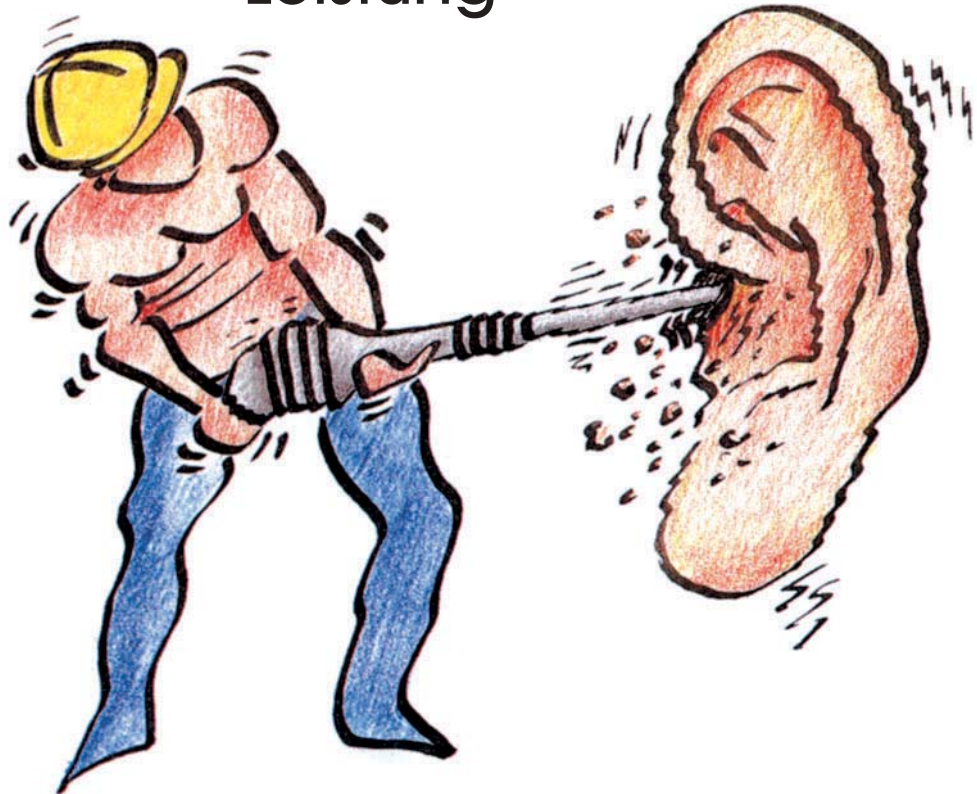


# GESUNDHEITSSCHUTZ 4

Lärmwirkungen:  
Gehör,  
Gesundheit,  
Leistung



Bundesanstalt für  
Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin



# GESUNDHEITSSCHUTZ 4

Lärmwirkungen:  
Gehör,  
Gesundheit,  
Leistung

Bearbeiter:

Prof. Dr. Hartmut Ising  
Dipl.-Psych. Charlotte A. Sust  
Prof. Dr. Peter Plath



Bundesanstalt für  
Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin

### Bearbeiter:

Prof. Dr. Hartmut Ising  
Umweltbundesamt  
Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene  
bis 30.6.94 zugehörig zum Bundesgesundheitsamt  
Thielallee 88-92  
14195 Berlin

Dipl.-Psych. Charlotte A. Sust  
ABoVe GmbH  
Dresdener Str. 11  
35435 Wettenberg

Prof. Dr. med. Peter Plath  
Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde,  
Kopf- und Unfallchirurgie,  
Universitätsklinikum Bochum  
Ruhruniversität Bochum  
Universitätsstr. 150  
44801 Bochum

Graphische Gestaltung:  
Dipl.-Des. Ute Bivona  
Döllingerstr. 21  
80639 München

### Bildnachweise:

J. M. Aran  
H. Ising  
H. Lazarus  
E. Schwieger-Nöcker  
Deutsche Bahn AG

### Herausgeber:

BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ  
UND ARBEITSMEDIZIN  
Postfach 17 02 02  
44061 Dortmund  
Internet: [www.baua.de](http://www.baua.de)  
Email: [poststelle@baua.bund.de](mailto:poststelle@baua.bund.de)  
Telefon: (02 31) 90 71-0  
Telefax: (02 31) 90 71-25 24

2004, 11. Auflage, unveränderter Nachdruck

ISBN 3-88261-435-8

Nachdruck, auch auszugsweise,  
nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für  
Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Vorwort		6
Lärmquellen	... Tätigkeiten und zusätzliche Belastungen	7
Laute Arbeitsplätze	Erfahrungen in der Produktion	9
Mit Lärm arbeiten	zum Beispiel: Meisterbüro	10
Laute Arbeitsplätze	Erfahrungen in der Produktion (Fortsetzung)	11
Was ist Lärm?	Definition	12
	Schallwellen und ihre Ausbreitung	13
	Frequenzen und Amplituden	14
	Wellenmuster	15
Wie wirkt Lärm?	Vertäubung des Gehörs	16
Was ist Lärm?	Messung und Bewertung von Schall	18
Aufbau und Funktion des Gehörs		20
Wie wirkt Lärm?	Diagnose der Lärmschwerhörigkeit	24
Empfindlichkeit des Gehörs		25
Wie wirkt Lärm?	Entwicklung der Lärmschwerhörigkeit	26
	Beurteilung der Lärmbelastung	29
	Gehörschäden	31
	Lärmschwerhörigkeit und zusätzliche Risikofaktoren	32
	Störung der Sprachkommunikation	34
	Erhöhung der Unfallgefahr	37
Mit Lärm arbeiten	Erfahrungen in der Verwaltung	38
Wie wirkt Lärm?	Stressreaktionen und Störungen mentaler Prozesse	39
Mit Lärm arbeiten	zum Beispiel: Büroarbeitsplatz	40
Wie wirkt Lärm?	Stressreaktionen und Störungen mentaler Prozesse (Fortsetzung)	41
Erfolgreich Lärm mindern	Mehr Leistung und Gesundheit	44
Lärmschutz	Was ist zu tun?	47
Gesetze, Vorschriften, Normen		51
Literatur		52
Begriffserklärungen		55

In unserer technisierten Welt sind hohe Lärmpegel in allen Lebens- und Arbeitsbereichen üblich. Solche Lärmbelastungen rufen Gesundheitsschäden hervor, behindern die Arbeitstätigkeit, bewirken Stressreaktionen, beeinträchtigen die Erholung und sind belästigend.

Der Lärm am Arbeitsplatz ist seit Jahren ein bedeutendes sozialpolitisches Problem. Die Lärmschwerhörigkeit liegt weiterhin mit an der Spitze der Berufskrankheiten.

In der Bundesrepublik Deutschland sind 5 Millionen Arbeitnehmer während der Arbeit gesundheitsschädlichem, insbesondere gehörgefährdendem Lärm von mehr als 85 dB(A) ausgesetzt. Jedes Jahr werden ca. 10.000 neue Fälle der Berufskrankheit Lärmschwerhörigkeit angezeigt, ca. 6.000 neue Fälle erstmals anerkannt und ca. 1.000 Fälle erstmals entschädigt.

Lärm verursacht aber nicht nur Gehörschäden und erhöht die Unfallgefährdung, sondern gefährdet generell die Gesundheit von Personen im Arbeitsbereich, im Haushalt und in der Freizeit. Lärm ist einer der wesentlichen Belastungsfaktoren im Betrieb und Büro, der insbesondere durch die Einführung der Informationstechnologie in Dienstleistung und Fertigung die Arbeitstätigkeit erheblich beeinträchtigt. Lärm führt zu physiologischen Reaktionen und Befindlichkeitsstörungen, die sich bei längerfristiger Lärmbelastung und beim Auftreten weiterer Belastungsfaktoren als gesundheitliche Beeinträchtigungen (Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Erkrankungen des Verdauungssystems) manifestieren können.

Die Arbeitsstättenverordnung (1975) und zwei neue EU-Richtlinien zum Schutz der Arbeitnehmer vor gesundheitsgefährdendem Lärm (86/188) und zur Sicherheit von Maschinen (89/392) geben dem Lärmschutz der Arbeitnehmer eine neue Qualität. Die UVV Lärm (1990), das Gerätesicherheitsgesetz (1993) und die 3. und 9. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz setzen diese EU-Richtlinien in deutsche Vorschriften um.

Die durch Lärm entstandenen Gehörschäden haben gravierende Folgen. Abgesehen von der Minderung der Lebensqualität, der Einschränkung der Arbeitsmöglichkeiten von Gehörgeschädigten und den erhöht auftretenden Gesundheitsrisiken sind die Folgekosten, die durch Unfälle, Krankheitsausfalltage, Arbeitsplatzumsetzungen, Gehörvorsorgeuntersuchungen und Berufskrankheitsrente entstehen, für die Berufsgenossenschaften, Krankenkassen und Betriebe enorm.

Um nachvollziehbar zu machen, warum Lärmbelastungen bedingt durch laute Maschinen und Arbeitsvorgänge möglichst an der Quelle vermindert und beseitigt werden sollen, sind Kenntnisse über die Folgen hoher Lärmpegel notwendig.

Die Broschüre erläutert die Belastungen an den Arbeitsplätzen, den Aufbau und die Funktion des Gehörs und die Entstehung von Gehörschäden. Weiterhin werden die Lärmwirkungen wie extra-aurale physiologische Reaktionen, Beeinträchtigung des Befindens, Störung der mentalen Prozesse und der Sprachkommunikation sowie die Krankheitsausfalltage beschrieben. Angesprochen werden die Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Arbeitsmediziner und Betroffene durch Lärm.

Um die Wirkungen von Lärm aufzuklären und die Lärmbelastung zu verringern, fördert die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Projekte zur Forschung und Forschungsanwendung, Seminarkonzeptionen, die Erarbeitung von arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen – Forschungsergebnisse für die Praxis –, Broschüren und Sonderschriften. Damit sollen die Betroffenen selbst und die für den Arbeits- und Gesundheitsschutz Verantwortlichen unterstützt werden, Zusammenhänge zu erkennen und präventive Maßnahmen zur Erhaltung der Gesundheit, und damit auch des Gehörs, zu ergreifen.

## Lärmquellen

Am Arbeitsplatz und in der alltäglichen Umgebung ist man den unterschiedlichsten Geräuschen ausgesetzt, solchen, die man gerade noch eben hört, aber auch solchen, die einem nahezu Ohrschmerzen bereiten. Geräusche sind unsere alltäglichen und manchmal auch allnächtlichen Begleiter:

Bergwerksmaschinen  
Turbinen  
Straßenbaumaschinen  
Baumaschinen (Steinsägen)  
Textilmaschinen  
Druckereimaschinen

Forstmaschinen (Kettensäge)  
Holzbearbeitungsmaschinen (Kreissäge)  
Metallbearbeitung (Metallsägen, Schmiede-  
und Schneidpressen, Winkelschleifer)  
Getränkeabfüllanlagen  
Handgeführte Elektrowerkzeuge (Hobel,  
Handkreissäge)

Montagebänder  
Verpackungsmaschinen  
Drucker für Formularbearbeitung  
Schreibmaschinen

Großküchen, Großbäckereien

Wäschetrockner, Staubsauger  
Kopierer  
Laserdrucker  
Personalcomputer

(Telefon-) Gespräche der Kollegen  
Publikumsverkehr  
Telekommunikationsgeräte (Telefon, Fax)  
Verkehrslärm im Innenraum bei  
geschlossenem Fenster

*Lärmquellen am Arbeitsplatz und in alltäglichen Umgebungen*

Meistens ist dies nicht die einzige Belastung, vielmehr kommen eine oder mehrere der folgenden Bedingungen ebenfalls hinzu:

- Arbeiten unter Zeitdruck
- Schichtarbeit
- Nachtarbeit
- Die Tätigkeit erfordert ein hohes Maß an Konzentration
- Die Tätigkeit ist sehr monoton, dennoch darf die Aufmerksamkeit nicht nachlassen
- Arbeiten mit gefährlichen Arbeitsstoffen
- Arbeiten an einem „vibrierenden“ Arbeitsplatz
- Zwangshaltungen
- Neigung zu Bluthochdruck
- Schlechter Schlaf wegen des Verkehrslärms
- Übernahme von Vertretungen
- Disco- und Konzertbesuche
- Musikgenuss über Kopfhörer
- Heimwerker

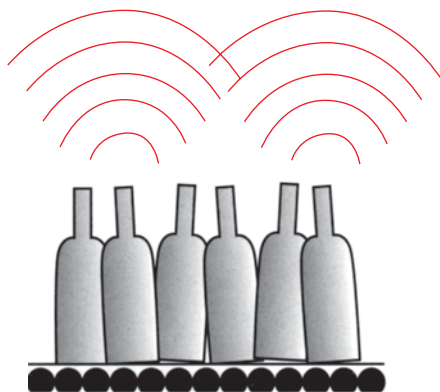
Das kennen wir alle selbst aus eigener Erfahrung. Auch die eine oder andere Situation, in die wir Herrn Meier und seine Kollegen auf den folgenden Seiten begleiten, kommt einem bekannt vor....



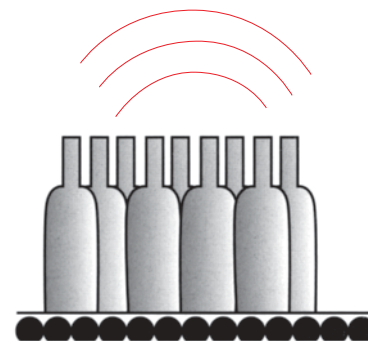
Herr Meier ist 35 Jahre alt und arbeitet seit fünf Jahren als Meister im Flaschenkeller einer Brauerei. Sein Tag beginnt um 4.30 Uhr, denn er muss um 6 Uhr am Arbeitsplatz sein, und die Fahrt zur Arbeit dauert 1 Stunde. Von 5 bis 6 Uhr ist er unterwegs, dabei beträgt der mittlere Schallpegel 75 dB(A).

An der letzten Haltestelle steigt wie jeden Morgen Herr Schubert, sein älterer Kollege, zu. Ihre Unterhaltung gestaltet sich etwas einsilbig. Herr Schubert ist schwerhörig und muss häufig nachfragen, weil er etwas nicht verstanden hat.

Seine Schwerhörigkeit hat Herr Schubert seiner Tätigkeit im Flaschenkeller zu verdanken. Bis vor 10 Jahren klapperten ständig 1000 Flaschen auf den Förderbändern und sorgten für einen Lärmpegel von 95 dB(A). Aber dann hat die Firma einiges für den Lärmschutz getan. Damals wurde eine völlig neue Flaschenabfüllanlage installiert. Dadurch, dass die Flaschen beim Transport jetzt leicht gegeneinander gedrückt werden, konnte der Schallpegel auf 85 dB(A) gesenkt werden. Diese Lärmschutzmaßnahme diente allerdings nicht nur dazu, Herrn Schubert und seinen Kollegen die Lärmbelastung zu ersparen, sondern die neue Anlage hat immerhin eine dreifach höhere Leistung als die alte.

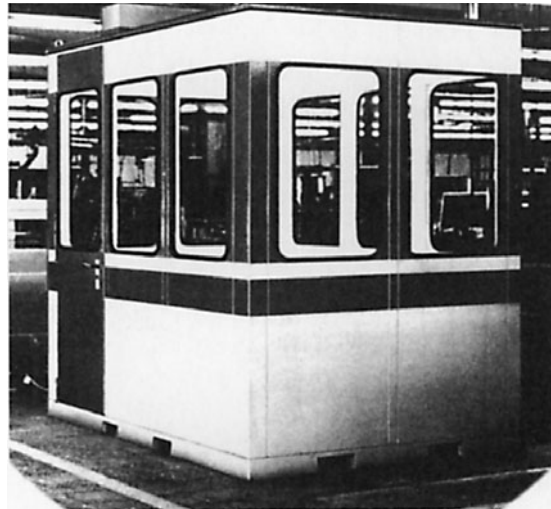


Die Flaschen klappern auf dem Förderband: laut



Die Flaschen werden beim Transport leicht gegeneinander gedrückt: leise

Der Arbeitsraum der beiden Meister ist außerdem von der Halle mit der Abfüllanlage akustisch abgetrennt. Sichtkontakt zur Halle besteht durch große Fenster und durch eine Glastür. Bei geschlossener Tür beträgt der Schallpegel innerhalb ihres Büros 54 dB(A) (Innenpegel). Die beiden Meister haben häufig Arbeiten auszuführen, bei denen sie sehr konzentriert und aufmerksam sein müssen, daher sollte der Schallpegel in Meisterbüros relativ niedrig gehalten werden. Bei Herrn Meier und Herrn Schubert beträgt der Innenpegel aber im Tagesmittel 63 dB(A), da häufiger die Tür offen steht. Das erhöht den Innenpegel auf 75 dB(A). Schon eine halbe Stunde bei geöffneter Tür sorgt dafür, dass sich der Innenpegel entsprechend erhöht.



