

Lärm und Schule

04. November 2017

Univ.-Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Stephan Letzel

Gliederung

- Einleitung
- Physikalische Grundlagen
- Gefährdungsbeurteilung
- Pathophysiologie:
 - Lärmschwerhörigkeit
 - Raumakustik
- Prävention

„Wir haben keine Zonen, wo wir
entweder Schüler heraus nehmen
können oder als Kollegen in Ruhe
etwas miteinander besprechen
können. Wir haben keine
Rückzugsräume für uns selber.“



„Es ist die Lautstärke den
ganzen Tag, die das
Problem darstellt.
Lautstärke in der Pause, im
Treppenhaus, das schrille
Schreien, das Brüllen.“



Einschätzung zur akustischen Situation in Schulen



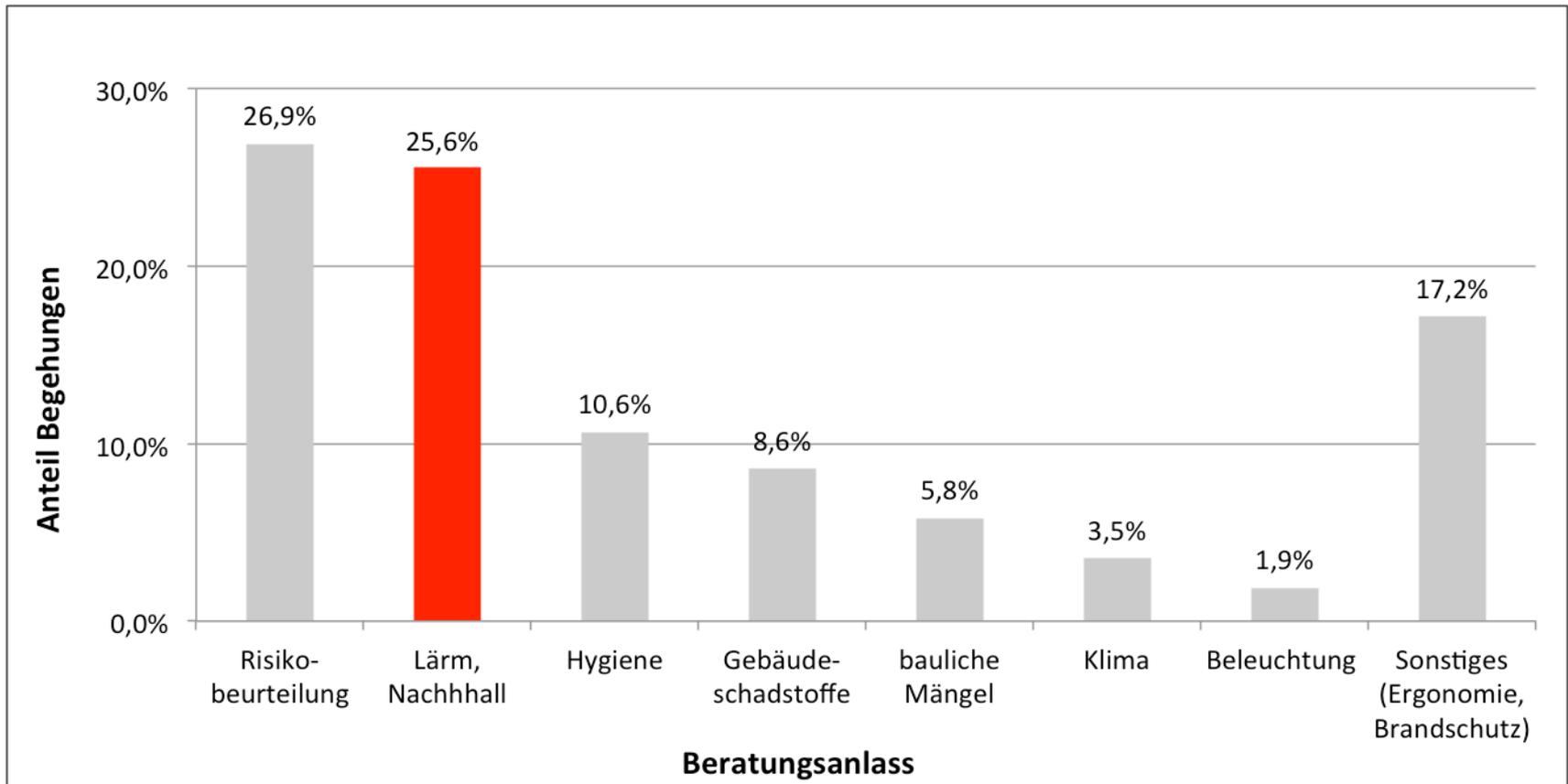
Viele Klassenräume sind wegen schlechter Akustik zu laut. Foto: A. Weigel/Archiv

BERLIN. Mehr als die Hälfte der Klassenräume in Deutschland sind wegen schlechter Akustik zu laut, schätzen Experten. Mit Blick auf den diesjährigen Tag gegen Lärm am Mittwoch luden Experten in Berlin deshalb zu einem Info-Workshop in ein Grundschul-Klassenzimmer nach Charlottenburg. Thema: Wie können Schulräume weniger hallig und damit leiser gestaltet werden? «Schlechte Akustik in den Schulen und Klassenräumen kann zu enormem Stress führen», sagte Prof. Brigitte Schulte-Fortkamp, Aktionsleiterin des bundesweiten Tages gegen Lärm. An anderen Schulen kommen Lärmkoffer zum Einsatz, um dem Nachwuchs mit Schallpegelmesser und Silikonohr die Wirkungen aufs Gehör nachvollziehbar zu machen. (dpa/bb)

Quelle: Mitteldeutsche Zeitung, Onlineartikel: Tag gegen Lärm, 28.04.2015

Anfragen an das IfL

(Schuljahre 2011/12 – 2015/16; N=536; Bereich Arbeitssicherheit)

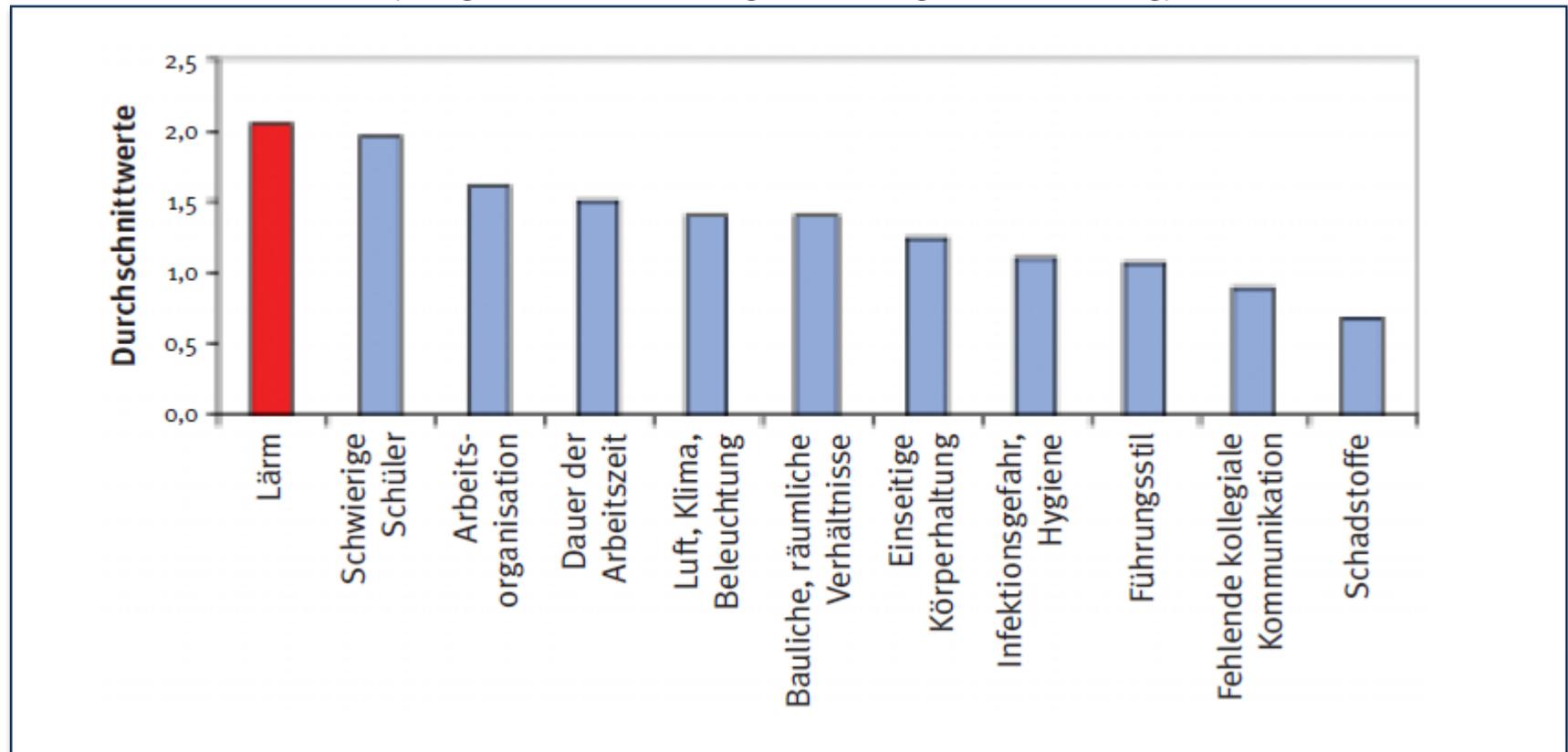


Quelle: Gesundheitsberichte des Instituts für Lehrergesundheit, Schuljahre 2011/12 ff. Verteilung der Schulbegehungsanfragen an das IfL; Schuljahre 2011/12 – 2015/16 (Begehungen im Rahmen von Studien nicht inbegriffen)

Physikalische Belastungen an Schulen

Befragung zum Thema „Schule und Gesundheit“ Beurteilung der persönlichen Belastungsfaktoren am Arbeitsplatz „Schule“ durch 204 Lehrkräfte

▪ (0 = gar keine Belastung; 3 = sehr große Belastung)



Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Normen (u.a.)

- **Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG**
(§ 5) Beurteilung physikalischer, chemischer und biologischer Einwirkungen
- **Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV**
(Abs. 3.7) Vorgabe zur Reduktion des Schalldruckpegels am Arbeitsplatz
- **Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge - ArbMedVV**
(Anhang Teil 3) Tätigkeiten mit physikalischen Einwirkungen;
 $L_{EX,8h} \geq 80, 85 \text{ dB(A)}$; $L_{pC,peak} \geq 135, 137 \text{ dB(C)}$
- **Lärm- & Vibrations-Arbeitsschutzverordnung - LärmVibrationsArbSchV**
(Abs. 2; 3) Ermittlung und Bewertung der Gefährdung; Messungen
- **Technischen Regeln zur LärmVibrationsArbSchV - TRLV Lärm**
Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch Lärm
Teil 2: Messung von Lärm

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Normen (u.a.)

- landesspezifische Schulbaurichtlinien - SchulbauR
Vorgabe zur Beachtung geltender Normen, speziell DIN 18041:2016-03

Bundesland	Verweis auf 18041	Bundesland	Verweis auf 18041
Sachsen Anhalt	⊖	Mecklenburg	⊖
Sachsen	⊖	Baden-Württemberg	✓
Brandenburg	⊖	Bayern	⊖
Niedersachsen	⊖	Thüringen	⊖
Bremen	⊖	Hessen	⊖
Hamburg	⊖	Rheinland-Pfalz	✓
Berlin	⊖	Saarland	⊖
Schleswig-Holstein	⊖	Nordrhein-Westfalen	⊖

Online-Recherche: Schulbauordnungen der Bundesländer
[zuletzt geprüft am 26.09.2015]

1.5	Schulgebäude
1.5.1	Allgemeines
<p>Bei Schulneubauten sowie bei großen Um- oder Erweiterungsbauten sollen die allgemein anerkannten Regeln der Technik zur barrierefreien Gestaltung so weit wie möglich berücksichtigt werden. Bereits bestehende Schulbauten sollen schrittweise entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik so weit wie möglich barrierefrei gestaltet werden.</p>	
<p>Bei der Planung von Schulgebäuden ist besonders auf die Raumakustik zu achten. Es wird auf die DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“ hingewiesen.</p>	

Quelle: „Schulbaurichtlinie RLP“ Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur; 22.01.2010

Legende: ⊖ k.A. in SchulbauR ⊖ kein Suchergebnis zur SchulbauR ✓ SchulbauR verweist auf 18041

Methoden

(Erfassung und Beurteilung der Lärmbelastung; Schulraumakustik)

- Subjektiv: Erhebung der empfundenen Lärmbelastung



Online-Mitarbeiterbefragung
(*quantitativ: IfL-Online-Selbst-Check, Zielgruppe ges. Kollegium*)



Schulbegehung, Workshop und Mitarbeiterinterview
(*qualitativ: Face-to-Face, problemzentrierte Interviews*)

- Objektiv: Messung Schallpegel und Nachhall



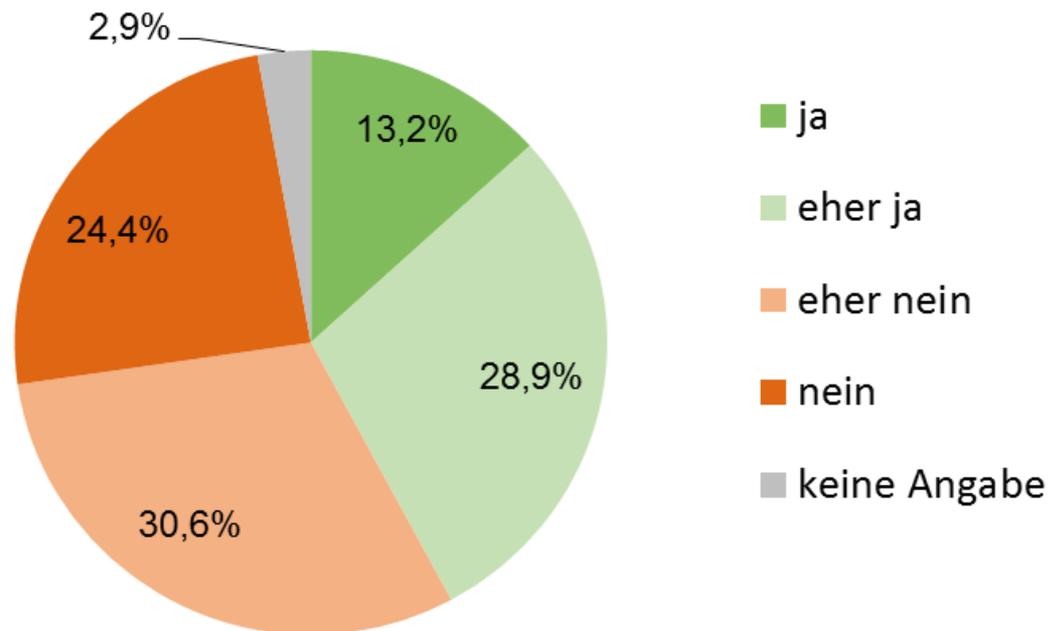
personen- / arbeitsplatzbezogene Schallpegelmessungen
(*DIN EN ISO 9612:2009; TRLV Lärm: Teil 2 Messung von Lärm*)



Nachhallmessungen
(*Messung: ISO 3382-2:2008 Nachhallzeit in gewöhnl. Räumen
Beurteilung: DIN 18041:2016 Hörsamkeit ...*)

Ergebnisse Online-Mitarbeiterbefragung Abfrage zum Belastungsfaktor Lärm (N = 5.434)

Frage/Kriterium: Ich empfinde den Lärmpegel an meiner Schule als angemessen und als nicht störend.



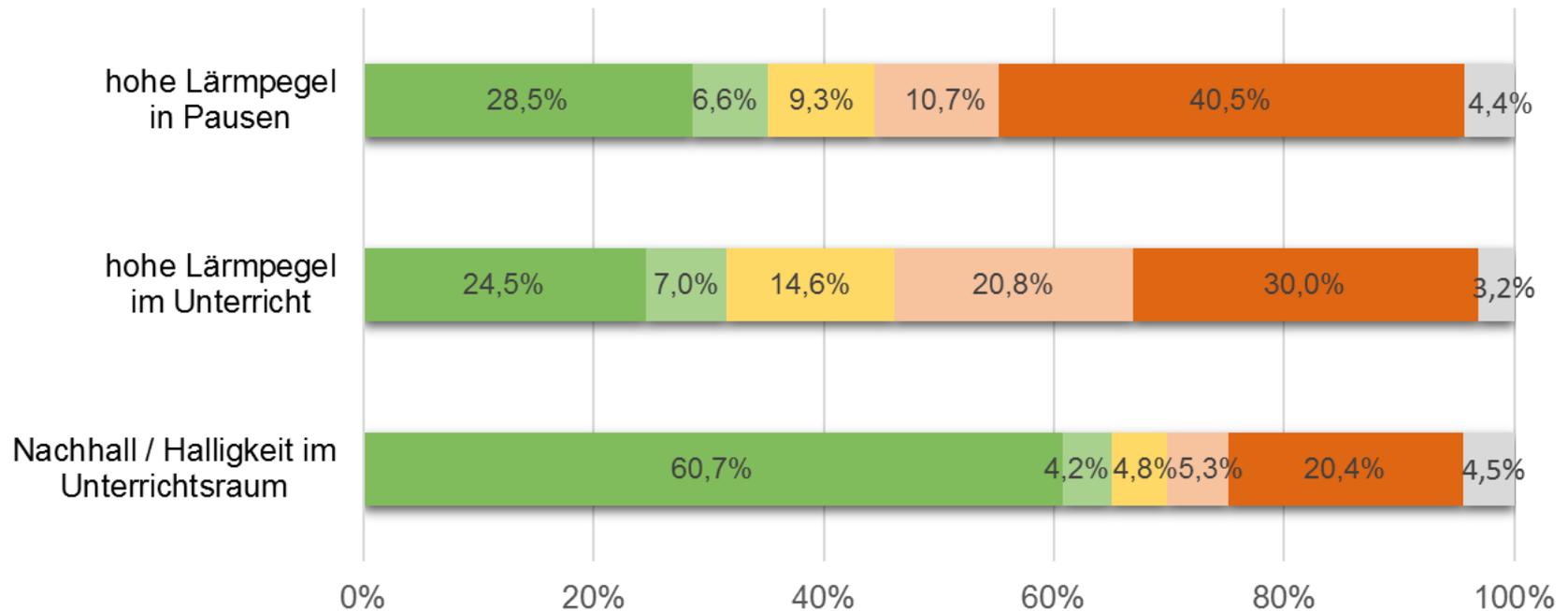
Quelle: Gesundheitsberichte des Instituts für Lehrergesundheit, Schuljahre 2011/12 – 2015/16.
Verteilung Antworten Selbst-Check Teil 1 individuelle Arbeitssituation und Gesundheitsempfinden.

Ergebnisse Online-Mitarbeiterbefragung

tätigkeitsbezogene Lärmbelastung am Arbeitsplatz (N = 1.939)

Frage: Während meiner Tätigkeit fühle ich mich belastet durch...

■ nie ■ 1 mal pro Schuljahr ■ 1 mal pro Monat ■ 1 mal pro Woche ■ arbeitstäglich ■ keine Angaben



Quelle: Gesundheitsberichte des Instituts für Lehrergesundheit, Schuljahre 2011/12 – 2015/16.
Verteilung Antworten Selbst-Check Teil 3 Tätigkeiten und Einrichtungen

Lärm an Schulen

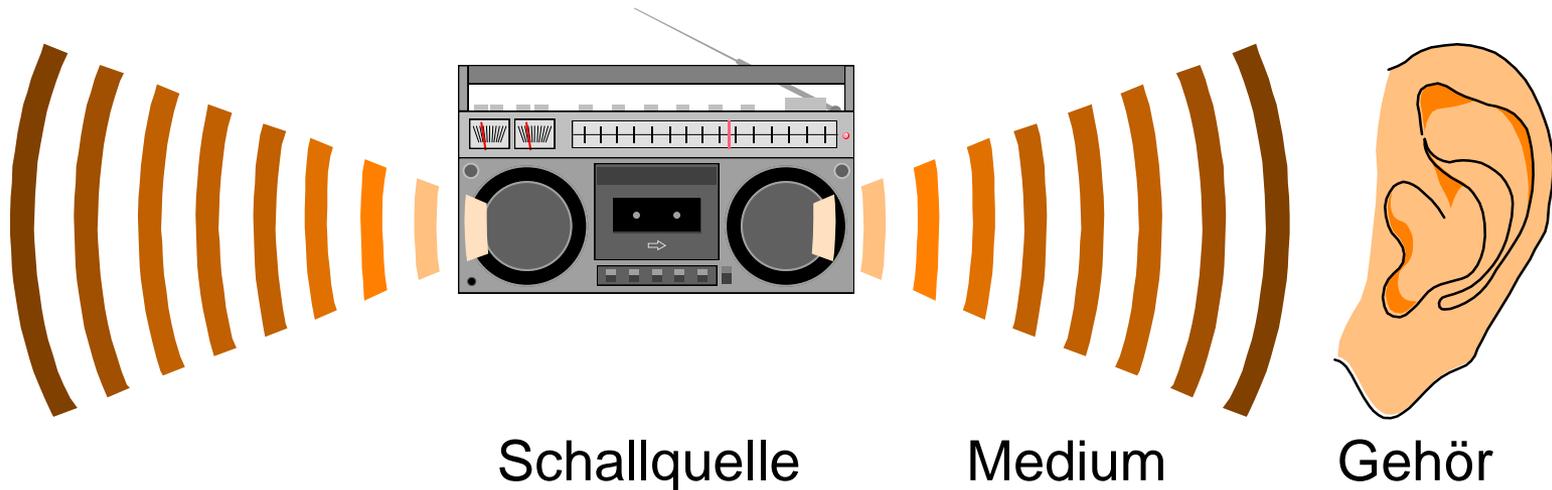
Probleme:

- Schädigung des Gehörs
- Störung von konzentriertem Arbeiten (Lehrerzimmer, Klassenzimmer)
- Störung der Kommunikation durch schlechte Raumakustik

Physikalische Grundlagen

Definitionen

- **Lärm:** Lärm ist nicht nur ein physikalischer Reiz (Schalldruck), sondern ein individuelles emotionales Erlebnis, mit entsprechender emotioneller (Stress)Reaktion
- **Schall:** wellenartig ausbreitende Druckschwankungen in einem bestimmten Intensitäts- und Frequenzbereich, die den "normalen" Luftdruck überlagern und vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden können



Wahrnehmungsbereich des menschlichen Ohres



Physikalische Größe	Wahrnehmungsbereich des Menschen
Frequenzbereich:	16 – 20.000 Hz
Schallintensität bei 1000 Hz: Hörschwelle: Gefühlsschwelle:	10^{-12} W/m ² 1 W/m ²

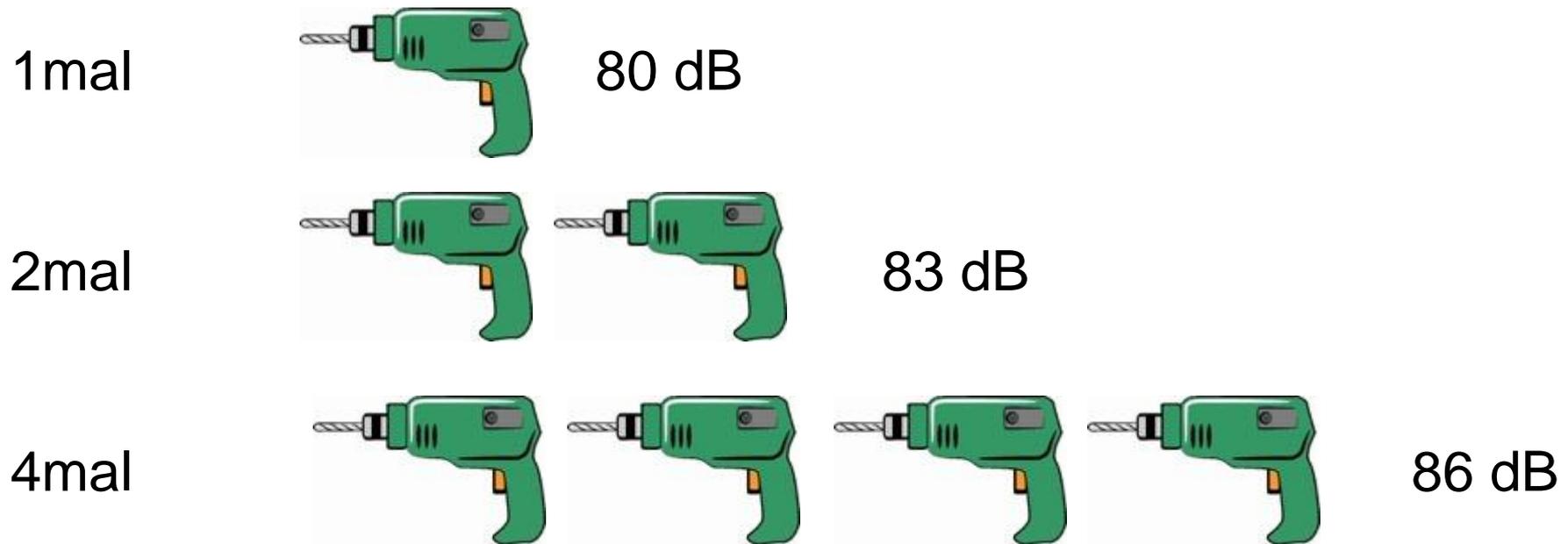
Hörbereich des Menschen bei 1000 Hz und Dezibel-Skala

Geräuschart	Schallintensität (W/m ²)	Schallintensitätsverhältnis	Schallpegel	
			Bel	Dezibel
Düsenmotor	10 ²	100 000 000 000 000 = 10 ¹⁴	14	140
Niethammer	10 ¹	10 000 000 000 000 = 10 ¹³	13	130
Gefühlsschwelle	10⁰=1	1 000 000 000 000 = 10¹²	12	120
Bohrmaschine	10 ⁻¹	100 000 000 000 = 10 ¹¹	11	110
Metallverarbeitung	10 ⁻²	10 000 000 000 = 10 ¹⁰	10	100
Schweres Fahrzeug	10 ⁻³	1 000 000 000 = 10 ⁹	9	90
Starker Verkehr	10 ⁻⁴	100 000 000 = 10 ⁸	8	80
Personenwagen	10 ⁻⁵	10 000 000 = 10 ⁷	7	70
Normales Gespräch	10 ⁻⁶	1 000 000 = 10 ⁶	6	60
	10 ⁻⁷	100 000 = 10 ⁵	5	50
Leise Radiomusik	10 ⁻⁸	10 000 = 10 ⁴	4	40
Flüstern	10 ⁻⁹	1 000 = 10 ³	3	30
	10 ⁻¹⁰	100 = 10 ²	2	20
Blätterrauschen	10 ⁻¹¹	10 = 10 ¹	1	10
Hörschwelle	10⁻¹²	1 = 10⁰	0	0

Logarithmische Rechenregeln

Eine Verdoppelung der Schallintensität ergibt eine Zunahme des Schalldruckpegels um 3 dB

Beispiel:



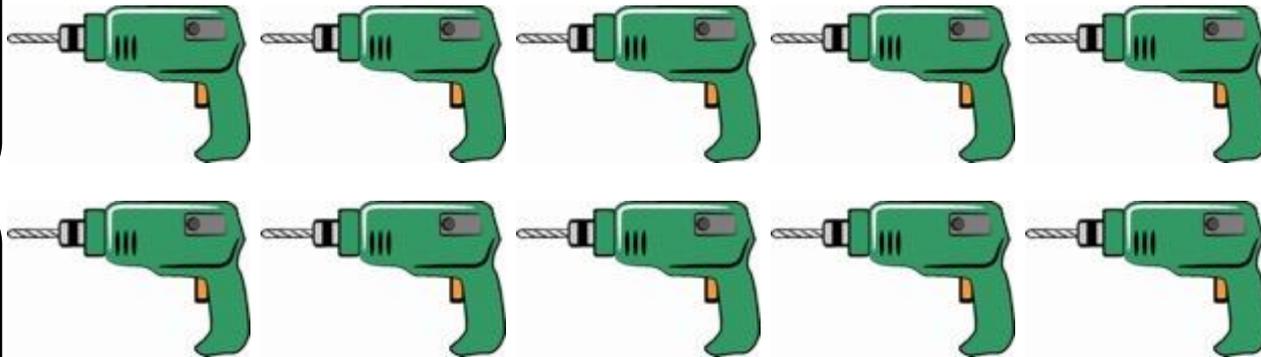
Lärm: Empfindung - Gefahr

Empfindung



80 dB

„Gefahr“



**doppelt
so laut!**

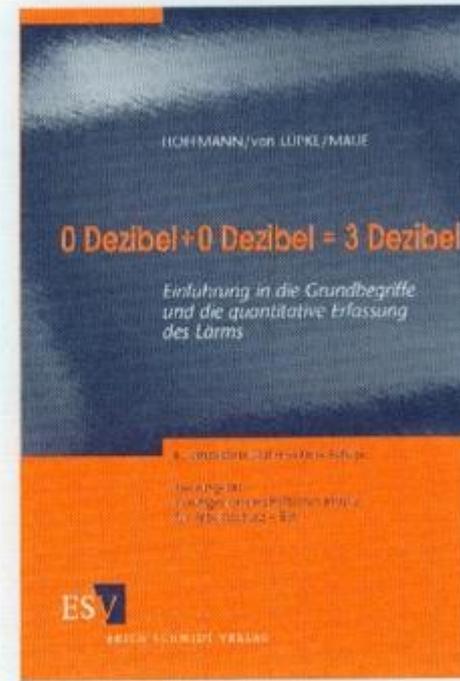
**10 mal
so
„gefährlich“!
90 dB!**

0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel

Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms

Von Dr.-Ing. Jürgen H. Maue, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BIA),
Fachbereich: Arbeitsgestaltung - Physikalische
Einwirkungen

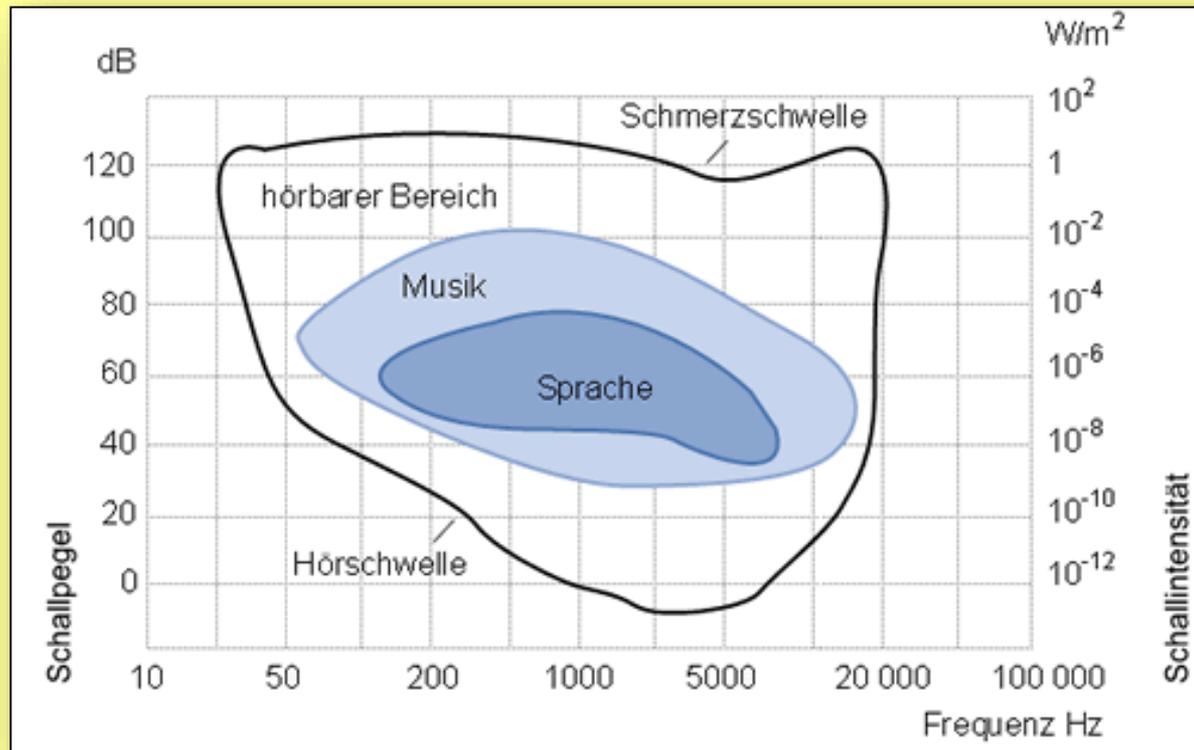
Begr. von Dipl.-Ing. Dr. rer. pol. Heinz Hoffmann



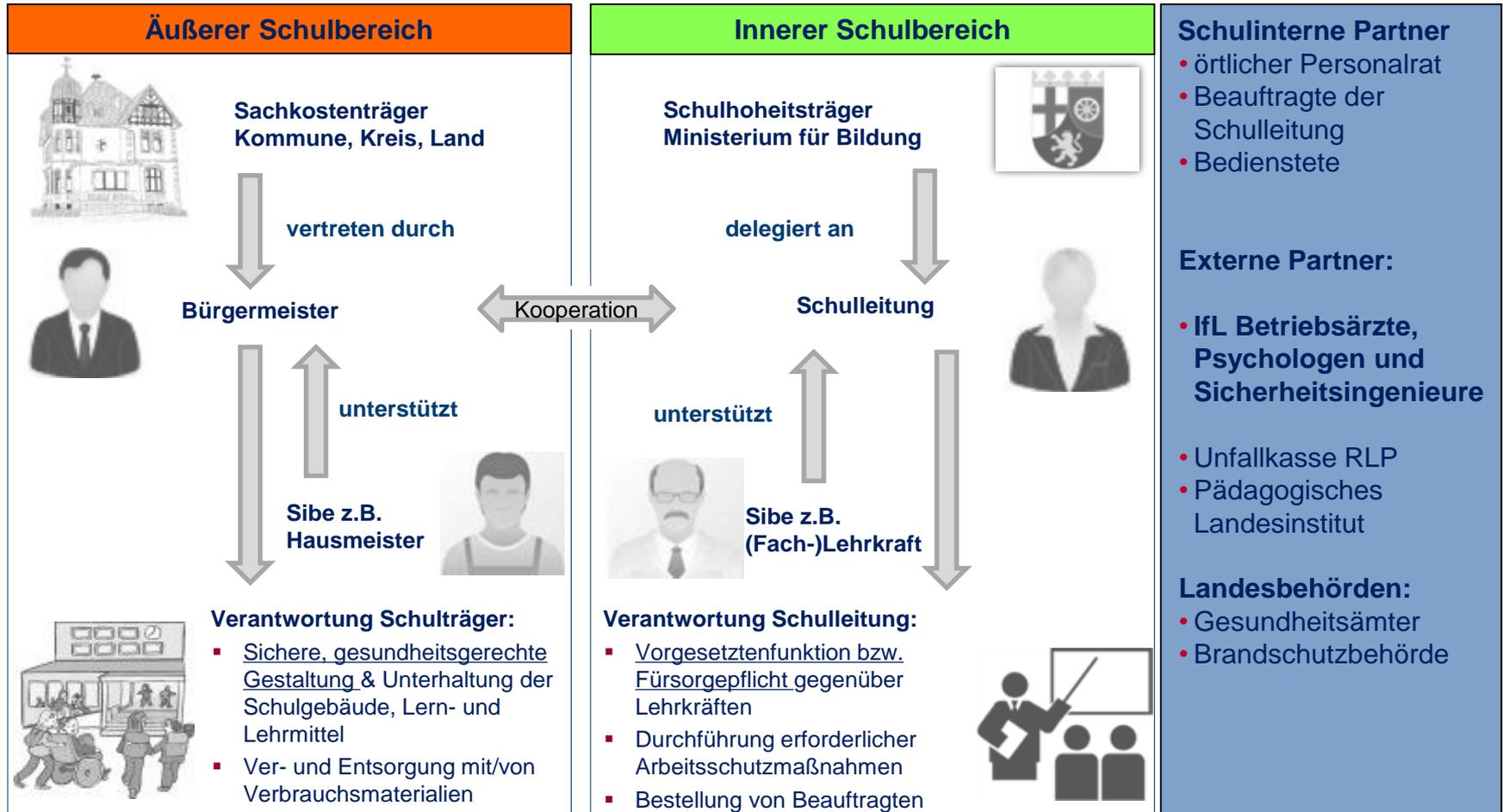
Hörbereich des Menschen bei 1000 Hz und Dezibel-Skala

Geräuschart	Schallintensität (W/m ²)	Schallintensitätsverhältnis	Schallpegel	
			Bel	Dezibel
Düsenmotor	10 ²	100 000 000 000 000 = 10 ¹⁴	14	140
Niethammer	10 ¹	10 000 000 000 000 = 10 ¹³	13	130
Gefühlsschwelle	10⁰=1	1 000 000 000 000 = 10¹²	12	120
Bohrmaschine	10 ⁻¹	100 000 000 000 = 10 ¹¹	11	110
Metallverarbeitung	10 ⁻²	10 000 000 000 = 10 ¹⁰	10	100
Schweres Fahrzeug	10 ⁻³	1 000 000 000 = 10 ⁹	9	90
Starker Verkehr	10 ⁻⁴	100 000 000 = 10 ⁸	8	80
Personenwagen	10 ⁻⁵	10 000 000 = 10 ⁷	7	70
Normales Gespräch	10 ⁻⁶	1 000 000 = 10 ⁶	6	60
	10 ⁻⁷	100 000 = 10 ⁵	5	50
Leise Radiomusik	10 ⁻⁸	10 000 = 10 ⁴	4	40
Flüstern	10 ⁻⁹	1 000 = 10 ³	3	30
	10 ⁻¹⁰	100 = 10 ²	2	20
Blätterrauschen	10 ⁻¹¹	10 = 10 ¹	1	10
Hörschwelle	10⁻¹²	1 = 10⁰	0	0

Bewerteter Schalldruckpegel dB (A)



Akteure im Bereich Lehrergesundheit



Gefährdungsbeurteilung

Arbeitsschutzgesetz

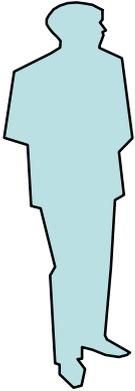
§ 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen:

(3) Eine Gefährdung kann sich insbesondere ergeben durch

- 1. die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes,
- 2. **physikalische**, chemische und biologische Einwirkungen,
- 3. die Gestaltung, die Auswahl und den Einsatz von Arbeitsmitteln, insbesondere von Arbeitsstoffen, Maschinen, Geräten und Anlagen sowie den Umgang damit,
- 4. die Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren, Arbeitsabläufen und Arbeitszeit und deren Zusammenwirken,
- 5. unzureichende Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten,
- 6. psychische Belastungen bei der Arbeit.

Pathophysiologie des Schalls

Extraaurale Wirkungen:



- u.a.:
- Belästigung
 - Behinderung der akustischen Kommunikation
 - Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit
 - Beeinträchtigung des Schlafs
 - Hormonelle Stressreaktionen
 - Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- } Unfallgefährdung

Aurale Wirkungen:



- u.a.:
- Akutes akustisches Trauma
 - Akutes Lärmtrauma
 - Explosionstrauma
 - Knalltrauma
 - Vertaubung (temporäre Hörschwellensenkung)
 - Lärmschwerhörigkeit

Hoher Schalldruckpegel (>85 dB(A))

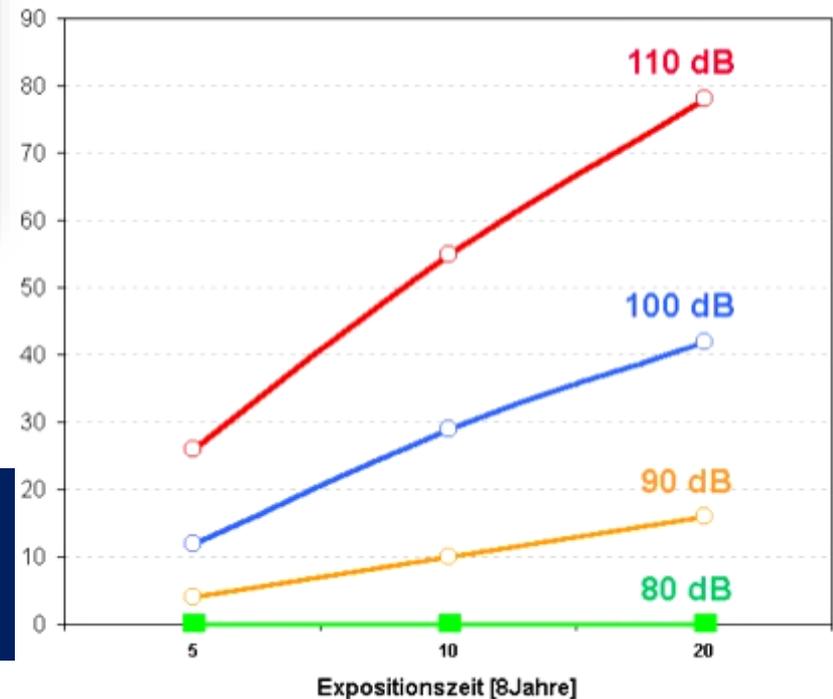


Risiko an einer Lärmschwerhörigkeit zu erkranken

Tab. 13: Wahrscheinlichkeit einer Lärmschädigung nach längerer Exposition

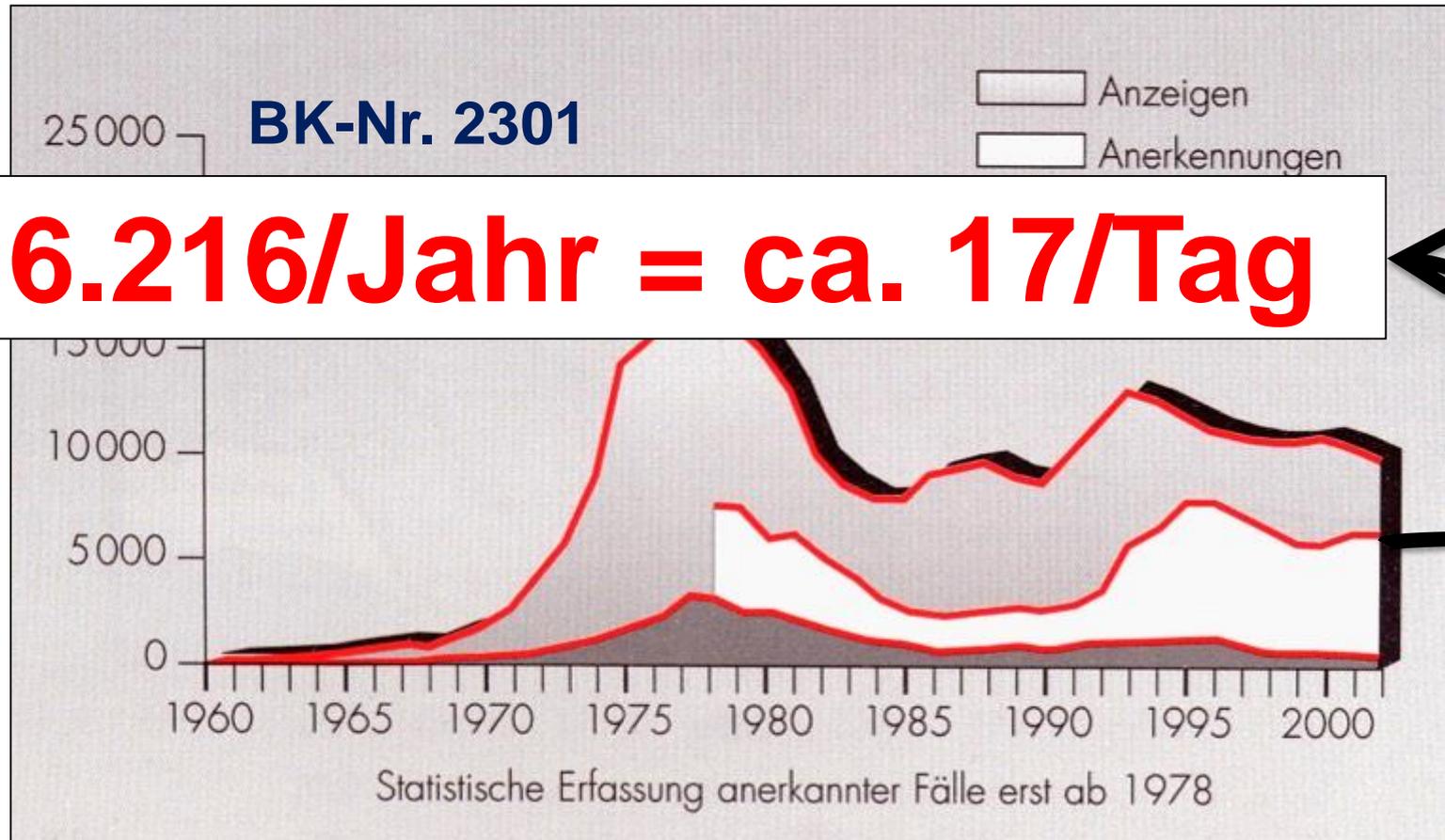
äquivalenter Dauerschallpegel dB(A)	Expositionsdauer in Jahren		
	5	10	20
80	0%	0%	0%
90	4%	10%	16%
100	12%	29%	42%
110	26%	55%	78%

Erkrankungsrisiko [% der Exponierten]



In Deutschland arbeiten
ca. 4 Millionen Beschäftigte
unter Gehör schädigendem Schall !!!

Häufigkeit der Lärmschwerhörigkeit

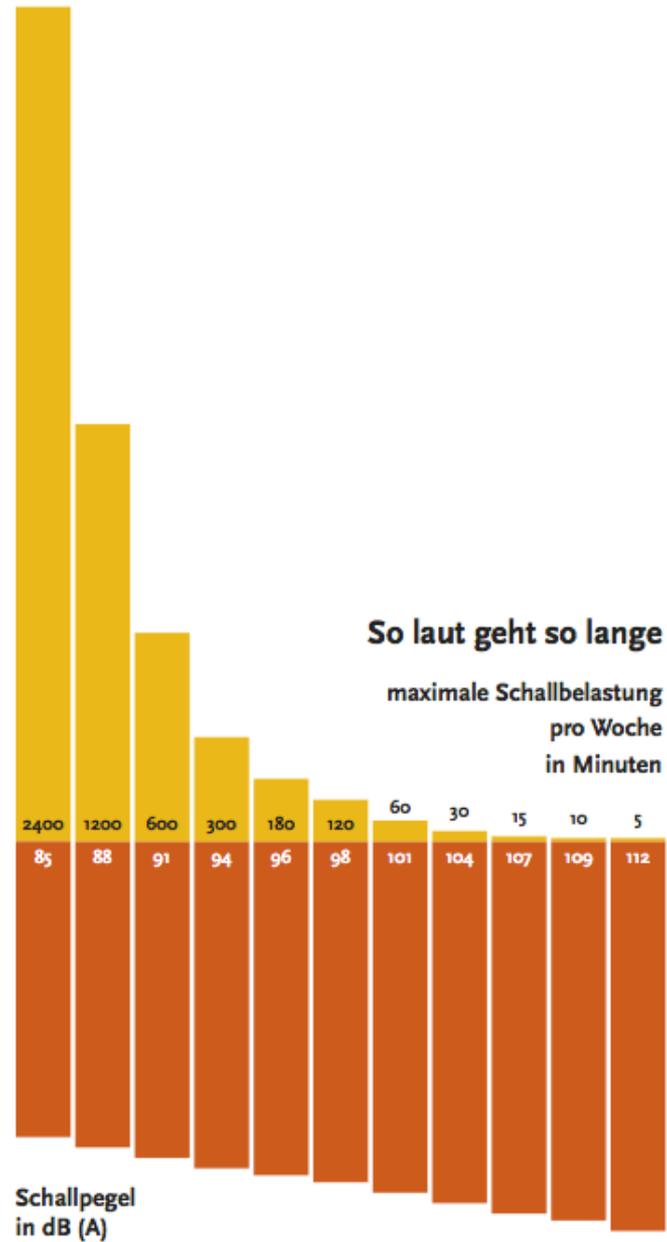


6.216/Jahr = ca. 17/Tag

Beurteilungspegel

- über die Dauer von 8 Stunden gemittelter Schallpegel
- zur Einschätzung der Schallwirkung auf das Gehör

dB(A)	Lärmschaden nach Dauer von
90	8 h
93	4 h
96	2 h
99	1 h
102	30 min
105	15 min
108	7,5 min
111	ca. 4 min
...
130	ca. 3 s



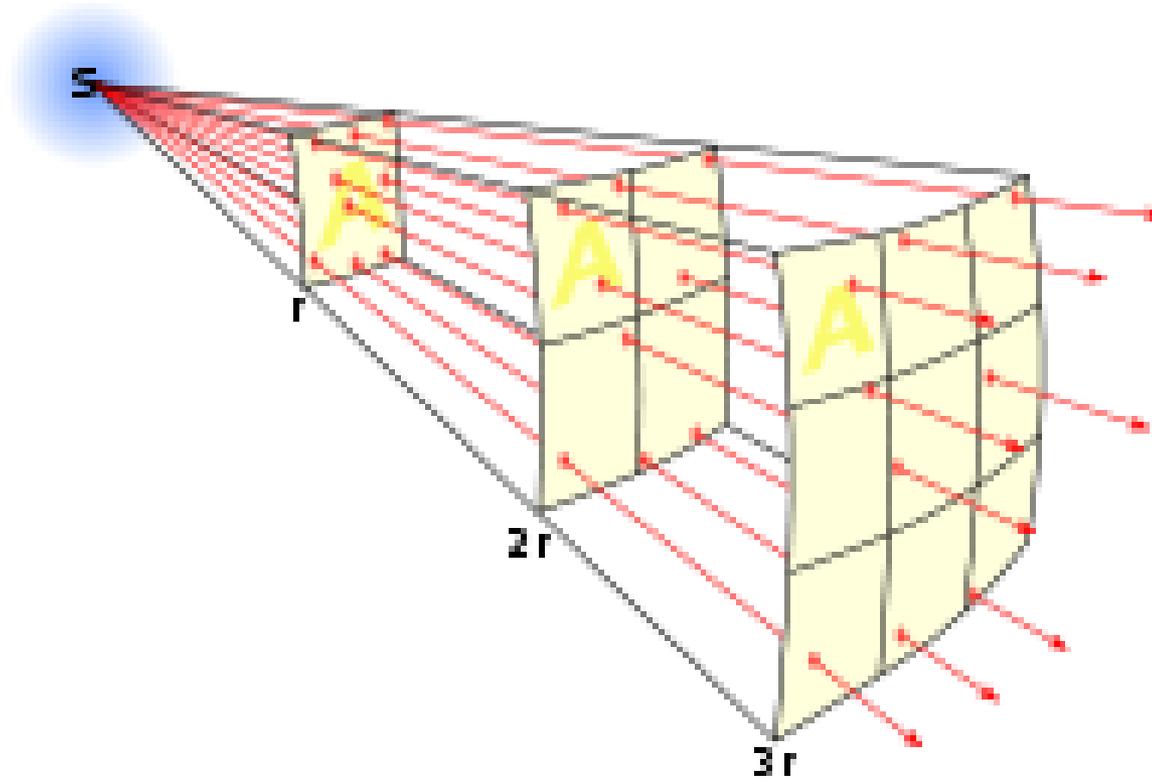
Discmen / Walkman / MP3-Player / iPod - Lärm ein Problem? -

bis zu
100 dB(A)

Diskotheiken /Rockkonzerte - Lärm ein Problem? -

z.T. > 100 dB(A)

Abstandsquadrat

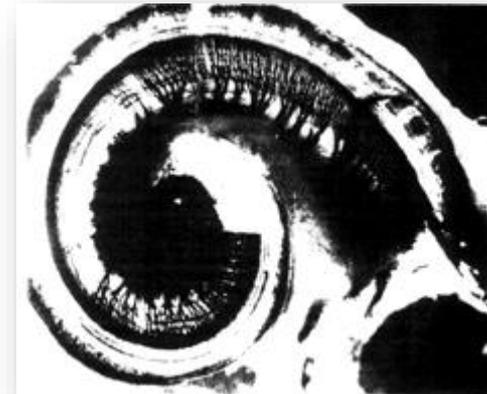


Geräuschpegel verschiedener Musikinstrumente

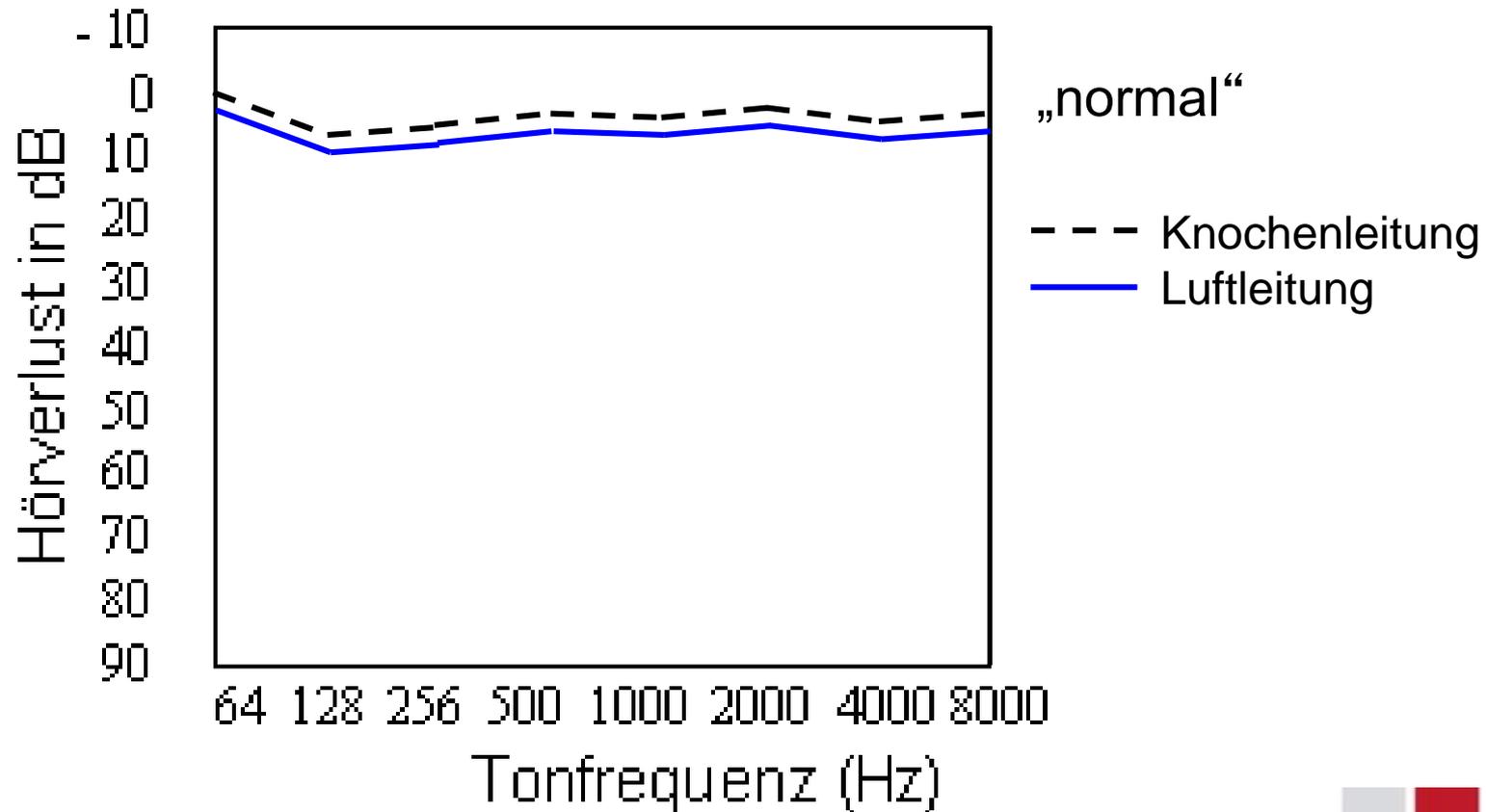
Violine	84 – 103 dB(A)
Cello	84 – 92 dB(A)
Kontrabass	75 – 84 dB(A)
Piccoloflöte	95 – 112 dB(A)
Querflöte	85 – 111 dB(A)
Klarinette	92 – 103 dB(A)
Horn	90 – 106 dB(A)
Oboe	80 – 94 dB(A)
Posaune	85 – 114 dB(A)
Xylophon	90 – 92 dB(A)

Diagnose der Lärmschwerhörigkeit

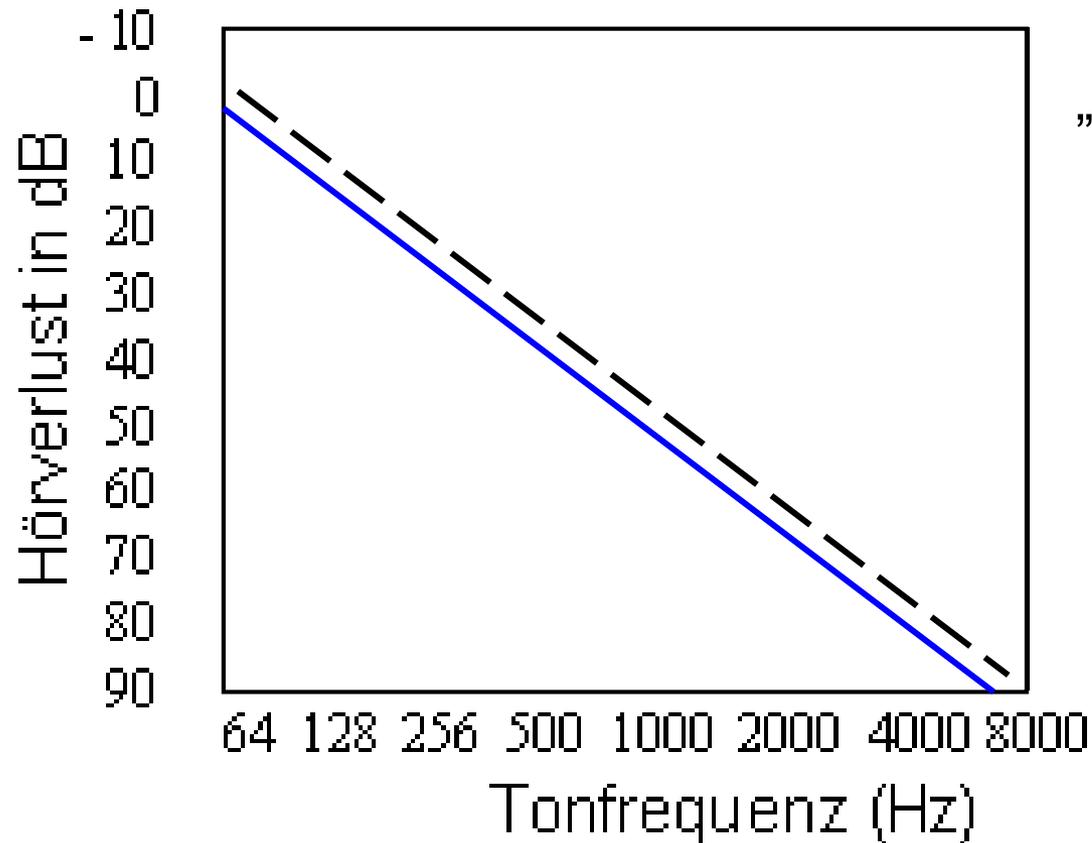
- Anamnese: Krankenvorgeschichte
Berufsanamnese: - Expositionsdauer
- Expositionshöhe
- körperliche Untersuchung
- Audiogramm
- Sonstiges (Differentialdiagnostik)



Audiogramm

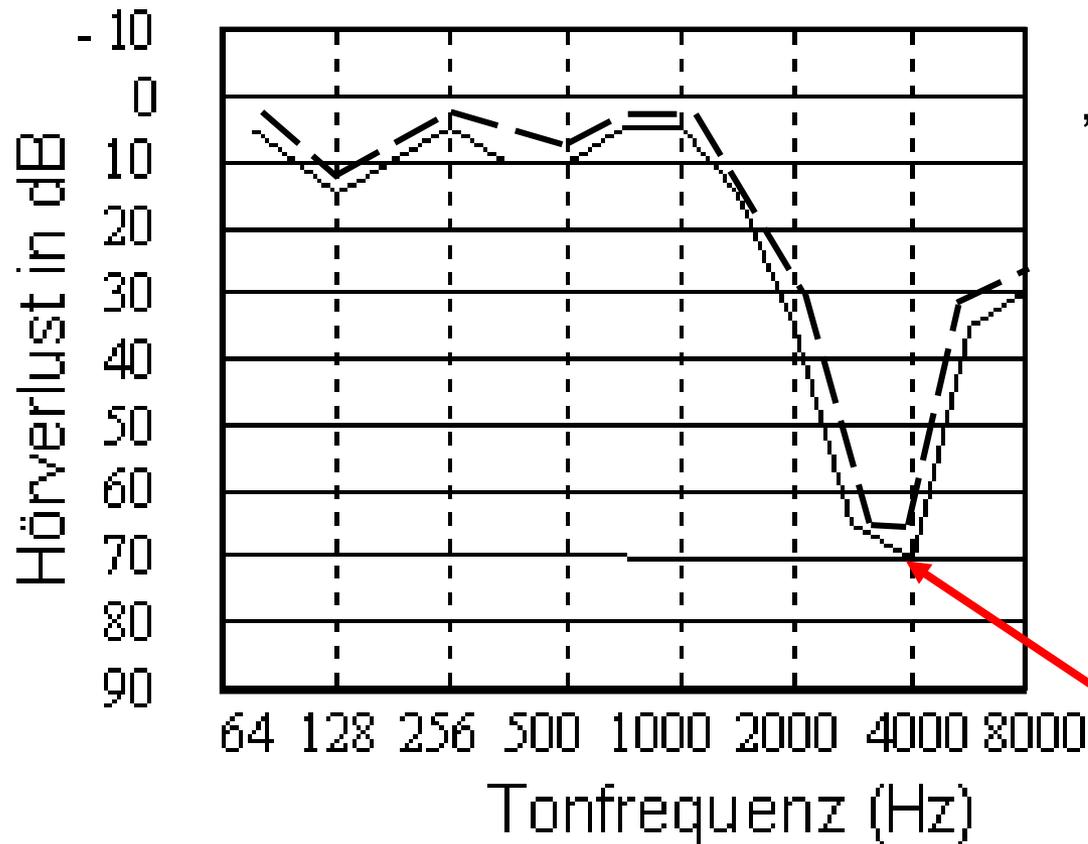


Audiogramm



„Altersschwerhörigkeit“

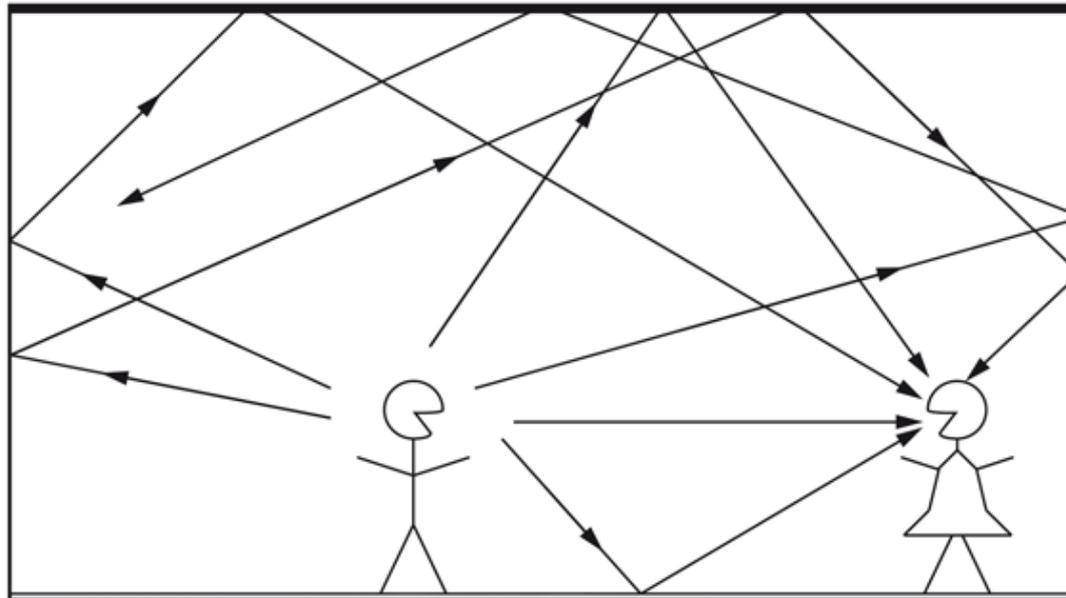
Audiogramm



„Lärmschwerhörigkeit“

„C5-Senke“

Raumakustik und Lärm

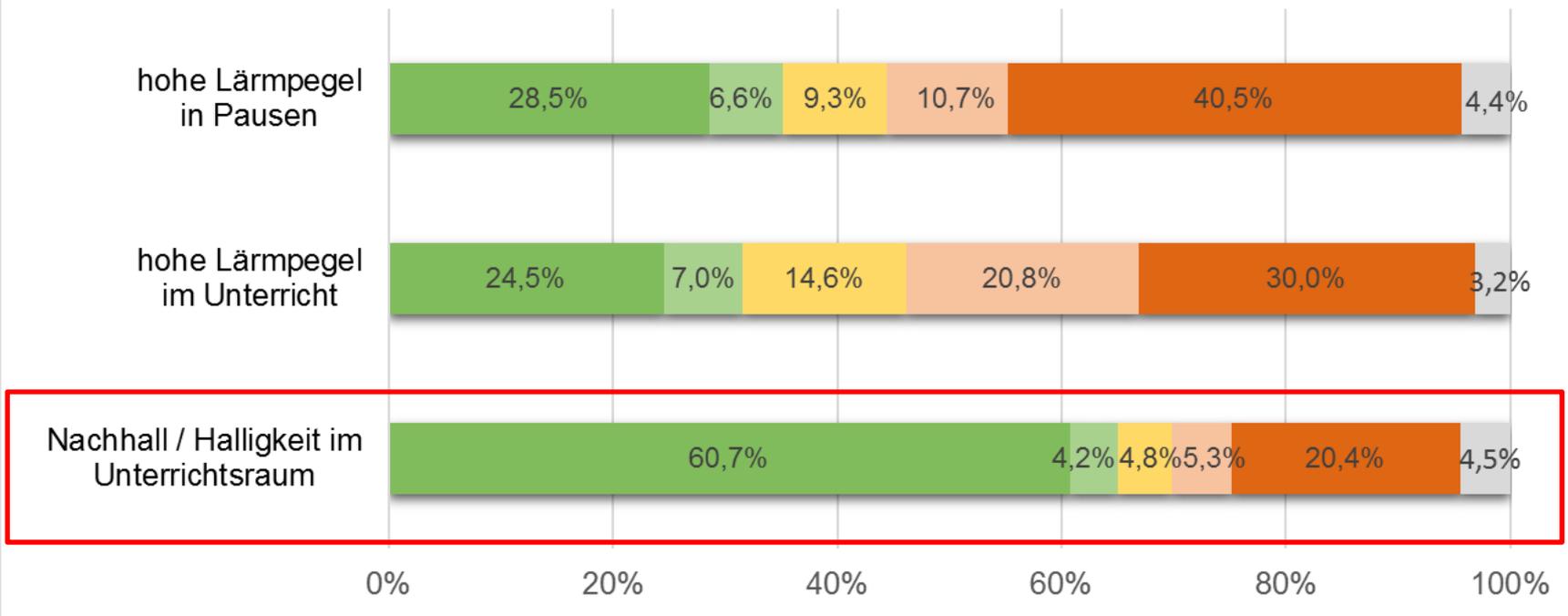


Ergebnisse Online-Mitarbeiterbefragung

tätigkeitsbezogene Lärmbelastung am Arbeitsplatz (N = 1.939)

Frage: Während meiner Tätigkeit fühle ich mich belastet durch...

■ nie ■ 1 mal pro Schuljahr ■ 1 mal pro Monat ■ 1 mal pro Woche ■ arbeitstäglich ■ keine Angaben



Quelle: Gesundheitsberichte des Instituts für Lehrgesundheit, Schuljahre 2011/12 – 2015/16.
Verteilung Antworten Selbst-Check Teil 3 Tätigkeiten und Einrichtungen

Stressoren: Physikalische Belastungen an Schulen (Nachhallzeit)



Keine raumakustischen
Maßnahmen

$$T_{\text{soll}} = 0,44 \text{ sec.}$$

$$T_{\text{ist}} = 1,28 \text{ sec.}$$

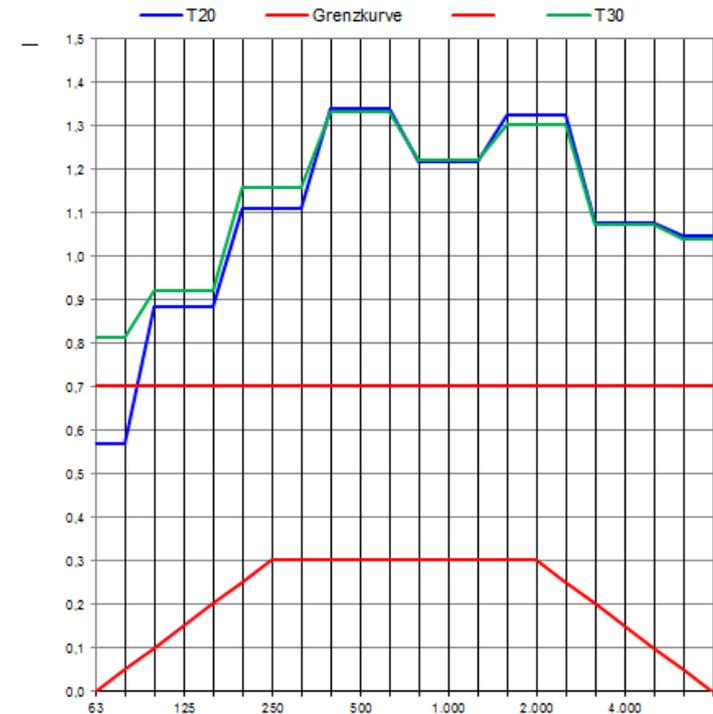
Raumabmessungen		
Länge:	8,67	m
Breite:	5,74	m
Höhe:	2,51	m
Volumen:	124,91	m ³

Äquivalente Schallabsorptionsfläche A = 15,94 m²

Temperatur: °C
Relative Luftfeuchtigkeit: %
Prüfschall:

Nutzungsart des Raumes

T Basis T20+T30		
Frequenz f [Hz]	T ₂₀ Terz [s]	T ₃₀ Terz [s]
63	0,57	0,82
125	0,89	0,92
250	1,11	1,16
500	1,34	1,33
1.000	1,22	1,22
2.000	1,32	1,30
4.000	1,08	1,07
8.000	1,05	1,04

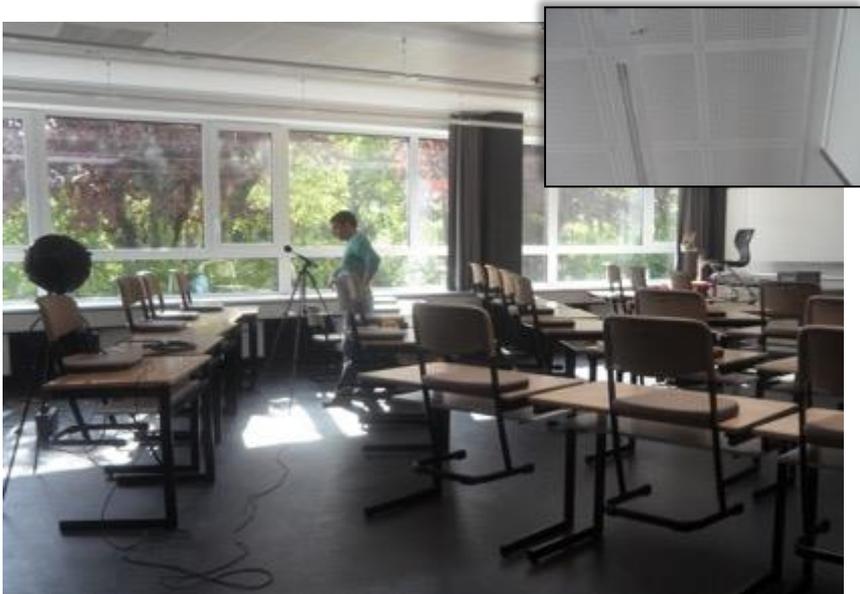


Einzehwert durch Mittelung von T(400 Hz bis 1250 Hz) nach DIN EN ISO 3382-1

$$T_{\text{mid}} = 1,28 \text{ s}$$

Stressoren: Physikalische Belastungen an Schulen (Nachhallzeit)

- Unterrichtsraum mit Akustikdecke (neu renovierter Raum)

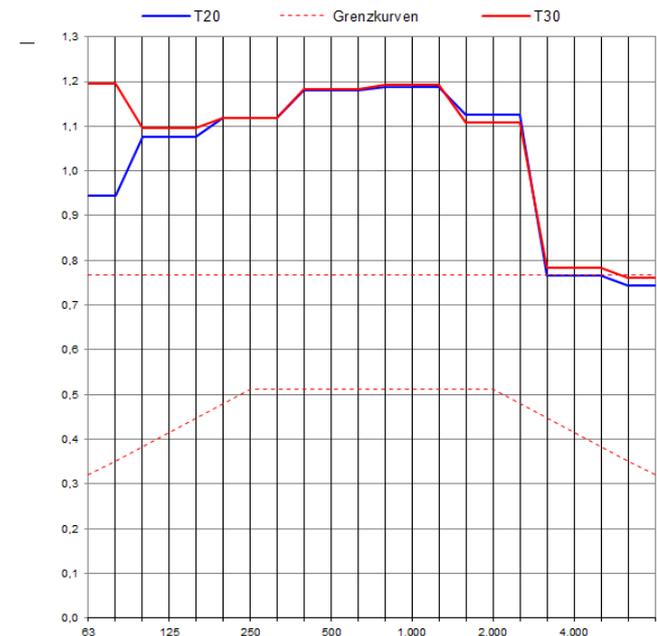


Raumabmessungen			
Länge:	10,62	m	Äquivalente Schallabsorptionsfläche A = 46,57 m ²
Breite:	10,4	m	
Höhe:	2,98	m	
Volumen:	338,33	m ³	

Temperatur: 21 °C
Relative Luftfeuchtigkeit: 56,5 %
Prüfschall: 114 dB

Nutzungsart des Raumes:

T Basis T20+T30			
Frequenz f [Hz]	T ₂₀ Terz [s]	T ₃₀ Terz [s]	
63	0,95	1,20	
125	1,08	1,10	
250	1,12	1,12	
500	1,18	1,18	
1000	1,19	1,19	
2000	1,13	1,11	
4000	0,77	0,78	
8000	0,74	0,76	



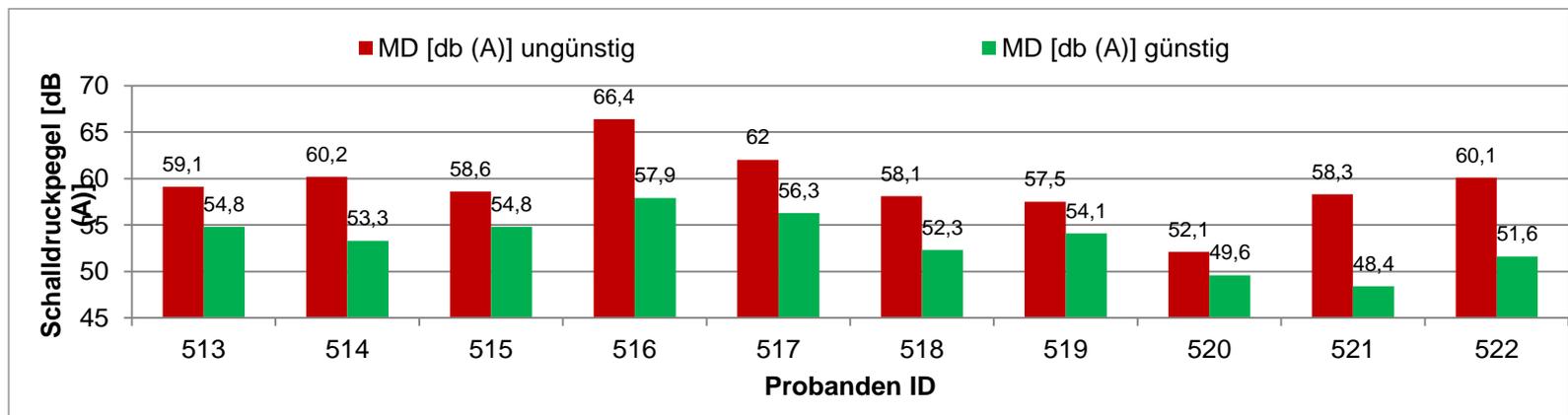
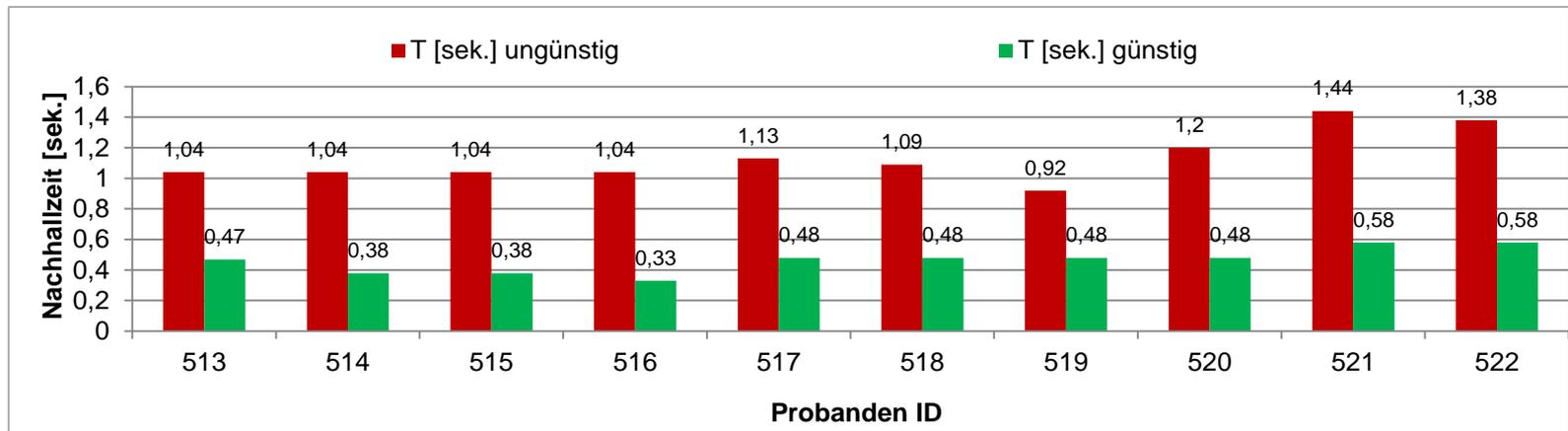
$T_{\text{soll}} = 0,64 \text{ sek.}$

$T_{\text{ist}} = 1,18 \text{ sek.}$

Einzelnwert durch Mittelung von T(400 Hz bis 1250 Hz) nach DIN EN ISO 3382-2
 $T_{\text{mid}} = 1,18 \text{ s}$

Stressoren: Physikalische Belastungen an Schulen (Nachhallzeit)

- Unterricht in Räumen mit günstigen & ungünstigen Nachhallzeiten
(intraindividuelle**r** Vergleich)



Zusammenhang
der Variablen
Nachhall und
Schallpegel
 $r = 0,57$
 $p < 0,01$

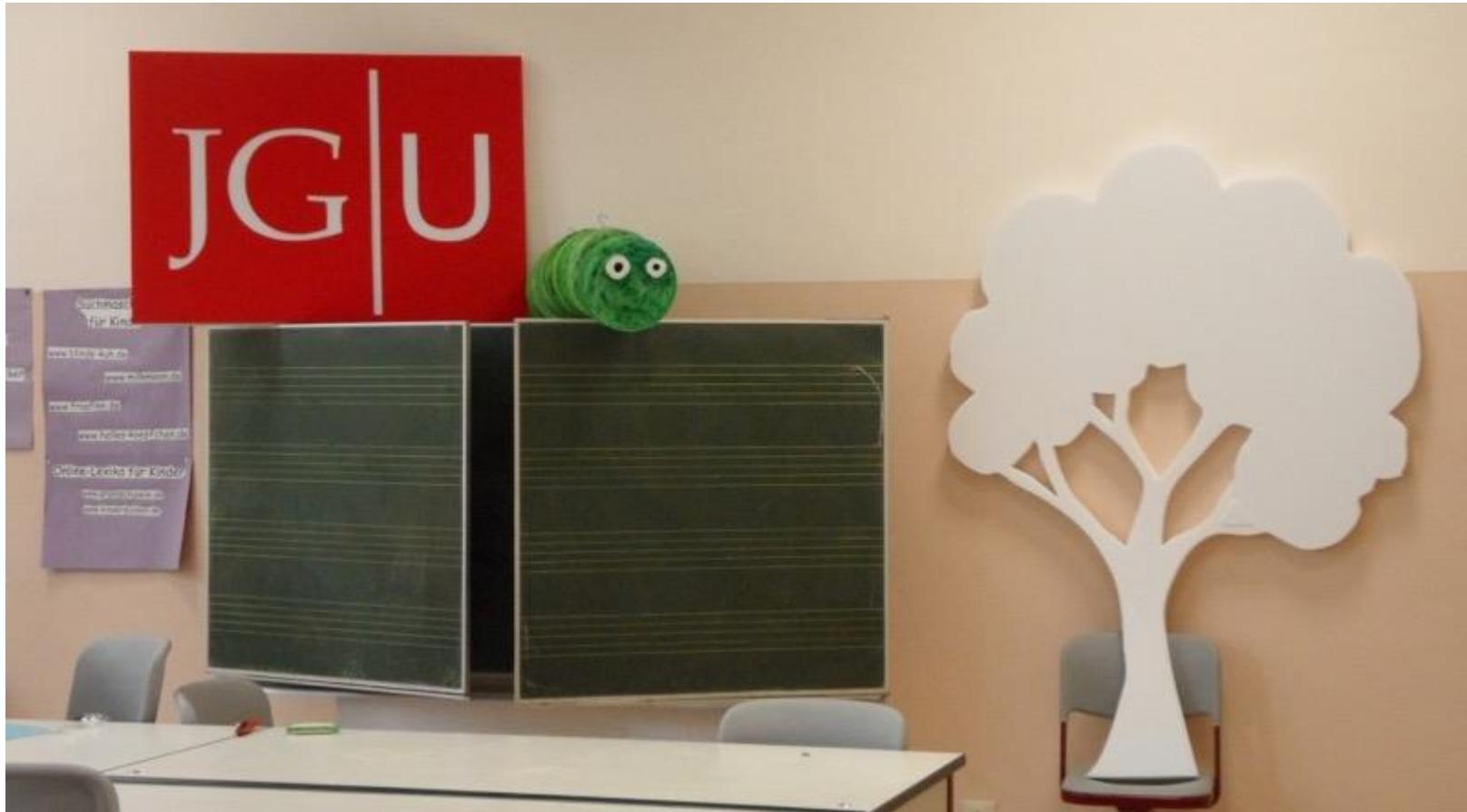


Protektive Faktoren (**T-O-P** Model)

Lärmschutzmaßnahmen

- **T** **Technisch:** Lärmentstehung vermeiden (z. B. lärmarme Motoren), Lärmemission vermeiden (Kapselung), Körperschalldämmung (Schwingungsdämpfung), Lärmimmission vermeiden (Dämmstoffe), Schallreflexion vermeiden, Schallschutzwände
 - **O** **Organisatorisch:** Abstandsvergrößerung zur Lärmquelle, Aufenthaltszeiten reduzieren
-
- **P** **Persönlich:** Gehörschutzmittel (Stöpsel, Otoplastik usw.), Gesundheitsberatung, Audiometrie

Kreative Schulraumakustik



Fragestellungen

- Wie ist die Ist-Situation in den Unterrichtsräumen?
(Untersuchungsparameter: Nachhallzeit, Grundausrüstung, Raumakustik Maßnahmen, Subjektives Empfinden)
- Welche Akustikelemente (Absorber) sind geeignet und welche Kosten sind damit verbunden?
- Wie und in welcher Weise können die Akustikelemente im Unterrichtsraum angebracht werden?
- Wie können Schüler und Lehrkräfte in das Thema eingebunden werden?
- Wie können Schüler für das Thema sensibilisiert werden?
- Wie wirken sich die getroffenen Maßnahmen auf die Raumakustik aus?
- Wirkt sich die Raumgestaltung positiv auf das Wohlbefinden aus?

Wie können Schüler für das Thema sensibilisiert werden?

Das „Lärm“ könnte aktiv in den Unterricht eingebaut werden...

... basteln und gestalten der verschiedenen Elemente.

... u.a. Experimente für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie



Umwelt und Geologie
Lärmschutz in Hessen, Heft 4

Lärmminderung in Schulen

Halligkeit reduziert
Sprachverständlichkeit

Reduzierte
Sprachverständlichkeit
erhöht Unruhe

Höhere Unruhe
führt zu lauterem
Sprechen

Lautes Sprechen
verbessert nicht die
Sprachverständlichkeit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit