Raum ist entgegen den Erwartungen und der Zielsetzung der Reparaturmaßnahmen subjektiv eine Zunahme der Lärmbelastigung wahrnehmbar.

Analog der am 10.01.2006 erstmalig durchgeführten Messungen wurde die aktuelle Situation an den identischen Messpunkten im Raum A überprüft und bewertet. Als Mess- und Bewertungsgrundlage wurde die DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“ verwandt.

Um zu ermitteln ob das als störend empfundene Geräusch einen tieffrequenten Charakter im Sinne der DIN 45680 besitzt, wurden als Differenzen der an 3 Messpunkten ermittelten Werten für L_{Ceq} und L_{Aeq} ermittelt:

		10.01.2006	18.12.2006
Arbeitsplatz am Schreibtisch	MP 1	$\Delta L = 21 \text{ dB}$	$\Delta L = 27 \text{ dB}$
Raummitte (Schreibtischebene)	MP 2	$\Delta L = 18 \text{ dB}$	$\Delta L = 27 \text{ dB}$
Besprechungstisch	MP 3	$\Delta L = 17 \text{ dB}$	$\Delta L = 20 \text{ dB}$

(Messpunktanordnung siehe Anlage 1)

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Erneute Messung nach Instandsetzung der Lüftungstechnischen Anlage im Dezember 2006

Oktavmitten- frequenz [Hz]	Hör- schwelle [dB] *	10.01.2006				18.12.2006					
		MP 1		MP 2		MP 1		MP 2		MP 3	
		L _{Okt} eq	ΔL	L _{Okt} eq	ΔL	L _{Okt} eq	ΔL	L _{Okt} eq	ΔL	L _{Okt} eq	ΔL
31,5	55,5	60		51		65		66		62	
			6		4		3		7		7
63	33,5	54		55		68		73		55	
			11		13		22		25		12
125	20,0	43		42		46		48		43	
			3		3		4		6		1
250	10,0	40		45		42		42		42	

Der Vergleich der Messwerte zeigt eine starke Zunahme der Pegeldifferenzen zwischen den Oktavbandmittenfrequenzen von 63 und 125 Hz an den Messpunkten 1 und 2.

➔ Der Arbeitsraum sowie 2 angrenzende Arbeitsräume konnten nicht länger für stationäre Arbeitsplätze genutzt werden.

Neugestaltung / Umbau der Lüftungstechnischen Anlage 2017



Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

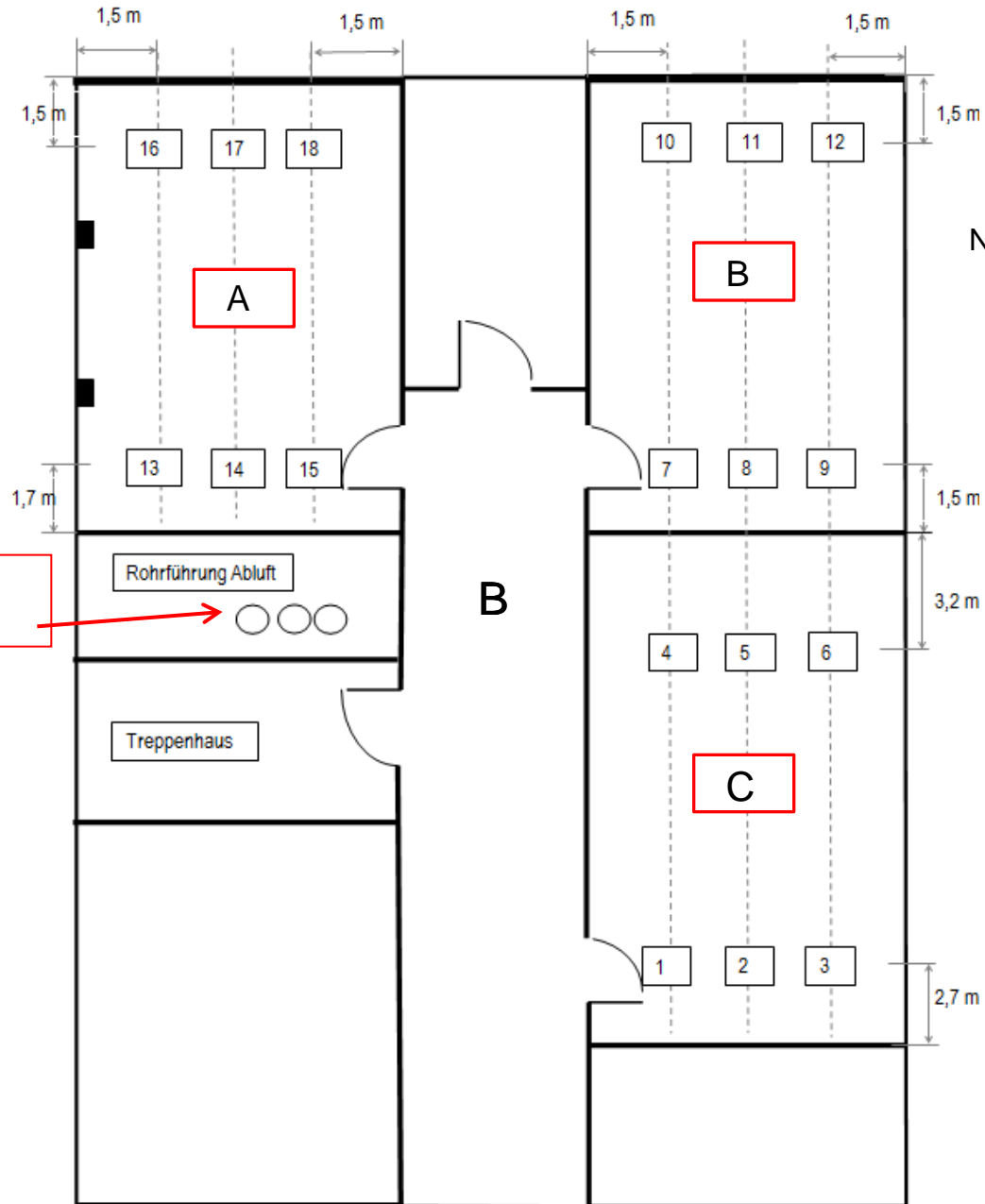
Neugestaltung / Umbau der Lüftungstechnischen Anlage 2017



Neugestaltung / erheblicher Umbau der Lüftungstechnischen Anlage 2017

3. Messung am 28.02.2018

- Einsatz eines für Terzanalysen geeigneten Messgerätes !
- Erweiterter Messumfang, zusätzliche Räume
- Vorerhebung Differenz $L_{Ceq} - L_{Aeq}$ bzw. $L_{CFmax} - L_{AFmax} > 20$ dB
- Messergebnisse



Neu hinzugekommen:
- Räume B und C

Veränderte
Rohrführung Abluft

Messergebnisse

Tabelle 1 - Vorerhebung Geräuschcharakter (DIN 45680)

Raum	MP	Schalldruckpegelwerte [dB]					
		L _{AFmax}	L _{CFmax}	ΔL	L _{Aeq}	L _{Ceq}	ΔL
C	1	57,1	64,9	7,8	45,0	52,9	7,9
	2	71,5	77,7	6,2	42,2	53,8	11,6
	3	57,6	66,7	9,1	38,4	50,1	11,7
	4	53,7	61,3	7,6	36,8	51,0	14,2
	5	70,6	81,5	10,9	46,4	56,2	9,8
	6	50,4	61,6	11,2	34,7	50,9	16,2
B	7	56,6	65,4	8,8	40,2	53,1	12,9
	8	55,8	63,2	8,8	39,1	50,3	11,2
	9	60,1	72,1	12,0	39,3	52,7	13,4
	10	58,1	68,6	10,5	36,8	53,5	16,7
	11	54,8	64,6	9,8	38,4	51,3	12,9
	12	73,6	76,6	3,0	48,2	53,8	5,6
A	13	54,0	59,3	5,3	40,1	52,5	12,4
	14	61,0	59,7	1,3	40,3	50,3	10,0
	15	58,6	59,4	0,8	42,5	52,5	10,0
	16	49,9	66,5	16,6	36,1	52,4	16,3
	17	51,5	64,8	13,3	35,9	53,0	17,1
	18	59,2	75,2	16,0	41,8	55,7	13,9
Im Kanal		51,0	77,4	26,4	47,2	73,0	25,8

DIN 45680 Pkt. 5.1

$$L_{Ceq} - L_{Aeq} \text{ bzw. } L_{AFmax} - L_{CFmax} > 20 \text{ dB}$$



Vorauswahlkriterium ist in den Arbeitsräumen eingehalten !

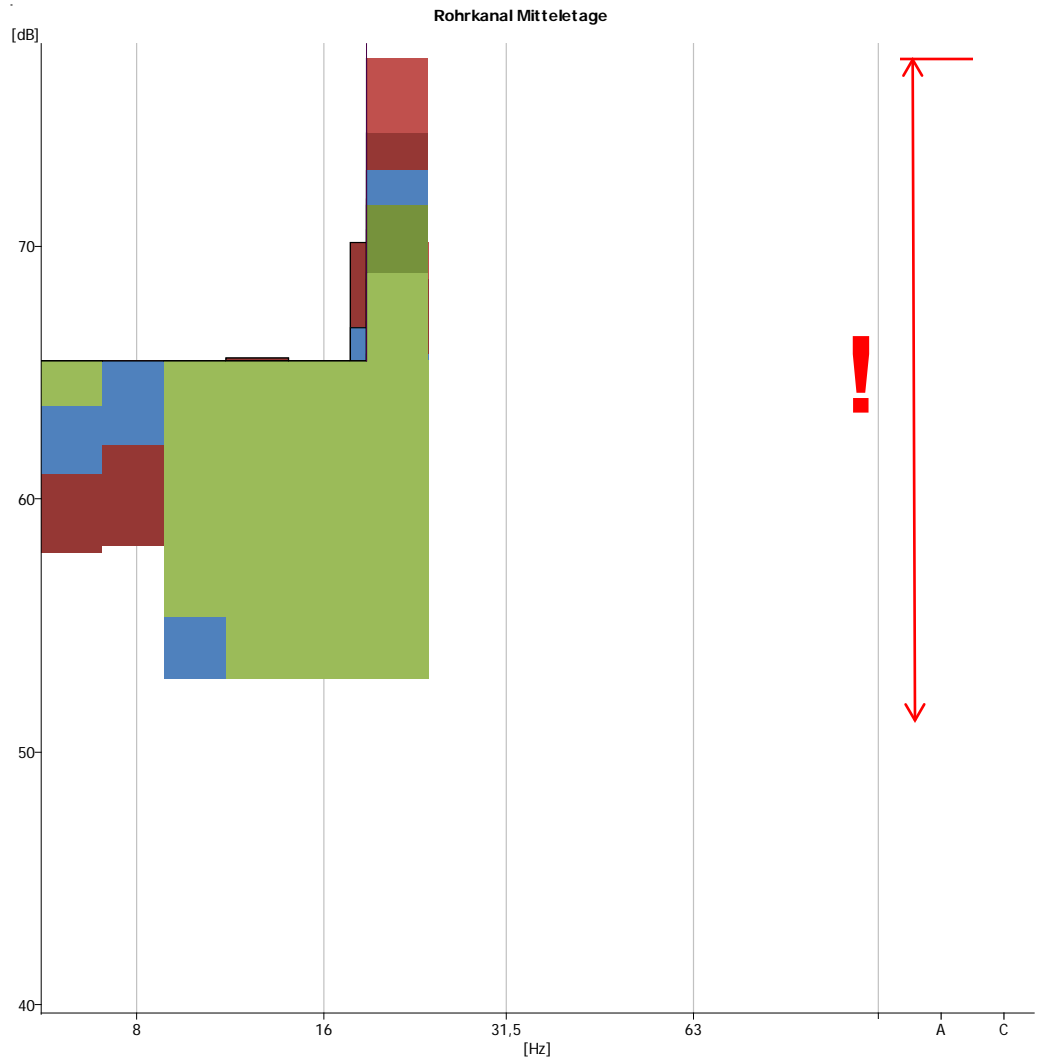


Messung im Kanal zeigt das Vorhandensein tieffrequenter Lärmeinwirkung im Gebäude

Schwarz (fett) – Überschreitung Differenz 15 dB
DIN 45680 Entwurf (September 2013)

Rot (fett) – Überschreitung Differenz 20 dB
DIN 45680 (März 1997)

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

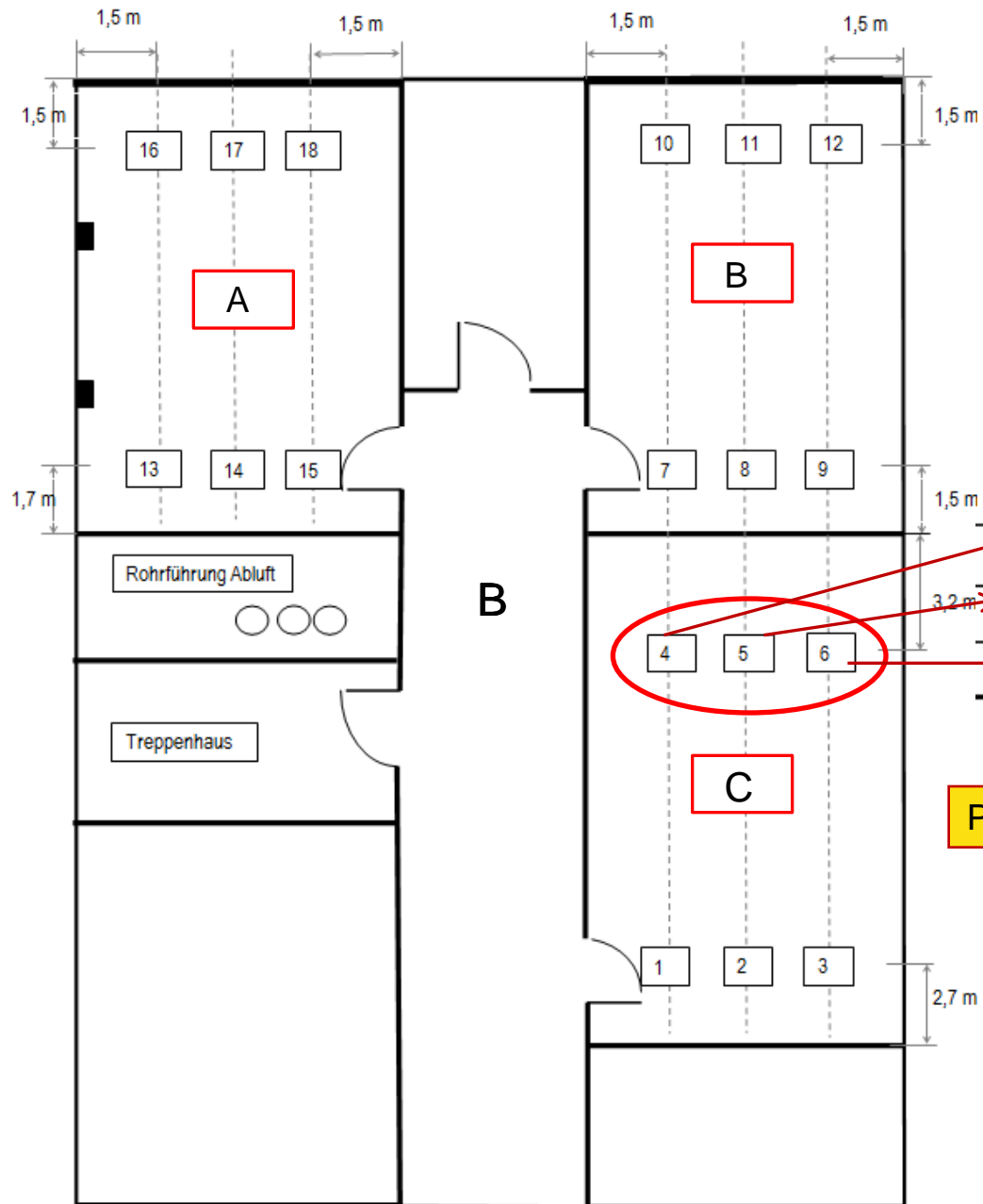


Cursorwerte
LCFmax: 77,4 dB
LCSmax: 74,5 dB
LCeq: 73,0 dB
LCSmin: 71,6 dB
LCFmin: 68,9 dB

Tabelle 2 – Schalldruckpegelwerte L_{CFmax} [dB]

MP	Raum	Terzmittenfrequenzen [Hz]												
		8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	
	Hörschwelle L_{HS} [dB]	103	95	87	79	71	63	55,5	48	40,5	33,5	28	23,5	
1	C	L_{CFmax}	35,4	39,4	45,4	43,4	47,1	50,1	46,4	37,7	44,6	45,7	47,0	59,2
2			29,2	47,8	53,0	47,0	45,1	47,0	40,1	43,0	49,5	43,6	54,9	63,4
3			30,3	38,6	49,8	45,2	37,9	52,5	47,5	44,4	44,0	52,4	45,1	57,6
4			30,1	50,0	54,2	52,7	40,3	55,6	41,5	50,8	49,4	42,3	40,5	42,1
5			35,4	45,4	60,3	51,6	50,2	54,2	56,6	63,7	59,0	65,3	67,1	68,1
6			35,1	50,1	55,5	51,1	47,4	52,1	42,9	42,8	49,9	46,3	45,3	46,2
7	B		27,8	41,8	40,5	47,1	50,9	53,7	51,4	46,5	41,8	38,0	36,7	51,4
8			47,4	48,9	41,6	51,1	51,2	45,3	43,5	40,8	51,8	36,4	37,0	38,3
9			56,0	58,3	46,0	55,5	59,1	57,9	58,7	51,2	46,2	40,5	39,1	48,0
10			54,3	55,2	53,5	54,1	60,2	58,2	53,9	45,7	43,5	37,0	39,0	43,9
11			40,8	57,7	51,5	52,1	54,1	44,0	38,0	42,9	51,1	48,6	39,2	44,1
12			55,7	57,0	48,6	54,4	59,6	55,5	54,0	47,3	42,9	43,4	49,6	55,8
13	A		42,4	47,8	44,8	48,6	47,6	53,7	48,4	42,0	43,2	40,9	44,2	45,3
14			31,7	39,0	44,6	47,3	51,0	44,2	39,7	38,9	48,8	42,8	39,2	39,9
15			34,5	42,2	44,1	49,1	54,0	52,7	46,1	42,8	42,6	40,8	45,7	45,4
16			53,1	55,3	49,1	51,9	50,4	55,9	49,7	45,3	48,9	41,3	41,2	44,0
17			49,5	54,2	47,2	50,5	51,9	49,7	46,7	39,7	53,9	40,3	40,0	42,5
18			48,4	51,4	47,0	54,0	61,1	67,2	65,2	52,9	55,0	52,8	52,0	50,2
Im Kanal		47,1	56,9	65,6	65,4	70,1	71,9	64,2	70,1	66,0	57,3	53,7	58,3	

- Schwarz (fett)** - Überschreitung der Hörschwelle L_{HS} (DIN 45680, Tab.1)
- Rot (fett)** - Einzeltöne, Differenz zu den benachbarten Terzmittenfrequenzwerten > 5 dB
- Bereich mit besonders hohen Differenzen zwischen Messpunkten innerhalb eines Terzfrequenzbandes

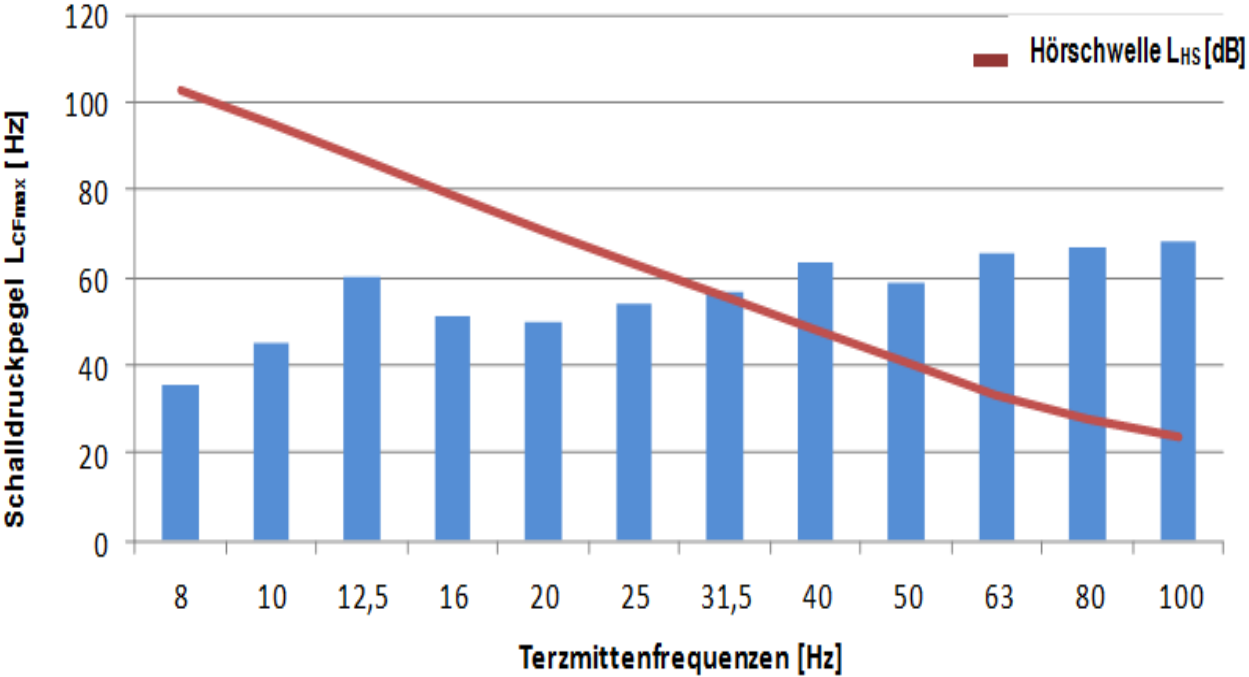


Terzmittenfrequenz [Hz]		
63	80	100
42,3	40,5	42,1
65,3	67,1	68,1
46,3	45,3	46,2

Pegeldifferenzen > 20 dB

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Raum C, MP 5



...



Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall

Zusammenfassung: Tieffrequenter Schall

- kann nicht oder nur begrenzt vom Menschen wahrgenommen werden
- wird oft durch Hörschall überdeckt
- hinterlässt persönlichkeitsabhängig unterschiedliche Wirkungen
- bildet stehende Wellen (erhebl. ortsbezogene Pegelschwankungen)
- ist in Büroräumen und Räumen mit hohen Anforderungen an Konzentration und Aufmerksamkeit ein nicht zu unterschätzender Belastungsfaktor
- blieb bisher an Arbeitsplätzen als Ursache für „rätselhafte“ Beschwerden meistens unentdeckt
- ist sehr energiereich und schwer zu bekämpfen

Lärm am Arbeitsplatz - Tieffrequenter Schall



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