*Meisterbüro in der Produktionshalle*

Bei dieser Lärmbelastung bleibt es aber nicht. Herr Meier beispielsweise muss ab und zu in der Halle mit der Abfüllanlage nach dem Rechten sehen, pro Tag so ca. eine halbe Stunde lang. In dieser Zeit beträgt der mittlere Schallpegel an seinen Ohren 88 dB(A), da Herr Meier auch häufiger in den lautereren Bereichen zu tun hat. Bei Herrn Schubert ist es ähnlich.

Begleiten wir die beiden ein bisschen durch ihren Arbeitsalltag:

Herr Meier arbeitet gerade am Urlaubsplan seiner Belegschaft, da hört er ein fremdes Geräusch aus der Halle.

Sein Fenster dämmt den Schall zwar um 30 dB ab, aber er kann trotzdem ungewöhnliche Geräusche hören, die die allgemeinen Maschinengeräusche übertönen.

Herr Meier sieht die Warnlampe an der Dosenabfüllanlage blinken: Die Maschine steht.

### **Was ist los?**

Schnell ist er zur Stelle. Der zuständige Arbeiter hat schon die Verkleidung seiner Maschine demontiert. Jetzt suchen zwei Paar Augen nach dem Fehler:

### **Nichts?!**

„Einschalten!“ sagt der Meister.

### **Mit einem lauten ZISCH macht sich die gebrochene Pressluftleitung bemerkbar**

und trifft die Ohren für 40 Sekunden. Aber diese Zeit reicht, um den Schaden zu orten, eine gebrochene Pressluftleitung. In 10 Minuten ist der Schaden behoben, und alles läuft bis zum Schichtende wie am Schnürchen.

Herr Meier geht wieder in sein Büro. Er hat noch immer ein taubes Gefühl im Ohr von dem buchstäblich ohrenbetäubenden Lärm.

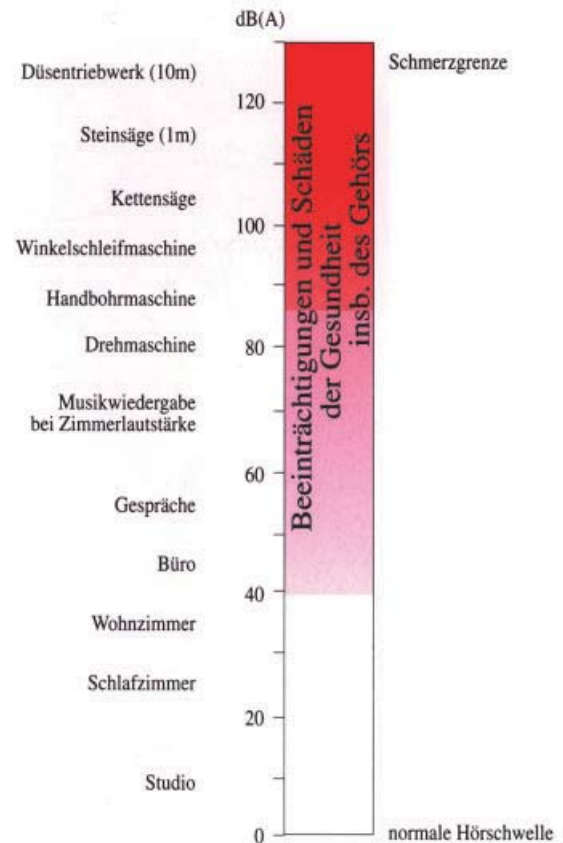
„Hoffentlich hat der Krach meinen Ohren nicht geschadet“, denkt Herr Meier.

Nach der Heimfahrt und einer Stunde Pause arbeitet Herr Meier noch zwei Stunden in seiner Heimwerkstatt. Der mittlere Schallpegel liegt bei 78 dB(A). Danach hat er einen ruhigen Feierabend verdient. Bei Unterhaltung mit seiner Frau und auf Zimmerlautstärke gestelltem Fernseher verbringt Herr Meier noch vier Stunden bis zum Schlafengehen. In dieser Zeit beträgt der mittlere Schallpegel 70 dB(A).

Welche Wirkung hat Lärm nun?  
Was ist Lärm überhaupt?

### Lärm ist unerwünschter Schall! Unerwünscht, weil er

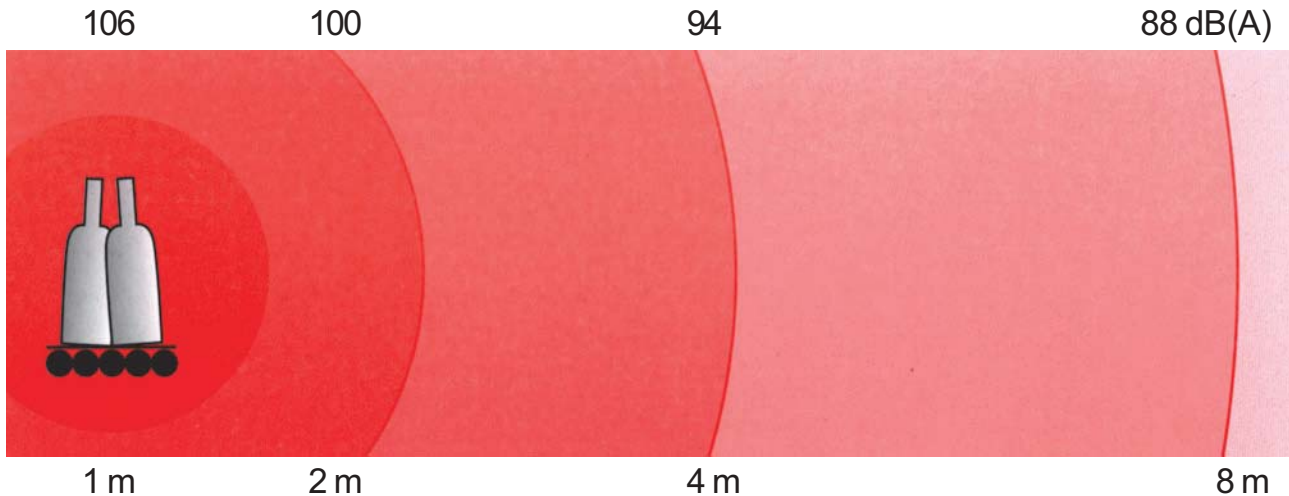
- Krankheiten verursacht und die Gesundheit gefährdet, das heißt, das Gehör schädigt und zum Beispiel das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen kann;
- das Unfallrisiko erhöht: durch den Lärm werden Signale und Warnungen verdeckt;
- die Leistung durch Verminderung der Qualität/Quantität oder durch mangelnde Erholung beeinträchtigt;
- ein wesentlicher Stressfaktor ist;
- das Befinden beeinträchtigt, weil er als lästig, störend, entnervend empfunden wird.



Gerade weil Lärm unerwünschter Schall ist, sind es nicht nur die ganz lauten Geräusche, wie sie von Sägen oder Schleifmaschinen abgestrahlt werden, sondern auch relativ „leise“ Geräte wie Büromaschinen können Lärm produzieren.

Schall - gleichgültig, ob Maschinengeräusche, Musik, Gespräche, Sirenen, Hupen - besteht aus Wellen, die sich nach allen Seiten ausbreiten.

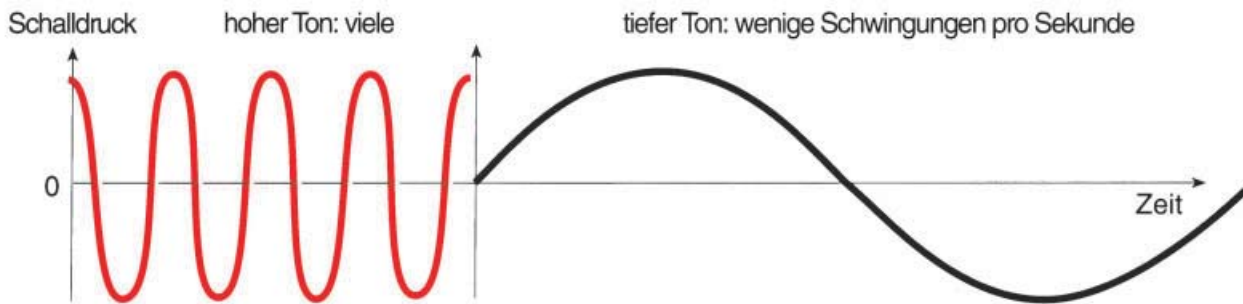
Mit der Zunahme der Entfernung werden die Wellen schwächer. Im Freien nimmt der Schallpegel um 6 dB pro Abstandsverdoppelung vom Mittelpunkt der Schallquelle ab.



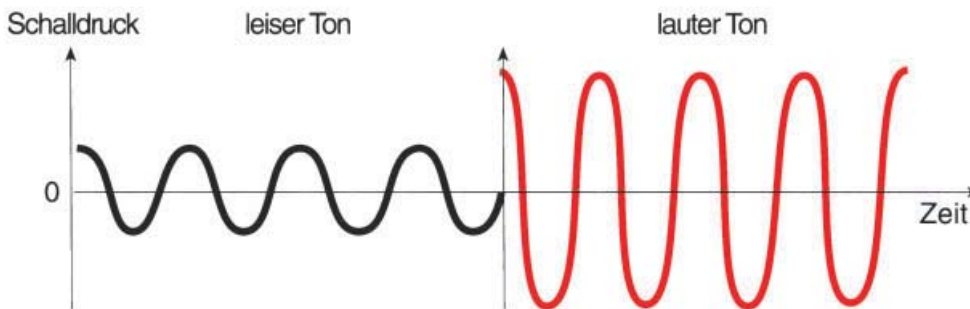
*Ausbreitung von Schallwellen*

Diese Wellen können sehr unterschiedlich sein. In Abhängigkeit von den Welleneigenschaften - Häufigkeit der Wellentäler und -höhen (Frequenz) sowie der Ausprägung der Wellentäler und -höhen (Schwingungsamplitude) - weisen Schallwellen unterschiedliche Charakteristika auf.

Je höher die **Frequenz** - also die Häufigkeit, mit der eine Schallwelle in der Sekunde schwingt - desto höher klingt der Ton, je größer die Schwingungs**amplitude**, desto lauter der Ton.

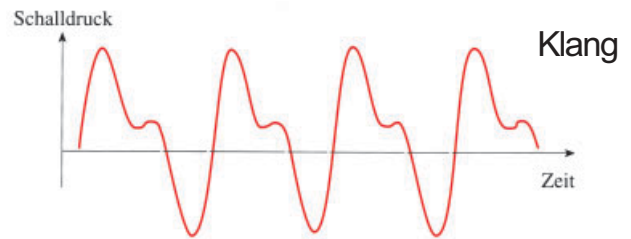
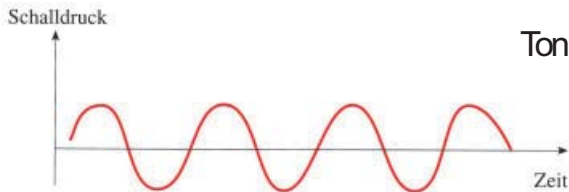
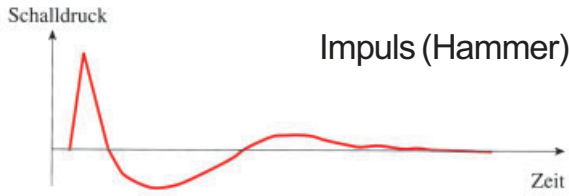


Eigenschaften von Schallwellen: Häufigkeit der Schwingungen pro Zeiteinheit = Frequenz



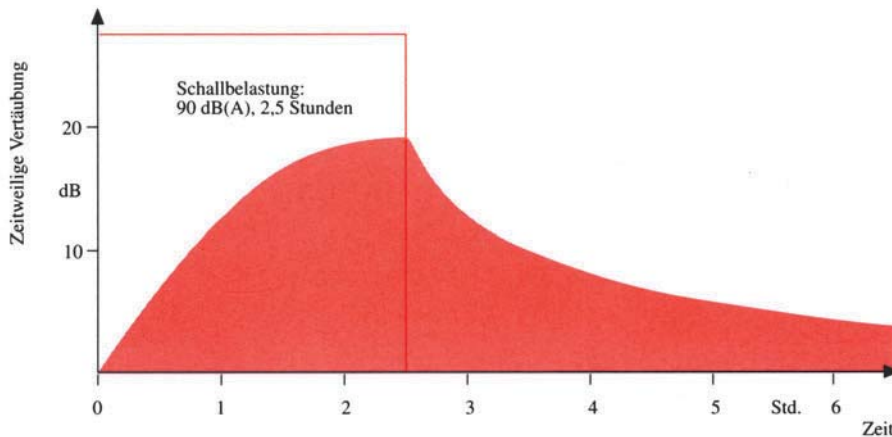
Eigenschaften von Schallwellen: Ausprägung der Schwingung = Schwingungsamplitude

Unterschiedliche Schallsignale weisen verschiedene Wellenmuster auf:



Gehen wir zu Herrn Meier zurück:

Selbst nach einer Stunde ist das taube Gefühl in Herrn Meiers Ohren noch nicht ganz abgeklungen. „Hoffentlich hat der Krach nicht meinen Ohren geschadet“, denkt er besorgt und nimmt sich vor, zum Betriebsarzt zu gehen.



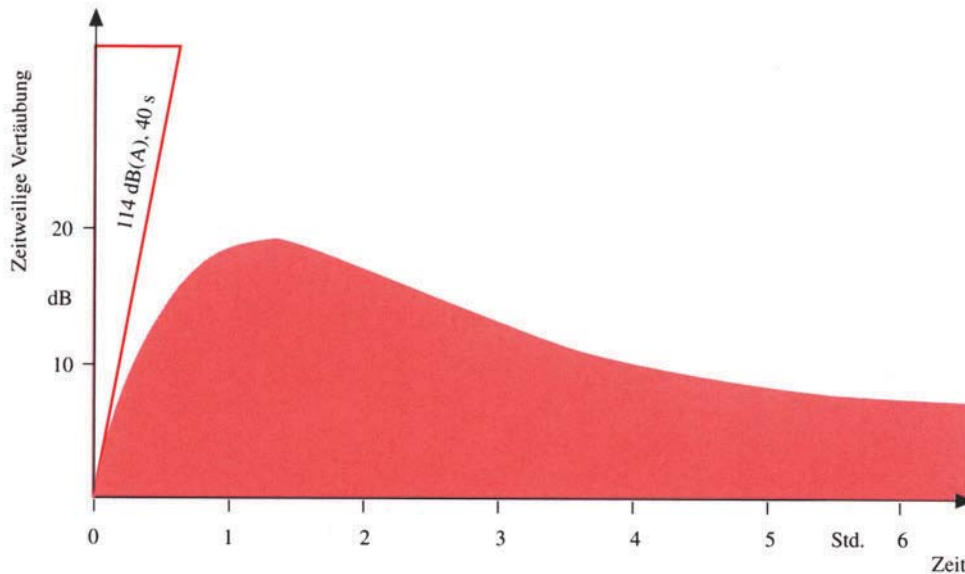
*Zeitweilige Vertäubung nach längerer Schallbelastung*

Bei einer hohen Schallbelastung wird das Ohr vertäubt, das heißt, die Hörschwelle verschiebt sich. Je stärker der Schall ist, umso eher tritt dieser Effekt ein. Wenn der Schall über einige Stunden oder Minuten (je nach Pegelhöhe) mit Pegeln im Bereich von 80 - 100 dB(A) einwirkt, wächst die Vertäubung zuerst schnell und nähert sich dann einem Sättigungswert, der von dem Schallpegel und den individuellen Eigenschaften des Betroffenen abhängt. Nach Ende der Beschallung bildet sich die Vertäubung zuerst schnell und dann immer langsamer zurück (siehe Abbildung). Daher spricht man von einer **zeitweiligen Hörschwellenverschiebung** oder Vertäubung.

Eine Gefahr für eine **bleibende Hörschwellenverschiebung**, also einen Hörverlust besteht,

1. wenn die zeitweilige Vertäubung zu groß ist;
2. wenn häufig eine erneute Schallbelastung erfolgt, bevor sich die zeitweilige Vertäubung **vollständig** zurückgebildet hat.





Zeitweilige Vertäubung nach kurzer, sehr intensiver Schallbelastung

Eine sehr intensive, kurzzeitige Schallbelastung (Impuls) - besonders mit plötzlichem Pegelanstieg - verursacht während der Beschallung nur die Anfangsphase der temporären Vertäubung. Auch wenn die Schallbelastung bereits beendet ist, entwickelt sich in diesem Fall die Vertäubung weiter, erreicht - abhängig von der Schallenergie des Impulses und individuellen Eigenschaften - **etwa eine Stunde nach dem Ende der Schallbelastung (!) - ein Maximum** und bildet sich dann langsam wieder zurück. Dieser Typ von Vertäubung wird wahrscheinlich durch leichte mechanische Schäden an den Zilien der Haarzellen verursacht. Dadurch wird der Stoffwechsel der Zilien so lange verändert, bis Reparaturmechanismen den Stoffwechsel wieder normalisiert haben.

Die Gefahr für einen bleibenden Gehörschaden besteht bei diesem Typ der Vertäubung schon **bei wenigen Wiederholungen der Schallimpulse**.

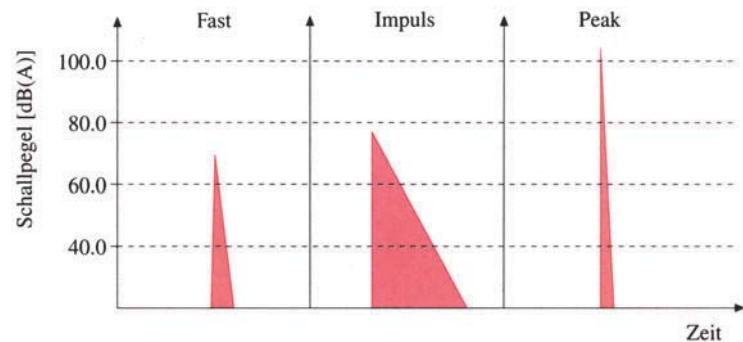
Bei der Messung und Bewertung von Schall wird berücksichtigt, dass das menschliche Gehör unterschiedlich auf verschiedene Charakteristika der Schallwellen reagiert. Das heißt, das Gehör reagiert sowohl auf die Zeitstruktur als auch auf die Frequenzzusammensetzung der Wellenmuster des Geräusches unterschiedlich. Dem trägt man bei der Messung der Geräusche Rechnung.

In der Abbildung ist die Anzeige eines Schallpegel-Messgerätes für die drei üblichen „F“, „I“ und „Peak“-Zeitbewertungen angegeben.

Zeitbewertung Messwert

Fast	$L_F$	=	68 dB(A)
Impuls	$L_I$	=	74 dB(A)
Peak	$L_{Peak}$	=	102 dB(A)

*Eine Schallpegel-Anzeige eines Impulses  
(maximaler Schallpegel: 102 dB(A); Dauer:  
50  $\mu$ s) bei unterschiedlicher Zeitbewertung*



Geräusche gelangen unmittelbar, das heißt nur mit der kurzen Zeitkonstante von ca. 50  $\mu$ s ins Innenohr. Die Schadenswirkung kurzer Einzelimpulse mit sehr hohen Schallpegeln (größer 130 dB), wie sie zum Beispiel beim Hämmern, Richten, Schmieden u.ä. mehr entstehen, wird deshalb mit der Zeitbewertung „Peak“ richtig bewertet.

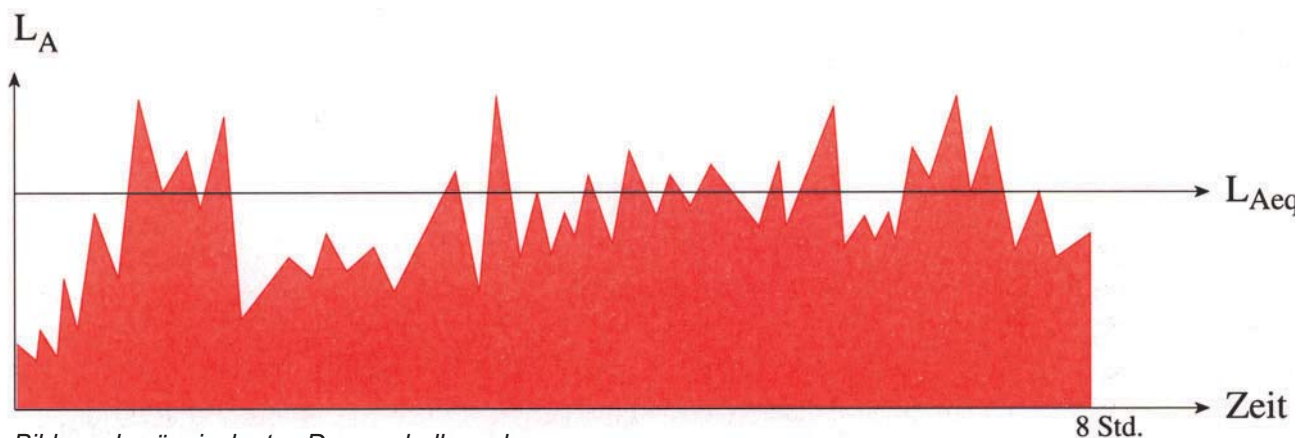
Bei der Zeitbewertung „Impuls“ führt die stark verlängerte Zeitkonstante für das Abklingen zu einer Verlängerung der Einwirkungszeit von Impulsgeräuschen. Dadurch wird der äquivalente Dauerschallpegel von impulshaltigen Geräuschen um einige dB höher bewertet (Impulszuschlag) als bei Messung von gleichförmigen Geräuschen. Einer stärkeren Gehörgefährdung, wie sie insbesondere bei der Metallbearbeitung auftritt, wird damit Rechnung getragen.

Die Zeitbewertung „Fast“ stimmt mit der Zeitabhängigkeit der menschlichen Lautstärkeempfindung überein.

Auch die Frequenzzusammensetzung der verschiedenen Wellenmuster wirkt sich unterschiedlich auf das Gehör aus, was ebenfalls bei der Ermittlung eines Messwertes für den Schall berücksichtigt wird.

Der Mensch kann zwar Geräusche mit Frequenzen zwischen 16 Hz und 16 kHz wahrnehmen, aber für tiefe (kleiner 250 Hz) und sehr hohe Frequenzen (größer 10 kHz) ist das Ohr unempfindlicher als im mittleren Frequenzbereich (500 Hz bis 4 kHz). Das wird bei der A-Frequenz-Bewertung berücksichtigt. Geräusche und Schallereignisse werden dabei üblicherweise als Schallpegel bestimmt und in dB(A) (Dezibel-A) angegeben (vgl. Empfindlichkeit des Gehörs, S.25). Die am Arbeitsplatz während einer 8-stündigen Arbeitsschicht auftretenden, unterschiedlichen Schallpegel werden zu einem mittleren Schallpegel über eine Mittelung der Schallenergie zu dem äquivalenten Dauerschallpegel ( $L_{Aeq,8h}$ ) zusammengefasst.

Als Beurteilungsgröße für die Schallbelastung am Arbeitsplatz wird der Beurteilungspegel  $L_{Ar}$  in dB(A) herangezogen. Dies ist der äquivalente Dauerschallpegel bezogen auf einen 8-stündigen Arbeitstag  $L_{Aeq,8h}$ , zuzüglich eines Impuls- und/oder Tonzuschlags, sofern es sich um impuls- oder tonhaltige Geräusche handelt.



Bildung des äquivalenten Dauerschallpegels

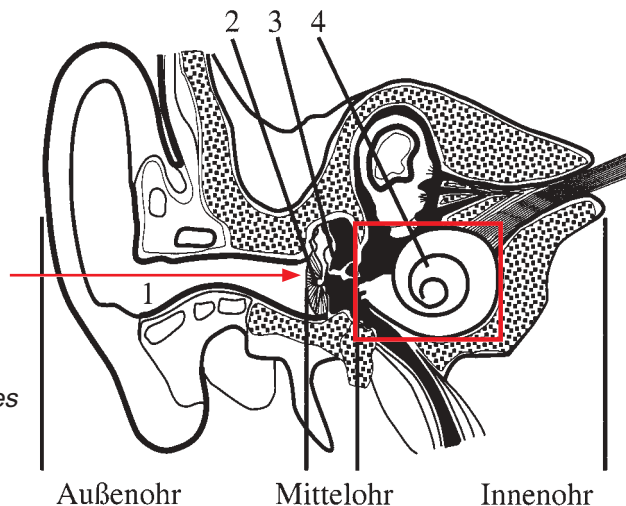
## Aufbau und Funktion des Gehörs

Herr Meier setzt am nächsten Tag seinen Vorsatz in die Tat um und geht zum Betriebsarzt. Er erzählt dem Betriebsarzt von dem Lärm der defekten Pressluftleitung und dem tauben Gefühl in seinen Ohren. Der Betriebsarzt lässt seine Hörfähigkeit überprüfen.

Angespannt lauscht Herr Meier auf die leisen Töne aus dem Kopfhörer.

„Obwohl noch alles in Ordnung ist mit seinem Gehör? Was kann der gestrige Lärm wohl angerichtet haben?“

Alle Schallwellen - und auch Lärm besteht ja zunächst einmal aus Schallwellen - landen, da sie sich ja nach allen Seiten ausbreiten, irgendwann beim Menschen. Da die Wellen in der Regel mit beiden Ohren wahrgenommen werden, diese aber bekanntermaßen nicht an derselben Stelle liegen, treffen die Wellen mit minimaler Zeitversetzung und Pegeldifferenz ein, was die Bestimmung der Richtung, aus der der Schall kommt, ermöglicht. Bis aber überhaupt ein Höreindruck im Gehirn entsteht, Schall als solcher wahrgenommen und identifiziert wird, müssen die Schallwellen mehrere Stationen hinter sich lassen.



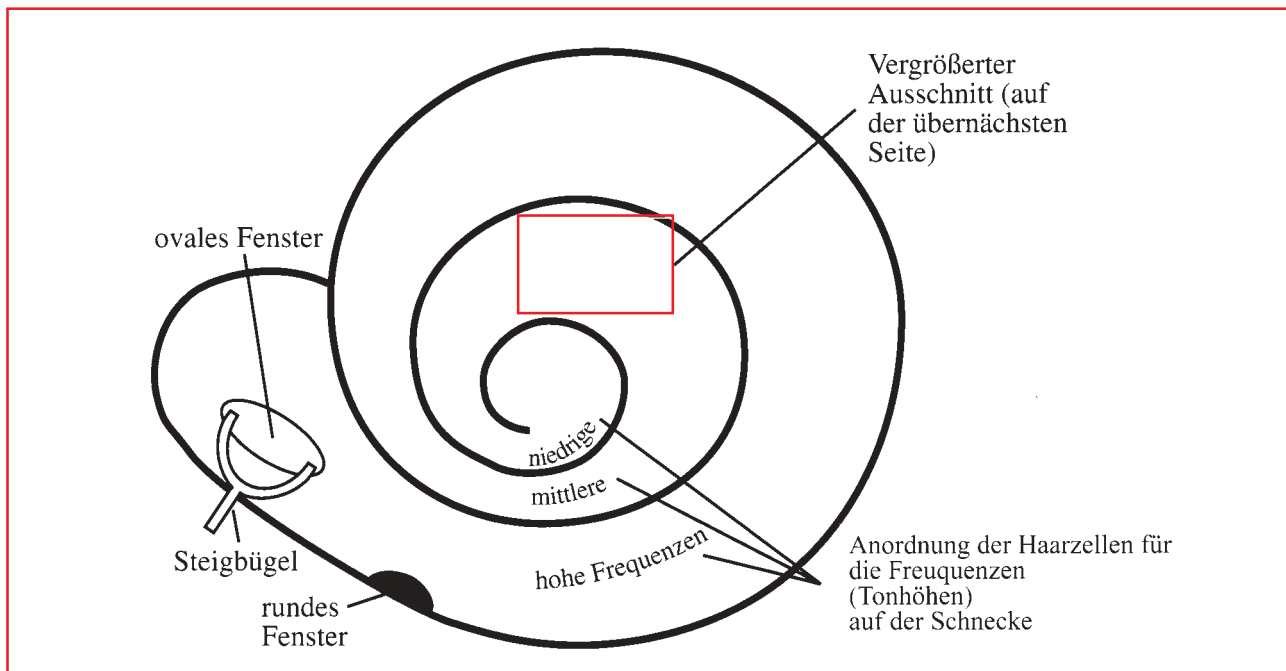
*Schematische Darstellung des ganzen Ohres mit Außen-, Mittel- und Innenohr*

- 1 Gehörgang
- 2 Trommelfell
- 3 Gehörknöchelchen
- 4 Innenohrschnecke

Das Gehör besteht aus dem äußeren Ohr (Ohrmuschel und Gehörgang), dem Mittelohr (Trommelfell und Gehörknöchelchen: Hammer, Amboss und Steigbügel) und dem Innenohr (Schnecke oder Cochlea). Die Schnecke weist zwei Fenster - das ovale und das runde Fenster - an ihrem unteren Ende auf, die durch Membranen abgeschlossen sind.

Der Steigbügelknochen des Mittelohrs liegt auf der Membran, die das ovale Fenster verschließt.

Die Schallwellen gelangen durch den Gehörgang zum Trommelfell und versetzen dieses in Schwingungen. Diese Schwingungen werden über die Gehörknöchelchen - Hammer, Amboss und Steigbügel - auf die Membran des ovalen Fensters an der Schnecke übertragen.



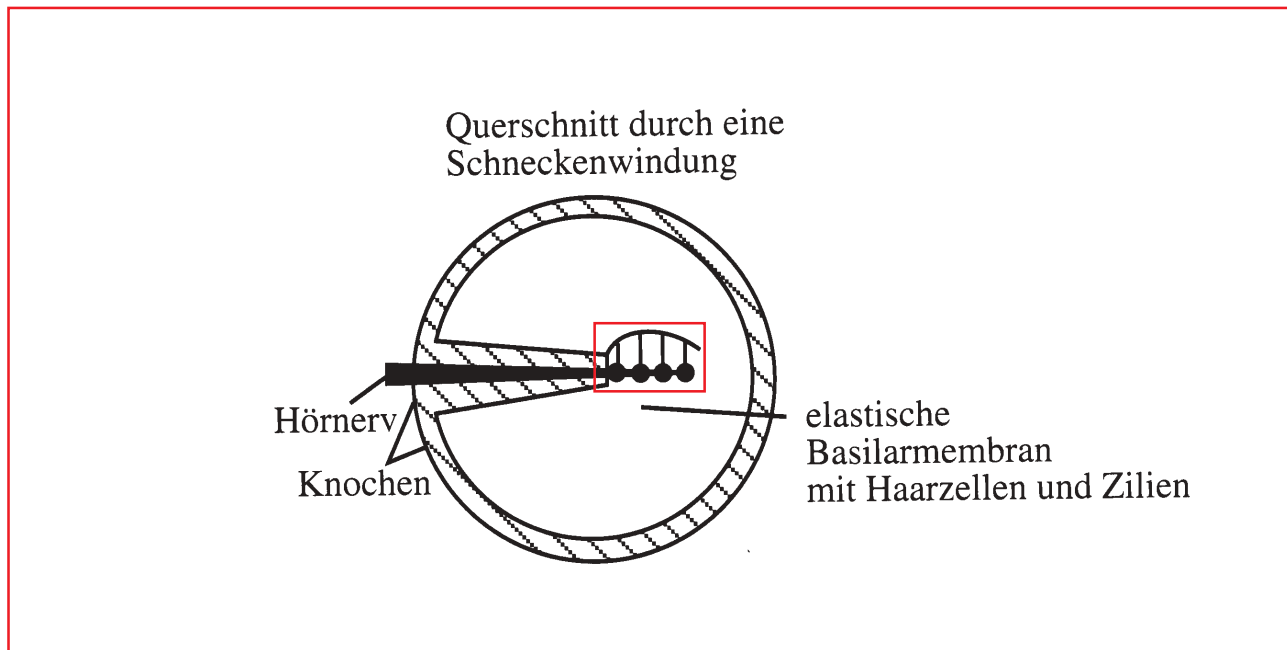
*Schematische Darstellung der Schnecke (vergrößerter Ausschnitt der Vorseite) mit Angabe der Anordnung der Frequenzen (Tonhöhen)*

## Aufbau und Funktion des Gehörs

Um eine optimale Anpassung der Schwingungsübertragung vom Luftschall auf die mit Flüssigkeit gefüllte Schnecke zu erzielen, wirkt das Mittelohr wie ein mechanischer Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 20.

Die Schnecke ist ein spiralförmiger Kanal, der durch die elastische Basilarmembran der Länge nach unterteilt wird. Nur an der Schneckenspitze hat diese Membran eine Öffnung.

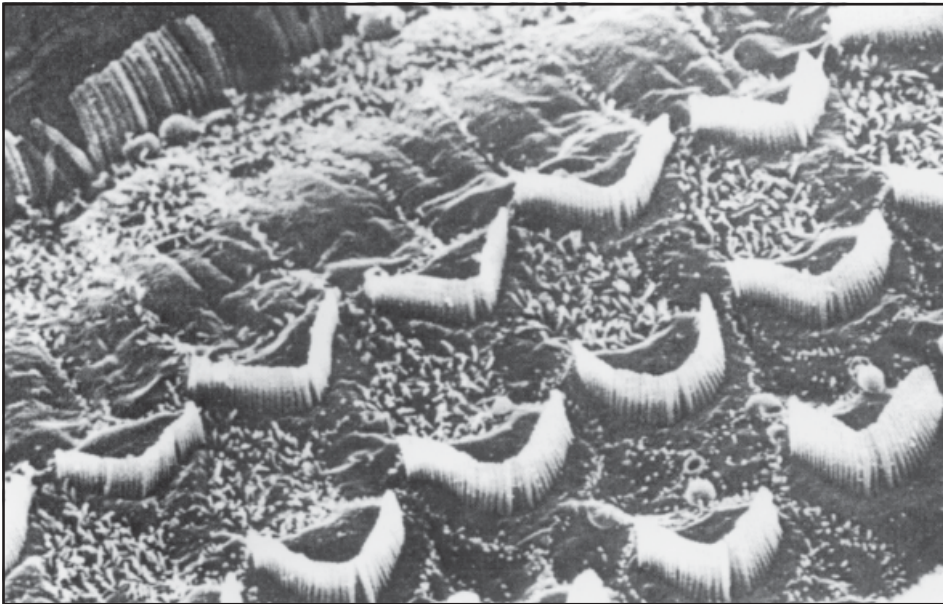
Durch die Schwingungen des Steigbügels wird die Basilarmembran ausgelenkt, und eine Wellenbewegung läuft auf der Basilarmembran in Richtung Schneckenspitze. Die maximale Wellenbewegung entsteht bei niedrigen Frequenzen in der Nähe der Schneckenspitze und bei hohen Frequenzen in der Nähe des ovalen Fensters.



*Schematische Darstellung des Querschnitts durch eine Schneckenwindung mit Basilarmembran*

Die eigentlichen Sinneszellen - die Haarzellen - sind in vier parallelen Reihen auf der elastischen Basilarmembran angeordnet. Die Haarzellen der zur Schneckenmitte hin innersten Reihe - die sogenannten inneren Haarzellen - tragen linienförmig angeordnete Sinneshärchen - die Zilien.

Die Zilien der äußeren Haarzellen sind v- oder w-förmig angeordnet.

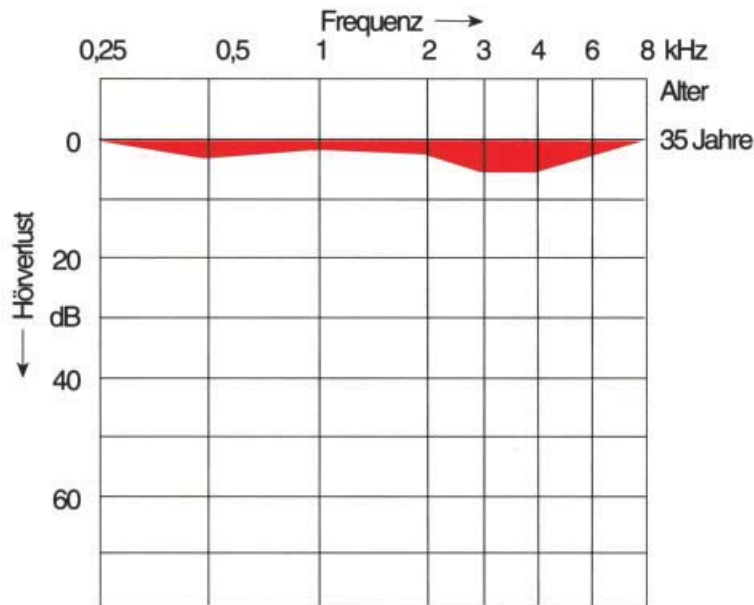


*Die vier Reihen der Zilien. Links oben die Zilien der inneren Haarzellen, davor die drei Reihen der Zilien der äußeren Haarzellen. (mit freundlicher Genehmigung von J. -M. Aran) (Vergrößerung ca. 5000:1)*

Schwache Schwingungen der Basilarmembran werden von den Zilien der äußeren Haarzellen verstärkt. Sehr starke Schwingungen der Basilarmembran werden wahrscheinlich durch aktive Gegenbewegungen der äußeren Haarzellen gedämpft, um Überlastungen der Zilien zu vermeiden. Bewegungen der Zilien der inneren Haarzellen werden in Nervenimpulse umgewandelt und zum Gehirn weitergeleitet. Erst dann hört man ein Geräusch oder ordnet ein Wellenmuster einer bestimmten Geräuschquelle zu und reagiert in irgendeiner Form.

Herr Meier ist inzwischen fertig mit seinem Hörtest, und der Betriebsarzt erklärt Herrn Meier das Ergebnis anhand des Audiogramms.

Zur Erstellung des Audiogramms werden in den einzelnen Frequenzbereichen Töne über Kopfhörer eingespielt, wobei der Proband - hier Herr Meier - angibt, welche Töne er gerade noch wahrnimmt. Auf dem Audiogramm ist die Hörschwelle in begradigter Form eingezeichnet, damit sie mit der jeweils individuellen Hörschwelle verglichen werden kann. Der Hörverlust wird dabei nach unten abgetragen.



Audiogramm eines Normalhörenden

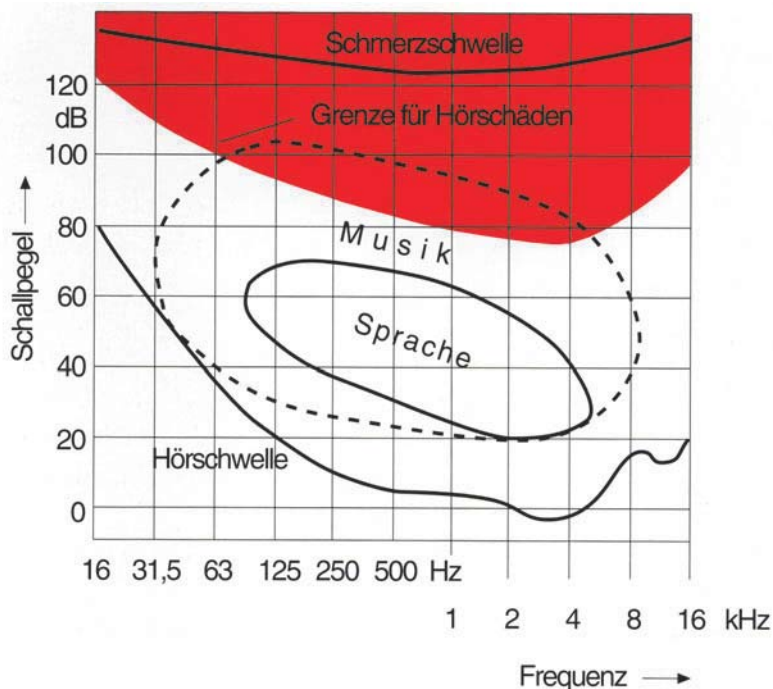
„Sie hören ausgezeichnet, Herr Meier, aber das kann sich leicht ändern, wenn Sie ihr Hifi-Gehör öfter so überlasten wie gestern. Unsere Ohren sind sehr sensibel im doppelten Wortsinn, sehr empfindlich auch für leise Geräusche, aber eben auch sehr verletzlich.“



Das menschliche Gehör ist nicht nur sehr komplex aufgebaut, sondern ist auch ein sehr sensibles Organ, sowohl in Bezug auf den Wahrnehmungsbereich wie auch in Bezug auf die Gefährdung und Schädigung.

Am empfindlichsten ist das Ohr bei 3 bis 4 kHz. Geräusche in diesem Frequenzbereich werden daher am besten wahrgenommen. Die Schwingungsamplitude der Basilarmembran ist bei diesen Frequenzen an der Hörschwelle kleiner als der Durchmesser eines Wasserstoff-Atoms. Die Amplitude an der Schmerzschwelle ist eine Million mal so groß. Das Verhältnis der Schallintensitäten an der Hör- und Schmerzschwelle ist noch viel größer und beträgt

1 zu  $10^{12}$ : eine 1 mit 12 Nullen: 1: **1.000.000.000.000**



Die Abbildung zeigt den Bereich der hörbaren Töne: das Hörfeld. Es wird von der Hörschwelle und der Schmerzschwelle begrenzt.

Sprache und Musik umfassen nur einen geringeren Bereich des Hörfeldes. Die rote Linie ist die Grenzkurve für Hörschäden.

Musik überschreitet in einem weiten Frequenzbereich die Grenze für Hörschäden, das gilt auch für die Industrie- und Maschinengeräusche.

Wie der Vergleich mit Seite 12 und 28 zeigt, liegen Millionen lauter Arbeitsplätze in Industrie und Handwerk im Bereich über 80 dB(A).

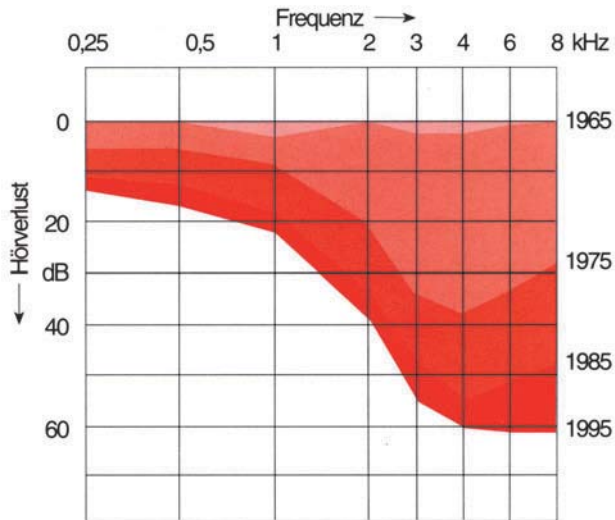
(Wegen der großen Zahlen wird der Schalldruck logarithmiert als Schallpegel in dB (Dezibel, vgl. Seite 18 angegeben.)

Kehren wir zur Unterhaltung zwischen Herrn Meier und dem Betriebsarzt zurück:

„Sie sollten sich einmal mit Ihrem Kollegen Schubert unterhalten, den musste ich schon vor zehn Jahren zu einem HNO-Facharzt schicken. Er kann bald ein Hörgerät gebrauchen.“  
 „Na, soweit soll's bei mir nicht kommen“, meint Herr Meier. „Vielleicht können wir uns gemeinsam mit ihm unterhalten, Herr Doktor.“

Der Betriebsarzt ist einverstanden.

Zu dritt sehen sie sich die Entwicklung der Lärmschwerhörigkeit von Meister Schubert an.



Audiogramm zur Entwicklung der Lärmschwerhörigkeit

Er arbeitet seit 30 Jahren im Flaschenkeller und ist jetzt 55 Jahre alt. 20 Jahre lang mussten seine Ohren den Lärm der alten Abfüllanlage aushalten und 10 Jahre davon ohne schallgedämmtes Meisterbüro.

Die frühere Schallbelastung von Herrn Schubert (S. 28) betrug für 8 Stunden pro Tag 95 dB(A). Geht man von diesem Schallpegel in der Abbildung nach rechts (vgl. Linie 1), so erreicht man die Linie für  $V = 10$ . Herrn Schuberts Schallbelastung betrug damals also das 10-fache der zulässigen Schallbelastung.

Herr Meier ist beeindruckt. „Naja, damals waren die Belastungen auch wirklich extrem, aber da hat sich heute schon viel verändert, denken Sie nur an die neue Flaschenabfüllanlage.“

„Richtig“, stimmt der Betriebsarzt zu, „aber richtig Ruhe gönnen wir unseren Ohren deswegen noch lange nicht!“ Fragend sehen ihn die beiden Meister an.

„Sie kennen doch auch eine Reihe Ihrer Mitarbeiter und Kollegen, die in noch lauterer Bereichen als Sie arbeiten, direkt an der Getränkeabfüllanlage, zu Hause ganz gern noch ein bisschen heimwerkeln, oder? Sicher ein feiner Ausgleich, nur nicht für ihre Ohren. Oder denken Sie an Ihren Lehrling und seine Discoausflüge!“

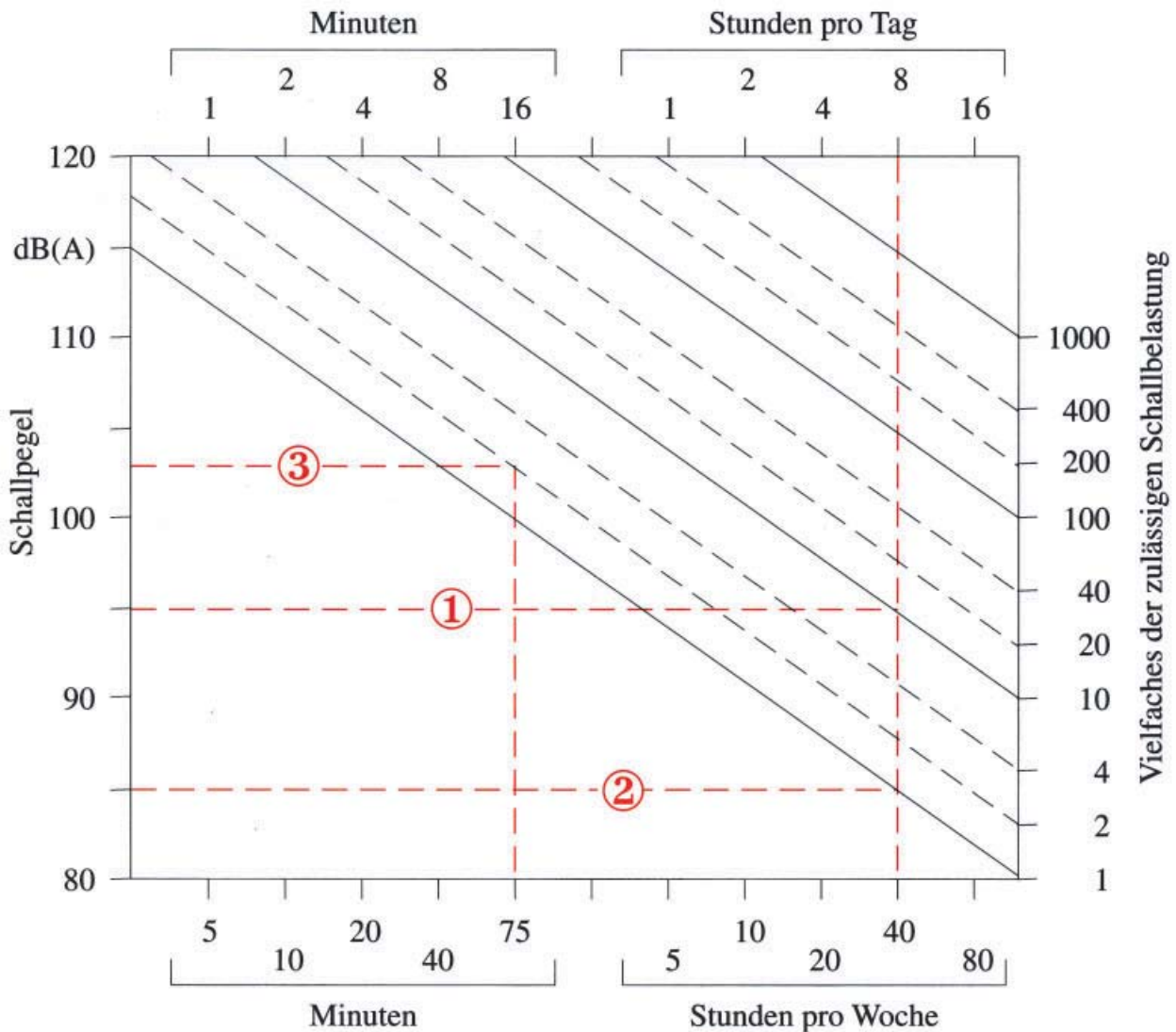
Frank ist Lehrling in der Werkstatt für Metallbearbeitung und hat mit 85 dB(A) für 8 Stunden pro Tag gerade die zulässige Schallbelastung erreicht (vgl. Linie 2 in der Abbildung).

Zusätzlich besucht er alle 14 Tage eine Disco mittlerer Lautstärke für 2 bis 3 Stunden.

Pro Woche hat er eine Musikbelastung von 103 dB(A) (vgl. Linie 3 in der Abbildung) für 75 Minuten (unten). Das allein entspricht dem Doppelten der zulässigen Schallbelastung.

Um die Gesamtbelastung zu erhalten, werden die V-Werte jeder Teilbelastung addiert, was bei Frank zum 3-fachen der zulässigen Schallbelastung führt.

Aber selbst wenn der Lehrling nicht solchen extremen Schallbelastungen von über 100 dB(A) ausgesetzt ist, sondern am Feierabend mit Heimwerkermaschinen arbeitet oder laute Musik hört, verhindert er, dass sich sein Gehör erholen kann; das Risiko für einen Gehörschaden erhöht sich.



Berechnung des Vielfachen (V) der zulässigen Schallbelastung (85 dB(A); 8 Std/Tag bzw. 40 Std/Woche aus der tatsächlichen Schallbelastung (Schallpegel; Dauer/Tag bzw. Dauer/Woche)

Um Schallpegel in ihrer Wirkung auf den Menschen vergleichbar zu machen, werden sie auf eine 8-Stunden Arbeitsschicht bezogen und gegebenenfalls mit Zuschlägen als Beurteilungspegel angegeben.

Die Höhe des Beurteilungspegels bestimmt die akustische Qualität des Arbeitsplatzes und wird mit den Lärmgrenzwerten verglichen.

Für die Gefährdung des Gehörs ist nun die Schallenergie maßgebend, das heißt, das Gehör ist umso gefährdeter, je höher der Schallpegel oder Dauerschallpegel ist und je länger dieser einwirkt.

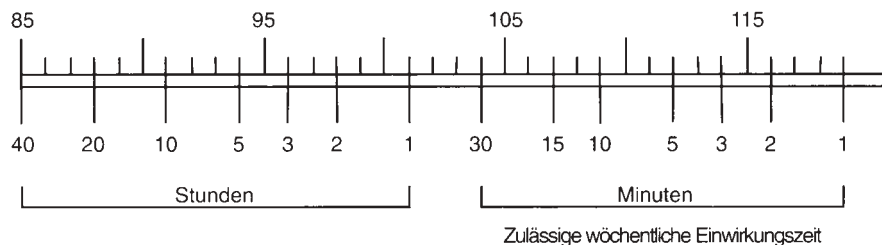
	Beurteilungspegel $L_{Ar}$	Impulsfolge $L_{AI}$	Einzelimpuls $L_{Peak}$
Gehörgefährdung ab	75 dB(A)	-	130 dB
Gehörschäden ab	* 85 dB(A)	120 dB(A)	* 140 dB

Schallpegel am Ohr, die nicht überschritten werden sollen,

\*Lärmgrenzwerte nach UVV Lärm und Arbeitsstättenverordnung

Die zulässige, tägliche Schallbelastung für eine 8-stündige Arbeitsschicht ist auf 85 dB(A) festgelegt (UVV Lärm, Arbeitsstättenverordnung). Die aufgeführten Lärmgrenzwerte setzen voraus, dass sich das Gehör außerhalb der Arbeitszeit erholen kann, das heißt, der Schallpegel unter 70 dB(A) liegt.

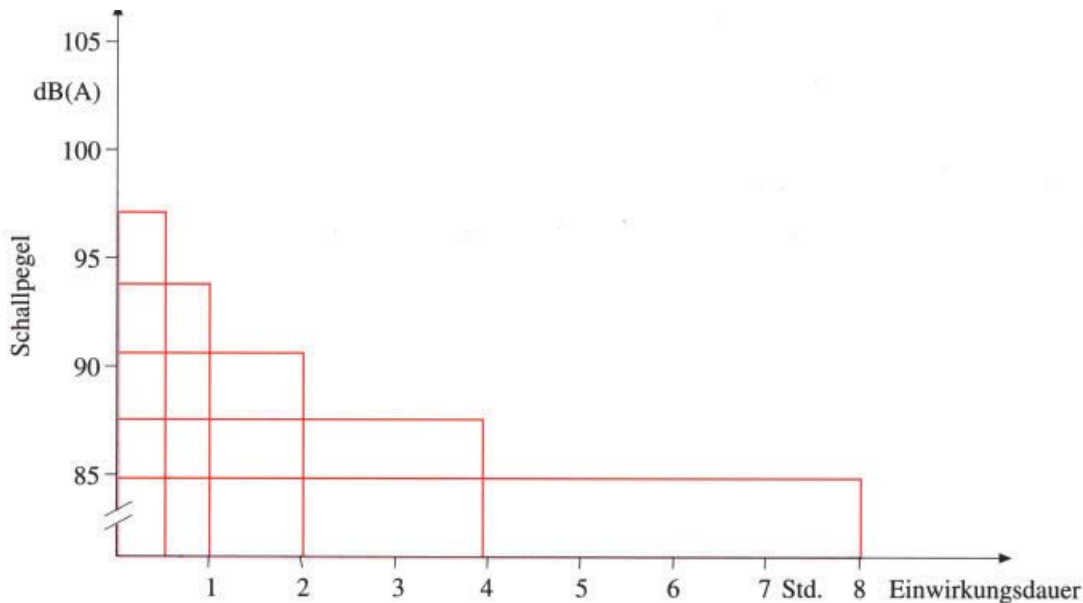
Schallpegel in dB(A)



Schallpegel und Einwirkungszeit bei gleicher zulässiger Schallbelastung pro Woche

Eine Zunahme der Schallbelastung um 3 dB entspricht entweder einer Verdoppelung der Schallintensität oder einer Verdoppelung der Einwirkungszeit.

Man erkennt sofort (vgl. Abbildung), dass bei einem relativ hohen Schallpegel (97 dB(A)) die Einwirkungszeit kurz (30 Min.) sein muss, damit die zulässige Schallbelastung nicht überschritten wird.



*Beispiele für die gleiche zulässige Schallbelastung pro Tag*

In den Industrieländern arbeiten 10 bis 15% der Arbeitnehmer bei Schallpegeln über 85 dB(A). Das sind für die Bundesrepublik ca. 5 Millionen Arbeitnehmer. So werden insbesondere bei der Metallbearbeitung Schallpegel von 80 bis 120 dB(A), bei Arbeiten mit Baumaschinen von 75 bis 100 dB(A), bei der Holzbearbeitung von 85 bis 110 dB(A) erreicht.

Dabei muss man beachten, dass einem Dauerschallpegel von 95 dB die 10-fache und 105 dB(A) die 100-fache Überschreitung der zulässigen Schallbelastung entspricht (siehe Abbildung, S. 29).

Bei langfristig wiederholter, hoher Schallbelastung oder kurzen extrem hohen Schallimpulsen werden zuerst die Zilien der äußeren Haarzellen zerstört.

Entweder werden sie nur zeitweilig in der Funktion beeinträchtigt (zeitweilige Vertäubung oder Hörschwellenverschiebung, vgl. S. 16-17) oder bleibend geschädigt (dauerhafte Vertäubung oder Hörschwellenverschiebung), vgl. S. 26.

Erst wenn eine erhebliche Zahl von Zilien geschädigt ist, lässt sich das in Form einer Verschiebung der Hörschwelle nachweisen.



*Zilienverklebungen*



*totaler Steifeverlust*



*Zilienabbrüche (Vergrößerung ca. 8000 : 1)*

„Die Lärmbelastung erklärt einiges,“ erläutert der Arzt, „aber nicht alles. Sie gehören zu den 5 bis 10% Personen mit den stärksten Hörverlusten. Erzählen Sie doch einmal Herrn Meier, welche zusätzlichen Risikofaktoren wir bei Ihnen neben der Lärmbelastung festgestellt haben.“ Meister Schubert beginnt:

„Da wäre erst mal die **Schichtarbeit** in den ersten 10 Jahren. Alles andere war dann in den 30 Jahren ziemlich gleichbleibend, bis auf das **Rauchen**, das habe ich erst voriges Jahr endgültig aufgegeben.“ „Gratuliere,“ lobt der Arzt, „aber 29 Jahre lang hatten Herz und Kreislauf einschließlic der Blutversorgung des Innenohres unter Kohlenmonoxid und Nikotin zu leiden. Und wie sieht es mit dem **Stress bei der Arbeit** aus?“



Der Arzt sieht beide Meister fragend über seine Brillenränder an.

„Sie wissen ja, durch Arbeitsstress und Lärm können Herz, Kreislauf und Ohren schneller altern. Aber zurück zu den Risiken für die Ohren! Herr Schubert, wie sieht es denn in Sachen **Ernährung** aus? Sie essen doch Gemüse und Kartoffeln auch am liebsten, wenn sie sich in Schinken verwandelt haben, nicht wahr?“



Herr Schubert nickt zustimmend.

„Ja, das sieht man auch an Ihren Magnesiumwerten. Schlechte **Magnesiumversorgung** kann das Risiko für Lärmschwerhörigkeit und für Herz- und Kreislaufkrankheiten ganz erheblich erhöhen. Ich bin nur durch Ihre Wadenkrämpfe darauf gekommen, dass Sie Magnesium brauchen. Seit wann nehmen Sie das Magnesiumpräparat?“

„Seit acht Wochen und die Wadenkrämpfe sind weg - aber dieses scheußliche Pfeifen in den Ohren wird immer quälender!“

„Herr Schubert, für chronisches Ohrenpfeifen gibt es kein Heilmittel“ sagt der Arzt.

„Tinnitus - so nennt man das Ohrenpfeifen oder Rauschen - tritt teilweise zusätzlich zur Lärmschwerhörigkeit auf. Die Patienten leiden darunter meistens noch mehr als unter der Schwerhörigkeit.“



Risikofaktor		Mittelwerte der zusätzlichen Hörverluste bei 3 - 6 kHz nach 10 und mehr Jahren
Vibration	Gruppe mit zusätzlicher Vibrationsbelastung und Krankheitssymptomen	7 - 12 dB
Schichtarbeit	besonders Nachtschichtarbeiter	8 - 10 dB
Ototoxische Arbeitsstoffe	Personen mit Vergiftungserscheinungen Vergleich: ohne Vergiftungserscheinungen	12 - 16 dB -
Rauchen	Nikotin und Kohlenmonoxid	8 - 11 dB
Weniger Magnesium	Personen mit Serum Mg < 0,84 mmol / l Vergleich: Serum Mg > 0,84 mmol / l	6 - 18 dB -
<b>Weitere Risikofaktoren, deren Wirkung nur qualitativ bekannt ist:</b>		
Stress	z.B. Arbeit unter Zeitdruck Überforderung bakterielle oder virale Infekte	
Zwangshaltung	z.B. über dem Kopf arbeiten	
Organische Lösungsmitteldämpfe	z.B. Toluol Kohlendisulfid (CS <sub>2</sub> )	

*Einfluss von Zusatzbelastungen auf lärmbedingte Hörverluste (Lärmbelastung: mehr als 10 Jahre mit  $L_{Aeq8h} > 85$  dB(A))*

Personen, die mehr als 10 Jahre einem Dauerschallpegel von mehr als 85 dB(A) und weiteren Zusatzbelastungen ausgesetzt waren, weisen im Mittel ausgeprägtere Hörverluste auf. Dies ist auch der obigen Tabelle zu entnehmen. In der Mitte sind besondere Bedingungen angegeben, die zur Erklärung oder Beschreibung der Gruppe mit einer Zusatzbelastung dienen (Ergebnisse verschiedener Studien, vgl. auch AE: „Lärmbeurteilung - Gehörschäden“).

Zurück zu Herrn Schubert:

„Herr Schubert, erzählen Sie doch mal, wie sich Ihre Lärmschwerhörigkeit denn überhaupt auswirkt!“

Der alte Meister seufzt:

„Eins verstehe ich überhaupt nicht mehr, wie einem Musik gefallen kann. Und dabei war ich früher selbst ein Musikfan. Jetzt klingt das alles wie ein hässliches Gegurgel. Aber auf Musik kann man ja ganz gut verzichten.“

Am schlimmsten ist es mit der Sprachverständlichkeit bei Nebengeräuschen. Im Flaschenkeller kann ich meine Mitarbeiter nur verstehen, wenn ich ihre Lippen beobachten kann. Ich hab's auch schon mal mit einem Hörgerät versucht. Beim Telefonieren war das ganz gut, aber bei Nebengeräuschen - unerträglich! Am unangenehmsten sind die vielen Missverständnisse, und man traut sich doch nicht, dauernd nachzufragen.

Diese **Schwerhörigkeit** macht mich in einer Gesellschaft richtig **einsam**. Alle unterhalten sich und lachen, und man selbst kriegt nichts mit. Und weiß ich, ob sich die anderen nicht über mich lustig machen. Das ist mir zu schwierig, da bleibe ich lieber zu Hause. Die Arbeitskollegen halten mich für einen Sonderling, einen Einzelgänger. Dabei war ich früher sehr gern in Gesellschaft. Sie ahnen gar nicht, wie mir das zu schaffen macht.

Ich rate jedem dringend, seine Ohren besser zu schonen als ich. Und ich selber muss miterleben, wie meine Kinder in Discos mit extrem lauter Musik und durch Kopfhörer sich die Ohren kaputt machen!“

Nun seufzt der Arzt:

„Die eigene Erfahrung ist einem in jungen Jahren viel wichtiger als Ratschläge eines Älteren. Aber ich hoffe, Ihre Schilderung hat bei Herrn Meier offene Ohren gefunden.“

Der junge Meister nickt nachdenklich, und die beiden verabschieden sich.

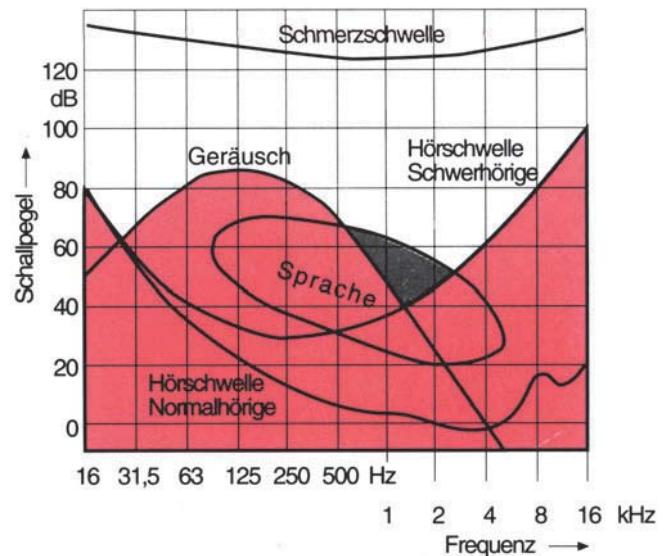
Die Störung der Sprachkommunikation hat zwei Aspekte:

1. Der Sprecher spricht lauter in lärmgefüllter Umgebung und ist durch das laute Sprechen angestrengt. Er wird heiser. Bei entsprechenden Berufen (Lehrer) kann das zu Funktionsstörungen des Sprechorgans führen.
2. Der Hörer kann umso weniger verstehen, je höher der Lärmpegel ist, er muss sich anstrengen und fühlt sich belästigt und belastet, weil er nur noch wenig versteht.

Maßgebend für die Sprachverständigung ist immer der relative Abstand des Sprechpegels am Ohr des Hörers gegenüber dem Schallpegel des Hintergrundgeräuschs. Für eine gute Sprachverständigung wird verlangt, dass der Schallpegel der Sprache 10 dB(A) über dem des Störgeräusches liegt.

Diese Empfehlung gilt für normalhörende, sprachgewandte Personen!

Besonders bei Gehörgeschädigten, Lärm-schwerhörigen oder Altersschwerhörigen, deren Sprachwahrnehmung schon eingeschränkt ist, verschlechtern Störgeräusche die sprachliche Kommunikation oder machen sie fast unmöglich. Will man für Gehörgeschädigte noch eine gewisse Arbeitsmöglichkeit und Lebensqualität erhalten, müssten die Geräuschpegel, die bisher in Arbeits- und Wohnbereichen akzeptiert werden, bis zu 10 dB(A) geringer sein.



*Einschränkung des Hörfeldes bei Hörgeschädigten durch Hörschwelle und Geräusche*

<i>Qualität der Sprachkommunikation</i>	<i>Raum/Tätigkeit</i>	<i>Situation</i>	<i>Entfernung in m</i>	<i>Geräuschpegel in dB(A)</i>
<b>sehr gut</b>	Büroraum	Gespräche Phonodiktat	1 - 2	<b>35 - 45</b>
<b>gut</b>	Unterrichtsraum	sprachliche Mitteilung, Gespräche	10	<b>30 - 35</b>
<b>befriedigend</b>	Lehrwerkstatt	Unterweisung	0,5 - 1	<b>65 - 70</b>
<b>befriedigend</b>	Fertigung	Gruppenarbeit	1 - 2	<b>60 - 65</b>
<b>ausreichend</b>	Montagearbeiten	kurze Mitteilungen	0,5 - 2	<b>70 - 80</b>

*Empfehlungen für Schallpegel von Geräuschen, die nicht überschritten werden sollten, um eine sachgerechte Qualität der Sprachkommunikation für Normalhörende zu gewährleisten*

## **Häufig hängt von der Sprachverständigung das Leben von Personen ab:**

Denken Sie

- an den Piloten, der aus der verrauschten Sprache seine Anweisungen zum Landen verstehen muss,
- an die Personen im Betrieb, die durch einen Warnruf vor dem herannahenden Gabelstapler, den beide nicht sehen, gewarnt werden müssen,
- an die Bauarbeiter, von denen nur einige das akustische Warnsignal hören, die Warnung der weiteren Arbeiter aber durch Zeichengebung und Warnrufe erfolgt.

In vielen Gefahrensituationen wird mit einem akustischen Gefahrensignal gewarnt. Am bekanntesten ist die Hupe im Straßenverkehr. Häufig wird auch ein Warnruf benutzt.

Durch Geräusche werden akustische Signale so verdeckt, dass sie entweder schlecht oder gar nicht wahrnehmbar sind. Da häufig das Leben von Personen oder hohe Sachwerte durch das Gefahrensignal geschützt werden müssen, wird eine hohe Sicherheit bei der Wahrnehmung verlangt.

Es wird verlangt, dass der Schallpegel des Signals 15 dB(A) über dem des Lärms liegt (DIN-EN 457). Damit soll eine sichere Erkennung des Signals gewährleistet und die Störung der Wahrnehmung durch Störvariablen wie

- Ähnlichkeit von Geräusch und Signal
- Konzentration auf die Arbeit
- Natürliche Aufmerksamkeitsschwankungen
- Ermüdung während der Arbeitsschicht
- Tragen von Gehörschutz
- Schwerhörigkeit des Hörers

ausgeschlossen werden.



*Gleisbauarbeiter an Bundesbahnbaustellen und Warnsignalgeber*

Während Herr Schubert an seinen Arbeitsplatz zurückkehrt, muss Herr Meier sich noch einige Unterlagen von Frau Müller aus der Verwaltung abholen. Er erzählt ihr von seiner Unterhaltung mit dem Betriebsarzt und dem Kollegen Schubert.

„Da habt Ihr es hier oben doch richtig gut, schöne saubere Arbeitsplätze und kein Lärm“, meint er zum Abschluss seines Berichtes.

„Oh ja, das wüsste ich aber! Schön sauber, mag ja stimmen, aber ruhig ist es hier nun wirklich nicht!“ empört sich Frau Müller. „Unser Büro liegt zur Straßenseite hin, und Du weißt genau, wieviel Betrieb auf dieser Durchgangsstraße herrscht. Dann sitzen wir hier mit drei Leuten, jeder hat sein Telefon, hinten in der Ecke steht das Abteilungs-Faxgerät. Wir sind schon froh, dass der Kopierer neulich ausquartiert wurde. Abgesehen davon, dass dauernd jemand reingekommen ist - Tür auf, Tür zu - fiel mindestens jedem Dritten der Deckel vom Kopierer auf die Platte“.

„Nun mach aber mal einen Punkt“, unterbricht Herr Meier ihren Redefluss. „Schließlich geht Euch das Gehör nicht kaputt.“

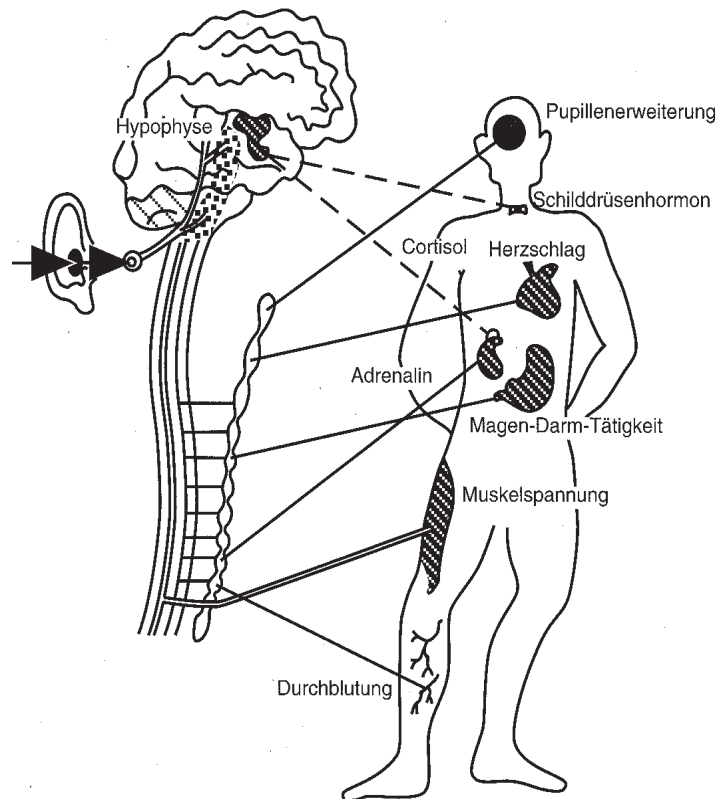
„Ne, das ist richtig“, antwortet Frau Müller, „aber die Nerven!“



Davon auszugehen, dass ein Schallpegel von unter 85 dB die Gesundheit nicht beeinträchtigt, ist also zu einfach. Der Mensch besteht ja nicht nur aus Ohren und dem Gehör, in die sich die Schallwellen ausschließlich und zielgerichtet hineinbewegen und nur dort wirken. Vielmehr wandeln die Haarzellen die Schwingungen in der Schnecke (siehe Abbildung S. 22) in Nervenimpulse um, die ans Gehirn und von dort an den ganzen Körper weitergeleitet werden. So wirkt Schall also auf den ganzen Menschen ein.

Nur bei sehr hohen Schallintensitäten treten die auf das Gehör bezogenen - auralen - Wirkungen so dominant hervor, dass man leicht geneigt ist, die nicht auf das Gehör bezogenen - extra-auralen - Wirkungen zu übersehen.

Solche extra-auralen Wirkungen sind zunächst normale körperliche Reaktionen - psychophysiologische Antworten des Körpers - auf Schall. Da aber gerade am Arbeitsplatz Schall bzw. Lärm kein einmaliges Ereignis ist, in der Regel auf Menschen trifft, die mit einer Tätigkeit beschäftigt sind, darüber hinaus auch noch anderen störenden Einflüssen unterliegen, wird der Lärm zu einer Belastung, die körperliche Stressreaktionen hervorruft. Außer den Wirkungen auf das Gehör erzeugt Lärm also auch körperliche Stressreaktionen.



Übertragungswege extra-auraler Lärmwirkungen

Frau Müller erläutert ihrem Kollegen Meier, welche Folgen der Lärm am Arbeitsplatz für sie hat:

„Schließlich sitzen wir ja hier nicht zum Vergnügen, wir müssen ja auch noch unsere Arbeit machen, und die ist ja wirklich nicht ohne.

Wie sieht es denn hier aus?

Du fängst an, Dir für das Angebot, das Du erstellen sollst, Deine Informationen zusammenzusuchen, rechnest ein paar Zahlen im Kopf zusammen, weil Dein Taschenrechner zufällig mal wieder unterwegs ist oder es eigentlich nicht lohnt, ihn vorzuholen ... schon klingelt das Telefon, möglichst noch das von Deinem Kollegen, oder es kommt ein Besucher und hat was mit Deiner Kollegin zu besprechen, oder die andere Kollegin fängt gerade mit einem Ausdruck an, oder das Faxgerät fängt an zu laufen, oder ein LKW rumpelt vorbei.

Das war es.

Also fängst Du wieder von vorn an, konzentrierst Dich noch ein bisschen mehr, und schließlich bist Du froh, wenn Du Dein Angebot ohne weitere Unterbrechung durchkalkuliert hast (was die Ausnahme ist).

Und wenn Du dann Korrektur liest, stellst Du doch noch ein paar Fehler fest und fängst wieder an.

Dabei sollte das Angebot ja schon am besten vorgestern raus!

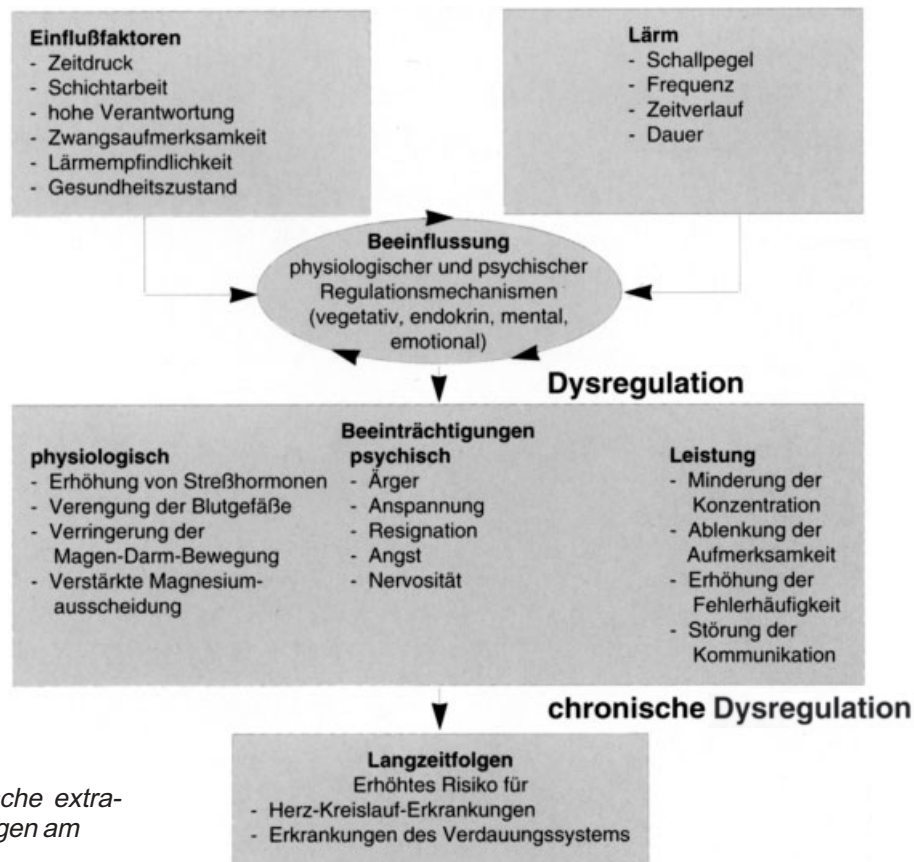
Wenn Du dann abends nach Hause kommst, dann bist Du fix und fertig und wunderst Dich, wieso Du mal wieder solche Kopfschmerzen hast.“



Kennzeichnend für die extra-auralen Lärmwirkungen ist, dass sie in komplexer Weise ineinander greifen und sich gegenseitig verstärken können, da nicht nur

- neuronale Aktivitäten und physiologische Reaktionen entstehen, sondern diese auch
- mentale Prozesse und Arbeitstätigkeiten stören und unterbrechen, wodurch wieder
- physiologische Reaktionen hervorgerufen werden.

In der Folge werden Stressreaktionen ausgelöst, die langfristig das Risiko für Krankheiten erhöhen.

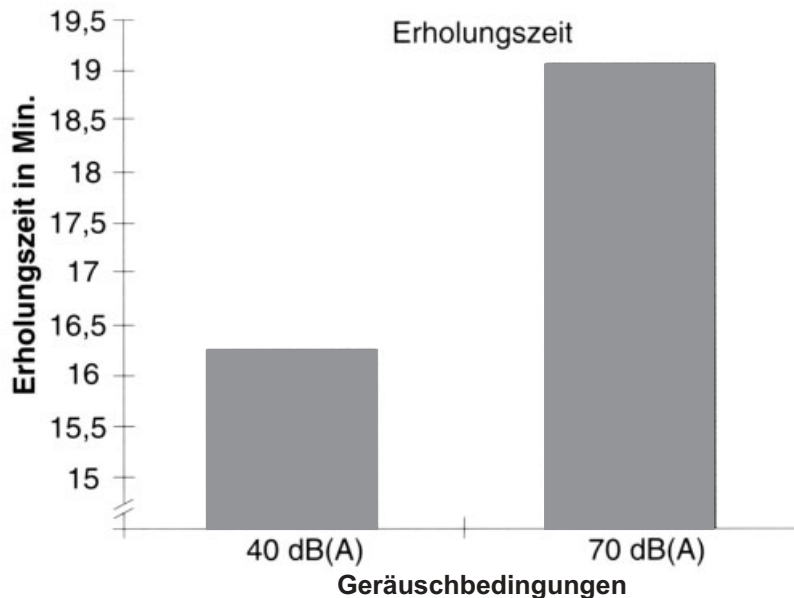


*Psychophysiologische extra-aurale Lärmwirkungen am Arbeitsplatz*

Wenn etwa Geräusche zu fortgesetzter Unterbrechung der Tätigkeit führen, dann veranlasst dies die Betroffenen, sich stärker zu konzentrieren, sich mehr anzustrengen. Im Vergleich zu einer ruhigen Situation geben die Betroffenen an, sich unter Lärm mehr anstrengen zu müssen, um ihre Aufgabe zu bearbeiten.

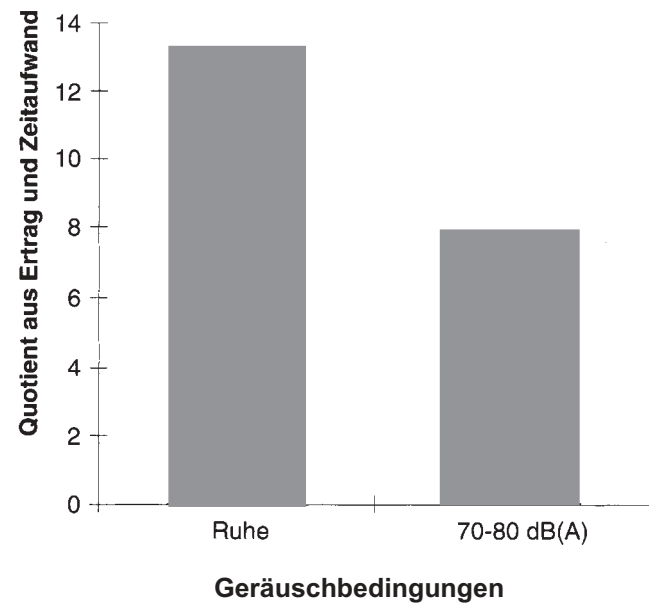
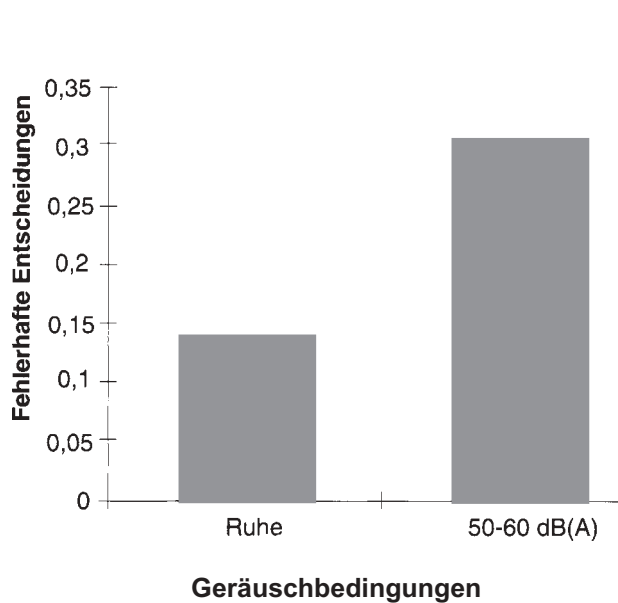
Dies kann bei leichteren Aufgaben zwar kurzfristig zu einer Verbesserung der Leistung führen, aber der Gewinn ist allzu häufig verbunden mit erhöhtem **Erholungsbedürfnis**, mehr **Anspannung**, mit **Kopfschmerzen**.

Wenn Aufgaben beispielsweise bei 70 dB(A) bearbeitet werden statt bei 40 dB(A), dann steigt das Erholungsbedürfnis um ein Viertel, wenn die Betroffenen die Möglichkeit zu einer Pause haben.



*Dauer der Pause nach Arbeiten (Sachbearbeitungstätigkeiten) unter verschiedenen Lärmbedingungen (siehe AE „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

Je nach Tätigkeit ist es aber mit vermehrter Anstrengung nicht mehr getan. Dann lässt die Leistung nach. Entweder werden mehr Fehler gemacht bzw. die Bearbeitung der Aufgabe erfordert mehr Zeit, weil man abgelenkt wurde oder weil man Fehler korrigiert oder von vornherein mehr Prüfprozesse eingebaut werden.

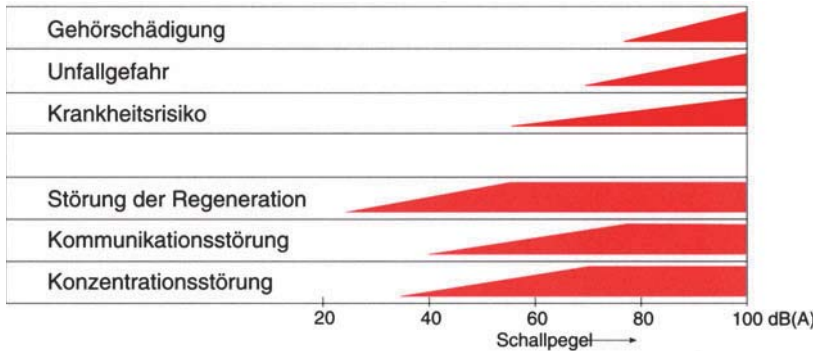


*Fehlerhäufigkeit bei Sachbearbeitungstätigkeiten (siehe AE „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

*Leistungseffizienz (als Quotient aus Arbeitsertrag und Zeitaufwand) in verschiedenen Lärmbedingungen (siehe AE „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

Mit anderen Worten, Geräusche beeinflussen die Leistungseffizienz. Bestimmt man die Leistungseffizienz als den Quotienten aus Ertrag und Zeitaufwand, dann wird die Verschlechterung bei zunehmendem Schallpegel offenkundig.

Lärm stellt also eine erhebliche Gefährdung für die Gesundheit einschließlich der des Gehörs sowie eine Belastung für die Leistungsfähigkeit dar, wobei Störungen durch Lärm bereits bei niedrigen Pegeln zu Beeinträchtigungen führen können.

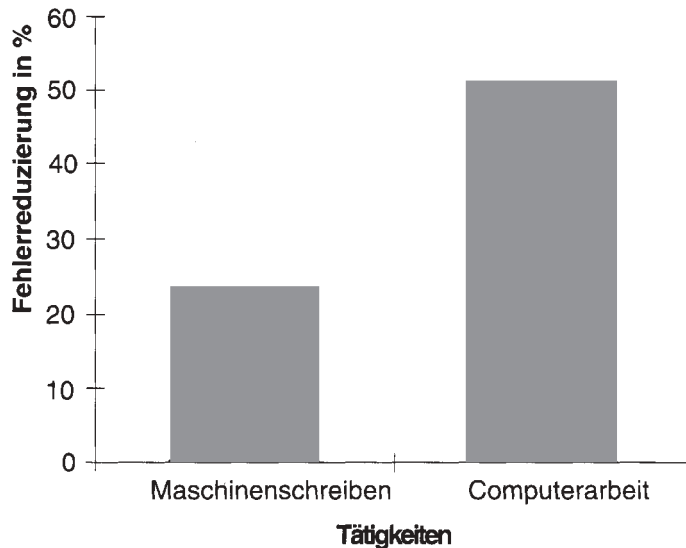


*Lärmwirkungen in Abhängigkeit vom Schallpegel, Beurteilungspegel*

Im Gegensatz dazu führt Lärminderung zu Leistungsverbesserungen und Verringerungen der Fehler:

Betriebsart/ Tätigkeit	Ausgangsschallpegel dB(A)	Lärminderung dB(A)	Leistungssteigerung %
Baggertätigkeit	96	10	12
Maschinenfabrik	93	7	5
Konfektionsbetrieb	82	10	13
Büromaschinenmontage	78	12	13
Fernmeldeamt	65	9	17
Büro	-	10	12
Versicherungsanstalt	-	4	9
Maschinenschreiben	-	10	24

*Leistungssteigerung durch Schallpegelsenkungen: Ergebnisse aus 8 Studien, vgl. AE „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*



*Fehlerrückgang durch Schallpegelreduzierungen:  
um 6-10 dB(A) (Ergebnisse zweier Studien, vgl.  
AE: „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

Darüber hinaus werden aber auch die physiologischen Faktoren durch Maßnahmen zur Verminderung des Lärms positiv beeinflusst. Als Vergleich wird die Blutdruckverringerung durch niedrige/hohe Arbeitsbelastung von Fluglotsen angegeben.

Arbeitstätigkeit	Belastungsänderung	Abnahme des Blutdruckes	
		$\Delta p$ syst. mmHg	$\Delta p$ diast. mmHg
Fluglotsen-tätigkeit	Arbeitsbelastung hoch / niedrig	4,3	2,9
Maschinen-bedienung	Dauerschallpegel 95 dB(A) / 82 dB(A)	6,6	1,2
Löten von el. Schaltungen	85 dB(A) / 50 dB(A)	3,4	1,8
Teilnahme an Seminar	60 dB(A) / 40 dB(A)	1,7	1,2

*Mittlere Blutdruckverringerung bei der Arbeit durch Entlastung oder Lärminderung (siehe AE: „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

Dies hat wiederum zur Folge, dass Arbeitskräfte weniger häufig krank werden. Hier die Ergebnisse einiger Studien:

<b>Betriebsart/ Tätigkeit</b>	<b>Ausgangs- lärm</b>	<b>Lärm- minderung</b>	<b>Abnahme der Gesundheitsgefährdung</b>
Maschinen- fabrik	90 - 95 dB(A)	10 dB(A)	1 Krankheitstag pro Jahr weniger
Textilfabrik	90 - 100 dB(A)	5 dB(A) 10 dB(A) 20 dB(A)	Häufigkeit von Bluthochdruck um 14% geringer um 26% geringer um 46% geringer

Büroarbeit	Straßenverkehrslärm hörbar:		Häufigkeit von Krankheitstagen um 12% geringer um 25% geringer
	manchmal sehr häufig	selten selten	
unspezifizierte Arbeit	subjektive Lärmstörungen bei der Arbeit: häufig		Häufigkeit von Herzinfarkten um 50% geringer
		selten	

*Verringerung von Krankheitshäufigkeit durch Lärminderung (siehe AE: „Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte“)*

Zusammenfassend können wir feststellen, dass Schallbelastungen über 80 dB(A) nicht nur die Ohren gefährden. Die Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Unfall- und Krankheitshäufigkeit und das Risiko für Herz-/Kreislaufkrankungen bei dieser Lärmbelastung erhöht ist. Schallbelastungen unter 75 bis 80 dB(A) sind zwar für das Gehör unbedenklich, beeinflussen aber physiologische und psychische Prozesse und können zu einer Beeinträchtigung von Gesundheit, Leistung und Befinden führen.

Gerade bei Schallpegeln unter 80 dB(A) ist insbesondere zu berücksichtigen, welche Art der Tätigkeit ausgeübt wird. Eben diesem Umstand wird in der Arbeitsstättenverordnung (§ 15) und in der VDI-Richtlinie 2058, Blatt 3, dadurch Rechnung getragen, dass Empfehlungen für maximale Schallpegel, bei bestimmten Tätigkeiten Höchstwerte für den Beurteilungspegel, genannt werden, die nicht überschritten werden dürfen.

Für etliche Arbeitsplätze sind aber diese Empfehlungen heute schon unzureichend, weil die Tätigkeiten aufgrund der technologischen Entwicklung zunehmend komplexer geworden sind und die Arbeitsverdichtung noch größer. Dieser Trend scheint bisher noch ungebrochen.

Sowohl aus Gründen gesundheitlicher Prävention wie auch aus betriebswirtschaftlichen Kostenüberlegungen (beispielsweise Verminderung von Krankheitstagen) sollten die Lärm-Grenzwerte, soweit technisch möglich, unterschritten werden. Insbesondere sollte der Schallpegel umso niedriger sein (vgl. auch Tabelle S. 48), je stärker eine Tätigkeit hohe Anforderungen an Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsprozesse stellt, beispielsweise:

- Müssen für die Bearbeitung der Aufgabe viele **Informationen gleichzeitig im Gedächtnis** präsent gehalten werden?
- Ist ein **kontinuierlich** hohes Maß an **Aufmerksamkeit** erforderlich?
- Sind in hohem Maße Planungs-, Problemlösungs- oder Rechenprozesse bei der Bearbeitung der Aufgabe notwendig, bei denen es vor allem auf **Korrektheit** und **Vollständigkeit der Zwischenergebnisse** ankommt, um die Aufgabe zu lösen?
- Ist die Tätigkeit durch ein hohes Maß an **Verantwortung** gekennzeichnet?

<b>Arbeits-Tätigkeiten</b>	<b>zulässige Höchstwerte in dB(A)</b>	<b>Maßnahmen</b>	<b>empfohlene Höchstwerte in dB(A)</b>
	90	Lärminderung durchführen Lärminderungsprogramm durchführen Geräuschangabe von Maschinen verlangen und die leiseste auswählen Gehörschutz tragen an der Gehörvorsorge teilnehmen Lärbereiche kennzeichnen	75 - 85
Sonstige Tätigkeiten	85	Lärminderung durchführen Geräuschangabe von Maschinen verlangen und die leiseste auswählen Gehörschutz zur Verfügung stellen an der Gehörvorsorge teilnehmen Lärbereiche ermitteln	75 - 85
Einfache und überwiegend Routinetätigkeiten - Buchen, Disponieren - Arbeiten an Büromaschinen - Verkaufen - Arbeiten im Meisterbüro	70	Lärminderung durchführen Geräuschangabe von Maschinen verlangen und die leiseste auswählen	45 - 55
überwiegend geistige Tätigkeiten u.a. - techn.-wissensch. Arbeiten - Entwerfen, Übersetzen - Korrigieren schwieriger Texte - Führen von Sitzungen - Entwickeln von Programmen	55	Lärminderung durchführen	35 - 45

*Lärmgrenzwerte (Sp. 2) für den Beurteilungspegel ( $L_{Ar}$ ) für Arbeitstätigkeiten und Maßnahmen nach der UVV Lärm, EG-Richtlinie 86/188 und der Arbeitsstättenverordnung. Werte (Sp. 4), die nach DIN EN 11 690-1 unterschritten werden sollen.*



Welche Möglichkeiten des Lärmschutzes gibt es nun?

### **Lärmschutz an der Quelle**

Lärminderung an der Quelle ist die wirksamste aller Maßnahmen. Der Hersteller einer Maschine ist nach der 3. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz verpflichtet, die nach Normen ermittelte Geräuschemission seiner Maschine anzugeben. Bei der Beschaffung von Maschinen soll deshalb immer die mit der niedrigeren Geräuschemission ausgewählt werden. Durch nachträglich angebrachte Schallschutzkapseln oder Schalldämpfer kann die Schallabstrahlung häufig nicht oder nur mit hohem Kostenaufwand reduziert werden.

### **Lärmschutz bei der Schallausbreitung**

In Räumen ist die Schallpegelabnahme geringer als im Freien. Sie lässt sich durch schallabsorbierende Wände und Decken verbessern sowie durch Schallschirme erhöhen.

### **Lärmschutz am Immissionsort**

Am Arbeitsplatz mit hoher Lärmbelastung bietet Gehörschutz (Kapselgehörschützer, Gehörschutzstöpsel) die einzige Möglichkeit, kurzfristig den Lärm auf ein gesundheitlich vertretbares erträgliches Niveau zu reduzieren. Da der Gehörschutz aber erhebliche Nachteile hat - wie Beeinträchtigung der Kommunikation, Unfallgefahr, Schwitzen, Druckgefühl, Behinderung der Arbeit - und die Schutzfunktion durch Gehörschutz auch nur bedingt sichergestellt werden kann, hat die Lärminderung durch technische Maßnahmen Vorrang.

## Ziel des Lärmschutzes

sollte es immer sein, dem **Wohlbefinden der Betroffenen** und dem Erhalt ihrer **Gesundheit** und **Leistungsfähigkeit** zu dienen und **nicht nur** der Einhaltung von **Lärmgrenzwerten**.

Ältere und lärmempfindliche Personen sowie schwangere und stillende Frauen brauchen einen höheren Schutz.

Eine Reduzierung der Lärmbelastung am Arbeitsplatz

- **erhöht die Arbeits- und Lebensqualität**
- **erhält das Gehör**
- **reduziert den Stress und dadurch bedingte Krankheiten**
- **verbessert die Leistung.**

### **Arbeitsstättenverordnung §15 (1975)**

**Unfallverhütungsvorschrift Lärm (UVV):** Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (1990). Best.-Nr. VBG 121, Carl-Heymanns-Verlag KG, Köln

**Gerätesicherheitsgesetz (GSG):** Gesetz über technische Arbeitsmittel vom 23. Oktober 1992, BGBl. I (1992) S.1564

**3. GSGV:** 3. Verordnung zum GSG vom 18. Januar 1991, BGBl. 1 (1991) S.146

**9. GSGV:** 9. Verordnung zum GSG vom 12. Mai 1993, BGBl. 1 (1993) S.704

**EG-Richtlinie (86/188/EWG):** Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdungen durch Lärm am Arbeitsplatz, ABL. Nr. L 137 v. 24.05.1986, S. 28

**EG-Richtlinie (89/391/EWG):** Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit, ABL. Nr. L 183 v. 29.06.1989, S.1

**EG-Richtlinie (89/392/EWG):** Richtlinie des Rates vom 14. Juni 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen, ABL. Nr. L 183 v. 29.06.1989, S.9

**DIN 45645 Teil 2:** Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen der Geräuschimmission am Arbeitsplatz (1997)

**DIN-EN ISO 11690:** Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Arbeitsstätten  
Teil 1: Allgemeine Grundlagen, Teil 2: Lärminderungsmaßnahmen (1997)

**VDI Richtlinie 2058, Blatt 2:** Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung (1988)

**VDI Richtlinie 2058, Blatt 3:** Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten (1998)

## Literatur

- Dieroff, H.-G.:                                Lärmschwerhörigkeit, *Gustav Fischer Verlag*, Jena (1994)
- Griefahn, B.:                                    Audiometrie: Grundlagen, Praxis, *Enke* (1988)
- Hamann, K.-F., Schwab, W.:                Schwerhörigkeit - Störung der zwischenmenschlichen Kommunikation, Diagnose und Behandlung, *Thieme*, Stuttgart (1991)
- Ising, H., Plath, P., Rebentisch, E.,        Wirkungen von Lärm auf das Gehörorgan - Effekte, Mechanismen, Prävention  
Sust, Ch. A.:                                    Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis  
Lärmbeurteilung - Gehörschäden Nr. 97  
*Hrsg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*, Dortmund (1996)
- Ising, H., Sust, Ch. A.,                        Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis,  
Rebentisch, E.:                                Lärmbeurteilung – Extra-aurale Effekte Nr. 98  
*Hrsg. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*, Dortmund (1996)
- Plath, P.:                                         Lärmschäden des Gehörs und ihre Begutachtung, *Schlütersche Verlags-  
anstalt*, Hannover (1991)
- Rebentisch, E., Lange-                        Gesundheitsgefahren durch Lärm. Kenntnisstand der Wirkungen von  
Asschenfeldt, H., Ising, H.:                Arbeitslärm, Umweltlärm und lauter Musik, BGA-Schriften 1/94, *MMV  
Medizin Verlag*, München (1994)
- Gehörschützer-Merkblatt der Berufsgenossenschaften, ZH 1/565,4, *Carl Heymanns Verlag*, Köln

## Forschungs- und Forschungsanwendungsberichte, Broschüren, Seminarkonzeptionen zum Themenbereich Lärm am Arbeitsplatz, insb. Beeinträchtigungen und Schäden durch Lärm:

### Forschungsberichte der BAuA

- Fb 132: W. Klosterkötter und Mitarbeiter  
Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Lärmgrenzwerte für werdende Mütter am Arbeitsplatz
- Fb 134: H. Irion, U. Leger  
Audiologische Untersuchungen an Lärmarbeitern zur Progredienz der Lärmschwerhörigkeit
- Fb 174: H. Irion  
Musik als berufliche Lärmbelastung?
- Fb 222: M. Hülse, B. Boll  
Literaturdokumentation zur Presbycusis
- Fb 225: H. Ising, T. Günther, C. Havedstedt, Ch. Krause, B. Markert, H. U. Melchert, G. Schoknecht, W. Thefeld, K. W. Tietze  
Blutdrucksteigerung durch Lärm am Arbeitsplatz
- Fb 231: I. Veit  
Wirkung von Ultraschall auf das Gehör - Bestandsaufnahme
- Fb 239: H. J. Schröter, H. Els  
Die akustischen Eigenschaften des menschlichen Kopfes
- Fb 286: G. Jansen, E. Gros, S. Rehm, B. Griefahn  
Untersuchungen zur Wertigkeit des Lärms im Vergleich zu anderen Belastungsfaktoren am Arbeitsplatz
- Fb 287: H. Hörmann, G. Lazarus-Mainka, H. Lazarus, M. Schubeius  
Sprachliche Kommunikation unter Lärm und das Tragen von Gehörschutz
- Fb 301: H. Neumann, M. Gooßen, A. Schlawitschek  
Beurteilungspegel am Arbeitsplatz
- Fb 340: H. Lazarus, H. Wittmann, W. Weißenberger, H. Meißner  
Wahrnehmbarkeit von Rottenwarntyphonen beim Tragen von Gehörschutz
- Fb 344: J. Schröter  
Messungen der Schalldämmung von Gehörschützern mit einem physikalischen Verfahren (Kunstkopfmethode)
- Fb 363: A. Akir, P. P. Franke, M. Piruzram  
Arbeitsplätze für Phontypistinnen
- Fb 370: H. Irion, R. Roßner, H. Lazarus  
Entwicklung des Hörverlustes in Abhängigkeit von Lärm, Alter und anderen Einflüssen Quer- und Längsschnittuntersuchungen an 1257 Mitarbeitern eines Lärmbetriebes
- Fb 393: G. Wischmann  
Geräuschemission von Schmiedepressen und Möglichkeiten der Lärminderung
- Fb 394: M. Hubert, P.-J. Feierfeil, E. Schaffert  
Lärmarm konstruieren (XI) - *Lärminderung an Büromaschinen*
- Fb 398: U. S. Kurze  
Lärmarm konstruieren (XII) - *Mechanische Impedanzen*
- Fb 399: W. Probst  
Geräuschemissionswerte
- Fb 407: M. Spreng, E. Ebenem, G. Meyer, T. Lehnemann, W. Märzendorfer, K.-H. Rahn  
Verstehen akustischer Information bei unterschiedlichen Hörstörungen einschließlich Rekrutment
- Fb 417: J. Blauert, E. Schaffert  
Automatische Sprachein- und -ausgabe - Verfahren, gebräuchliche Systeme, menschengerechte Gestaltung
- Fb 423: P. van den Brulle  
Geräuschemission von Gießereimaschinen, Formmaschinen, Kernschießmaschinen, Ausleer- und Förderrosten
- Fb 447: M. Weck, R. Humpert  
Geräuschemission von Werkzeugmaschinen bei der Bearbeitung (I)
- Fb 454: H. Wittmann, W. Weißenberger, J. Millouet  
Geräuschemission von Gleisbaumaschinen
- Fb 461: W. Melder, H. W. Rohnen  
Lärminderung und neue Technologien
- Fb 467: H. Lazarus, H. Irion, I. Pfeiffer, O. Albert  
Geräuschbelastung in einem Großkraftwerk
- Fb 481, Band 1: P. J. Feierfeil, E. Schaffert  
Geräuschemission von Geräten der Büro- und Informationstechnik
- Fb 481, Band 2: P. J. Feierfeil, E. Schaffert  
Geräuschemission von Geräten der Büro- und Informationstechnik, Arbeitsplatzcomputer (Mehrplatzsysteme) und zugehörige Druckeinrichtungen
- Fb 497: Ch. Sust  
Geräusche mittlerer Intensität - Bestandsaufnahme ihrer Auswirkungen
- Fb 508: H.-M. Fischer, E. Veres  
Schallschutz durch Kapselung

- Fb 533: M. Spreng, K.-H. Rahn  
Untersuchungen zur überschwelligem Audiometrie
- Fb 545: R. Guski, K. Wühler, J. Vössing  
Belastungen durch Geräusche an Arbeitsplätzen mit sprachlicher Kommunikation
- Fb 547: E. Schaffert  
Lärmarm konstruieren (XV) - *Lärminderung an Saugfahrzeugen*
- Fb 550: G. Hübner, W. Rieger  
Schallintensitätsmeßverfahren zur Schalleistungsbestimmung in der Praxis
- Fb 565: P. van den Brulle  
Leitfaden für Kataster von Arbeitsplatzumgebungsfaktoren: Lärm, Beleuchtung, Klima, Gefahrstoffe
- Fb 578: W. Probst  
Geräuschemissionswerte von Maschinen als Grundlage zur Bestimmung der Geräuschmission - Fallbeispiel: Textilindustrie, metallverarbeitende Industrie, Getränkeabfüllindustrie
- Fb 582: M. Weck, R. Humpert  
Geräuschmission von Werkzeugmaschinen bei der Bearbeitung (II) - Lärminderung
- Fb 621: W. Probst, G. Neugebauer, U. Kurze, S. Jovicic, U. Stephenson  
Schallausbreitung in Arbeitsräumen - Einfluss der Raumparameter, Vergleich der Berechnungsergebnisse und Meßwerte
- Fb 630: M. Spreng, L. Leupold, P. Firsching  
Gehörschaden durch Impulsgeräusche - Vorschläge für ein gehörschadenrichtiges Impulsbewertungssystem
- Fb 636: S. Schwarze  
Langjährige Lärmbelastung und Gesundheit
- Fb 642: P. van den Brulle  
Geräuschmission von Gießereimaschinen II – Strahlanlagen, automatische Formanlagen, Förderroste
- Fb 662: P. Mehnert, U. Rosendahl, G. Jansen  
Lärmschutz am Arbeitsplatz – Analyse und Bewertung von Daten der Bundesländer
- Fb 673: W. Probst  
Schallausbreitung in Arbeitsräumen II – Einfluss der Raumparameter - Vergleich von Berechnungs- und Meßergebnissen
- Fb 680: W. Probst  
Bestimmung der Geräuschmission großer Maschinen mit einfachen Verfahren
- Fb 685: B. Dupuis, J. Koch  
Bestimmung der Geräuschmission von stationären Steinformmaschinen und Stand der Lärminderung

### **Forschungsanwendungsbericht der BAuA**

Fa 8: Lärmbekämpfung

#### **Sammelordner**

Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse - Forschungsergebnisse für die Praxis (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund) (z. Zt. 3 Bände)

Forschungs- und Forschungsanwendungsberichte sowie Sammelordner zu beziehen durch:

Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, 27511 Bremerhaven  
Tel.: 0471/94544-61, Fax: 0471/94544-88

#### **Broschüren**

- Gestaltung von Arbeitsplätzen für Behinderte und Leistungsgewandelte (1993)
- Lärminderung am Arbeitsplatz – Beispiele für die Praxis, dargestellt an Demonstrationsmodellen (1983)
- Lärmarm konstruieren – Forschung, Erkenntnisse, Anwendung (1987)
- Vibrationen in der Forstwirtschaft (1989)
- Geräuschangabe von Maschinen (1992)
- Gestaltung von Ausbildungswerkstätten für metallverarbeitende Berufe (1993)
- Lärminderung an Werkzeugmaschinen (1994)
- Lärmwirkungen: Gehör, Gesundheit, Leistung (1995)
- Gehörschäden durch Musik (1995)

#### **Seminare**

- Lärminderung in Getränkeabfüllanlagen und schalltechnische Planung von Abfüllbetrieben - Grund- und Aufbau-seminar
- Lärminderung im Betrieb
- Mustervorlesung Maschinenakustik - Geräuschminderung (vorzugsweise für Fachhochschuldozenten)
- Humanisierung der Büroarbeit
- Geräuschemissionswerte von Maschinen - Ermittlung, Angabe und Nachprüfung
- Schalltechnische Planung von Arbeitsräumen mit Hilfe der Geräuschangabe
- Ermittlung der Geräuschmission am Arbeitsplatz Vorschriftenwerk „Lärmschutz am Arbeitsplatz“
- Vibrationsschutz am Arbeitsplatz

Broschüren und Seminarangebote zu beziehen durch:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin  
Friedrich-Henkel-Weg 1 - 25, 44149 Dortmund  
Tel.: 0231/9071-0, Fax: 0231/9071-2524

- A-Bewertung:* Der A-Schalldruckpegel in dB(A) berücksichtigt die frequenzabhängige Gehörempfindung des Menschen.
- Äquivalenter Dauerschallpegel:* ist der über eine Zeitdauer (Minute, Stunde) gemittelte Schallpegel, d.h. der schwankende Schallpegel wird in einen konstanten Schallpegel mit äquivalenter Energie und gleicher Dauer umgerechnet.
- Amplitude:* Die Auslenkung einer Schwingung aus der Ruhelage wird Schwingungsweite oder Amplitude genannt. Die Amplitude einer Schallwelle wird in Bruchteilen eines Meters gemessen, z.B.  $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ .
- Audiogramm:* Die grafische Darstellung der Hörschwelle eines Ohres. Dabei wird der Schallpegel verschieden hoher Töne zuerst unhörbar leise eingestellt und dann bis zur Hörschwelle gesteigert und dieser Pegel registriert. Zur Vereinfachung wird die mittlere Hörschwelle normalhörender Personen für alle Frequenzen als 0 dB Hörverlust festgelegt. Ein Hörverlust wird außerdem nach unten aufgetragen. Durch längere Schallüberlastung entstehen zuerst bei etwa 4 kHz Hörverluste. Da diese Frequenz etwa der musikalischen Tonhöhe c<sup>5</sup> entspricht, wird die beginnende Lärmschwerhörigkeit auch als c<sup>5</sup>-Senke bezeichnet.
- Beurteilungspegel:* Ist ein Maß für die durchschnittliche Schallbelastung während der Beurteilungszeit. Im Arbeitsschutz versteht man darunter den äquivalenten Dauerschallpegel ggf. zuzüglich von Impuls- und Tonzuschlägen, bezogen auf eine Dauer von 8 Stunden. Das heißt, die Lärmbelastung eines Arbeitnehmers an einem Arbeitstag wird in einen äquivalenten Dauerschall von 8 Stunden Länge umgerechnet und dessen Pegel als Maß für Lärmwirkungen wie Gesundheitsbeeinträchtigungen, Gehörschäden oder Leistungsminderung verwendet. Bei der Beurteilung der Gehörschädlichkeit wird derzeit nur der Impulszuschlag, nicht der Tonzuschlag angewendet. Der Beurteilungspegel wird auch zur groben Beschreibung der Schallbelastung herangezogen, die z.B. Störungen der Konzentration, Kommunikation, Erholung, sowie Gesundheitsbeeinträchtigungen im Herz-Kreislauf- und Magen-Darm-Bereich verursachen kann (vgl. auch *Schallbelastung*).
- Frequenz:* Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, auch Tonhöhe genannt. Der Kammerton a hat z.B. 440 Schwingungen pro Sekunde. Die Frequenz wird in Hertz (abgekürzt Hz) gemessen:  $1 \text{ Hz} = 1 / \text{s}$ .
- Gehörschadensrisiko:* Die Wahrscheinlichkeit, bei einer bestimmten Schallbelastung einen Gehörschaden zu erleiden. Die Empfindlichkeit verschiedener Personen für lärmbedingte Gehörschäden ist unterschiedlich. Deshalb ist es nicht möglich, den Gehörschaden einer einzelnen Person aufgrund seiner Lärmbelastung exakt vorherzusagen. Für eine große Gruppe kann dagegen die prozentuale Verteilung von Gehörschäden bei vorgegebener Höhe und Dauer der Schallbelastung recht genau vorherbestimmt werden (siehe

## Begriffserklärungen

VDI 2058 Blatt 2). Wenn also bekannt ist, welcher Schallpegel wieviele Stunden täglich auf eine Person einwirkt und wie viele Jahre lang diese Schallbelastung besteht, kann für diese Person die Wahrscheinlichkeit für einen Gehörschaden oder das Gehörschadenrisiko nach VDI 2058, Blatt 2 bestimmt werden. Beispiel: Von 45-jährigen Männern, die 25 Jahre einer täglichen Schallbelastung von 85 dB(A) ausgesetzt werden, haben immer noch 5% einen Hörverlust von 40 dB bei 4 kHz.

- Hörschwelle:* Die Schallpegel von gerade hörbaren Tönen verschiedener Frequenz. Das menschliche Ohr hat bei 4 kHz die größte Empfindlichkeit. Bei sehr tiefen oder sehr hohen Tönen ist der Schallpegel an der Hörschwelle erheblich größer als bei 4 kHz, wo er im Mittel -2 dB(A) beträgt.
- Hörsturz:* Plötzlich, ohne äußerlich erkennbare Ursachen eintretender Hörverlust, oft verbunden mit Ohrgeräuschen (Tinnitus) und/oder Schwindel. Außerdem: plötzlich auftretender, starker Hörverlust nach mehrstündiger Schallüberlastung (z.B. Rockkonzert), durch sehr hohen Impulsschall (Knall) oder aufgrund anderer Lärmeinwirkungen. Der lärmbedingte Hörsturz wird auch als akutes Lärmtrauma bezeichnet. Umgehende klinische Diagnostik und Behandlung sind in allen Fällen erforderlich.
- Impulshaltige Geräusche:* werden mit der Zeitbewertung „Impuls“ gemessen, um das erhöhte Risiko für das Gehör zu berücksichtigen.
- Lärm:* Unerwünschter, beeinträchtigender oder schädigender Schall.
- Lautheit:* ist die Empfindung für die Intensität eines Schallereignisses. Sie wird in „sone“ angegeben. Als Faustregel gilt: wird der Schalldruckpegel eines Geräusches um 10 dB(A) erhöht/erniedrigt, empfindet man das Geräusch als doppelt/halb so laut (Verdoppelung/Halbierung des Zahlenwertes in „sone“).
- Lautstärke:* gibt den Empfindungsgrad für Schallereignisse im Verhältnis zu einem gleich lauten Ton von 1 kHz an. Der Lautstärkepegel in „phon“ und der Schalldruckpegel eines 1-kHz-Tones in dB haben bei gleich lauter Empfindung denselben Zahlenwert.
- Schallbelastung:* Die Höhe und Dauer der Schallbelastung bestimmt das Ausmaß der Lärmwirkungen, insbesondere den Grad der Gefährdung des Gehörs. Die tägliche (wöchentliche) Schallbelastung einer Person ergibt sich aus dem Schallpegel und der Dauer seiner täglichen (wöchentlichen) Einwirkung auf das Gehör. Sie wird als Beurteilungspegel angegeben. Aus der Höhe des Beurteilungspe-



gels der Anzahl der Jahre, die die Person dem Beurteilungspegel ausgesetzt ist, ergibt sich das Gehörschadenrisiko (vgl. auch *Beurteilungspegel*). Da unerwartete Schallimpulse auch bei geringeren Pegeln zu Schreckreaktionen führen, sollten diese bei der Beurteilung ebenfalls mit herangezogen werden.

- Schallimpuls:* wird mit der Zeitbewertung „Peak“ gemessen, er darf 140 dB nicht überschreiten.
- Schalldruckpegel, Schallpegel:* ist das Maß für die Stärke des Geräusches. Er ist durch die Höhe des Wechsel-Schalldruckes gegeben und wird in Dezibel (dB) oder Dezibel-A (dB(A)) angegeben.
- Schallleistungspegel:* Maß für die von einer Schallquelle abgestrahlte Schallleistung. In 1 m Entfernung vom Mittelpunkt der Schallquelle ist der Schalldruckpegel zahlenmäßig etwa 8 dB niedriger als der Schallleistungspegel.
- Schmerzschwelle:* Bei Einwirkung sehr hoher Schallpegel (120 bis 130 dB(A)) treten Schmerzen im Innenohr auf. Diese Schmerzen sind vergleichbar mit dem Blendenschmerz bei extremer Lichtexposition des Auges. Innenohrschmerzen bei extremer Schallbelastung sind ein deutliches Anzeichen einer bleibenden Schädigung. Innenohrschmerzen müssen von Mittelohrschmerzen bei statischer Druckbelastung oder bei Mittelohrentzündung unterschieden werden.
- Tinnitus:* Nach Schallüberlastung tritt häufig ein kurzzeitiges Ohrenpfeifen oder Rauschen auf. Auch ein kurzzeitiger Tinnitus ist ein Gefahrensignal. Wenn ein Tinnitus mehrere Stunden anhält, ist unbedingt ein Ohrenarzt aufzusuchen, da die Gefahr besteht, dass diese quälenden Ohrgeräusche chronisch werden.
- Zulässige Schallbelastung:* Nach dem Arbeitsrecht ist es gerade noch zulässig, das Gehör 8 Stunden pro Tag mit 85 dB(A) zu belasten, das heißt, der Beurteilungspegel von 85 dB(A) darf nicht überschritten werden. In Ausnahmefällen kann die zulässige Belastung auf 85 dB(A) für 40 Stunden pro Woche (5 Werk-tage) festgelegt werden. Eine langjährige Belastung mit der zulässigen Schallbelastung kann bei einem kleinen Prozentsatz der Betroffenen zu Gehörschäden führen. Nur wenn die Schallbelastung für 8 Stunden pro Tag unter 75 dB(A) liegt, besteht keine Gefährdung des Gehörs durch Lärm. Bei der Festlegung der zulässigen Schallbelastung wird vorausgesetzt, dass sich außerhalb der 8 Stunden das Gehör erholen kann, das heißt, der Geräuschpegel unter 70 dB(A) liegt. Um lärmbedingte Aktivitätsstörungen und gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden, ist je nach Art der Arbeitstätigkeit nur eine Schallbelastung (Beurteilungspegel) von 70 dB(A) bzw. 55 dB(A) zulässig.



## Lärmschwerhörigkeit selbst erfahren

Unsere technisierte Umwelt verursacht in vielen Lebens- und Arbeitsbereichen hohe Lärmpegel. Allein in der Bundesrepublik Deutschland sind 5 Millionen Arbeitnehmer gesundheits-schädlichem und gehörgefährndem Lärm von mehr als 85 dB(A) ausgesetzt.

In einem von der **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin** geförderten Forschungs-vorhaben wurden die Wahrnehmungsvorgänge von Schwerhörigen in einem Rechnermodell nachgebildet. Auf dieser Basis wurde eine in neuester Kunstkopftechnik aufgenommene **CD** erstellt, die den Fachkräften für Arbeitssicherheit, Arbeitsmedizin, als auch den von Lärm Be-troffenen die Möglichkeit eröffnet, Lärmschwerhörigkeit mit eigenen Ohren zu erleben:

### **CD: Hörschäden durch Arbeitslärm, Szenen und akustische Simulationen**

von Prof. Dr. G. Guski, K. Wühler, Dr.-Ing. K. Genuit, A. Hottenbacher

EUR 8,00 zuzüglich Versandkosten

Mit einem Kurzhörspiel und 11 Spielszenen (mit akustischer Simulation von Schwerhörigkeit) wird der Alltag eines Schwerhörigen dargestellt. Es wird dabei gezeigt, wie problembeladen das Hören mit einem Gehörschaden ist und welchen Herausforderungen und Belastungen Schwerhörige dadurch im täglichen Leben ausgesetzt sind. Nicht selten sind soziale Isolierung und erhöhte Unfallgefahr die Folgen schlechteren Sprachverstehens oder der eingeschränkten Fä-higkeit, sich akustisch in der Umwelt zu orientieren.

Erfahren Sie selbst, wie wichtig es ist, die Folgen von Lärm zu vermeiden und seinen Mitmen-schen bei der Orientierung zu helfen.

Fordern Sie unser Angebot unter folgender Tel.-Nr. an: (04 71) 9 45 44-61.  
Schneller geht es noch per Fax: (04 71) 9 45 44-88. Vielen Dank!

*Ihr Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH*





**Bundesanstalt für  
Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin**