



Die Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung

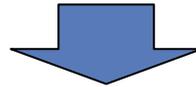
Dr.-Ing. Patrick Kurtz

Dr. Kurtz

48.Sicherheitstechnisches Kolloquium, Universität Wuppertal

Definition von Lärm

Was ist Lärm?



Lärm
ist unerwünschter

und

gesundheitsschädlicher
Schall

Folgen des Lärms

Schädigung des Innenohres (Lärmschwerhörigkeit)

Extraaurale Reaktionen

psychisch:

- Verärgerung
- Anspannung
- Resignation
- Angst
- Nervosität

physisch:

- Erhöhung des Blutdrucks
- Verengung der peripheren Blutgefäße
- Mehr Streßhormone
- verstärkte Magnesiumausscheidung
- Veränderung von Atem- und Herzrhythmus
- Verringerung der Magen- und Darmbewegung

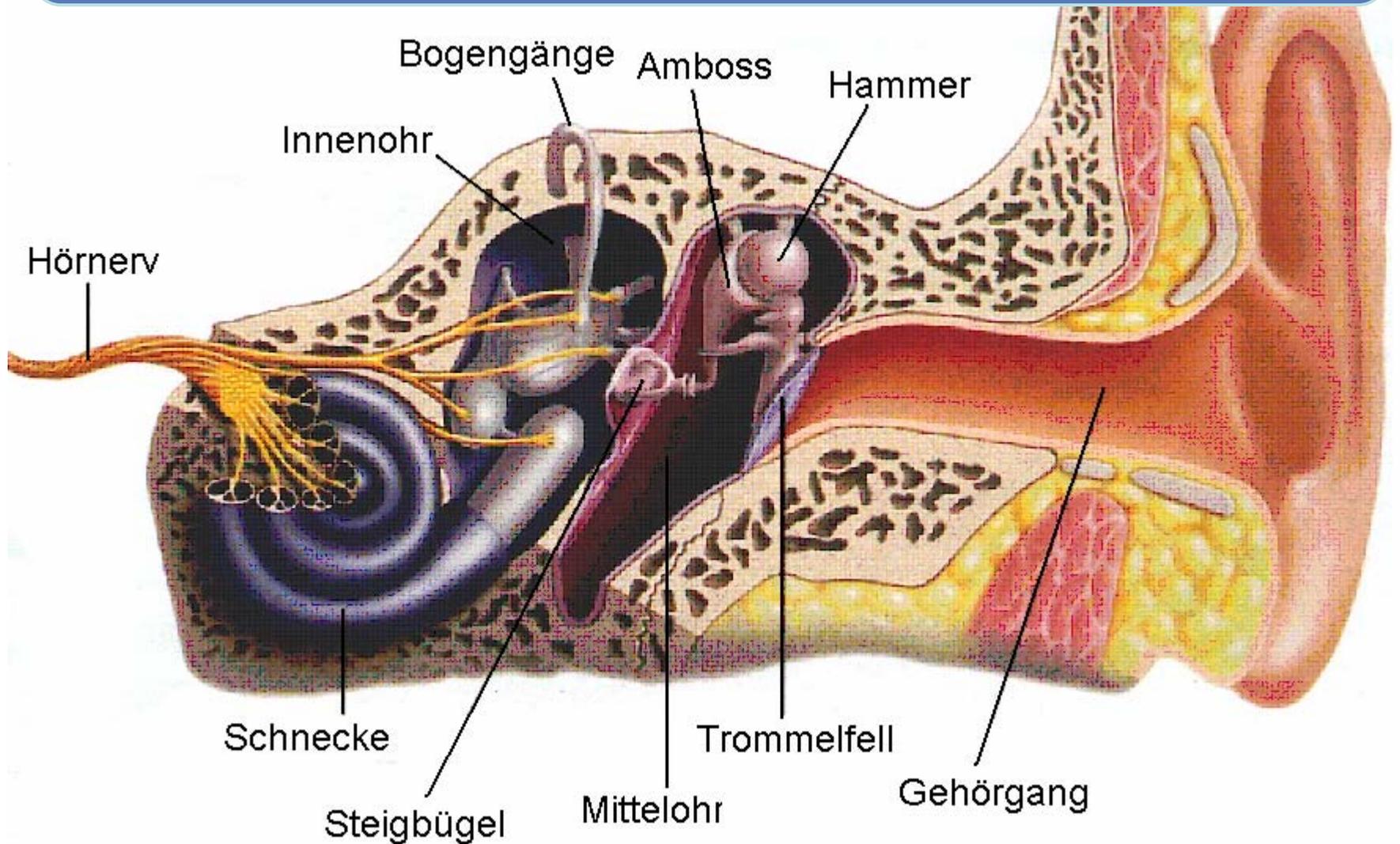
Schädigung des Innenohres (Lärmschwerhörigkeit)

- **Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit → 170 Mill. EURO pro Jahr**
- **Unfälle → durch Überhören von Gefahrensignalen**
- **Kosten durch Fehler bei der sprachlichen Kommunikation**

Extraaurale Reaktionen

- **Kosten durch lärmstressbedingte Fehltage**
- **Kosten durch lärmbedingte Leistungsminderung**

Das Ohr

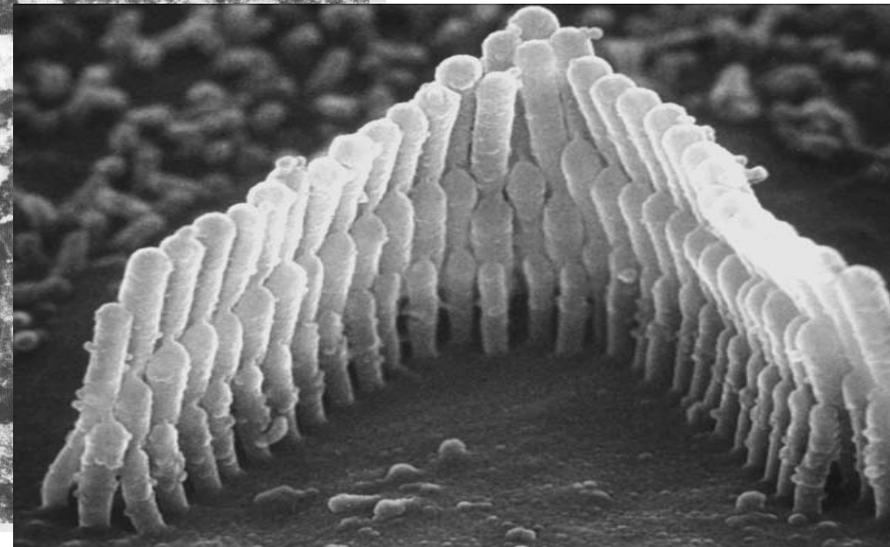
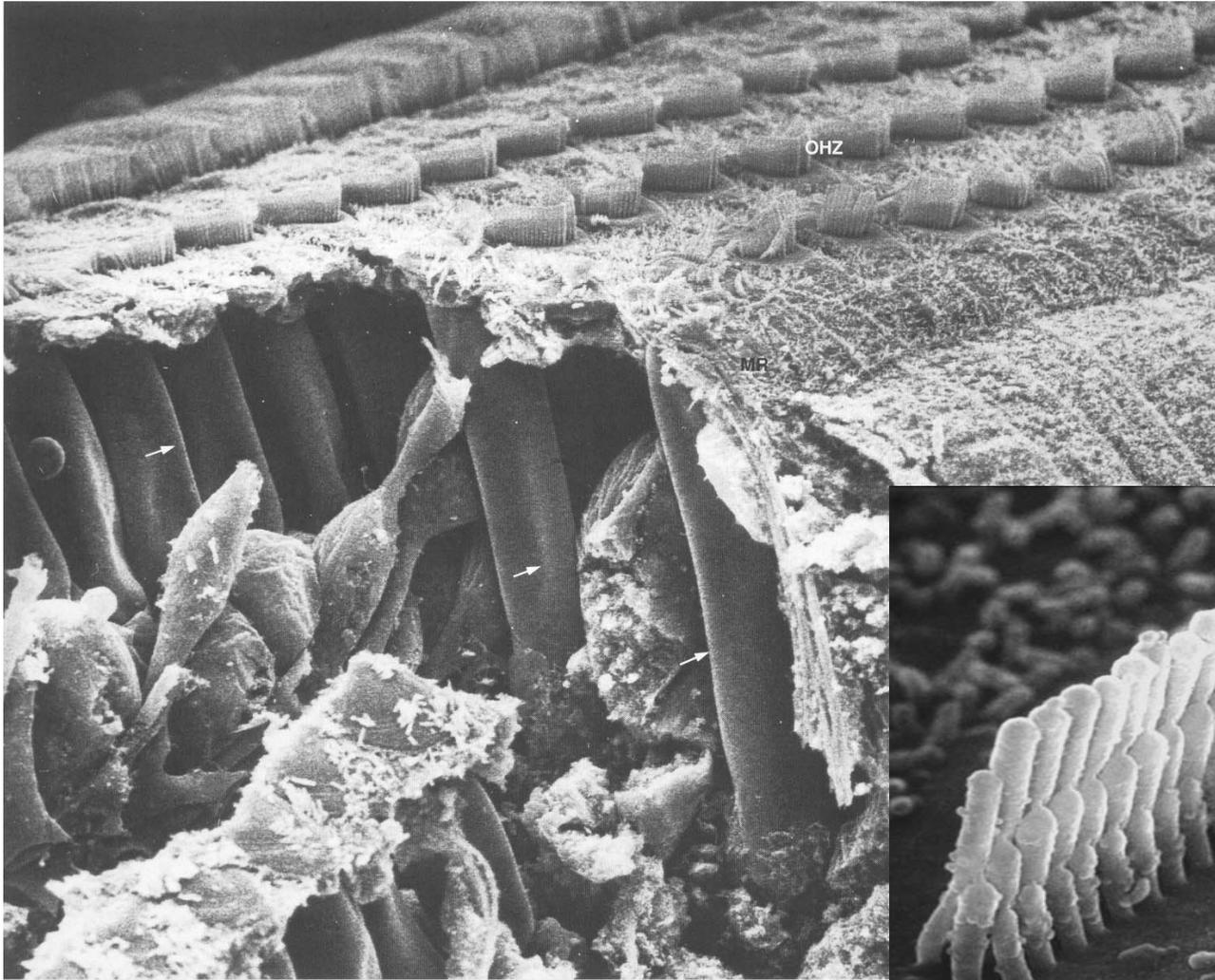


Cochlea

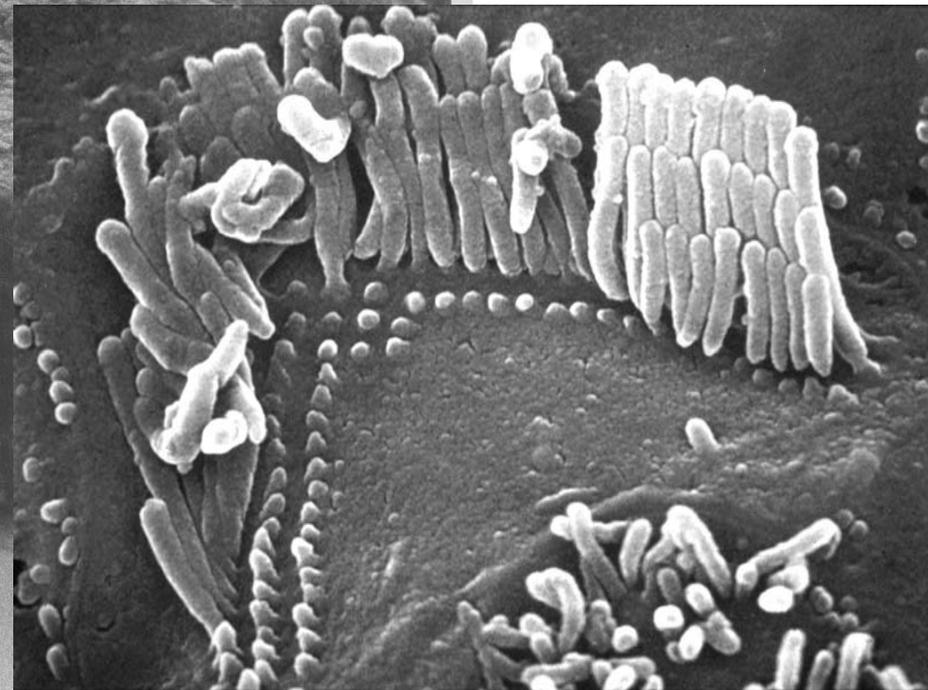
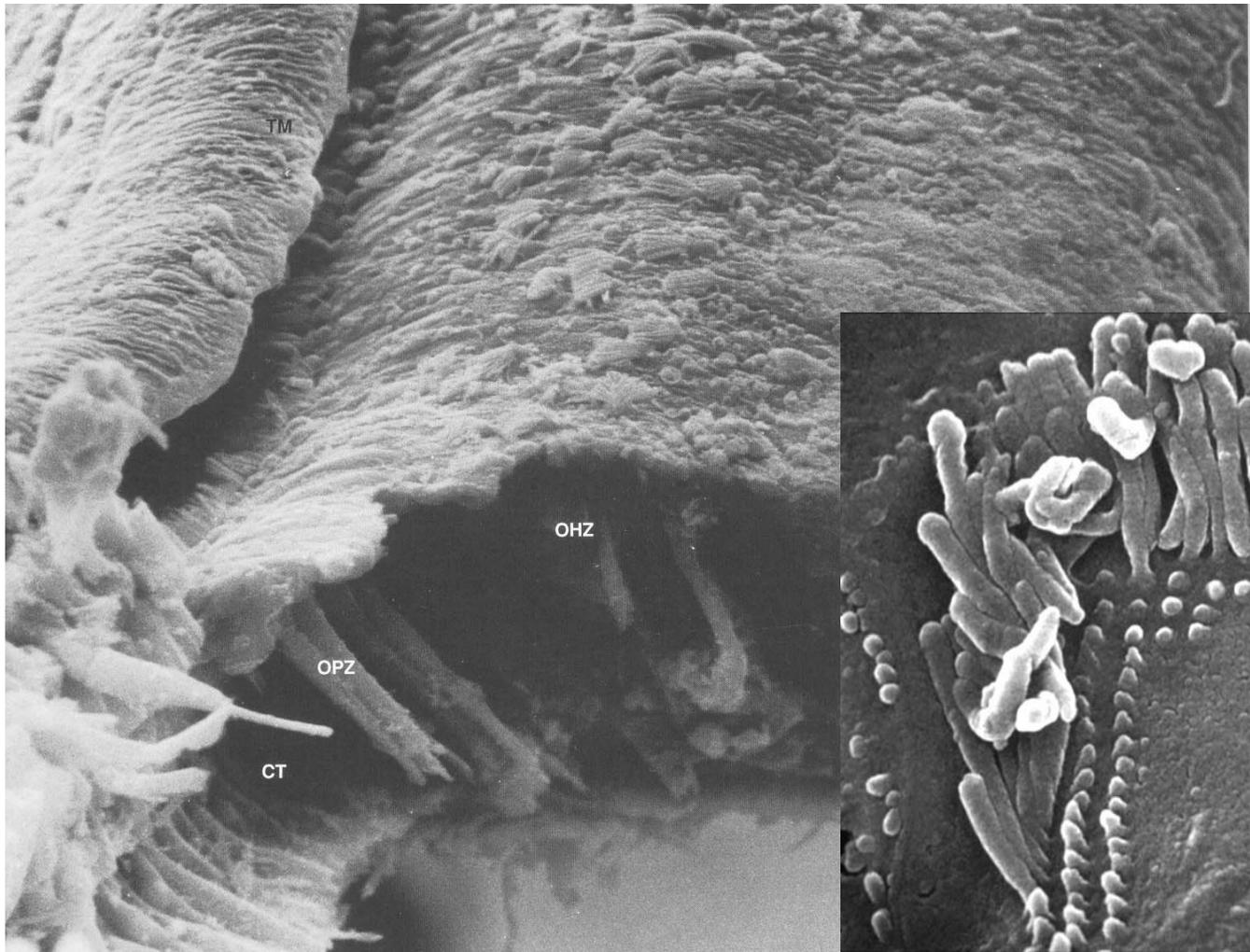


Spiralige Form eines cochleären Labyrinths mit insgesamt 4,5 Windungen.
Die knöchernerne Cochleawand wurde entfernt.

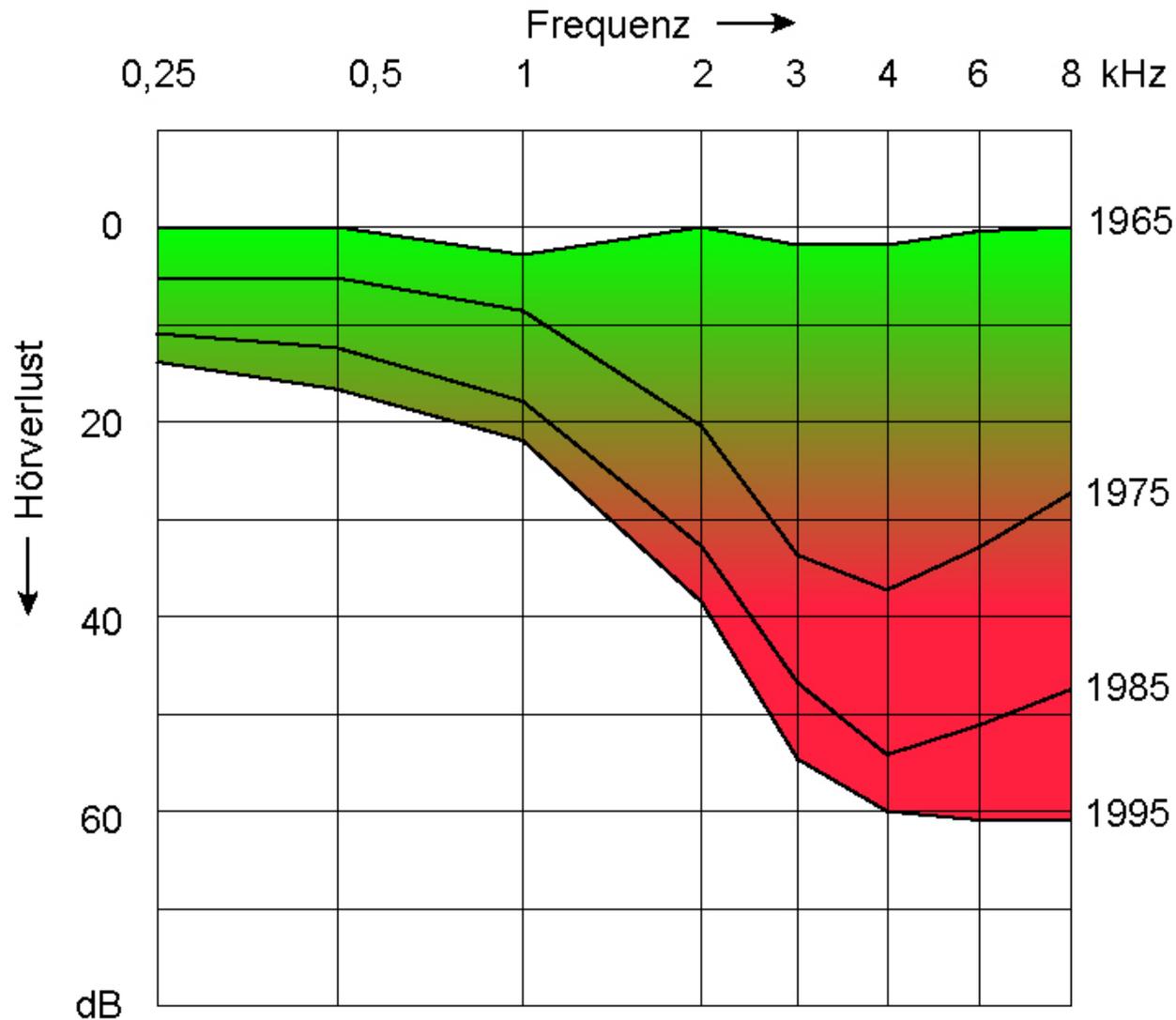
Basilarmembran mit Haarzellen



Basilarmembran mit Zilienabbrüchen



Lärminderung am Arbeitsplatz



Begrifflichkeiten

Schallpegel
Lautstärke
Schalldruckpegel
Lärmpegel
Geräuschpegel
A-Schallpegel
C-bewerteter Spitzenschalldruckpegel
Emissionsschalldruckpegel
Schalleistungspegel
Tageslärnexpositionspegel
Messflächenschalldruckpegel



Schalldruckpegel

L_p = Schalldruckpegel wegen Index p = pressure

L_{pA} = A-bewerteter Schalldruckpegel

L_{pC} = C-bewerteter Schalldruckpegel

$L_{pC,peak}$ = C-bewerteter Spitzen-Schalldruckpegel

L_{pAF} = A – Schalldruckpegel mit der Zeit - Bewertung „Fast“

L_{pAS} = A – Schalldruckpegel mit der Zeit - Bewertung „Slow“

L_{pAeq} = A- bewerteter gemittelter Schalldruckpegel

$L_{EX,8h}$ = Tageslärnexpositionspegel

Pa - W/m² - dB

Geräusch	Schalldruck- wechsel- amplitude p	Schallintensität $I \approx p^2 \approx \text{Energie}$	Schalldruck- pegel L_p
Hör- schwelle	0,00002 Pa	0,00000000000001 W/m ²	0 dB
Flüstern	0,002 Pa	0,000000001 W/m ²	40 dB
normales Sprechen	0,02 Pa	0,0000001 W/m ²	60 dB
Kreissäge	2 Pa	0,01 W/m ²	100 dB
Bleche hämmern	20 Pa	1 W/m ²	120 dB

dB – Was ist das?

Pegeldefinition

$$L = 10 \log \frac{x}{x_0} = \text{dezi Bel} = \text{dB}$$

Schalldruckpegel an der Hörschwelle mit $p_0 = 0,00002 \text{ Pa}$

$$L = 10 \log \frac{p_0^2}{p_0^2} = 0 \text{ dB}$$

Schalldruckpegel an der Schmerzschwelle mit $p_s = 20 \text{ Pa}$

$$L = 10 \log \frac{p_s^2}{p_0^2} = 120 \text{ dB}$$

Lautstärke-
änderung

Schalldruckpegel-
unterschied

Anzahl gleicher
Schallquellen

Schallenergie-
änderung

Grundlautstärke

-



1

1 x

hörbar lauter

+3 dB

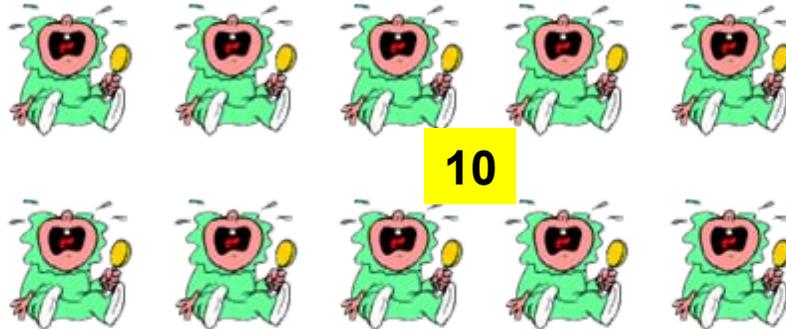


2

2 x

doppelt so laut
wie die
Grundlautstärke

+10 dB

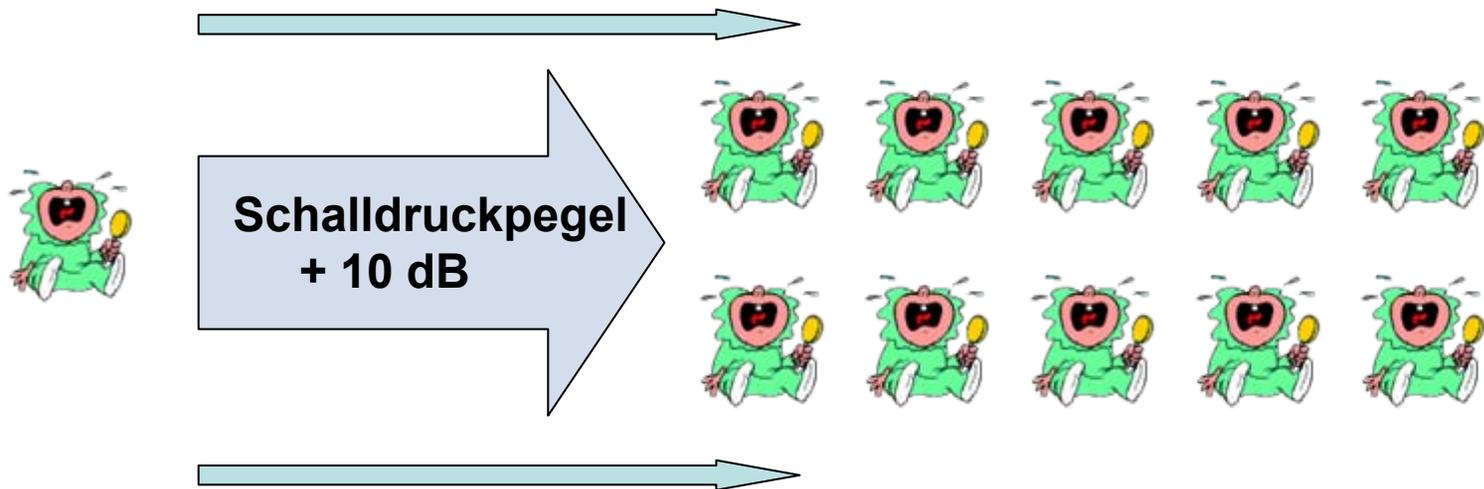


10

10 x

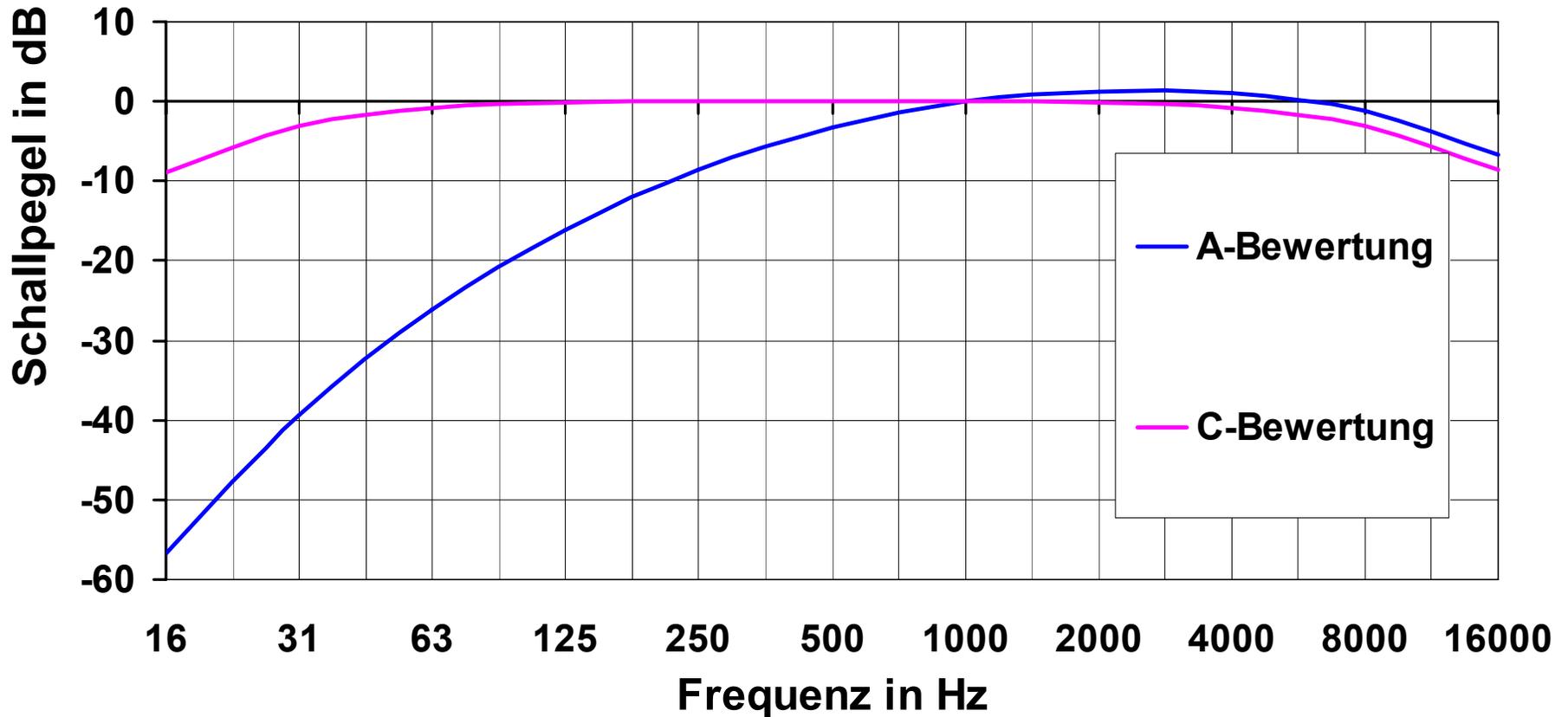
Lautstärke - Gehörgefährdung

Verdopplung der Lautstärke



Verzehnfachung der Gehörgefährdung!!!

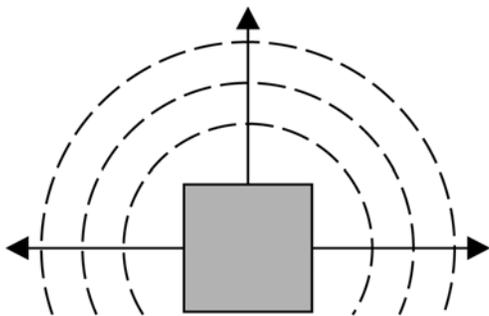
A- und C-Frequenzbewertung



Wichtige Begriffe der Lärminderung

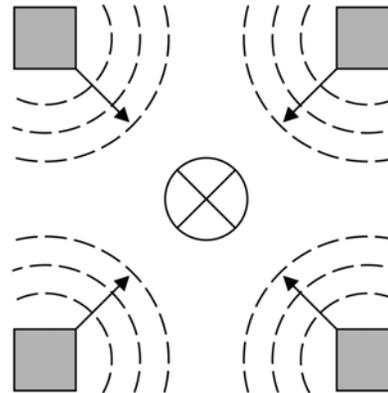
Hersteller

Emission

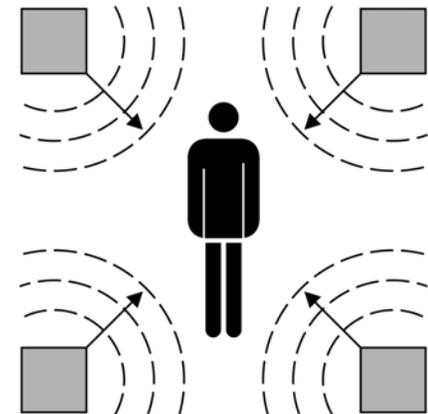


Arbeitgeber

Immission



Exposition



VERTRAG ZUR GRÜNDUNG DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT

TITEL VI

Artikel 95

freier Warenaustausch,
Produktanforderungen



Abbau von
Handelshemmnissen

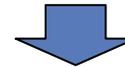


Einzuhaltende
Anforderungen

TITEL XI

Artikel 137

Gesundheitsschutz,
Schutz der Arbeitnehmer



Mindestschutz



Mindestanforderungen

VERTRAG ZUR GRÜNDUNG DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT

TITEL VI

Artikel 95
freier Warenaustausch,
Produktanforderungen



**Maschinen-
richtlinie**
(98/37/EG)
(2006/42/EG)

**Outdoor-
richtlinie**
(2000/14/EG)

**Spielzeug-
richtlinie**
(88/378/EWG)

**PSA-
richtlinie**
(89/686/EWG)



**Geräte- und Produkt-
sicherheitsgesetz, GPSG**

VERTRAG ZUR GRÜNDUNG DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT

TITEL XI

Artikel 137

Gesundheitsschutz,
Schutz der Arbeitnehmer



**Arbeitsschutzrahmenrtl.
(89/391/EWG)**

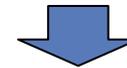


~~Lärm am Arbeitsplatz Richtl.
(86/188/EWG)~~

Phys. Agentien-Richtl.:
“Lärm” (2003/10/EG)
“Vibrationen” (2002/44/EG)
“opt. Strahlung”
“elektromag. Felder”



Arbeitsschutzgesetz



~~UVV-Lärm~~



**LärmVibrations-
ArbSchV**

Ursprung

- **EntschlieÙung des Europäischen Parlaments vom Sept.1990**
- **Kommission wurde aufgefordert eine Einzelrichtlinie zu den physikalische Einwirkungen am Arbeitsplatz auszuarbeiten**



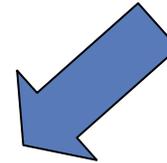
Umsetzung bis:

- | | |
|---|------------|
| • Vibrationen (2002/44/EG) | 06.07.2005 |
| • Lärm (2003/10/EG) | 15.02.2006 |
| • Elektromagnetische Felder (2004/40/EG) | 30.04.2004 |
| • Künstliche Optische Strahlung (2006/25/EG) | 27.04.2010 |

Nationale Umsetzung

Phys. Agenz. EG-Richtlinie
„Lärm“ (2003/10/EG)

Phys. Agenz. EG-Richtlinie
„Vibrationen“ (2002/44/EG)



**Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr.8,
Ausgabedatum 8. März**



**Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen
durch Lärm und Vibrationen
(Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung)**

LärmVibrationsArbSchV

Auslöse- und Grenzwerte

Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte	EG- RL Lärm 2003/10/EG		LärmVibrationsArbSchV	
	$L_{EX,8h}$	$L_{pC,peak}$	$L_{EX,8h}$	$L_{pC,peak}$
untere Auslösewerte	80 dB(A)	135 dB(C)	80 dB(A)	135 dB(C)
obere Auslösewerte	85 dB(A)	137 dB(C)	85 dB(A)	137 dB(C)
Expositionsgrenzwerte unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des persönlichen Gehörschutzes	87 dB(A)	140 dB(C)	Max. Expositionswerte unterhalb Gehörschutz	Max. Expositionswerte unterhalb Gehörschutz
			85 dB(A)	137 dB(C)

Auslöse- und Grenzwerte

Auslösewerte und Expositionsgrenzwerte	UVV Lärm BGV B3		LärmVibrationsArbSchV	
	L_{Ar}	L_p	$L_{EX,8h}$	$L_{pC,peak}$
unterer Auslösewert	85 dB(A)	max. 140 dB moment. Schall- druck	80 dB(A)	135 dB(C)
oberer Auslösewert	90 dB(A)		85 dB(A)	137 dB(C)
Expositionsgrenzwert in Verbindung mit dämmender Wirkung des persönlichen Gehörschutzes	nicht vorhanden		Max. Expositions- werte unterhalb Gehörschutz 85 dB(A)	Max. Expositions- werte unterhalb Gehörschutz 137 dB(C)

LärmVibrationsArbSchV - Anforderungen

untere/obere Auslösewerte ($L_{EX,8h}$) ($L_{pC,peak}$)	> 80 dB(A) > 135 dB(C)	> 85 dB(A) > 137 dB(C)
Informations- und Unterweisungspflicht	(\geq)	
Gehörschutz zur Verfügung stellen	x	
Angebot für eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung	x	
Pflichtuntersuchung des Gehörs durch Arzt bzw. unter Verantwortung des Arztes		(\geq)
Sicherstellen das Gehörschutz getragen wird		(\geq)
Lärminderungsprogramm		x
Lärmbereichskennzeichnung Abgrenzung bzw. Zugangseinschränkung, sofern technisch möglich und durch Expositionsrisiko gerechtfertigt		x (wo \geq 85 dB(A) sein können)

Arbeitsschutzgesetz

§ 4 Allgemeine Grundsätze

Die Arbeit ist so zu gestalten, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird

Gefahren sind an der Quelle zu bekämpfen

Bei den Maßnahmen sind der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen

Individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen

Struktur der LärmVibrationsArbSchV

**Abschn.1+2: Anwendungsbereich,
Begriffsbestimmungen**

**Abschn. 3: Auslösewerte bei Lärm,
Vermeidung und Verringerung
der Lärmexposition, Gehörschutz**

**Abschn. 4: Expositionsgrenz- und Auslösewerte und
Minderungsmaßnahmen bei Vibrationen**

**Abschn. 5: Unterweisung der Beschäftigten,
Beratender Ausschuss,
arbeitsmedizinische Vorsorge**

**Abschn. 6: Ausnahmen, Ordnungswidrigkeiten,
Übergangsvorschriften**

Allgemeine Bestimmungen zum Lärm

§1 Anwendungsbereich: ...gilt zum Schutz der Beschäftigten vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Lärm ... bei der Arbeit

§2 Begriffsbestimmungen:

- (1) Lärm im Sinne dieser Verordnung ist jeder Schall, der zu einer Beeinträchtigung des Hörvermögens oder zu einer sonstigen mittelbaren oder unmittelbaren Gefährdung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten führen kann.
- (2) Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$
- (3) Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$
- (4) Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$

§2 Begriffsbestimmungen:

Stand der Technik: ...ist der Entwicklungsstand *fortschrittlicher Verfahren*, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die *praktische Eignung* einer Maßnahme zum Schutz der Gesundheit und zur Sicherheit der Beschäftigten gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des St.d.T. sind insbesondere *vergleichbare Verfahren, Einrichtungen, Betriebsweisen* heranzuziehen, die *mit Erfolg in der Praxis erprobt worden sind*.

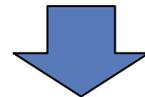
Tageslärme xpositionspegel - Beurteilungspegel

Beurteilungspegel L_{Ar}

- Messung nach DIN 45645 Teil 2

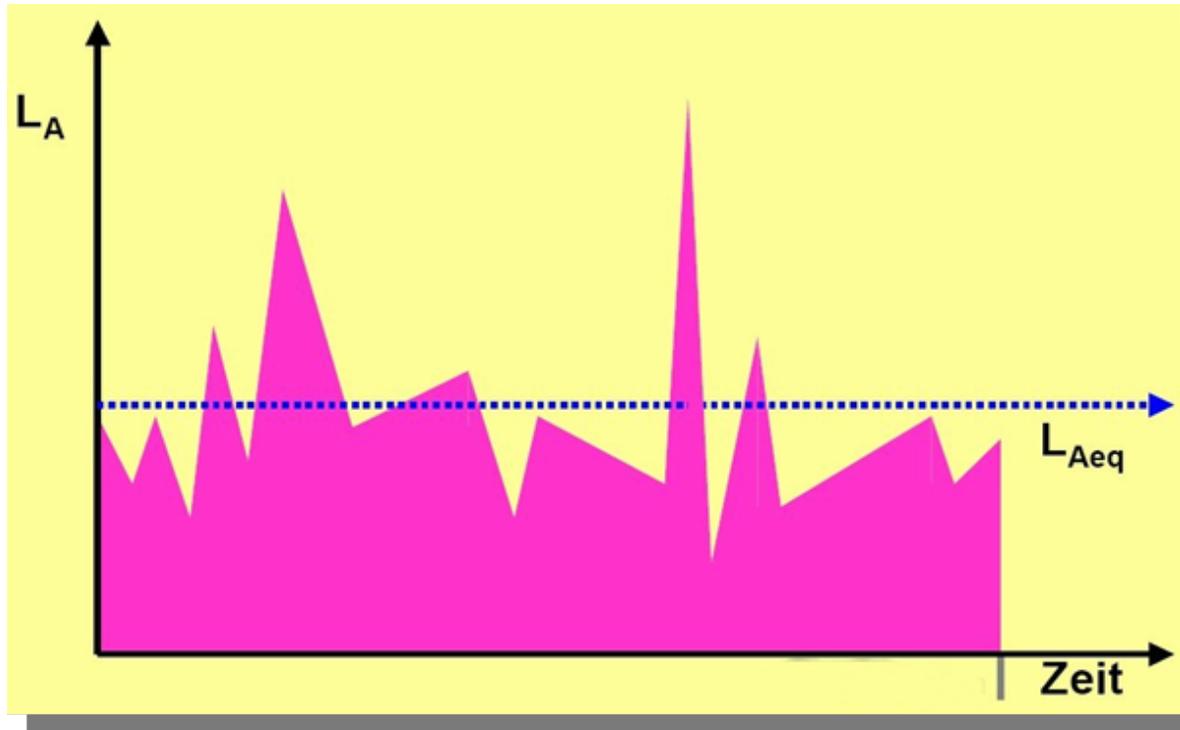
Tageslärme xpositionspegel $L_{EX,8h}$

- Definition in ISO 1999
- Messverfahren in Kürze in DIN EN ISO 9612



Der Tageslärme xpositionspegel $L_{EX,8h}$ entspricht bei einer Bezugszeit von 8h dem Beurteilungspegel L_{Ar} ohne Impuls- und Tonzuschlag

Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{Aeq, T}$



$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L(t)} dt \right) dB$$

Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$

$$L_{EX,8h} = L_{pAeq,8h}$$

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{8h} \sum_{i=1}^n T_i \cdot \left(10^{0.1 L_{Aeq,i}} \right) \right] \text{dB}$$

T_i = Teilzeit

$L_{Aeq,i}$ = Mittelungspegel in der Teilzeit

$$L_{EX,8h} = L_{pAeq,T} + 10 \log \frac{T}{8h}$$

Wochen-Lärmexpositionspegel $L_{EX,40h}$

$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,40h}$$

Annahme 1: Arbeitswoche hat nur 32 Stunden


$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,32h} + 10 \log \frac{32h}{40h} \quad \text{dB(A)}$$


$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,32h} + (-1) \quad \text{dB(A)}$$

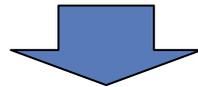
Annahme 2: Arbeitswoche hat 48 Stunden


$$L_{EX,40h} = L_{pAeq,48h} + (+1) \quad \text{dB(A)}$$

Tageslärme xpositionspegel

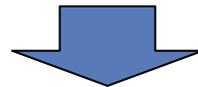
Beurteilungspegel (DIN 45645-2)

$$L_{Ar} = L_{pAeq,T} + K_I + K_T + 10 \log \frac{T}{8h}$$



Tageslärme xpositionspegel

$$L_{EX,8h} = L_{Ar} - K_I - K_T$$



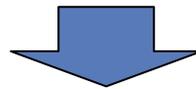
$$L_{EX,8h} = L_{pAeq,T} + 10 \log \frac{T}{8h}$$

Weber: arbeitet 8 Stunden unter 96 dB(A)



$$L_{EX,8h} = 96 \text{ dB}$$

Webmeister: arbeitet 60 min bei 95 dB(A) und
420 min bei 80 dB(A)



$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{9,5} \cdot 60 \text{ min} + 10^{8,0} \cdot 420 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$



$$L_{EX,8h} = 86 \text{ dB}$$

Elektriker: arbeitet bei 75 dB(A) in der Werkstatt, einmal pro Schicht erfolgt für 12 min ein Kontrollgang in einer gekapselten Anlage bei einem Schalldruckpegel von 115 dB(A)

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{11,5} \cdot 12 \text{ min} + 10^{7,5} \cdot 468 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$

$$\longrightarrow L_{EX,8h} = 98,99 \text{ dB}$$

Bei Annahme, dass nur 12 min unter Lärm bei 115 dB gearbeitet wird:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480 \text{ min}} \left(10^{11,5} \cdot 12 \text{ min} + 10^0 \cdot 468 \text{ min} \right) \right] \text{ dB}$$

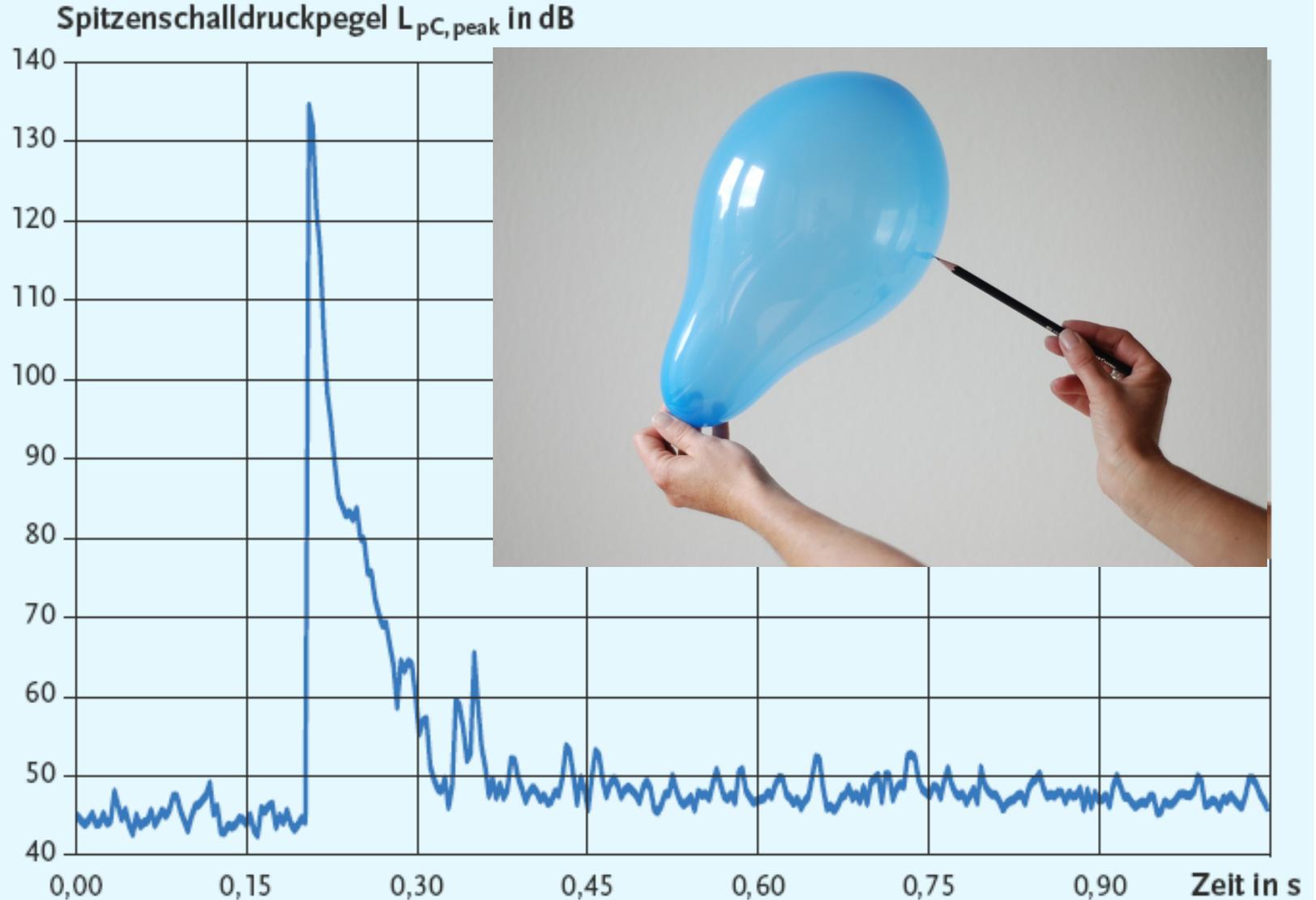
$$\longrightarrow L_{EX,8h} = 98,98 \text{ dB}$$

1 Minute bei 112 dB(A) bedeutet

$$L_{EX,8h} > 85\text{dB(A)}$$

Spitzenschalldruckpegel

$L_{pC,peak}$



Spitzenpegel und Dauerschallpegel

Tätigkeit	$L_{pC,peak}$	L_{Aeq}
Einpressen von Innenringen in Lagerringe	135	87
Flaschenabfüllung	120	92
Bohrhammer	118 / 126	96 / 100
Schlagbohrmaschine	123	106
Druckluftnagler	130	91
Exzenterpresse (10t)	123	91
Schlagschere	138	
Schmiedehammer	144	100
Handhammer Nägel in Holz eintreiben	120	90

Extreme Knallereignisse

- **Frontairbag beim Aufprall** $L_{pC,peak} = 160 - 164 \text{ dB}$
- **Seitenairbag beim Aufprall** $L_{pC,peak} = 153 - 158 \text{ dB}$
- **Platzen eines Schlauches** $L_{pC,peak} = 152 - 168 \text{ dB}$
- **Akkumulatorexlosion** $L_{pC,peak} = 170 \text{ dB}$
- **Revolver** $L_{pC,peak} = 164 \text{ dB}$
- **Explosion einer Spraydose** $L_{pC,peak} = 160 \text{ dB}$
- **Schneefeldsprengung (20m)** $L_{pC,peak} = 155 \text{ dB}$
- **Platzen eines Luftballons** $L_{pC,peak} = 138 \text{ dB}$
- **Platzen eines Stahlrohres in 1,6 m** $L_{pC,peak} = 147 \text{ dB}$

Gefährdungsbeurteilung (gemeinsame Bestimmungen)

§3(1)

...nach §5 des ArbSchG hat der Arbeitgeber zunächst festzustellen, ob die beschäftigten Lärm ... ausgesetzt sind oder **ausgesetzt sein könnten**.

... Dazu hat er die auftretenden Expositionen am Arbeitsplatz **zu ermitteln und zu bewerten**.

Der Arbeitgeber kann sich die notwendigen **Informationen beim Hersteller oder Inverkehrbringer von Arbeitsmitteln** oder bei anderen ohne weiteres zugänglichen Quellen beschaffen

Lässt sich die Einhaltung der Auslöse- und Expositionsgrenzwerte nicht sicher ermitteln, hat er den Umfang der Exposition **durch Messungen** ... festzustellen.

Entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber **Schutzmaßnahmen festzulegen**.

Gefährdungsbeurteilung (gemeinsame Bestimmungen)

§3(2) Bei der Gefährdungsbeurteilung ist zu berücksichtigen:

- **Art, Ausmaß** und **Dauer** der **Exposition**
- **Auslösewerte, maximale Expositionswerte** nach §8
- alternative Arbeitsmittel und Ausrüstungen (**Substitutionsprüfung**)
- Erkenntnisse aus der **arbeitsmedizinischen Vorsorge**
- berufliche Exposition **über eine Achtstundenschicht hinaus**
- Verfügbarkeit und Wirksamkeit von **Gehörschutzmitteln**
- **Herstellerangaben** zu Vibrations- und Lärmemissionen

§3(3) Mögliche **Wechselwirkungen** und **Kombinationswirkungen** sind... zu berücksichtigen

- Lärm und Vibrationen
- Lärm und **ototoxische Stoffe**

Ototoxische Stoffe

Die wichtigsten ototoxischen Stoffe bei beruflicher Exposition (NIOSH 2002)

N-Hexan	N-Heptan	Toluol
Ethylbenzol	N-Propylbenzol	Xylol
Styrol	Trichlorethylen	Schwefelkohlenstoff
Kohlenmonoxid	Zyanide	Blei
Quecksilber	Cadmium	Arsen

- **Bei Einhaltung der derzeit gültigen Grenzwerte für ototoxische Arbeitsstoffe ist ein wesentlicher Hörverlust wenig wahrscheinlich.**
- **Ein erhöhtes Risiko kann bei Tätigkeiten mit ototoxischen Arbeitsstoffen auftreten, wenn es zu Überschreitungen der Grenzwerte kommt (z.B. bei der Styrolverarbeitung).**
- **Lärm ist der stärkste Risikofaktor für Hörschäden..**

§3(3) ...Bei Tätigkeiten, die eine hohe Konzentration und Aufmerksamkeit erfordern, sind störende und negative Einflüsse infolge einer Exposition durch Lärm oder Vibrationen zu berücksichtigen.

§3(4) „Dokumentation“

- unabhängig von der Zahl der Beschäftigten
- angeben welche Gefährdungen am Arbeitsplatz auftreten können
- Maßnahmen, die zur Vermeidung und Minimierung der Gefährdung der Beschäftigten durchgeführt werden müssen, nennen
- Gefährdungsbeurteilung ist zu aktualisieren, wenn maßgebliche Veränderungen der Arbeitsbedingungen dies erforderlich machen oder wenn sich eine Aktualisierung auf Grund der Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge als notwendig erweist

§4 Messungen

- Messungen sind nach dem Stand der Technik durchzuführen
- Messverfahren und –geräte müssen den vorhandenen Arbeitsplatz- und Expositionsbedingungen angepasst sein
- die Messverfahren und –geräte müssen geeignet sein, die jeweiligen physikalischen Größen zu bestimmen, und die Entscheidung erlauben, ob die... festgesetzten Auslöse- und Expositionsgrenzwerte eingehalten werden

§4 Fachkunde

- ...dass die Gefährdungsbeurteilung nur von fachkundigen Personen durchgeführt wird
- Fachkundige Personen sind insbesondere der Betriebsarzt und die Fachkraft für Arbeitssicherheit

§7(1) Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Lärmexposition

§7(1) ... Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik durchzuführen, um die Gefährdung ... auszuschließen oder so weit wie möglich zu verringern.

... folgende Rangfolge ist zu berücksichtigen:

- Die Lärmemission muss am Entstehungsort verhindert oder so weit wie möglich verringert werden.**
- Technische Maßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen**
- Die Maßnahmen ... haben Vorrang vor der Verwendung von Gehörschutz**

T	Technische Maßnahmen	
O	Organisatorische Maßnahmen	
P	Persönl. Schutzausrüstung	↔ Gehörschutz

Maßnahmen zur Verringerung der Exposition nach §7(2)

- **Alternative leisere Arbeitsverfahren**
- **Auswahl von Arbeitsmitteln die möglichst wenig Lärm erzeugen**
- **lärm mindernde Gestaltung und Einrichtung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze**
- **technische Lärm minderung an der Maschine**
 - **Luftschallminderung: Kapseln, Schallschirme**
 - **Körperschallminderung: Körperschalldämmung**
- **Wartungsprogramme für Arbeitsmittel, Arbeitsplätze und Anlagen**
- **organisatorische Lärm minderung**

Maßnahmen zur Verringerung der Exposition

Technische Lärminderung an der Maschine



- DIN EN 11688 Teil 1 und Teil 2 - Richtlinien für die Gestaltung lärm-
armer Maschinen und Geräte
- DIN EN ISO 15667 - Leitfaden für den Schallschutz durch
Kapseln und Kabinen
- EN ISO 14163 - Richtlinien für den Schallschutz durch
Schalldämpfer

Lärminderung auf dem Übertragungsweg und am Arbeitsplatz



- DIN EN 11690 Teil 1, Teil 2 - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen ma-
schinenbestückter Arbeitsstätten

Ruheräume und Lärmbereiche

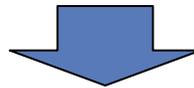
- **§7(3) In Ruheräumen ist ... die Lärmexposition so weit wie möglich zu verringern.**
- **§7(4) Arbeitsbereiche mit Schallpegelwerten \geq den oberen Auslösewerten ist eine Kennzeichnung und falls technisch möglich eine Abgrenzung erforderlich**
- **§7(5) Für Bereiche mit Schallpegelwerten $>$ der oberen Auslösewerte ist ein Lärminderungsprogramm erforderlich**

Gehörschutz

- §8(1) ab $L_{EX,8h} > 80 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{pC,peak} > 135 \text{ dB(C)}$ ist vom Arbeitgeber Gehörschutz zur Verfügung zu stellen
- §8(2) unter Einbezug der Wirkung des Gehörschutzes dürfen die maximalen Expositionswerte von $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{pC,peak} = 135 \text{ dB(C)}$ nicht überschritten werden.
- §8(3) Sicherstellung durch den Arbeitgeber, dass Gehörschutz getragen wird für $L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$ bzw. $L_{pC,peak} \geq 135 \text{ dB(C)}$
 - Arbeitnehmertragepflicht ergibt sich aus §15(2) des ArbSchG
- §8(4) Gehörschutz ist regelmäßig zu überprüfen

Maximale Expositionswerte unterhalb des Gehörschutzes

- **Messung unterhalb des Gehörschutzes**
- **Messung vor dem Ohr und Abzug der Dämmung aus der Baumusterprüfung des Gehörschutzes**
- **Individuelle und aktuell wirksame Dämmung unbekannt**



Messung vor dem Ohr

- zukünftig nach DIN EN ISO 9612

und Abzug einer mittleren reduzierten Dämmung

- eventuell entsprechend BG Fachinfoblatt 4

Einhaltung der Expositionsgrenzwerte mit Gehörschutz

Vorschlag des AK „Gehörschutz“ des FA PSA



Ziel ist ein Restpegel am Ohr von 65-79 dB(A)

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} - (M - K_S) \text{ für hoch-/mittelfrequenter Lärm}$$

$$L'_{EX,8h} = L_{EX,8h} - (L - K_S) \text{ für tieffrequenter Lärm}$$

$K_S = 9$ dB für Gehörschutzstöpsel

$K_S = 5$ dB für Gehörschutzkapseln

$K_S = 3$ dB für Otoplastiken

M und L aus Baumusterprüfung

Unterweisung der Beschäftigten

§11 Unterweisung der Beschäftigten

- **Wenn Auslösewerte erreicht oder überschritten werden**
- **Vor Aufnahme der Beschäftigung, danach in regelmäßigen Abständen**
- **immer bei wesentlichen Änderungen der Belastung**

§11 (2) Unterweisung der Beschäftigten - Inhalte

- **Information über die Art der Gefährdung,**
- **die durchgeführten Maßnahmen zur Beseitigung oder zur Minimierung der Gefährdung,**
- **die Auslösewerte und maximalen Expositionswerte,**
- **die Ergebnisse der Ermittlungen zur Exposition zusammen mit einer Erläuterung ihrer Bedeutung und der Bewertung der damit verbundenen Gefährdungen und gesundheitlichen Folgen,**
- **die sachgerechte Verwendung des Gehörschutzes,**
- **die Voraussetzung für den Anspruch auf arbeitsmed. Vorsorge, Zweck,**
- **die ordnungsgemäße Handhabung der Arbeitsmittel und sichere Arbeitsverfahren zur Minimierung der Exposition.**

§13, §14 Arbeitsmedizinische Vorsorge

§13

- **Erstuntersuchungen vor Aufnahme einer gefährdenden Tätigkeit**
- **Nachuntersuchungen in regelmäßigen Abständen**
- **Nachuntersuchungen bei Beendigung dieser Tätigkeit**
- **Untersuchungen aus besonderem Anlass nach §14 Abs. 4**

§14

- **Veranlassung einer arbeitsmedizinische Vorsorge bei Überschreiten der oberen Auslösewerte**
- **Angebot für eine arbeitsmedizinische Vorsorge bei Überschreiten der unteren Auslösewerten**

§15, §16 Ausnahmen, Straftaten und Ordnungswidrigkeiten

§15 Ausnahmen von §5 - §14

- **Auf Antrag des Arbeitgebers bei der zuständigen Behörde:**
 - wenn ... im Einzelfall für ein Unternehmen ... unverhältnismäßige Härte ... und die Abweichung mit dem Schutz der Beschäftigten vereinbar ist.
 - in besonderen Fällen die Anwendung des Wochenlärme xpositionspegels

§16 Straftaten und Ordnungswidrigkeiten

- gegenüber der BGV B3 erweiterte neue Liste von Ordnungswidrigkeiten
- Neu ist die Einführung von Straftatbeständen

Untergesetzliches Regelwerk

UVV-Lärm d.h. BGV B3 mit Durchführungsanweisung ist ungültig!



- **Im ABS (Ausschuss für Betriebssicherheit) wird über technische Regeln beraten**
 - **UA 8 erarbeitet zurzeit TRLVs**
- **LASI - Handlungsanleitungen in Vorbereitung**
- **EU - Leitfaden vor der Veröffentlichung** (Konsortium aus INRS, BAuA, CIOP, HSE)
- **BAuA Leitfaden zur Gefährdungsanalyse S42 (in Überarbeitung)**
- **www.bg-laerm.de; Normen**

Einige noch zu regelnde Punkte!

- **Kennzeichnung von Lärmbereichen auf Basis des Tageslärmmexpositionspegels**
- **konkrete Maximalpegel für Pausen- und Ruheräume**
- **Berücksichtigung der Messunsicherheit beim Vergleich der Messwerte mit den Auslösewerten und Maximalwerten**
- **akustische Anforderungen an die Raumakustik**
- **Berücksichtigung von Wechselwirkungen in der Praxis**
- **Berücksichtigung der kognitiven Beanspruchung**
- **in der Praxis relevante Dämmung von Gehörschutz**

Emission – Immission - Exposition

Maschinenhersteller

Emission

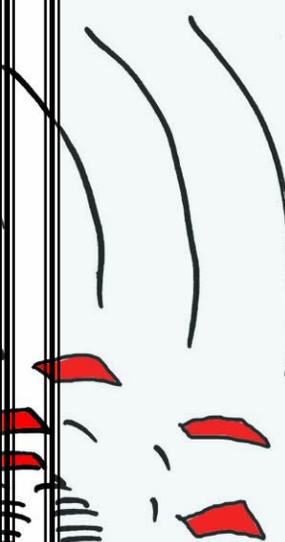
L_{WA} und $L_{pA,Emiss.}$



Arbeitgeber

Immission

L_{pA}



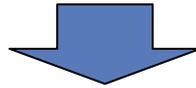
Exposition

$L_{EX,8h}$



Lärminderung in der EU

Grundlegende Forderung der EG – Maschinenrichtlinie 2006/42/EG



1.5.8. *Lärm*

Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass Risiken durch Luftschallemission insbesondere an der Quelle so weit gemindert werden, wie es nach dem Stand des technischen Fortschritts und mit den zur Lärminderung verfügbaren Mitteln möglich ist.

Der Schallemissionspegel kann durch Bezugnahme auf Vergleichsemissionsdaten für ähnliche Maschinen bewertet werden.

Lärminderung in der EU

Geräuschangaben nach EG-Maschinenrichtlinie



Erforderliche Angaben zur Geräuschemission in der Betriebsanleitung und in den **Werbebroschüren**

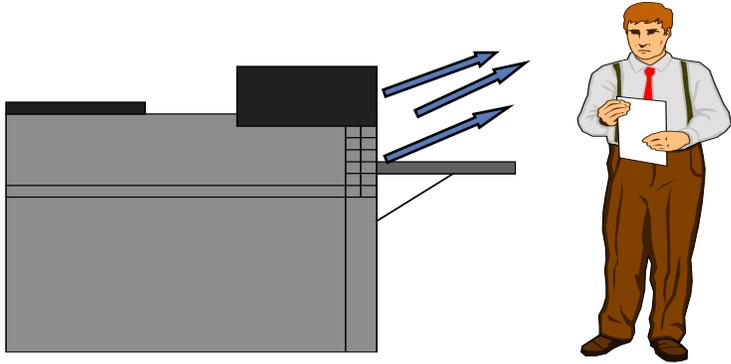
Emissionsschalldruckpegel L_{pA} am Arbeitsplatz, wenn er über 70 dB(A) liegt. Ist er niedriger, ist ≤ 70 dB(A) anzugeben.

Schalleistungspegel L_{WA} der Maschine, wenn der L_{pA} am Arbeitsplatz über **80 (85)** dB(A) liegt.

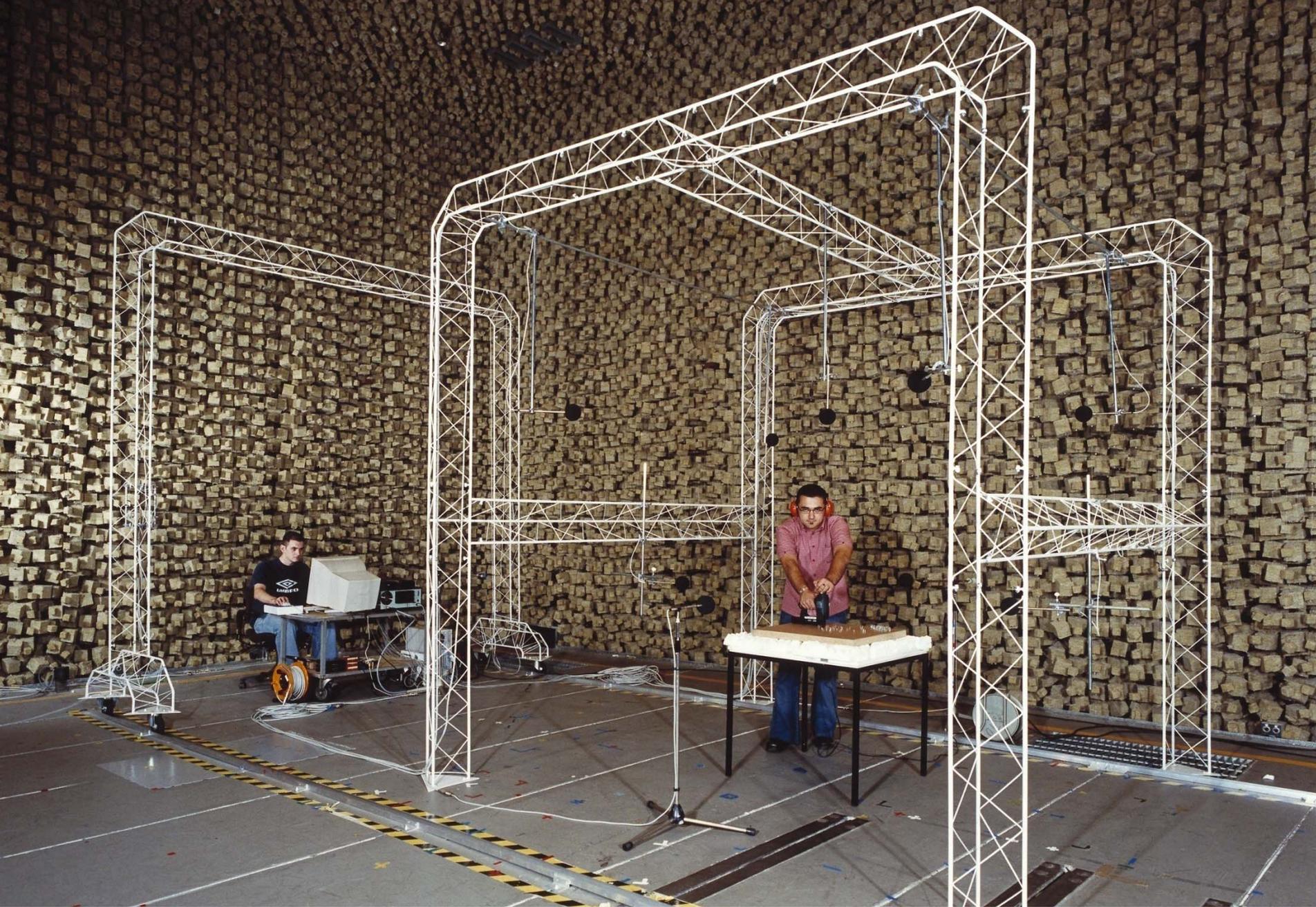
L_{pCpeak} am Arbeitsplatz wenn dieser Wert über 130 dB beträgt.

Emissionsschalldruckpegel

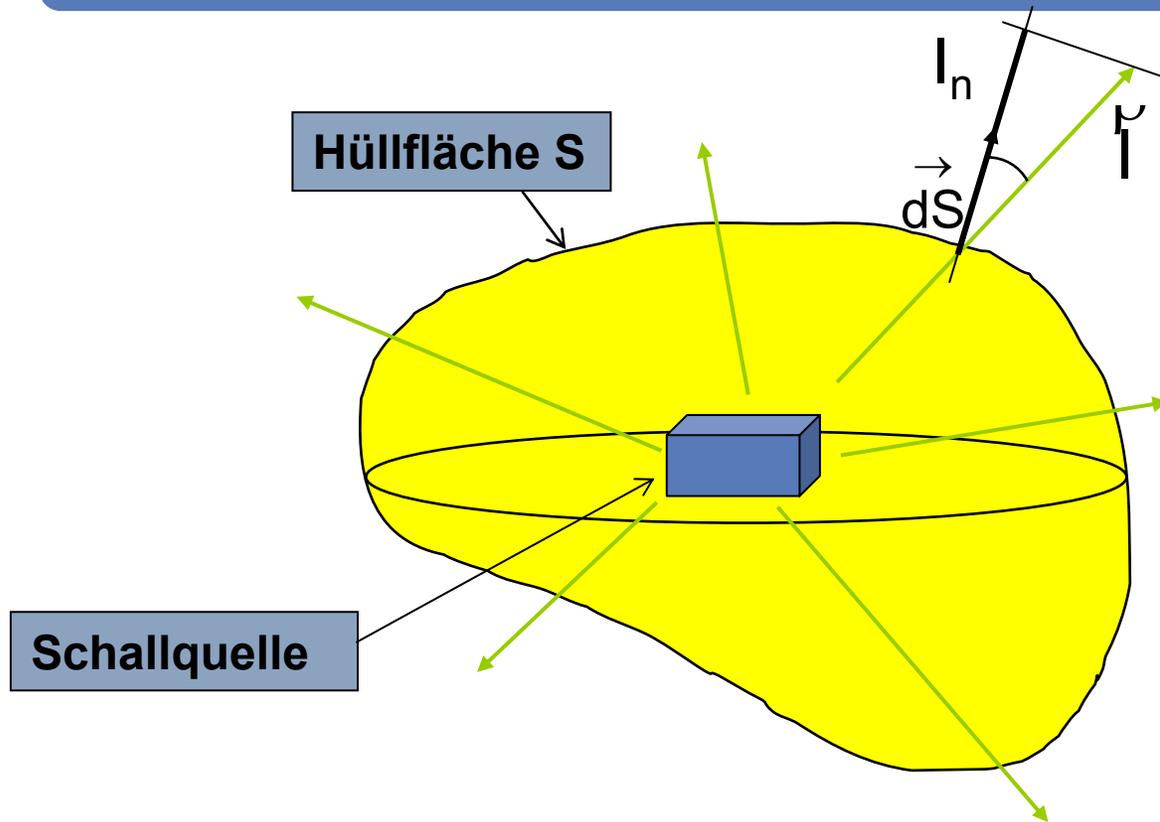
Der Emissionsschalldruckpegel L_{pA} beschreibt die direkte Schalleinwirkung der Maschine auf den Arbeitsplatz



- **akustisches Freifeld**
- **Messung am Arbeitsplatz**
- **bei großen Maschinen als Ersatz für den Schalleistungspegel, gemessen an mehreren Stellen um die Maschine herum**



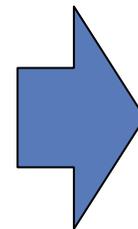
Schalleistung - Grundlagen



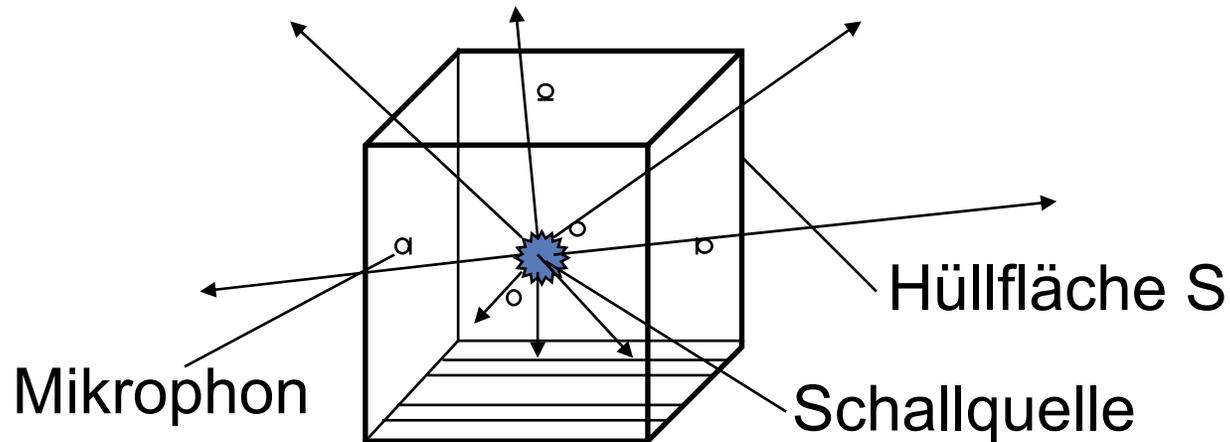
I_n direkt messen

$$I_n \approx p^2 / (\rho c) = |\vec{I}|$$

$$\iiint_V \operatorname{div} \vec{I} dV = \iint_S I_n dS = P = W$$



Schalleistungspegel



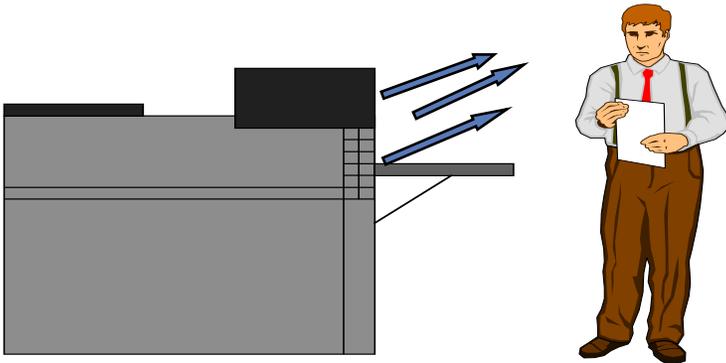
Leistung **W** = Intensität **I** · Hüllfläche **S**

$$\rightarrow L_W = \bar{L}_p + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad S_0 = 1 \text{m}^2$$

Emissionsschalldruckpegel

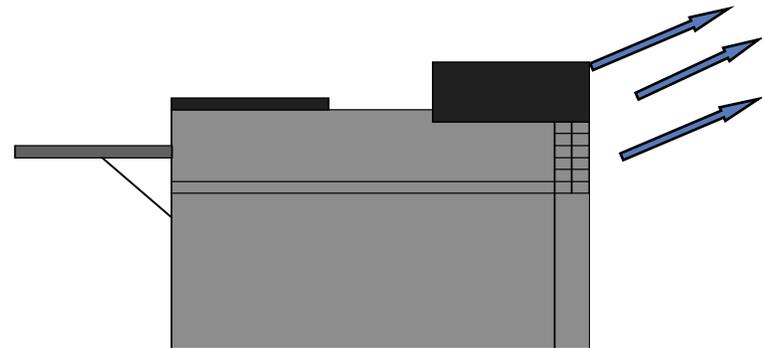
$$L_{WA} = 70\text{dB}$$

$$L_{pA} = 60\text{ dB}$$



$$L_{pA} = 54\text{ dB}$$

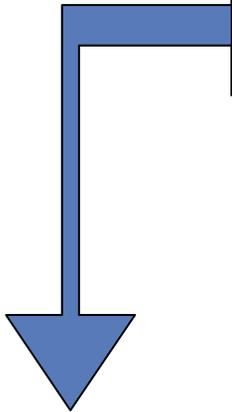
$$L_{WA} = 70\text{dB}$$



Artikel 95

Neues Konzept - New Approach (1985)

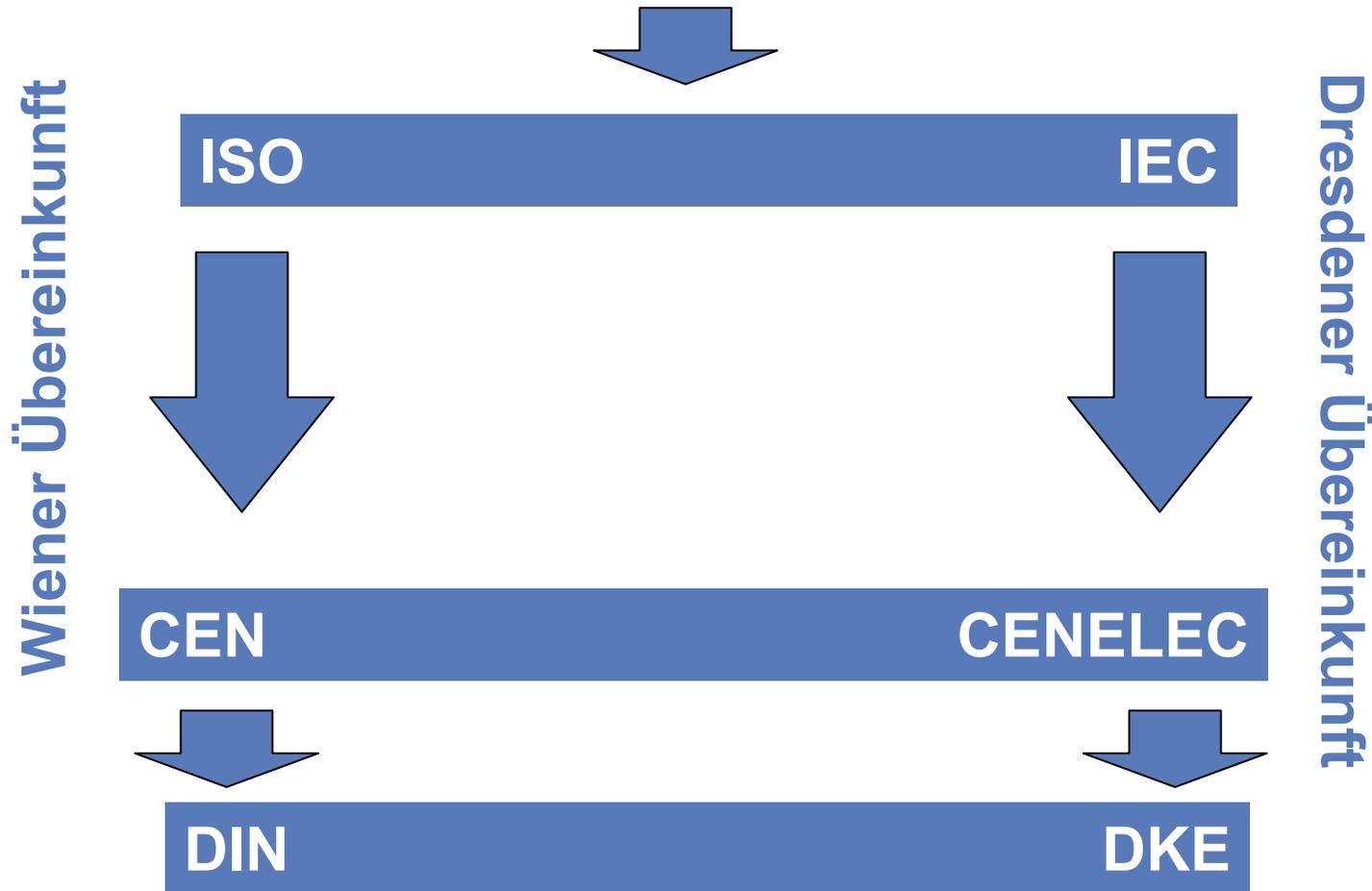
- **EG-Richtlinie**
Grundlegende Anforderungen
- **„Harmonisierte“ Europäische Normen**
Konkretisierung



Vermutungswirkung – Presumption of conformity

Normung

Normen sollen möglichst auf internationaler Ebene erarbeitet werden.



Normentypen in der EU

**Konkretisierung der wesentlichen Anforderungen der
Maschinenrichtlinie geschieht
in europäischen Normen
(New Approach)**

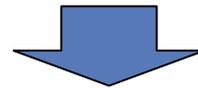


A - Normen: Sicherheitsgrundnormen

B - Normen: Sicherheitsgruppennormen

B₁- Normen: spezielle Sicherheitsaspekte

B₂- Normen: spezielle Sicherheitseinrichtungen



C - Normen: Maschinensicherheitsnormen

(alle sicherheitsrelevanten Festlegungen,
Geräushtestcode, Betriebsbedingungen)

CEN

CENELEC

B-Normen zur Geräuschemissionsmessung

Messverfahren zur Bestimmung des Schalleistungspegels

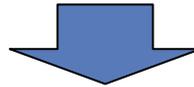
EN ISO 3740	Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen
EN ISO 3741	
EN ISO 3743-1	Hallraumverfahren
EN ISO 3743-2	
EN ISO 3744	
EN ISO 3745	Freifeldverfahren
EN ISO 3746	
EN ISO 3747	Vergleichsverfahren unter Einsatzbedingungen
EN ISO 9614 -1,2,3	Schallintensitätsverfahren

B-Normen zur Geräuschemissionsmessung

Messverfahren zur Bestimmung des Emissionsschalldruckpegels

EN ISO 11200	Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen
EN ISO 11201	Genauigkeitsklasse 2, Verfahren für ein im wesentlichen freies Schallfeld
EN ISO 11202	Genauigkeitsklasse 3, Messungen unter Einsatzbedingungen
EN ISO 11203	Berechnung aus dem Schalleistungspegel
EN ISO 11204	Verfahren mit lokaler Umgebungskorrektur
EN ISO 11205	Genauigkeitsklasse 2, Messungen unter Einsatzbedingungen aus Schallintensitätsmess.

Messung - Angabe - Nachprüfung



46 verschiedene Technische Komitees (TC) erarbeiten etwa 750 maschinenspezifische Normen zu:

- **Holzbearbeitungsmaschinen**
- **Papierherstellungs-, Druckmaschinen**
- **Gießereimaschinen**
- **Nahrungsmittelmaschinen**
- **Verpackungsmaschinen**
- **Elektrowerkzeuge**
- **Oberflächenbehandlungsanlagen**
- ⋮

Nutzen einer Geräuschemissionsangabe

- **Auswahl leiser Maschinen durch den Einkäufer**
- **Beschreibung des Standes der Lärminderungstechnik**
- **Verbesserung des technischen Dialogs zwischen Hersteller und Kunde**
- **Schallprognose**
- **Erhöhte Transparenz des Maschinenmarktes**
- **Herausheben von vergleichsweise leisen Maschinen**
- **Anregung zur Entwicklung leiser Maschinen**

Sachgerechte Geräuschemissionsangabe

Holzbearbeitungsmaschine Zapfenschneidmaschine, Typ 8/v

Angegebener Zweizahl - Geräuschemissionswert – EN ISO 4871

	Leerlauf	Last
A - bewerteter Schalleistungspegel, L_{WA} in dB re 1 pW	96	100
Unsicherheit K_{WA}	2	2
A - bewerteter Emissions- schalldruckpegel, L_{pA} , in dB re 20 μ Pa	82	88
Unsicherheit K_{pA}	3	3

Die Werte wurden ermittelt nach der Geräuschestestnorm ISO 7960 unter Anwendung der Grundnormen EN ISO 3744 und EN ISO 11204.

Beispiele aus der Praxis für ungeeignete Geräuschemissionsangaben

- Bei der Entwicklung der Maschine wurden lärmmindern-
de Maßnahmen angewendet!
- Das Betriebsgeräusch beträgt 84 dB(A).
- Schalldruckpegel 58 dB(A)
 Betriebsgeräusch 60 dB(A)
- Schalldruckpegel 86 dB(A)
 Schalldleistungspegel 93 dB(A)
 Außengeräusch 114 dB(A)

Lärm-/Vibrationsinformation

Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen des Bedienungspersonals beträgt 84 dB(A).

Der Schalleistungspegel der Maschine beträgt 88 dB(A):

Die Messungen des Dauerschalldruckpegels und des Schalleistungspegel wurden in einer Entfernung von ca. 1 m vom Gerät bei Leerlaufdrehzahl und ohne Last durchgeführt.

Der gewichtete Effektivwert der horizontalen Beschleunigung, dem die oberen Körpergliedmaßen ausgesetzt sind, beträgt 2,6 m/s².

Die Messungen wurden bei Leerlaufdrehzahl und ohne Last durchgeführt.



Außenhandels-gesellschaft

WACHSMUTH & KROGMANN

mit beschränkter Haftung

Domstraße 17, Zürich-Haus • D - 20095 Hamburg

EG-KONFORMITÄTSERKLÄRUNG

Hiermit erklären wir, daß die Bauart des

„TopCraft“ ELEKTROTACKERS ET 120 A

230 V - 50 Hz; max. 20 Arbeitsgänge/Minute, Baujahr 2000, Seriennummer 000001 - 220000

in der gelieferten Ausführung folgenden einschlägigen Bestimmungen entspricht:

EG-Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG

EG-Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit 89/336/EWG

EG-Maschinenrichtlinie 89/392/EWG

Angewendete harmonisierte Normen:

EN 50144-1: 1996; EN 55014-1/A1: 1997; EN 55014-2: 1997,

EN 61000-3-2: 1995 / A 12: 1996; EN 61000-3-3: 1995

Angewendete nationale Normen und technische Spezifikationen:

DIN VDE 0740 T1; DIN VDE 0740 T1/A1;

DIN VDE 0740 T1/A2; DIN VDE 0740 T300

Datum: 18.04.2000

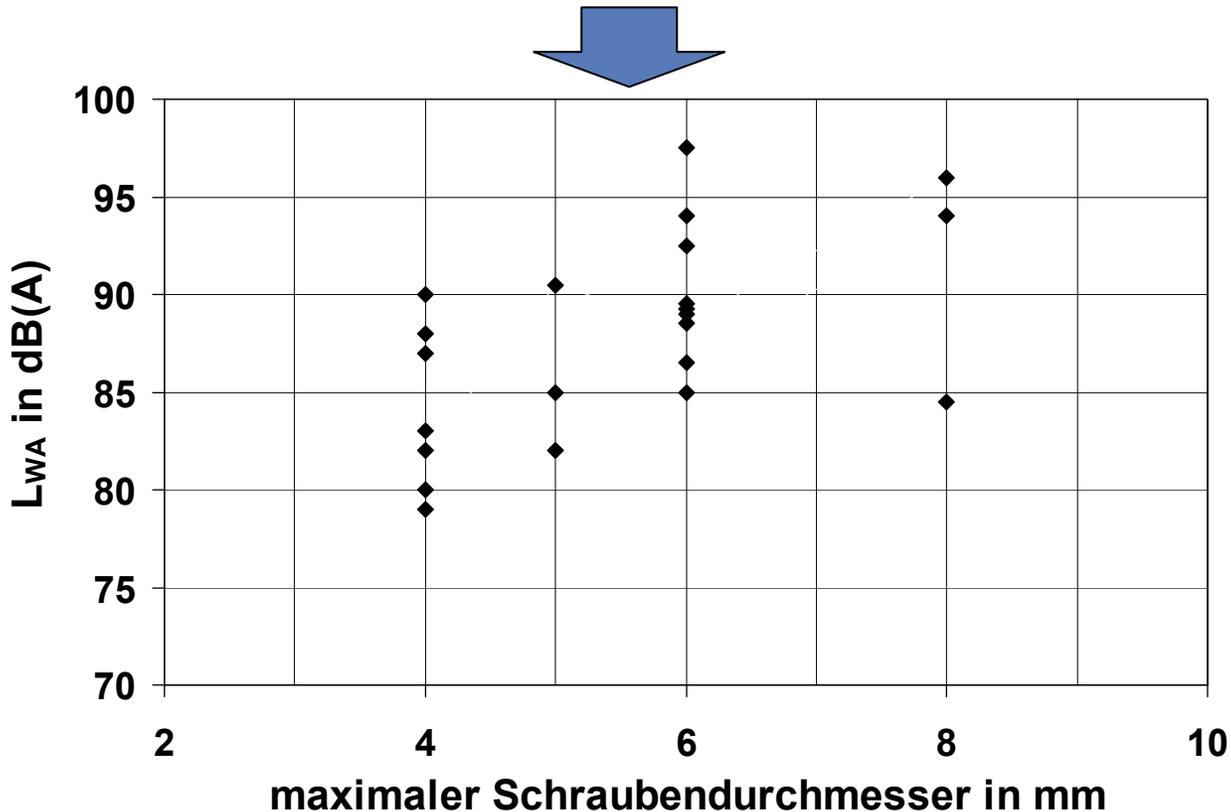
Name: Dipl.-Ing.(FH) Heiner Poets
Handlungsbevollmächtigter

Unterschrift: *i.v. Heiner Poets*

für AHG Wachsmuth & Krogmann mbH

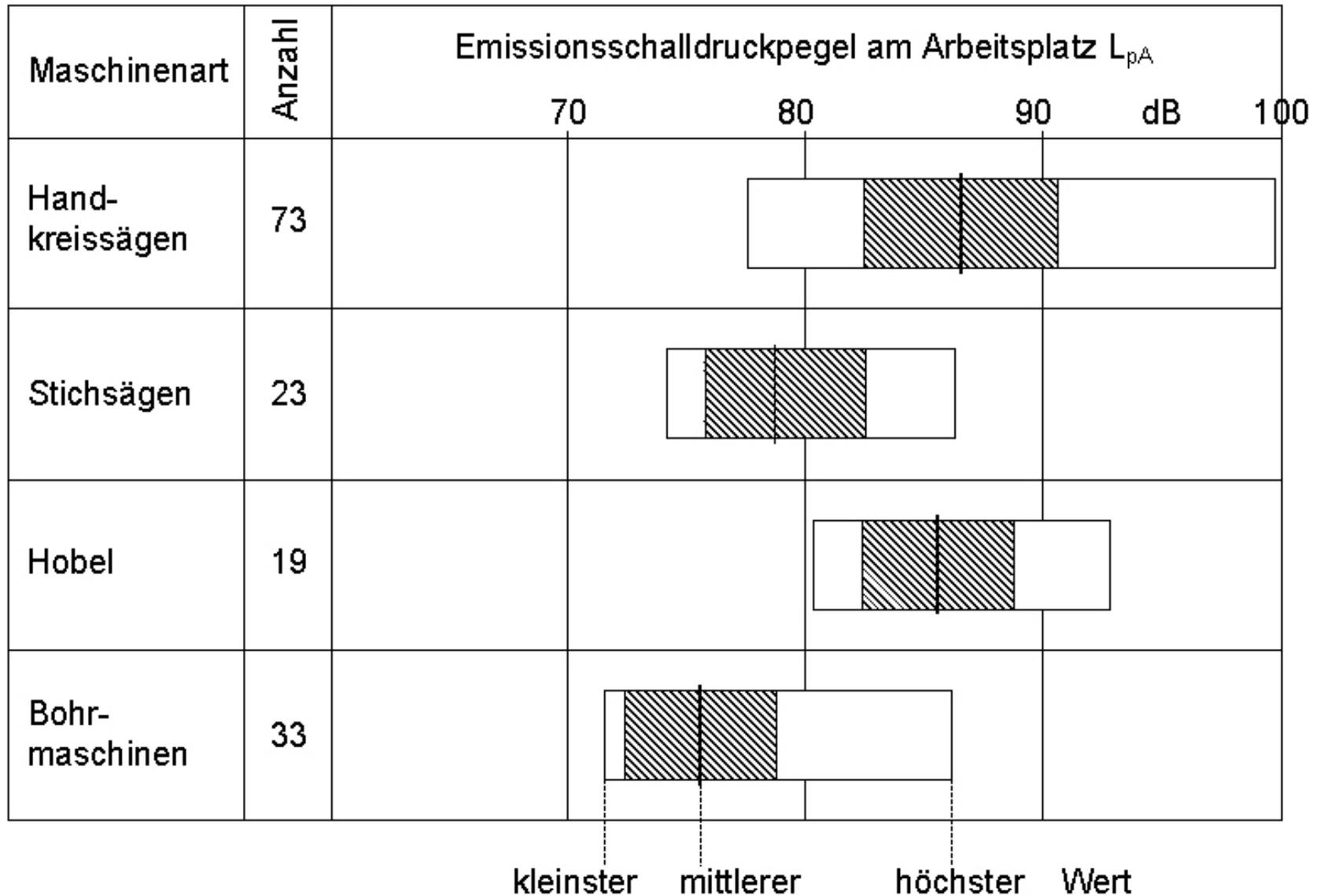
Lärmminderung in der EU

Auswahl leiser Maschinen



Schallleistungspegel von 24 verschiedenen pneumatisch angetriebenen Schraubern.

Geräuschemission von Elektrowerkzeugen



Lärminderung in der EU

EG-Maschinenrichtlinie (98/37/EG bzw. 2006/42/EG)

- **Minimierungsgebot**
 - Lärminderung an der Quelle
 - Maschinen so konstruieren, dass sie möglichst leise sind
- **Information über die Restgefahren (Geräuschemission)**

**Leisere Maschinen
Auswahl leiserer Maschinen
ermöglichen**

Phys. Agenzien-Richtl. "Lärm" (2003/10/EG) bzw. LärmVibrationsArbSchV

- **Die Lärmemission muss am Entstehungsort verhindert werden**
↓
- **Auswahl leiserer Maschinen und Arbeitsverfahren**
- **Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg (Arbeitsraum)**
↓

**Geringere Lärmexposition
der
Arbeitnehmer**

Schalltechnische Kenngrößen

In der Verantwortung des Maschinenherstellers

Emission

Schalleistungspegel	L_{WA}	in dB(A)
Emissionsschalldruckpegel am Arbeitsplatz	L_{pA}	in dB(A)
Spitzenschalldruckpegel	L_{pCpeak}	in dB(C)

In der Verantwortung des Arbeitgebers

Immission

Schalldruckpegel	L_{pA}	in dB(A)
------------------	----------	----------

Exposition

Tageslärnexpositionspegel	$L_{EX,T}$	in dB(A)
Spitzenschalldruckpegel	L_{pCpeak}	in dB(C)

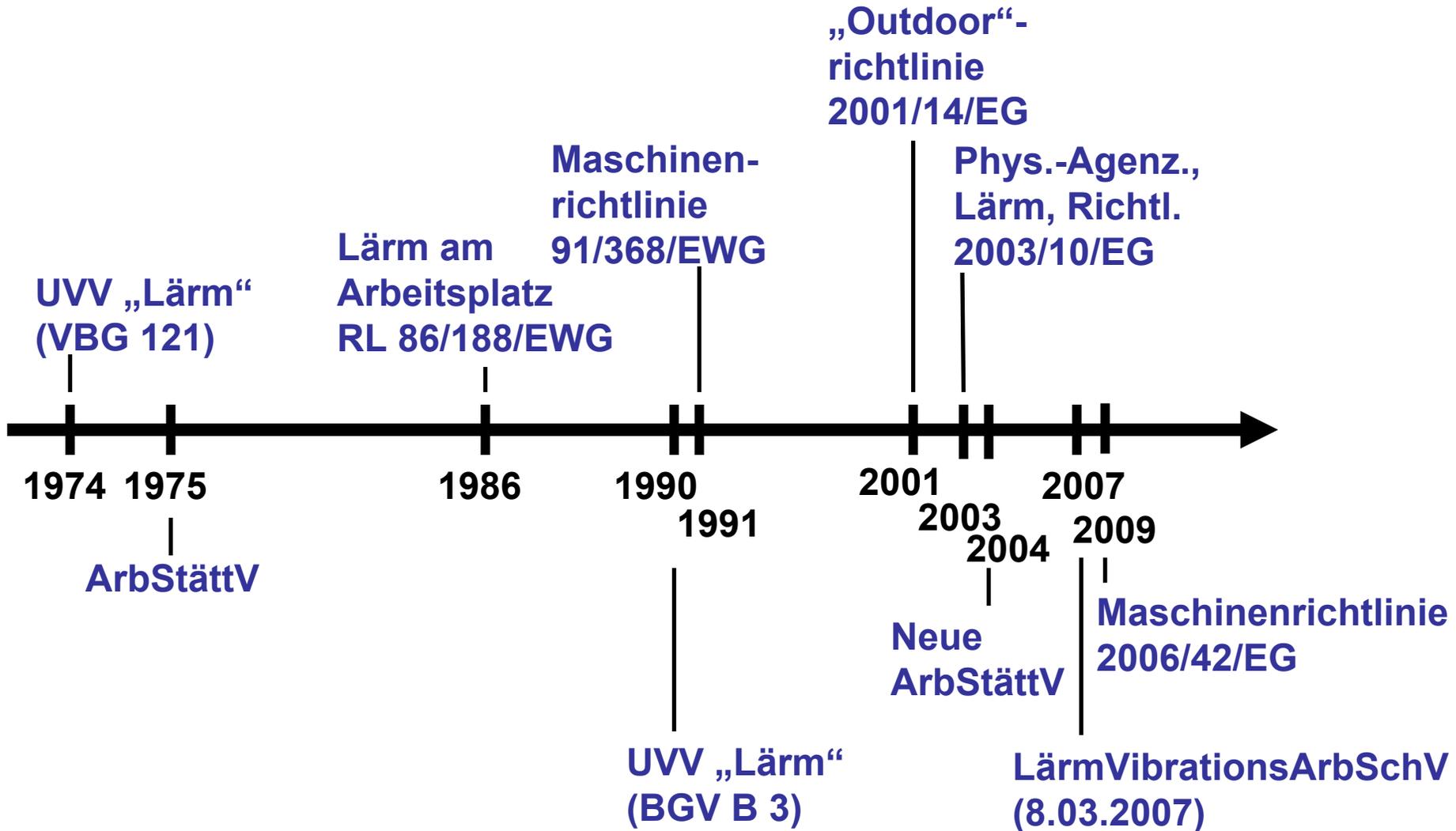
Vom Emissionsschalldruckpegel zum Tageslärnexpositionspegel

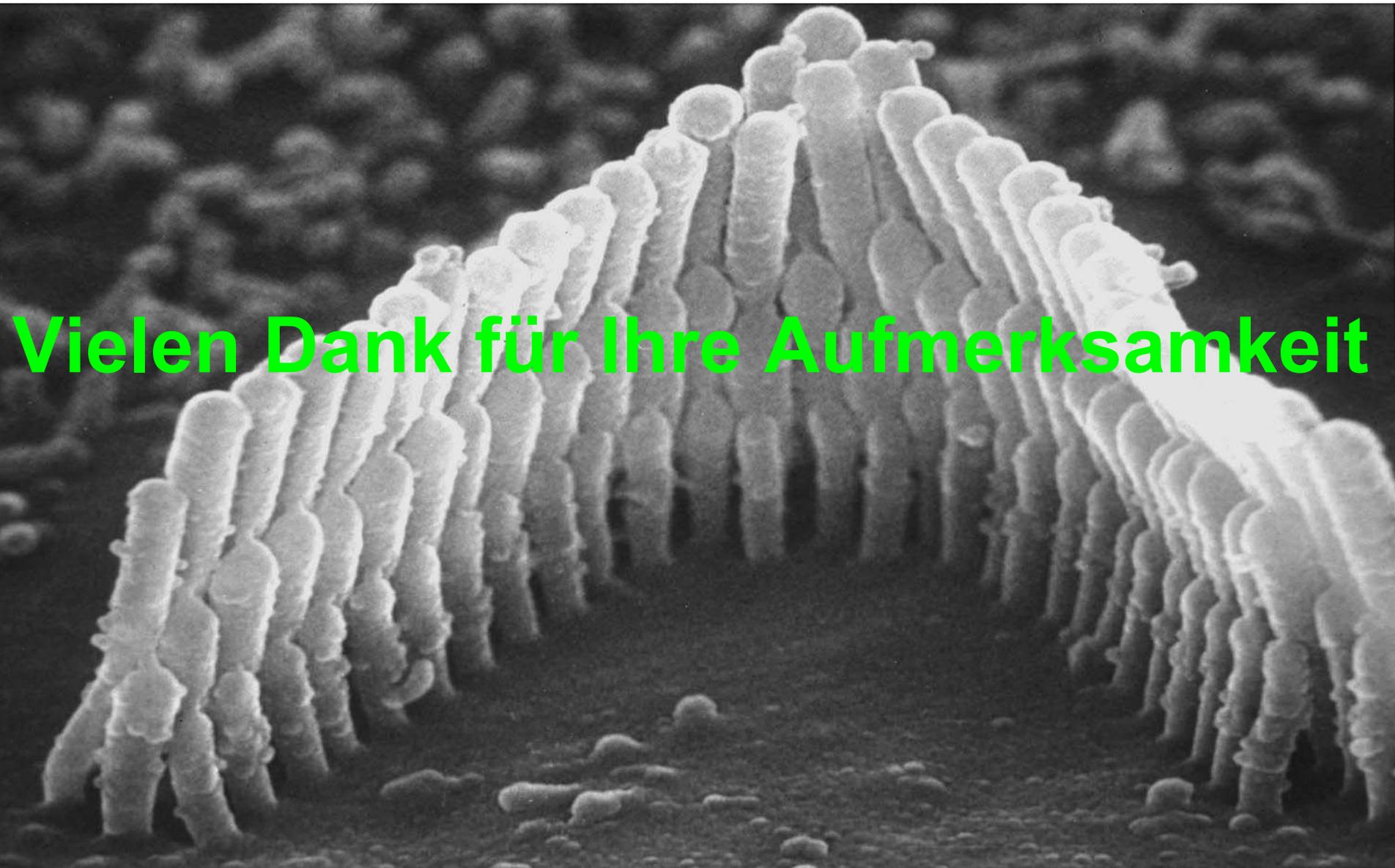
$$L_{EX,8h} = L_{pA} + \begin{array}{l} \text{Emissionsschalldruckpegel} \\ + \Delta L_1 \text{ Beitrag durch Schallreflexionen im Raum} \\ + \Delta L_2 \text{ Beitrag durch eine von der Norm ab-} \\ \text{weichende Betriebsbedingung} \\ + \Delta L_3 \text{ Beitrag der Schalleistung von anderen} \\ \text{im Raum aufgestellten Schallquellen} \\ + \Delta L_4 \text{ Beitrag der sich aus den von außen} \\ \text{eindringenden Geräuschen ergibt} \end{array}$$

Die sich bis hier ergebende Summe entspricht dem Immissionspegel

$$+ \Delta L_5 \text{ Beitrag der sich aus der Expositionszeit} \\ \text{des Arbeitnehmers ergibt}$$

Chronologie der Richtlinien u. nationalen Regelungen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Kurtz

48.Sicherheitstechnisches Kolloquium, Universität Wuppertal

Worin bestehen jetzt die nächsten Aufgaben?

- **Ermittlung und Kennzeichnung der „neuen“ Lärmbereiche**
- **Bereiche von 80 – 85 dB(A) in Lärmkarten einbringen**
- **Emissionskennwerte der Schallquellen (Maschinen) sichten**
- **Lärmminderungsprogramme aktualisieren**
- **Tragebereitschaft von Gehörschutz erhöhen**
- **ärztliche Unterweisungen intensivieren**

Arbeitsstättenverordnung

ArbstättV.- März 1975



L_R so niedrig wie nach der Art des Betriebes möglich

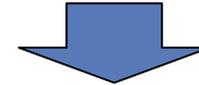
Differenzierung des zulässigen Beurteilungspegels L_R nach Art der Tätigkeit (55, 70, 85 dB(A))

Beurteilungspegel in Pausen-, Bereitschafts-, Liege- und Sanitäräumen höchstens 55 dB (A)



VDI 2058 Blatt 3
DIN EN ISO 11690 Teil 1

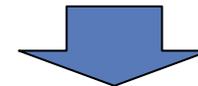
ArbstättV.- Aug. 2004



L_R so niedrig wie nach der Art des Betriebes möglich

$L_R \leq 85$ dB (A) am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen

(„Der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz in Arbeitsräumen darf auch unter Berücksichtigung der von außen einwirkenden Geräusche höchstens 85 dB (A) betragen; soweit dieser Beurteilungspegel nach der betrieblich möglichen Lärminderung zumutbarerweise nicht einzuhalten ist, darf er bis zu 5 dB (A) überschritten werden.“)

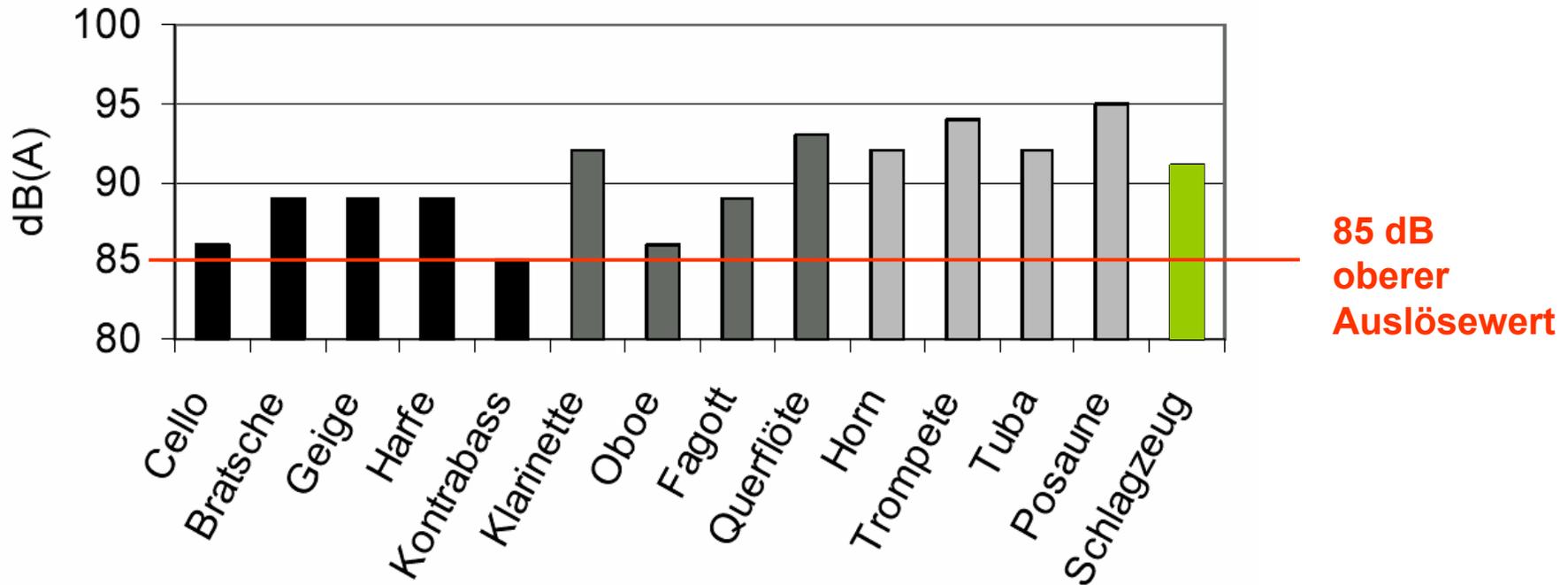


VDI 2058 Blatt 3
DIN EN ISO 11690 Teil 1

Expositionspegel Orchestermusiker

Typische Wochen-Expositionspegel bei Orchestermusikern

85 - 95 dB(A)



[T.Billeter, B. Hohmann (SUVA): Fortschritte der Akustik 27 (2001)]

Gehörbeschwerden bei Musikern

- Hörschwellenverschiebung
- Tinnitus
- Hyperakusis
- Recruitment
- Cocktailparty-Effekt
- Doppeltonhören



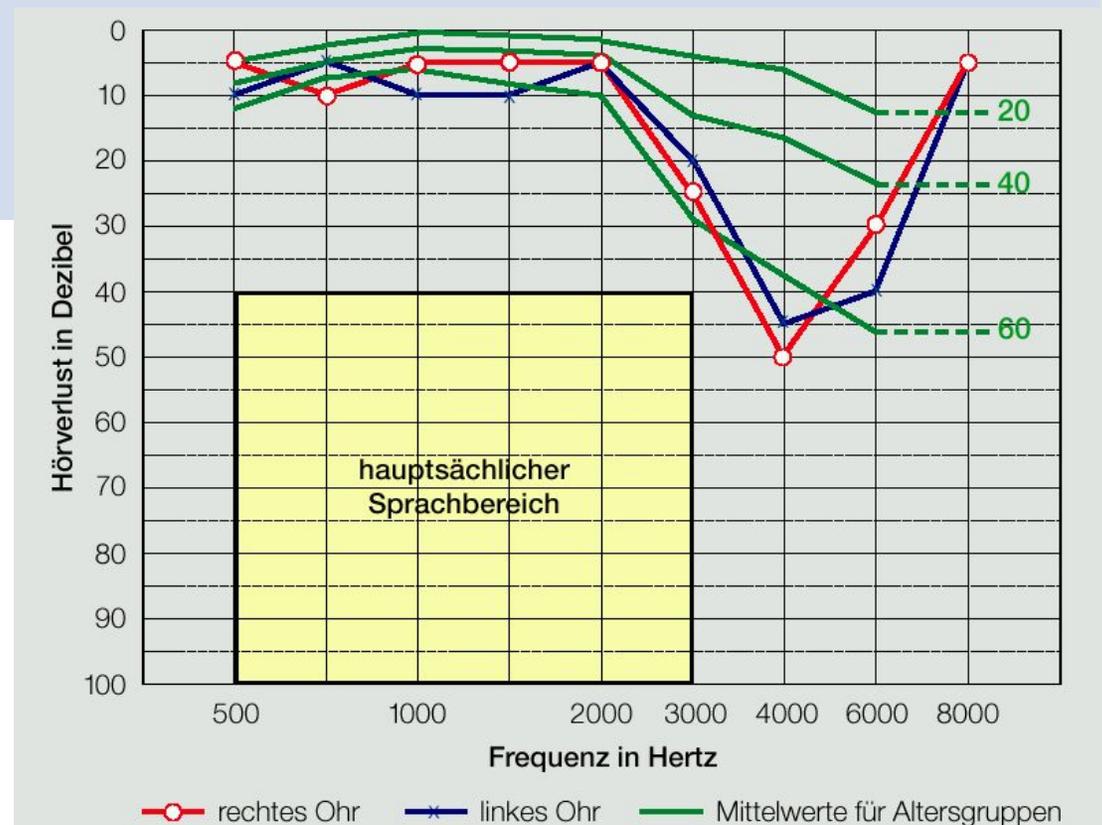
Umfrage der „Association of British Orchestras“ (ABO):

- Tinnitus (temp.) 35% aller Musiker
- Hyperakusis 25% der Holzbläser
- keine Beschwerden 21% der Blechbläser
28% der Holzbläser
38% der Streicher

Hörvermögen von Musikern

Audiometrie: ca. die Hälfte aller Musiker hat C5-Senke > 20 dB

- Axellson (1981) 43%
- Ostri (1998) 58%
- Royster (1991) 52%



Expositionsminderung

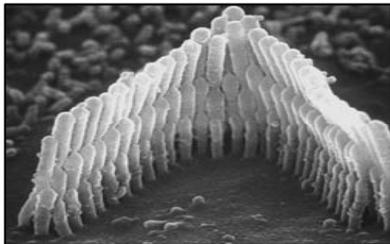
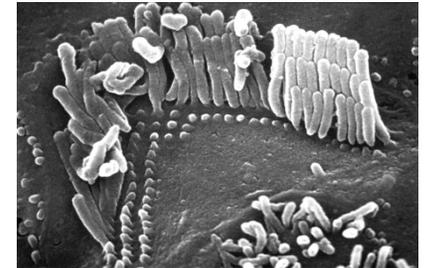
Schallminderung
an der Quelle

Schallminderung
auf dem Ausbreitungsweg

Schallschutz
am Arbeitsplatz

Organisatorische
Maßnahmen

Gehörschutz



Schallschutz - klassisches Konzept

Stufen & Abstand

- hohe Stufen (Bläser)
- tiefe Stufen -> Abstand
- Aufstellung -> Vermeidung von „hot spots“
- im Ensemble generell: Abstand zu lauten Instrumenten



Orchestergraben

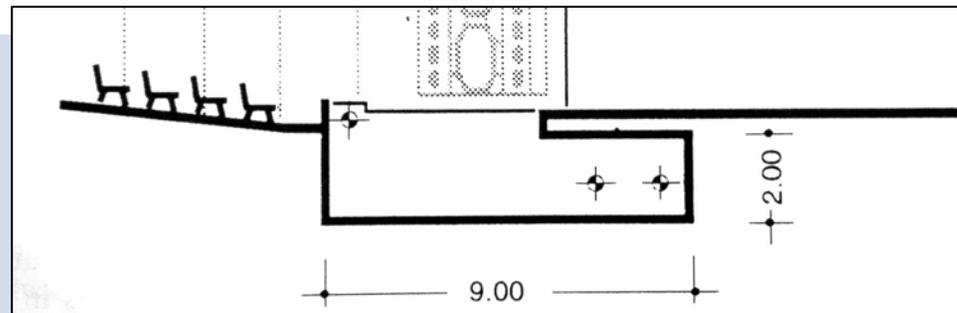
Probleme

- zu eng
 - Überbauung
 - schallharte Wände
- ⇒ zu laut, schlechte Transparenz



Optimierung

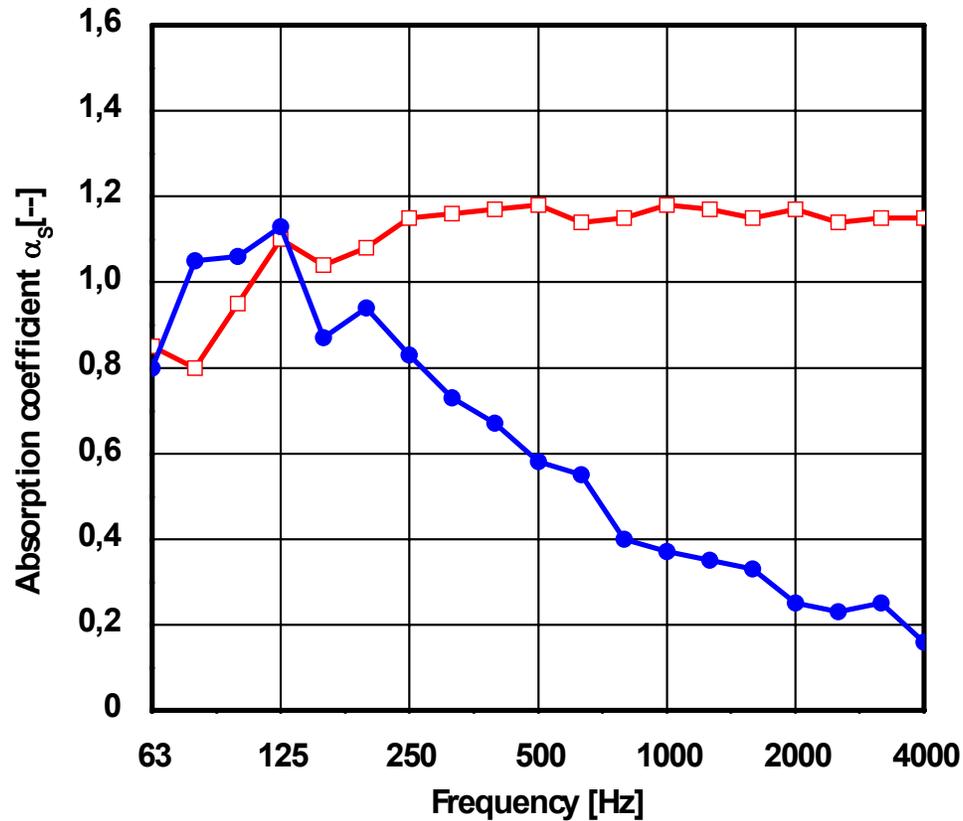
- größere Raumvolumina
 - Verzicht auf Überbauung
 - „akustische Öffnung“
 - selektive Absorber
 - Verbesserung der Transparenz
- ⇒ leiseres Spielen & Klangverbesserung



Examples: Landestheater Flensburg

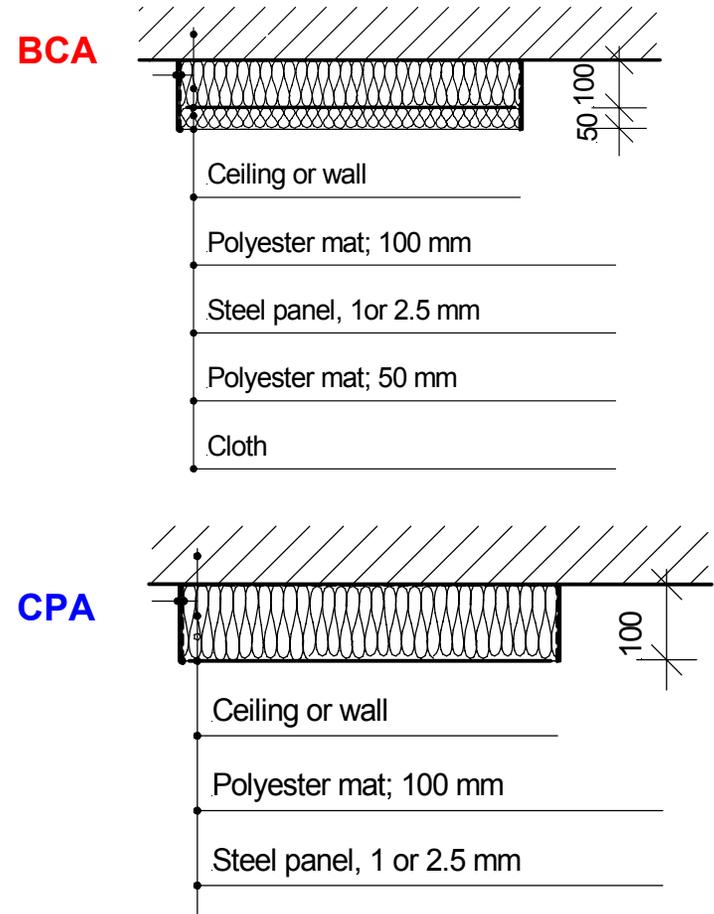


Absorbers



- Broadband Compact Absorber, BCA
- Compound Panel Absorber, CPA

Breitband-Kompaktabsorber (BCA)



Verbundplatten-Resonator (CPA)

Examples: Royal Opera House, London

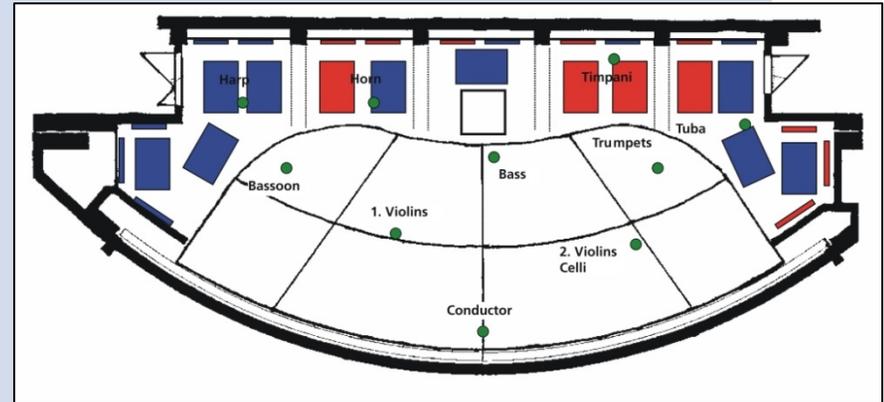


Raumakustik

Orchestergraben

- größere Raumvolumina
- Verzicht auf Überhang
- „akustische Öffnung“
- Grabenboden anheben(?)
- selektive Absorber
- Verbesserung der Transparenz

⇒ Pegelminderung & Klangverbesserung



Probensäle, Unterrichtsräume

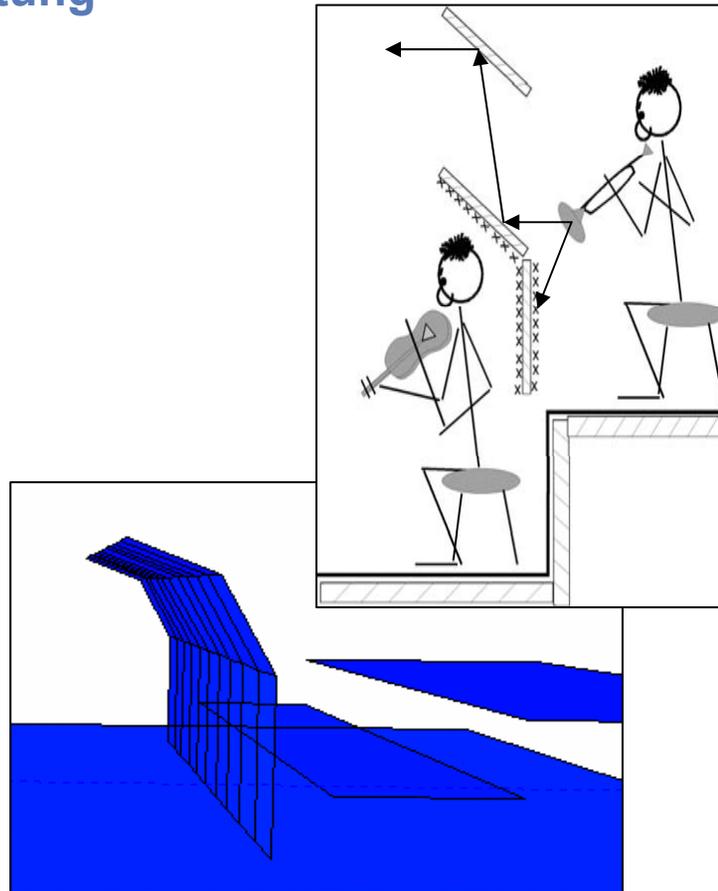
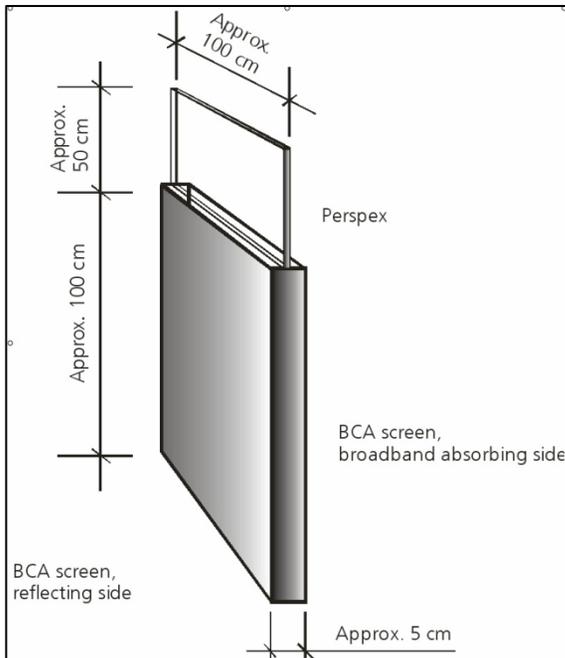
- angemessene Größe
- geringere Nachhallzeiten
- Verbesserung der Transparenz

⇒ leiseres Spielen & Klangverbesserung



Schallschirme

- **Eigenschaften:** - reflektierend oder/und absorbierend
- optisch transparent?
 - **keine PSA**
- => sachgerechte Beratung**



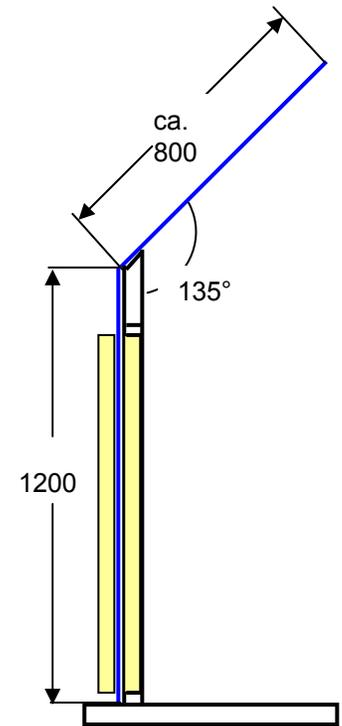
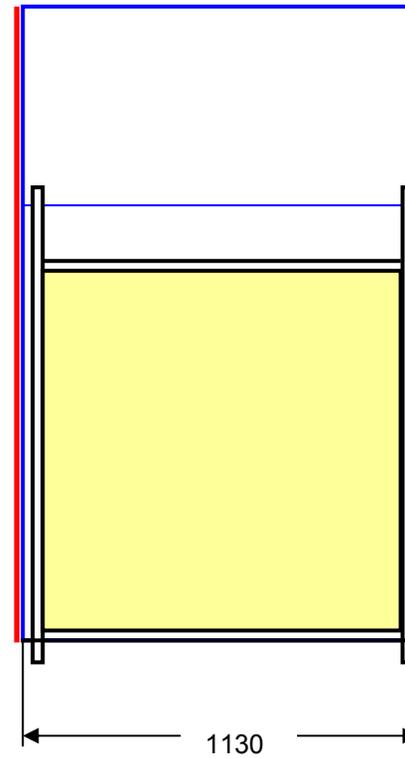
Schallabschirmende Stellwand

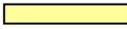


Gemeinschaftsprojekt:

- städt. Bühnen Münster
- GUV Westfalen-Lippe
- PTB

Schallabschirmende Stellwand

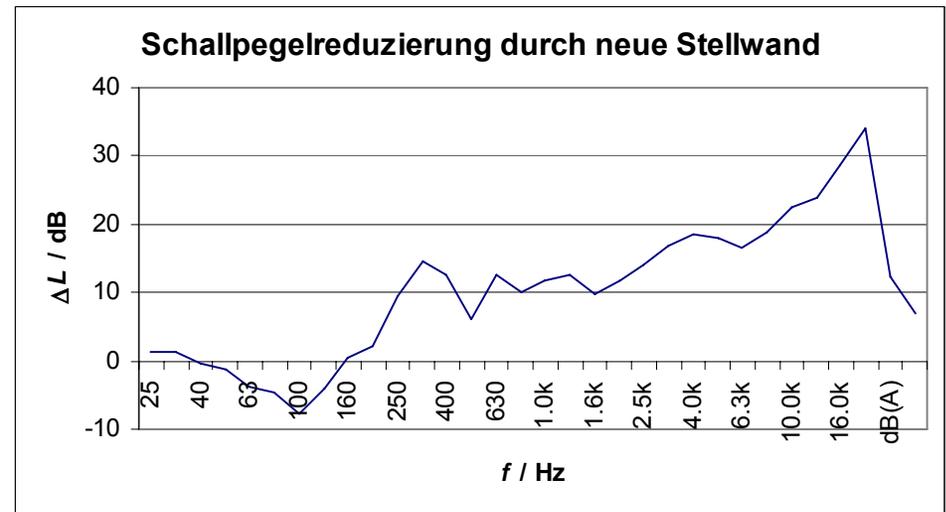


-  Holz 50 x 30 mm
-  Acrylglas 6mm
-  Absorber 50 mm
-  Dichtprofilgummi

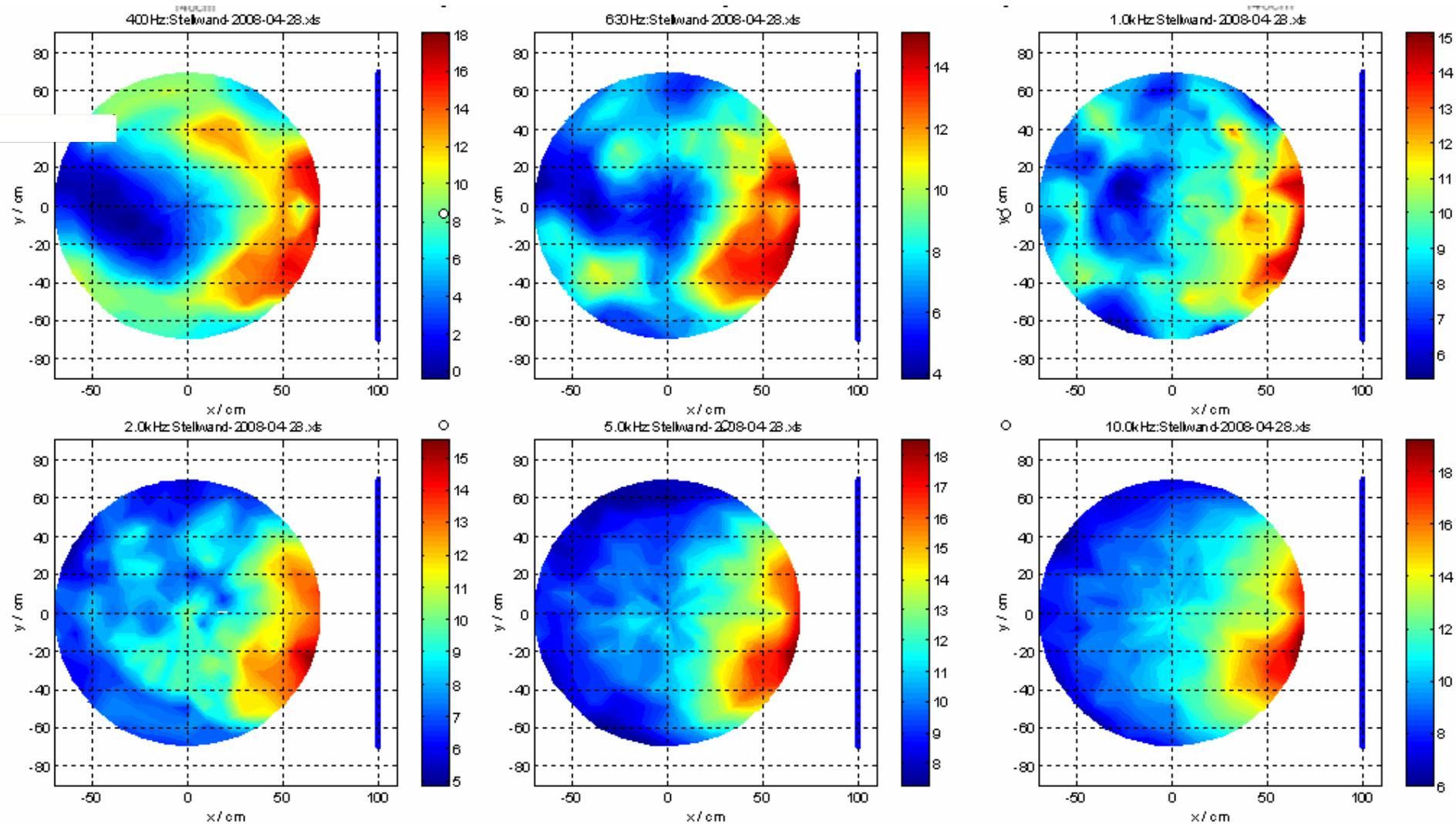
Schallabschirmende Stellwand



Pegelreduzierung in 0,5 m
Abstand vor dem Schirm



Pegeldifferenz



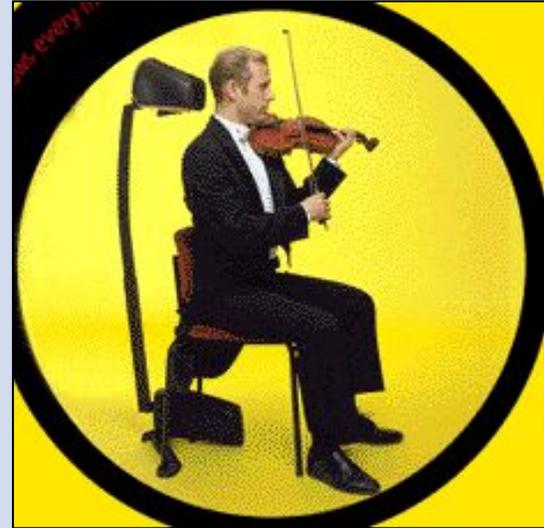
Schallabschirmende Stellwand



Weitere technische Optionen

Hearwig

- gewölbte absorbierende Oberfläche
- „individueller“ Schallschirm



Silent Brass System (Yamaha)

- Einzelübung
- Dämpfer, Mikro, Kopfhörer



Was kaum funktioniert ...

Teppichboden, Auslegeware

nur bei sehr hohen Frequenzen wirksam (Zischlaute)

Eierkartons, gewöhnlicher Schaumstoff (Schlagzeug)

kaum absorbierende Wirkung

große Stellwände aus einfachem (Acryl-)Glas

keine Dämmung bei tiefen Frequenzen

Reflexionen bei mittleren/hohen Frequenzen

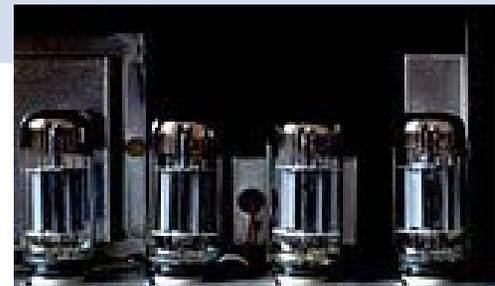
kleine Platten aus (Acryl-)Glas (evtl. gebogen)

geringe Wirkung bei hohen Frequenzen

Reflexionen (fokussierend)

Elektrische verstärkte Instrumente

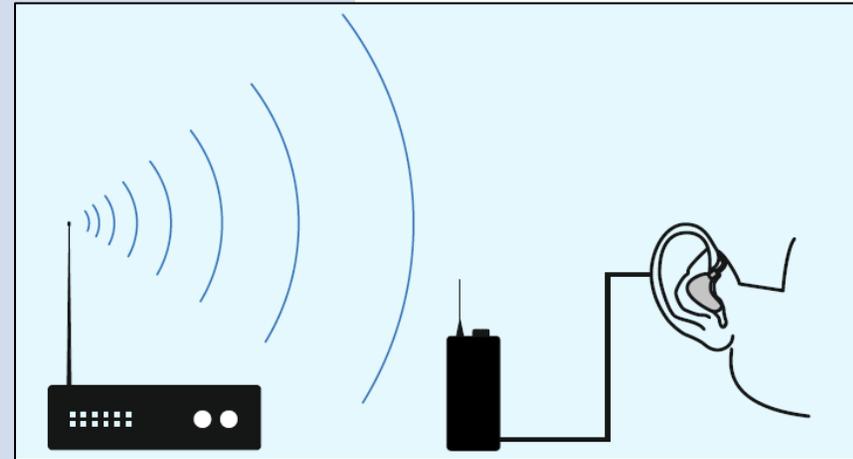
- **Abstand zur Beschallungsanlage**
- **Bühnenaufbau**
- **überlegte Monitorbeschallung**
- **Ausrichtung Instrumenten- & Monitorlautsprecher**
- **Raumakustik (Probenraum)**
- **InEar-Monitoring**



InEar – Monitor

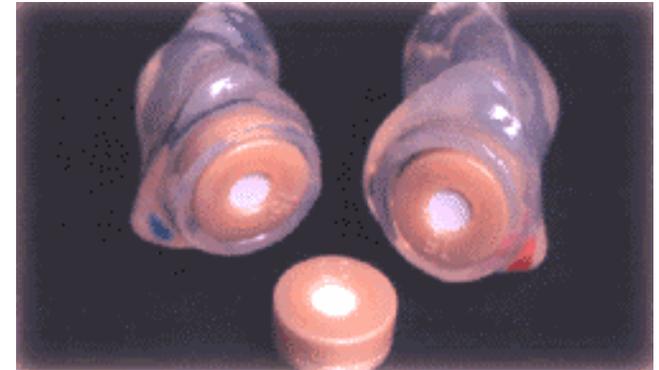
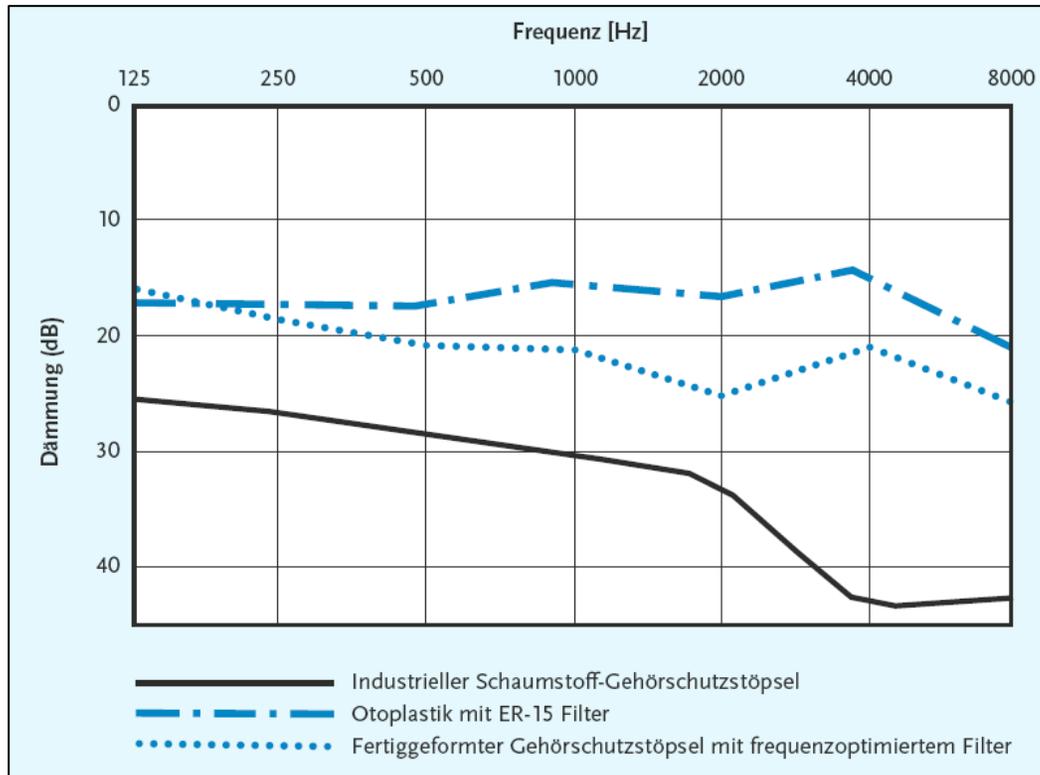
Gehörschutzstöpsel mit eingebauten Lautsprechern

- **Ersatz von Bühnenmonitoren**
 - **niedrigere Bühnenpegel**
 - **Schutz vor Fremdschall**
 - **Bewegungsfreiheit (drahtlos)**
 - **keine Rückkopplungen**
-
- **hohe Pegel direkt am Ohr möglich!**
-> Limiter
 - **dichter Sitz? - hohe Pegel**
zur Verdeckung von Fremdschall
-> Otoplastik
 - **kein „Gehörschutz“**



Klangeigenschaften der Gehörschutzstöpsel

Frequenzabhängige Dämmung



Musiker - Gehörschutz

Otoplastik (Elacin-Filter):

- beste Klangeigenschaften
- optimaler Sitz & Schutz
- optisch unauffällig
- austauschbare Filter
- über Jahre verwendbar

- Anpassung (Abdruck) erforderlich
- längeres Einsetzen
- Preis



Fertig geformte Stöpsel mit Filter

- leicht einzusetzen
- keine Anpassung erforderlich
- günstiger Preis

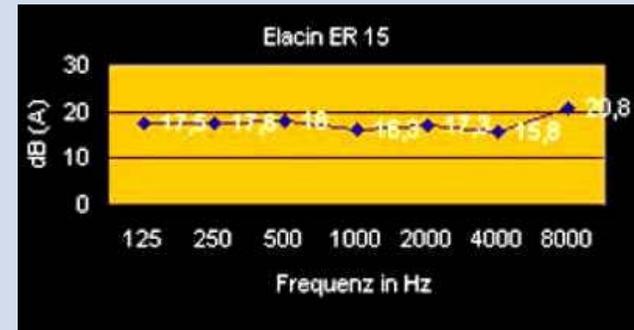
- individueller Sitz & Schutz?
- optisch auffälliger
- nur nahezu flache Dämmcharakteristik – durch Filter bestimmt



Musiker - Gehörschutz



Dämmung: 9, 15, 25 dB



flache Dämmcharakteristik

Probleme bei Musikern

Okklusionseffekt (Verschlusseffekt) !

- ⇒ stärkere Knochenschallwahrnehmung
- ⇒ geänderte Wahrnehmung des eigenen Instruments
- ⇒ Einschränkungen:
 - Kontrolle des eigenen Instrumentes
 - Zusammenspiel im Orchester (insb. Bläser)

Dynamik Wahrnehmung bei leisen Passagen

Handhabung umständliches Einsetzen

⇒ **künftige Entwicklungen? ...wann?**

Ratgeber zur Gehörerhaltung in der Musik- und Entertainmentbranche

