

Hörschäden bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 13 bis 16 Jahren (7.-10.KI)

Stand: Montag 3. August 2009



Bild: www.n24.de

Hörschäden durch tragbare Musikplayer: besonders Kinder und Jugendliche gefährdet

Kinder und Jugendliche verlassen das Haus kaum noch ohne ihre Lieblingsmusik auf den Ohren. Doch die Dauerbeschallung erhöht das Risiko für Hörschäden.

Vorwort

Bekannt ist, dass bei Kindern und Jugendlichen in den letzten Jahren verstärkt Hörschäden festzustellen sind. Da berufliche Gründe für diese Zunahme der Hörschäden nicht zugrunde gelegt werden können, muss der Grund im privaten Bereich bzw. bei der Freizeitgestaltung gesucht werden. [Borchgrevink H.M., 1988 & 1993; Ising H. et al., 1988; Körpert K., 1999; Ising H., 1994; Axelson A. et al., 1981]

Hörschädigungen, denen keine beruflichen Aspekte zugrunde liegen, werden mit dem Begriff Sozialektose beschrieben. Zu dem Themengebiet, welches dieser Begriff umschreibt, gibt es in Europa bereits mehrere Untersuchungen, z.B:

Norwegen - 1981 und 1987 [Borchgrevink, H.M., 1993]

- Anstieg des Anteils der Militärdienstpflichtigen mit leichten Hörschäden von 16% auf 36%

Österreich - 1991 [Körpert, K., 1992]

- drastischer Anstieg bei 15 bis 18-Jährigen mit einem Hörverlust von mindestens 20dB (3...6kHz)

Deutschland [Struwe F., 1996]

- ca. 24% von 1800 Wehrpflichtigen im Alter von 16-24 Jahren mit c5 - Senke (ca. 4kHz)

Eine Ursache für diese Zunahme an Hörschäden könnte das Aufkommen sowie die verstärkte u. frühzeitige Nutzung von portablen Musikplayern mit Kopf- bzw. Einsteckhörern sein. Erste Hinweise auf diesen Sachverhalt kamen bereits Mitte der siebziger Jahre auf (Stichwort: „elektroverstärkte Musik“).

Aber auch lautes Spielzeug (Pistolen, Knallfrösche), häufige Discotheken- und Konzertbesuche sowie laute Hobbies und Geräusche mit hohen Pegelspitzen (Knalle, Explosionen) können Ursachen für Hörschäden sein.

Inzwischen ist durch umfassende Untersuchungen bestätigt, dass zu hohe Schallpegel beim Musikhören irreversible Hörverluste verursachen können [Ising H. et al., 1988; Schuschke G. et al., 1994]. Zusätzlich zur Gehörbelastung durch laute Musik spielt extremer Impulsschall, verursacht durch Feuerwerkskörper oder Pyropistolen eine große Rolle [Hoffman E., 1997; Fleischer G., 2000].

Inspiziert durch diese Aussagen bzw. Untersuchungen wurde in den Jahren von 1997 bis 2005 in der Hochschule Mittweida eine eigene Testreihe mit freiwilligen Schülern der 7. bis 10. Klassen der damaligen „Bernhard - Schmidt - Schule“ zum Thema „Hörschäden bei Kindern und Jugendlichen“ durchgeführt.

Einleitung

Durch die intensive Nutzung von mobilen Musikplayern steigt vor allem bei Kindern und Jugendlichen das Risiko für Gehörschäden.

Wer fünf Jahre lang wöchentlich fünf Stunden laute Musik über Kopfhörer hört, riskiert einen dauerhaften Gehörschaden. Darauf weist der Berufsverband der Kinder- und Jugendärzte unter Berufung auf eine britische Studie hin. Demnach überlasten etwa 5 bis 10 % der MP3-Nutzer ihr Gehör, so dass gesundheitliche Folgen zu erwarten sind.

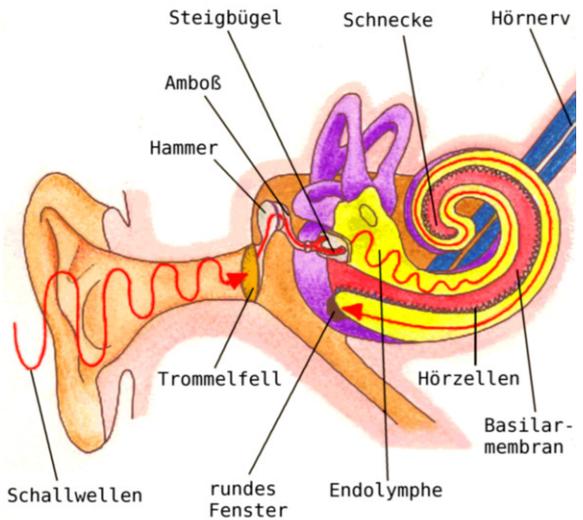
Der Studie zufolge drehen junge Menschen ihren MP3-Player durchschnittlich auf 92 Dezibel auf. Hinzu kämen weitere Lärmquellen wie Musikkonzerte und Diskothekenbesuche [1].

Das Ohr – Aufbau und Funktion

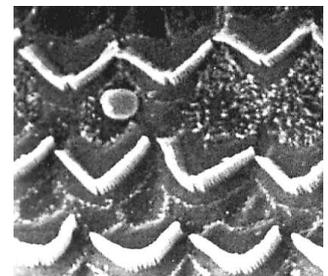
Gesamt:

Das Ohr als Organ umfaßt den äußeren (sichtbaren) Teil sowie die inneren Teile. Die nebenstehende Grafik skizziert den Aufbau des menschlichen Ohres und gibt den „Transportweg“ der Schallwellen mittels der roten Linie an. Das Ohr wird in drei Hauptbereiche unterteilt:

- Das Außenohr, welches aus Ohrmuschel, Gehörgang und Trommelfell besteht.
- Das Mittelohr, bestehend aus der Paukenhöhle, den darin platzierten Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß, Steigbügel), und der sogenannten Ohrtrumpete (Eustachische Röhre - die Verbindung zum Nasen-, Rachenraum). Im Gegensatz zum Außenohr, in dem der Schall als Druckschwankung des Luftvolumens weitergeleitet wird, erfolgt die Schallübertragung im Mittelohr über ein mechanisches Hebelsystem (Bewegung der Gehörknöchelchen). Über den Steigbügel und das „ovale Fenster“ wird diese Bewegung der Gehörknöchelchen auf das mit Flüssigkeit gefüllte Innenohr übertragen.
- Das Innenohr wird durch die so genannte die „Schnecke“ gebildet. Diese besteht aus einem hin- und zurücklaufenden Schlauch (Vorhof- und Paukentreppe), der durch den Schneckengang getrennt wird. In der Schnecke wird die eigentliche Wandlung der Schallwellen hin zu Nervenimpulsen durchgeführt. Der Hörnerv überträgt diese Nervenimpulse zur weiteren Verarbeitung zum Gehirn. Da das Innenohr mit einer Flüssigkeit (Perilymphe) gefüllt ist und sich eine Flüssigkeit nicht verdichten läßt, wird hier im Innenohr der Schall über eine Verschiebung der Flüssigkeit weitergeleitet. Um diese Verschiebung überhaupt zu ermöglichen, ist der zurücklaufende Schlauch auf der anderen Seite durch eine weitere Membran (das „runde Fenster“) abgeschlossen. Einen Teil des Schneckenganges bildet die Basilarmembran mit den darauf befindlichen Sinneszellen (Haarzellen mit Zilien). Das nebenstehende Foto zeigt die Anordnung dieser Zilien. Sie sind in insgesamt vier Reihen angeordnet, in drei dieser Reihen sind sie in V- bzw. W-förmiger Struktur aufgereiht (siehe Foto). Die vierte Reihe ist ein Stück oberhalb des im Foto abgebildeten Bereiches aufzufinden, in dieser Reihe sind die Zilien in einer durchgehenden Linie positioniert. Hier im Innenohr wird der Schall in Nervenimpulse gewandelt und anschließend über den Hörnerv an das Gehirn zur Weiterverarbeitung übertragen. Das Innenohr ist ebenfalls noch Sitz des Gleichgewichtssinnes, dieser funktionelle Teil befindet sich in den drei Bogengängen im oberen Teil der Schnecke.



Skizze des Ohres mit Transportweg des Schalles



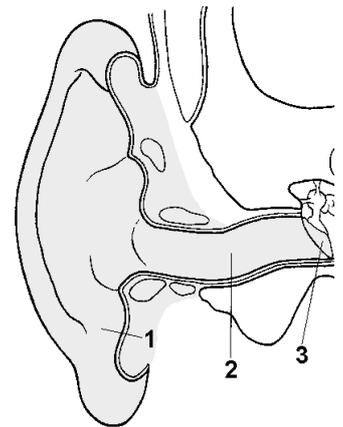
Anordnung der Zilien

Bild oben: <http://www.bronze.cybertaucher.de/barotraumen.htm>

Bild unten: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Das Außenohr:

- umfaßt die Ohrmuschel, den Gehörgang und das Trommelfell. Die Ohrmuschel hat beim Menschen nur noch die Funktion den Schall zu sammeln und diesen in den Gehörgang zu reflektieren, sowie die inneren Bereiche des Ohres gegenüber Umwelteinflüssen zu schützen. Darüber hinausgehende Funktionen, wie z.B. bei Tieren die Ausrichtung auf eine Schallquelle zwecks besserer Ortung der Geräuschquelle, sind im Laufe der Evolution verloren gegangen. Das Trommelfell bildet die Grenze zwischen dem Außenohr und dem Mittelohr.
- Das Ohr ist ein selbstreinigendes Organ. Der im Gehörgang abgesonderte Ohrenschmalz ist Bestandteil dieser Selbstreinigungsfunktion. Er hat die Aufgabe Verunreinigungen im Ohr (abgestorbene Hautschüppchen, Härchen, Staub) einzuschließen und nach außen zur Ohrmuschel zu transportieren. Durch unsere Kaubewegungen wird der Ohrenschmalz ständig nach außen transportiert. Diese Funktion erübrigt den Gebrauch von Ohrenstäbchen, die den Ohrenschmalz nach hinten in den Gehörgang schieben und Pfropfenbildung begünstigen. Lieber die Ohrmuschel und den Gehörgang ganz normal waschen, weil sonst Verletzungen am Trommelfell entstehen können.

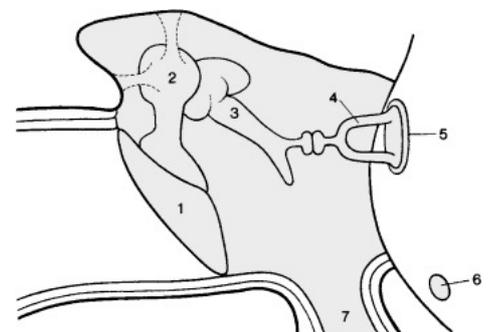


Das Außenohr

- 1 - Ohrmuschel
- 2 - Gehörgang
- 3 - Trommelfell

Das Mittelohr:

- besteht im wesentlichen aus den Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß, Steigbügel). Den Übergang vom Außen- zum Mittelohr bildet das Trommelfell. Dieses wird von den auftreffenden Schallwellen in Schwingung versetzt, und leitet diese über die Gehörknöchelchen an das Innenohr weiter. Diese Gehörknöchelchen haben nicht nur die Funktion den Schall auf das Innenohr zu übertrage, sondern sie dienen zusätzlich auch der Verstärkung des Signales. Diese Verstärkungswirkung ist im Hebelgesetz begründet und soll Übertragungsverluste kompensieren. Um das Trommelfell in seiner Funktion nicht zu beeinträchtigen, müssen im Mittelohr die selben Druckverhältnisse herrschen wie im Außenohr (Umgebung). Die Ohrtrompete (Eustachische Röhre) übernimmt die Aufgabe dieses Druckausgleiches. Im Normalzustand ist sie geschlossen, beim Gähnen und Schlucken wird sie geöffnet und sorgt so für einen Druckausgleich über den Nasen-Rachenraum. Funktioniert dieser Druckausgleich nicht, wie es z.B. bei einer stärkeren Erkältung durch Schleimeinlagerungen der Fall sein kann, wird das Trommelfell durch den Druckunterschied vorgespannt. Diese Spannung hat zur Folge, daß man die Umwelt nur noch gedämpft wahrnimmt (leiser als normal/dumpf).



Das Mittelohr

- 1 - Trommelfell
- 2 - Hammer
- 3 - Amboß
- 4 - Steigbügel
- 5 - ovales Fenster
- 6 - rundes Fenster
- 7 - Eustachische Röhre

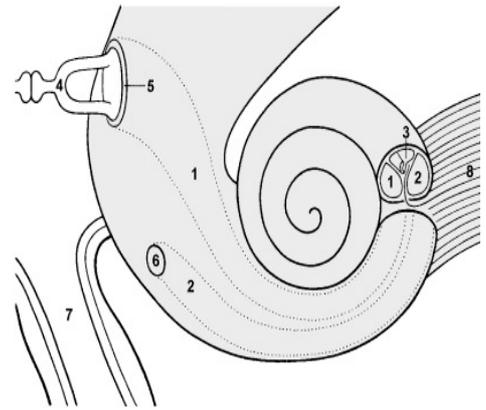
Das Innenohr:

- ist die Hörschnecke, die sich aber in zwei funktionelle Bereiche unterteilt. Der erste Bereich ist das Gleichgewichtsorgan, es befindet sich in den drei Bogengängen am oberen Teil der Hörschnecke. Der zweite, für uns interessante Teil, ist für das Hören zuständig. Der Wechseldruck vom Mittelohr versetzt die Lymphflüssigkeit im Innenohr in Schwingung, genauer gesagt wird sie, ähnlich wie in einem hydraulischen System, längs in der Vorhof- u. in der Paukentreppe verschoben.

Die Schnecke ist in drei Kanäle unterteilt (Vorhof-, Paukentreppe, Schneckengang). Die dünnen Trennwände zwischen diesen Kanälen sind die Reissner-Membran und die Basilarmembran. Paukentreppe und Vorhoftrappe sind am äußeren Ende der Schnecke durch das Schneckenloch (Helicotrema) miteinander verbunden. Sie enthalten eine klare Flüssigkeit, die so genannte Perilymphe. Der Schneckengang dagegen ist mit Endolymphe gefüllt.

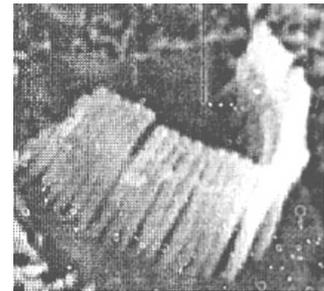
Auf der Basilarmembran befinden sich sehr feine Haarsinneszellen (Cortisches Organ), die mikroskopisch kleine Härchen tragen (Zilien, s. Bild). Diese Härchen sind die eigentlichen „Sensoren“ im Ohr. Das nebenstehende Bild zeigt eine Vergrößerung solch einer Ziliengruppe wie sie in einem ungeschädigten Bereich vorzufinden sind.

Diese Zilien sind die Bereiche im Ohr, in denen die meisten Schadwirkungen durch zu hohe Schallereignisse anzutreffen sind. Im folgenden Abschnitt sind die unterschiedlichen Schäden an den Zilien präzisiert.



Das Innenohr

- 1 - Vorhoftrappe
- 2 - Paukentreppe
- 3 - Schneckengang
- 4 - Steigbügel
- 5 - ovales Fenster
- 6 - rundes Fenster
- 7 - Eustachische Röhre
- 8 - Hörnerv



Intakte Zilien

Bilder: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

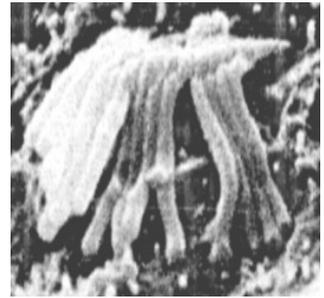
Gehörschäden und wie sie entstehen

Allgemein gilt: Man kann seine Ohren auf mehrere Arten schädigen. Anzeichen einer Überlastung der Hörorgane sind eine zeitweilige Vertäubung o. Ohrensausen (Fiep-Töne, ähnlich wie bei einem Tinnitus). Die erste Art, wie man sich einen Gehörschaden zuziehen kann besteht darin, sein Gehör einer lang andauernden Lärmbelastung größer/gleich 85dB auszusetzen. In diesem Fall, kommt es zu einem Erschlaffen der Zilien. Ist dieser Zustand eingetreten, benötigen die Zilien mehrere Stunden, oder sogar Tage, um sich wieder zu regenerieren.

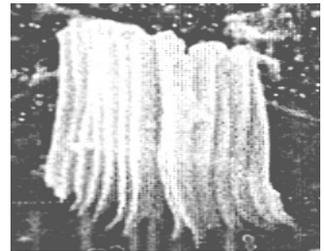
Der Grund hierfür ist der erhöhte Sauerstoffbedarf der Haarzellen wenn sie hohen Lärmbelastungen ausgesetzt sind. Da die Haarzellen nicht direkt über die Blutzirkulation mit Sauerstoff versorgt werden, sondern im wesentlichen über die Endolymphe (Innenohrflüssigkeit), kann dieser Mehrbedarf nicht gedeckt werden. Durch den erhöhten Zellenstoffwechsel bei Lärmeinwirkung fallen ebenfalls mehr Abbauprodukte an, als über die Endolymphe abtransportiert werden können. Die Konzentration der Abbauprodukte in den Haarzellen und in der Endolymphe steigt also an. Dauert dieser Zustand durch permanenten Umgebungslärm zu lange an, kommt es nach den „Erschöpfungszuständen“ zu einer Verschlackung der Haarzellen. In der nächsten Schädigungsstufe beginnen die Haarzellen zu verkümmern, um dann letztendlich abzusterben. Ist dieses Stadium erreicht, ist der Hörschaden nicht mehr umkehrbar, das Gehör ist dann in dem entsprechenden Frequenzbereich nicht mehr funktionstüchtig.

Eine extreme Schadensform sind Zilienabbrüche. Diese entstehen, wenn sehr starke Schallimpulse auf das Ohr einwirken. Bei gleicher Schallenergie sind diese gefährlicher als Dauerlärm und werden subjektiv als deutlich leiser wahrgenommen. Diese sehr hohen Schalldrücke mit steilem Flankenanstieg (z.B. Explosionen) können auch im Mittelohr Schaden in Form von Trommelfellverletzungen oder Verschiebungen der Gehörknöchelchen verursachen.

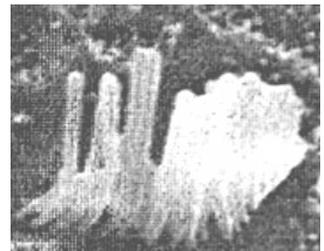
Solange es sich bei den Problemen im Innenohr „nur“ um überlastete Sinneszellen handelt, ist der Gehörschaden nicht dauerhaft. Voraussetzung ist aber, dass dem Ohr genügend Ruhephasen zur Regenerierung eingeräumt werden. Kommt es aber zum Verkümmern oder gar zum Absterben von Sinneszellen, ist der Hörverlust dauerhaft. Auf diese Weise können sich viele „kleine“ Hörschäden im Laufe der Zeit zu einem „großen“ Hörschaden aufsummieren.



erschlafte Zilien



verklebte Zilien



abgebrochenen Zilien

Bilder: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Hörschall

Was ist Hörschall?

Hörbare Schwingungen bezeichnet man als Schall.

Schall kann sich in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern ausbreiten. Die Schwingung wird dabei von einem Ort zu einem anderen übertragen. Wie bei einem Stein, der in das Wasser geworfen wird, entstehen hier in der Luft Wellenbewegungen, die sich von der Schallquelle ausbreiten.

Die Abbildung 1 zeigt verschiedene Schallarten, mögliche Schallquellen und die zugehörigen Schwingungsbilder (Schalldruckänderungen in Abhängigkeit von der Zeit).

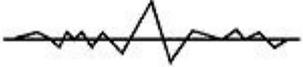
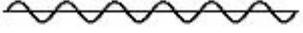
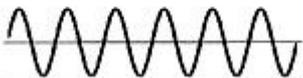
Schallquelle	Schwingungsbilder	Art des Schalls
Rasseln mit dem Schlüsselbund		Geräusch
Platzen eines Luftballons		Knall
Anschlagen einer langen Stimmgabel		leiser tiefer Ton
		lauter tiefer Ton
Anschlagen einer kurzen Stimmgabel		leiser hoher Ton
		lauter hoher Ton

Bild: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Abb. 1

Schall breitet sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit, der Schallgeschwindigkeit, aus.

Diese ist abhängig vom Ausbreitungsmedium und von dessen Temperatur. Bei einer Temperatur von 20°C breitet sich der Schall in der Luft mit einer Geschwindigkeit von 340 m/s aus, im Festkörper mit bis zu 5500 m/s und bei 0°C im Wasser mit 1400 m/s

Die Schallgeschwindigkeit nimmt mit der Temperatur zu.

Die Höhe des Tones wird durch die Frequenz f bestimmt. Die Frequenz gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde in der Maßeinheit Hertz (Hz) an (Beispiel: 1000 Schwingungen pro Sekunde sind 1000 Hz bzw 1 kHz (Kilohertz)).

Geringe Frequenzen ergeben tiefe Töne und höhere Frequenzen höhere Töne.

Hörbereich des Menschen

Das menschliche Ohr verfügt über einen Wahrnehmungsbereich für Schallschwingungen, deren Frequenz zwischen etwa 16 und 20 000 Schwingungen pro Sekunde (Hertz) liegt.

Der Hörbereich weist auch in Bezug auf den Schalldruck eine untere Grenze, die sog. Hörschwelle, auf. Der Schalldruck (genauer: Schallwechseldruck) entspricht den Druckschwankungen der Schallwellen und ist für die Lautstärkeempfindung maßgebend, denn je größer diese Druckschwankungen ausfallen, desto mehr Energie wird durch die Schallwellen übertragen. Oberhalb der Schmerzgrenze ist das Hörereignis mit Schmerzempfindungen verbunden.

Die Werte für den Hörbereich (Schalldrucke) umfassen eine Skala, welche zwischen 0,00002 Pascal (Pa) und 200 Pa über insgesamt 7 Zehnerpotenzen reicht, was die erstaunliche Wahrnehmungsleistung des Sinnesorganes Ohr dokumentiert. Gleichzeitig wird deutlich, dass eine auf den absoluten Schalldruck-Werten aufbauende lineare Lautstärkeskala wegen der großen Spanne der Zahlenwerte äußerst unzweckmäßig wäre.

Der Hörschwelle ist (bei 2000 Hertz) der Schalldruck 2×10^{-5} Pa zugeordnet, was in der dB-Lautstärkeskala dem Schallpegelwert 0 dB entspricht. Am oberen Ende der Skala liegt die Schmerzgrenze beim Schallpegelwert 140 dB; der Schalldruck beträgt dann 200 Pa.

Schallwellen mit Frequenzen unterhalb von 16 Hz werden als Infraschall, solche mit einer Schwingungszahl von über 20 000 Schwingungen pro Sekunde als Ultraschall bezeichnet.

In Abbildung 2 ist der Hörbereich des Menschen dargestellt.

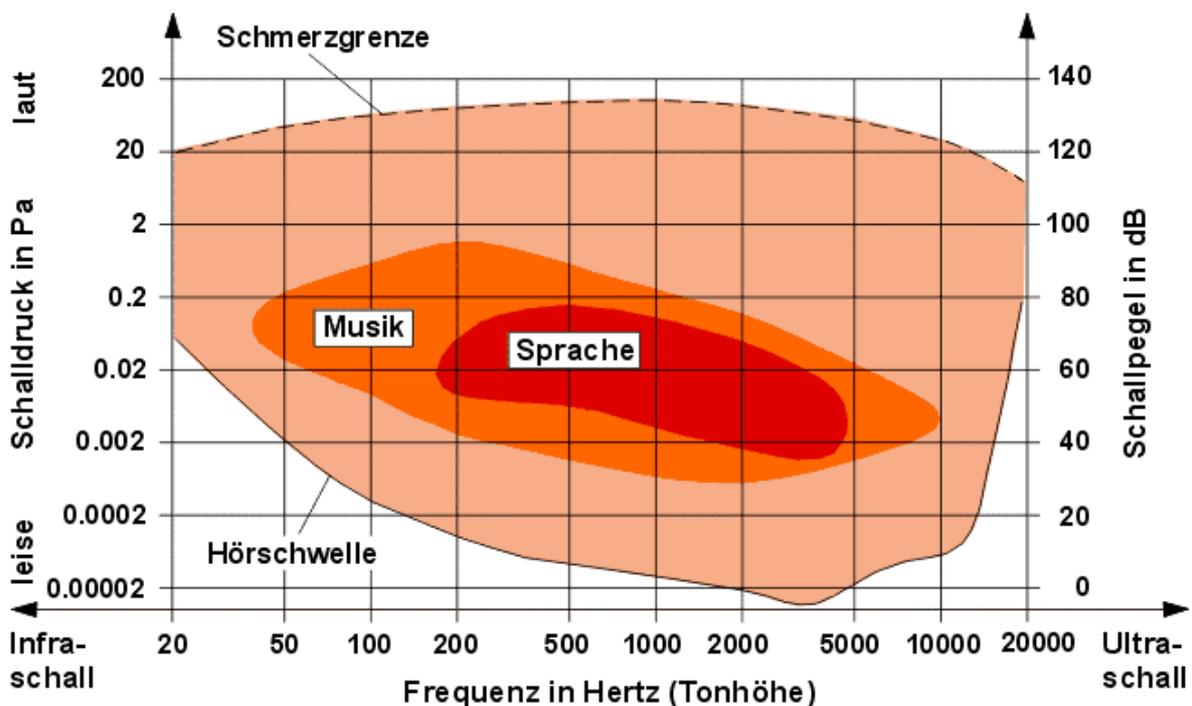


Bild: http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?laerm_grundlagen_begriffe

Abb. 2

Lärm

Was versteht man eigentlich unter Lärm?

„Lärm ist unerwünschter Hörschall, der zu Störungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen und/oder Gehörschäden führen kann“ [2].

Wie wirkt Lärm?

Gehörschäden durch Lärm

Je intensiver und länger Sie lauten Geräuschen ausgesetzt sind, desto größer ist die Gefahr, dass Sie Ihr Gehör schädigen.

In fast allen Bereichen des modernen Lebens sind wir von Lärm umgeben. Dem Mensch sind Lärm oder laute Geräusche aber von Natur aus unangenehm. Unsere Ohren sind empfindliche und komplexe Strukturen, die leicht Schaden nehmen können. Egal ob am Arbeitsplatz, im Straßenverkehr, beim Musikhören oder beim Besuch von Nachtclubs und Konzerten, überall sind wir zu hoher Lautstärke ausgesetzt.

Ab welchem Pegel besteht eine Gefahr fürs Gehör?

Das Risiko einer Innenohrschädigung durch langanhaltende Lärmeinwirkungen wächst mit dem Pegel und der Expositionsdauer der Lärmbelastung.

Ab einem Pegel von 85 dB(A) ist grundsätzlich mit einer Gehörschädigung zu rechnen. Bis 89 dB(A) können nach langen Einwirkzeiten Schädigungen auftreten und bei Pegeln von mehr als 90 dB(A) schon nach kürzeren Einwirkzeiten. Oberhalb von 94 dB(A) besteht bereits ein hohes Gehörschadenrisiko. Bei einer Verdoppelung der Expositionsdauer kann sich auch die Gefährdung für das Gehör verdoppeln.

Beispiel: Eine zweistündige Belastung mit 93 dB(A) beinhaltet die gleiche Gehörgefährdung wie eine vierstündige Belastung mit 90 dB(A).

Eine ca. 5 minütige Belastung mit 105 dB(A), wie z.B. in Diskotheken, bedeutet die gleiche Gehörgefährdung wie eine achtstündige Belastung mit 85 dB(A).

Das menschliche Ohr benötigt längere Phasen mit einem Schalldruckpegel unterhalb von 70dB, um sich von zu hohen Lärmeinwirkungen zu erholen.

Hörschäden durch lauten Dauerlärm

Gleichmäßige, aber sehr laute Geräusche, die über einen längeren Zeitraum einwirken (Maschinen, aber auch regelmäßiges Musikhören in Dicolautstärke) bewirken eine zeitweilige Hörschwellenverschiebung, die wieder zurückgeht, wenn das Ohr ausreichend lange vom Lärm verschont bleibt (Pegel unter 70 dB(A)). Häufigeres Vertäuben führt allerdings zur Permanenten Hörschwellenverschiebung, also zu einem Gehörschaden.

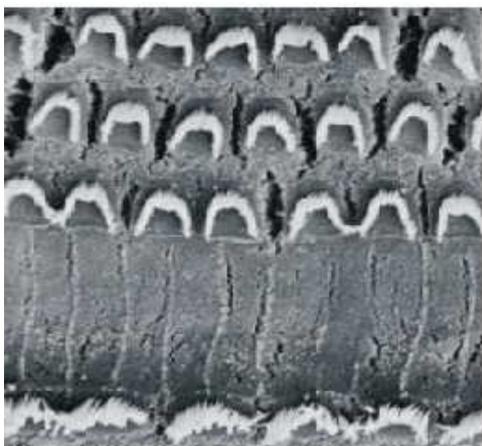
Hörschäden durch Impulslärm (Knallgeräusche)

Der „Knall“ birgt das vielleicht größte Gefahrenpotential, wenn es darum geht, das Gehör unwiederbringlich zu schädigen. Dabei sind es besonders die kurzen und besonders lauten Ereignisse, die großen Schaden anrichten. Diese knallartigen extrem lauten Geräusche können einen Spitzenpegel bis zu 170 Dezibel erzeugen, und somit zu akuten Hörverlusten führen.

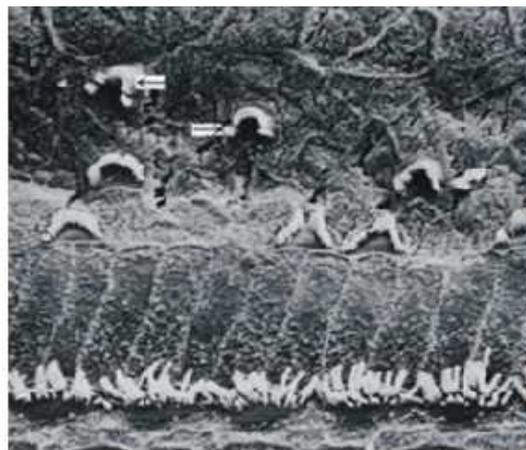
Impulslärm ist wegen seiner innerhalb extrem kurzer Zeit einsetzenden hohen Druckspitze gehörgefährdender als Dauerlärm. Wegen der Kürze der Dauer der Schalleinwirkung (z. B. Knalle) werden diese in ihrer tatsächlichen Lautstärke subjektiv nicht so wahrgenommen, wie sie ihrem gefährlichen Spitzenpegel entsprechen, und werden somit in ihrer Gefährlichkeit unterschätzt, z.B. bei Spielzeug wie Pistolen, Knallfrösche, platzende Luftballons, aber auch bei Ohrfeigen, ebenso wie bei dem lieb gemeinten dicken Kuss aufs Ohr und auch bei Feuerwerkskörpern.

Impulslärm kann nicht nur zu Hörminderung oder Tinnitus führen, sondern auch zu einem Explosions-Trauma mit Zerreißung des Trommelfells, und es können sogar die Sinneshärchen abbrechen.

Man kann es sich so vorstellen, als wenn ein plötzlicher Orkan durch einen kleinen Wald fegt. Die winzigen Zilien (Nervenzellen) werden wie die Bäume umgeknickt und teils schwerwiegend zerstört, siehe Abbildung 3.



gesunde Haarzellen



zerstörte Haarzellen

Bild: www.biolya.de

Abb. 3

Besonders gefährlich für das Gehör ist es, wenn diese „Knalle“ in kurzer Entfernung des Ohres passieren. Die Schallpegel sind erschreckend hoch, siehe Tab. 1 am Beispiel Spielzeug.

Tab. 1: Schalldruckpegel am Ohr des Nutzers (in dB(A))

Spielzeug	Entfernung vom Ohr	
	2,5 cm	25 cm
Trompete	109 – 125	92 – 110
Pfeife	118 – 129	102 – 114
Knackfrosch	128 – 135	120 – 123
Pistole mit Amoces Munition	130 – 175	113 – 155
Luftgewehr mit Luftkompression	163 – 173	143 – 153

Quelle: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Ursachen von Lärmschäden

Je nach Art des Lärmschadens sind die Ursachen verschieden. Man unterscheidet als akuten Lärmschaden das Knalltrauma, das Explosionstrauma, das akute Lärmtrauma und den akustischen Unfall. Das chronische akustische Trauma wird als Lärmschwerhörigkeit bezeichnet.

Akute Lärmschäden

Das Knalltrauma

Das Knalltrauma entsteht durch eine ein- oder mehrmalige Einwirkung eines Schalls von hoher Stärke (Intensität) von mehr als 150 Dezibel (dB) und von kurzer Dauer (unter eineinhalb Millisekunden, eine Millisekunde = eine Tausendstel Sekunde). Häufige Ursachen sind Schusswaffen, auch Schreckschusswaffen, Spielzeugpistolen oder Knallkörper. Es entsteht eine reine Schädigung des Innenohres, besonders jedoch der Haarzellen, die für die Aufnahme der hohen Töne (Frequenzen) zuständig sind. Möglicherweise kommt auch ein Ohrgeräusch (Tinnitus) dazu. Der schalleitende Apparat, die Mittelohrstrukturen, bleiben intakt.

Das Explosionstrauma

Dabei wirkt eine Schalldruckwelle von mehr als 150 Dezibel Stärke ein, die jedoch länger als drei Millisekunden dauert. Es entsteht nicht nur eine Schädigung des Innenohres, sondern es kann auch zur Zerreißung des schalleitenden Apparates, des Trommelfells oder der Gehörknöchelchenkette kommen. Die schwerste, akustisch bedingte Verletzung ist das Explosionstrauma. Ursachen können Explosionen in der Industrie sein, auch durch das Platzen eines Airbags oder großen Fahrzeugreifens sowie durch Bombendetonationen, aber auch durch eine Ohrfeige können derartige Explosionstraumen entstehen.

Das akute Lärmtrauma

Hier wirkt eine sehr hohe Schallintensität von 130 bis 160 Dezibel über einige Minuten bis Stunden ein. Auch hier entsteht, wie beim Knalltrauma, eine reine Schädigung des Innenohres, der schalleitende Apparat bleibt intakt. Die Hörstörung betrifft in der Regel eher den Hochtonbereich, jedoch sind auch völlige Ertaubungen möglich. Mögliche Ursachen sind Konzert- oder Diskothekenbesuche, hören mit Kopfhörern, startende Flugzeuge oder sogar lautes Kinderspielzeug.

Der akustische Unfall

Hier wirkt nicht nur ein akustischer Reiz von etwa 90 bis 120 Dezibel auf das Innenohr ein, sondern es entsteht gleichzeitig durch eine Zwangshaltung mit Fehlbelastung der Halswirbelsäule eine Minderdurchblutung eines Ohres. Die Hörstörung betrifft in der Regel alle Frequenzen, auch Ohrgeräusche sind dabei häufig vorhanden. Beispiele für derartige Ereignisse sind das Arbeiten mit Hämmern oder Bohrern über Kopf oder unter engen räumlichen Verhältnissen.

Chronische Lärmschäden

Lärmschwerhörigkeit

Die Lärmschwerhörigkeit (chronisches Lärmtrauma) wird durch eine langfristige Einwirkung hoher Schallstärken auf das Gehör verursacht. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um belastenden Lärm oder eine freiwillige "Dröhnung" handelt. Diese dauerhafte Einwirkung von Lärm in einer Stärke von mehr als 85 Dezibel kann zu einer Schädigung des Innenohres führen, die im hochfrequenten Bereich bei 4.000 Hertz (c 5) beginnt und sich dann auf die höheren und tieferen Frequenzen ausbreitet. Oft tritt auch ein Ohrgeräusch in diesem hohen Frequenzbereich auf.

Solche Lärmbelastungen treten in vielen Lebensbereichen auf: Zunächst einmal sind viele Menschen am Arbeitsplatz einer erheblichen Lärmbelastung durch Maschinen ausgesetzt. Zur Orientierung: Pumpen und Kompressoren erreichen in geschlossenen Räumen einen Schalldruck von mehr als 85 Dezibel, Holzbearbeitungsmaschinen bis über 100 Dezibel. Arbeiter in der Forstwirtschaft benutzen Motorsägen, die über 115 Dezibel erreichen.

In zunehmendem Maße werden auch im privaten Heim- und Gartenbereich für alle anfallenden Tätigkeiten Maschinen zu Hilfe genommen. Dabei erreichen besonders Rasenmäher, Laubsauger, kompressorbetriebene Hochdruckreiniger, aber auch Staubsauger und Küchenmixer oft beträchtliche Schalldruckwerte, die ebenfalls bei 100 Dezibel liegen können, also deutlich oberhalb der Grenze, für die im Arbeitsplatzbereich umfangreiche Lärmschutzmaßnahmen erforderlich sind, siehe Beispiele Tabelle unten.

Gerätetyp	Abstand (m)	L _p (dB(A))
Standmixer	0,6	82 – 91
Handmixer	0,6	77 – 86
Abzugshaube	0,4	54 – 68
Zerkleinerer	0,6	81
Getreidemühle	0,6	75 – 79
Kaffeemühle	0,6	71 – 83
Espressomaschine	0,6	61 – 71
Umluftofen	0,6	41 – 53
Mikrowelle	0,6 – 1,5	48 – 59
Wasserkocher	1,0	48 – 58

Tabelle: Durch Küchengeräte am Benutzerohr verursachte Schalldruckpegel [L19] und [L20]

Aber auch vermeintlich schöne Töne sind laut: Berufsmusiker sind erheblichem Lärm ausgesetzt, den sie selbst erzeugen. Bei Operaufführungen können im Orchestergraben Werte von über 100 Dezibel gemessen werden, Spitzenpegel von bis zu 120 Dezibel erreichen Trompeten, Posaunen und Schlagzeug, das entspricht etwa einem startenden Düsenflugzeug.

Ebenso leiden immer mehr Jugendliche unter Lärmschwerhörigkeit. Der Grund: Beim Musikhören über Kopfhörer liegt die Lautstärke oft bei 100 Dezibel (dB(A)) und mehr, ein Diskobesuch ist meist auch nicht leiser. Damit ist die zulässige wöchentliche Schallbelastung nach etwa eineinhalb Stunden erreicht. 100 dB(A) entsprechen etwa dem Lärmpegel eines Presslufthammers in wenigen Metern Entfernung.

Schallpegel

Das nachfolgende Diagramm führt einige Beispiele von Geräuschen bzw. Geräuschquellen auf und ordnet diesen eine entsprechende Lautstärke zu. In der rechten Spalte des Diagramms sind die zu erwartenden Wirkungen bzw. Eigenschaften aufgeführt.

Spielzeugpistole am Ohr	180 dB	Schädigung bei einmaliger Einwirkung möglich
Gewehrschuss in Mündungsnähe	160 dB	
Quietschente am Ohr, Trillerpfeife	140 dB 130 dB	Schmerzgrenze
Diskotheek, Rockkonzert, Max. Pegel am Walkman, Kreissäge	120 dB	Beginn der Hörfähigung bei ständiger Belastung
Fahrender LKW (etwa 5m entfernt)	100 dB 85 dB	
Hauptverkehrsstraße am Tag	80 dB	Obere Grenze für konzentrierte geistige Arbeit
Leises Radio, Gespräch	60 dB	
Flüstern	40 dB	Ruhe, Erholung, Schlaf
Blätterrascheln	20 dB	Hörschwelle
Absolute Stille	0 dB	

Wie wirkt Lärm noch?

Lärm macht Stress, und Stress macht krank

Durch hohe Lärmbelastungen ist auch mit anderen gesundheitlichen Auswirkungen zu rechnen. Untersuchungen der letzten Jahre zeigen, dass Lärm ein ernst zunehmender Stressfaktor ist und zu erheblichen Belastungen führen kann. Darüber hinaus verdichten sich die Hinweise auf die Zunahme von Herz-Kreislauf Erkrankungen ab einer bestimmten Lärmintensität. Neben den medizinischen Wirkungen sind die psycho-sozialen Schäden durch Lärm von Bedeutung. Schlafstörungen, daraus resultierende Konzentrationschwächen und Kommunikationsstörungen machen Erwachsenen, aber mehr noch Kindern, Probleme. Besonders beim Spracherwerb benötigen Kinder zur störungsfreien Verständigung eine deutlich leisere Umgebung als dies für Unterhaltungen zwischen Erwachsenen notwendig ist.

Das Projekt

Das Projekt wurde im Bereich Akustik der „Hochschule Mittweida (FH)“ durchgeführt. Hauptziel des Projektes ist die Klärung der Frage, in welchen Maße Hörschäden bei Kinder und Jugendliche von ihren Freizeitbeschäftigungen, dem akustischen Umfeld und ihren Hörgewohnheiten abhängig sind.

Für diese Projekt konnten 141 freiwillige Probanden gewonnen werden. Bei den Probanden kam es zu drei nachträglichen Ausschlüssen wegen mangelhafter Daten, so das letztendlich 138 Probanden die Grundlage für sämtliche Statistiken und Testergebnisse bilden.

In diesem Projekt werden in erster Linie die Hörschwellenverschiebungen berücksichtigt, die während des Testzeitraumes auftraten. Die absoluten Werte werden zwar in der Statistik mit verwendet, spielen aber eine eher untergeordnete Rolle.

Um Daten über die Hörschwellenverschiebung zu sammeln und persönliche Daten über die Probanden zu erhalten, wurden diese einer Audiometrie (Tonhörtest) und einer Tympanometrie unterzogen. Bei der Tympanometrie wird der Mittelohrdruck gemessen, der Auskunft über die Trommelfellbeweglichkeit gibt. Diese beiden Tests wurden mit jedem Probanden vier mal mit einem zeitlichen Abstand von jeweils einem Jahr durchgeführt. Weiterhin füllten die Probanden bei jedem Test einen Fragebogen aus. Der Inhalt des Fragebogens setzt sich aus zwei Hauptgebieten zusammen:

Im ersten Teil werden die Hörgewohnheiten, das akustische Umfeld und die Häufigkeiten bzw. Intensitäten von Schallereignissen (laut/leise bzw. selten/oft) der jeweiligen Testperson ermittelt. Der zweite Teil umfaßt einige Fragen, mit deren Hilfe eine Verfälschung der Testergebnisse vermieden werden soll.

Problemstellung und Projektentwicklung

Vor allem während der letzten zwei Jahrzehnte wurde in einer großen Anzahl von Studien über eine Verschlechterung der Hörfähigkeit bei jungen Menschen berichtet. Diese Erscheinung wird vor allem mit veränderten Lebensbedingungen und Lebensgewohnheiten in Verbindung gebracht, speziell auch mit Schallbelastungen im Freizeitbereich. In diesem Zusammenhang diskutiert man insbesondere den Einfluss von Diskothek- und Konzertbesuchen sowie das laute Musikhören über Kopfhörer, zum Teil mit kontroversen Ergebnissen und Schlussfolgerungen.

Auf Grund der z.T. hohen Pegel (siehe Tab. 1) beinhalten diese Schallbelastungen prinzipiell das Risiko von Hörschädigungen. Aufschlussreich sind Vergleiche von Freizeitlärm mit Ergebnissen für beruflich bedingte Lärmbelastungen. Nach der Direktive 2003/10/EC liegen der untere bzw. obere Aktionswert für Lärm am Arbeitsplatz bei $L_{eq} = 80 / 85$ dB(A). Damit entspricht der Diskothekbesuch (z.B. 100 dB(A), 5 h) von einmal wöchentlich im Verlauf von 3-5 Jahren der Schalleexposition, die ein Arbeiter bei 85 dB(A) innerhalb von 15 - 20 Jahren erleidet.

Ort bzw. Veranstaltung	Messdauer	Anzahl.	L_{eq} in dB(A)		E in Pa^2h
			Mittel	Streub.	
Kommerzielle Disco	2,5 ... 5 h	19	101	95...112	6,5 ... 47
Bandprobe (Musiker)	2 ... 2,5	3	105	103... 109	17 ... 22
Rock-/Schlagerkonz.	1,6 ... 7 h	9	103	97...111	10 ... 72
Walkman: 9./10.Kl.	1 Titel	20	83	61 ... 93	
Studenten	3x3 Titel	15	75	66 ... 85	

Tab.1: Geräuschbelastung bei verschiedenen Freizeitbeschäftigungen (Dosimetrische Messung; bei Walkman: Kunskopf); „Walkman“ steht als Synonym für Musikwiedergabe mittels tragbarer Geräte und Kopfhörer. Eine Schallenergiesdosis E von 1,00 Pa^2h entspricht einer Schalleexposition von 85 dB für 8 Stunden.

Bei Jugendlichen bzw. jungen Erwachsenen ist der Anteil der Personen mit hoher musikbedingter Schallbelastung besonders hoch. Da diese Gruppe i.A. noch nicht so hohen Expositionen am Arbeitsplatz ausgesetzt war, erhofft man sich hier deutliche Aussagen über den Zusammenhang Freizeitlärm – Gehörschädigung. Weiterhin ist diese Gruppe auch aus Gründen der Prävention von besonderem Interesse. Die Frage, ob sich aus hoher Musikbelastung unmittelbar auf schlechtere mittlere Hörschwellen schließen lässt, kann man nach bisherigen Studien (z.B. [L4], [L7], [L11] sowie [L25]) wie folgt beantworten :

- A) Ja, besonders in Extremgruppen.
- B) Zum Teil, aber nur schwach.
- C) Nein, es gibt u.U. sogar die entgegen gesetzte Tendenz.

Eigene frühere Untersuchungen ([L16]-[L20]) lieferten Hinweise auf die Antworten A bzw. B. Allerdings handelt es sich bei diesen eigenen Arbeiten sowie den meisten anderen Studien überwiegend um Querschnittstudien, die eine „Momentaufnahme“ unterschiedlicher Probanden/Probandengruppen liefern. Aus diesem Grund soll hier der Frage nach einem Zusammenhang zwischen Freizeitlärm und Hörvermögen im Rahmen einer Längsschnittstudie nachgegangen werden. Dabei können alle Probanden über einen längeren Zeitraum mehrmals audiometrisch untersucht werden. Folgende Fragestellungen sind von besonderem Interesse:

- Sind Schädigungen bzw. Veränderungen erkennbar?
- In welchem Alter beginnt eine Schädigung?
- Gibt es Korrelationen zu Geräuschbelastungen?
- Bestätigt sich die aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen bekannte Tatsache, dass das Höchsthörgehör (8 ... 16 kHz) besonders sensibel ist? Kann dieser Effekt zur Früherkennung genutzt werden?

Durchführung

Die Befragung der Schüler/innen erfolgte durch Fragebögen mit folgenden Schwerpunkten:

- Einschätzung der Lautstärke (Schule, häusliche Umgebung)
- Häufigkeit von Disko- und Konzertbesuchen
- Lautstärke beim Hören von Musik
- Verwendung von Kopfhörern
- Häufigkeit von Hobbys (Heimwerker- / Gartenmaschinen, Motorrad, Schießsport usw.)
- gesundheitliche Fragen (Erkrankungen die das Gehör beeinträchtigen können, Knall-Ereignisse, Vergiftungen, Vollnarkose, Allergie, Unfälle, Schwindelanfälle, Schwerhörigkeit bei Verwandten)

Anhand der Hörschwellenverschiebung, die während des Testzeitraumes bei den einzelnen Probanden auftrat, wurden diese einer der drei nachfolgenden Gruppen zugeteilt:

- | | |
|---------------|---|
| erste Gruppe | - keine Hörschwellenverschiebung ($\leq 10\text{dB}$) |
| zweite Gruppe | - leichte Hörschwellenverschiebung ($\leq 20\text{dB}$) |
| dritte Gruppe | - deutliche Hörschwellenverschiebung ($> 20\text{dB}$) |

Eine eventuell vorhandene Vorschädigung wurde nicht berücksichtigt, da für diese keine Ursachen erfassbar waren.

In der ersten Gruppe wurden alle Probanden berücksichtigt, die das Hauptkriterium ($\leq 10\text{dB}$) erfüllten. Es gab keine Ausschließungen aufgrund der Tympanometrie oder durch Angaben im Fragebogen. Grund für diese Vorgehen ist, dass diese zusätzlichen Einflüsse offensichtlich keine Auswirkung auf die Testergebnisse dieser Probanden hatten („normale“ Hörschwelle).

In den beiden anderen Gruppen hingegen wurden Probanden mit Auffälligkeiten ausgeschlossen um eine Verfälschung der Resultate zu verhindern. Zu diesen Auffälligkeiten gehörte die oben genannte Tympanometrie oder das Auftreten von Erkrankungen, die eine Hörschwellenverschiebung zur Folge haben können. Hat einer der Probanden im Testzeitraum eine Mittelohrentzündung o. eine Trommelfellverletzung auf einem Ohr erlitten, wurden die Testergebnisse des jeweiligen Ohres nicht mehr berücksichtigt. Gab der Proband eines dieser Symptome an, konnte aber nicht präzisieren auf welcher Seite dieses diagnostiziert wurde, wurden die Messwerte beider Ohren nicht mehr berücksichtigt. Somit ist der Proband komplett aus der Auswertung entfallen.

Anschließend wurden Teilstatistiken dieser drei Gruppen erstellt, um das Umfeld und die Hörgewohnheiten untereinander vergleichen zu können.

Längsschnittstudie

Methode und Probanden

Der Kreis der Probanden setzte sich aus 8 Jahrgängen von Mittelschülern (7.-10.Kl.) zusammen, bei welchen 1997-2005 die gleichen Personen in max. vier aufeinander folgenden Jahren audiometrisch untersucht wurden, Tab. 2. Erfasst wurden alle Probanden mit mindestens zwei Messungen (N=141). Zusätzliche Angaben wurden mittels begleitender Fragebögen gewonnen. Zur Bestimmung der Hörschwellen fand ein Hochtonaudiometer (Hortman CA 540/1, Frequenzbereich 125 Hz bis 16 kHz, Pegelschrittweite 5 dB) in einer Audiometrikabine Verwendung. Alle Messungen wurden durch tympanometrische Untersuchungen begleitet. Die Hörschwellen tympanometrisch auffälliger und unauffälliger Probanden waren für $f < 4$ kHz nahezu identisch, während für $f > 8$ kHz die Hörschwelle der auffälligen Probanden um ca. 4 – 7 dB signifikant schlechter war.

Stichprobe: Alter	Anzahl der Jahrgänge	Gesamtzahl der Ohren	Anzahl der tympanometr. unauffällige Ohren
13 Jahre	6	174	98
14 Jahre	6	228	127
15 Jahre	8	230	139
16 Jahre	6	174	106

Tab.2

Mittlere Hörschwellen

Abb. 1 zeigt die mittleren Hörschwellen (HS) in Abhängigkeit vom Alter. Die Unterschiede sind nur geringfügig, auch im Mittelwert über alle Frequenzen erkennt man nur eine sehr schwache Tendenz (13 Jahre 6,2 dB, 14 Jahre 7,2 dB, 15 Jahre 6,8 dB, 16 Jahre 7,3 dB). Es fällt auf, dass die Hörschwellen aller Altersgruppen im Bereich 2-4 kHz Senken von 10–12 dB aufweisen.

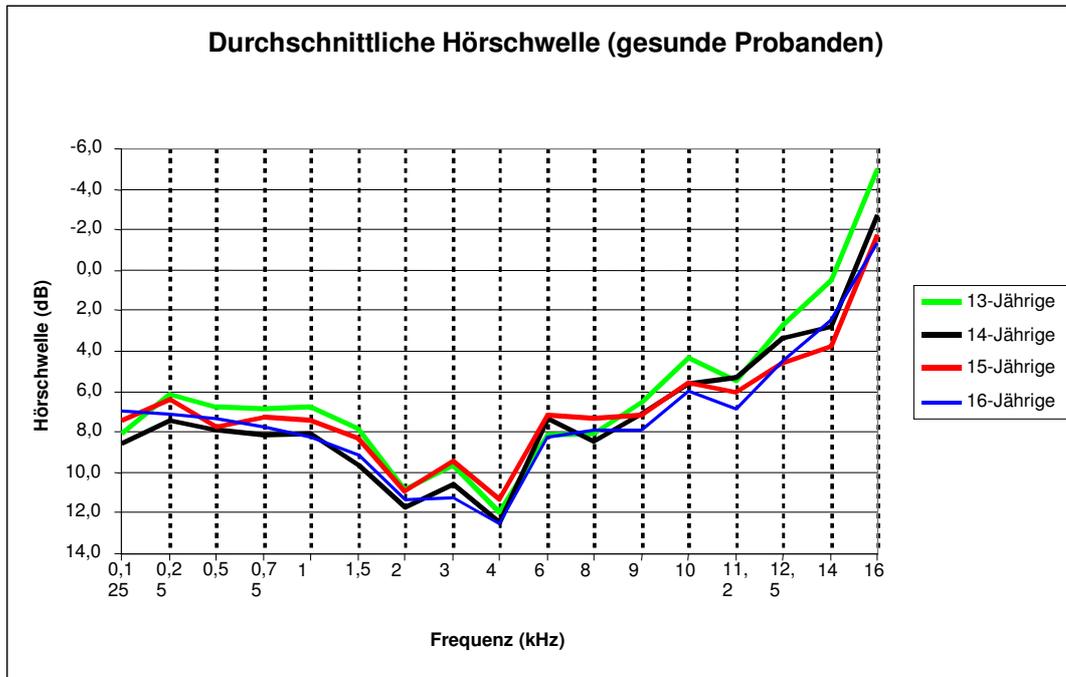


Abb. 1: Durchschnittliche Hörschwellen tympanometrisch unauffälliger Probanden in den Altersgruppen 13 – 16 Jahre

Vergleich der Hörschwellen (Abb.2) tympanometrisch auffälliger und unauffälliger Ohren (Vertrauensbereiche 95%).
 - $f < 4$ kHz: nahezu identisch
 - $f > 6$ kHz: signifikant unterschiedlich

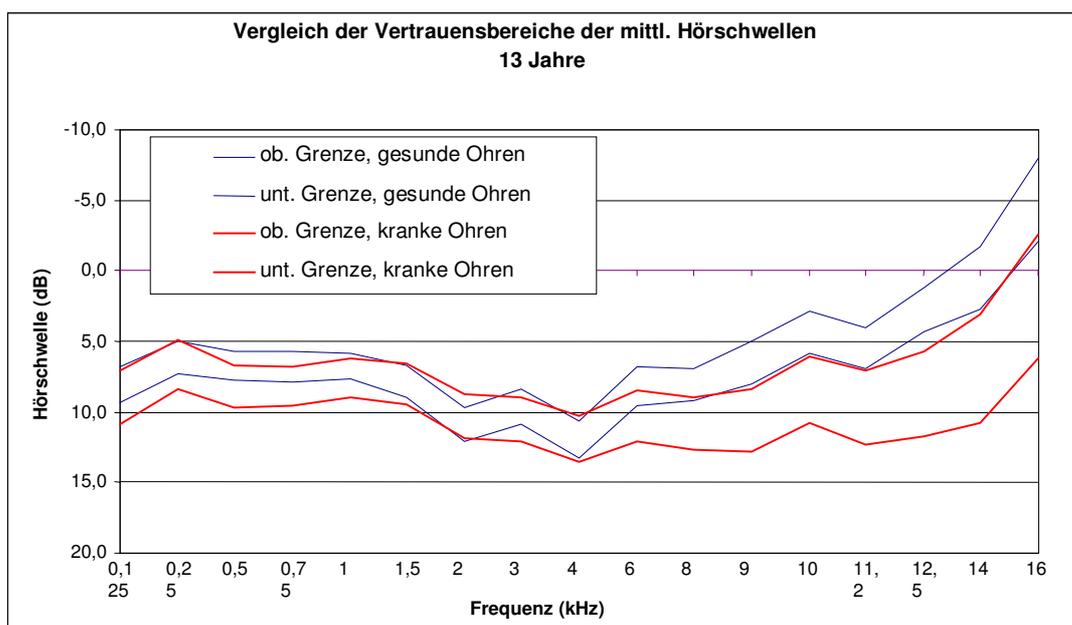


Abb. 2: Vergleich der Vertrauensbereiche mittlerer Hörschwellen in der Altersgruppe 13 Jahre

Hörschädigungen

In Abhängigkeit von Alter und Frequenz stellt man folgende Tendenzen fest:

- **Leichte Hörschäden** (Hörschwelle 20/25 dB bei einzelnen Testfrequenzen; 53% der Probanden): 2 ... 6 kHz, z.T. 12 ... 16 kHz;-
- **Deutliche Hörschäden** (Hörschwelle > 25 dB; 14% der Probanden): Zunahme zu hohen Frequenzen (9 ... 16 kHz) unabhängig vom Alter

Bei 33% der Probanden gab es **keine Hörschäden** (< 20 dB).

Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Hörschädigungen am Beispiel: 4. Messung, 16 Jahre.

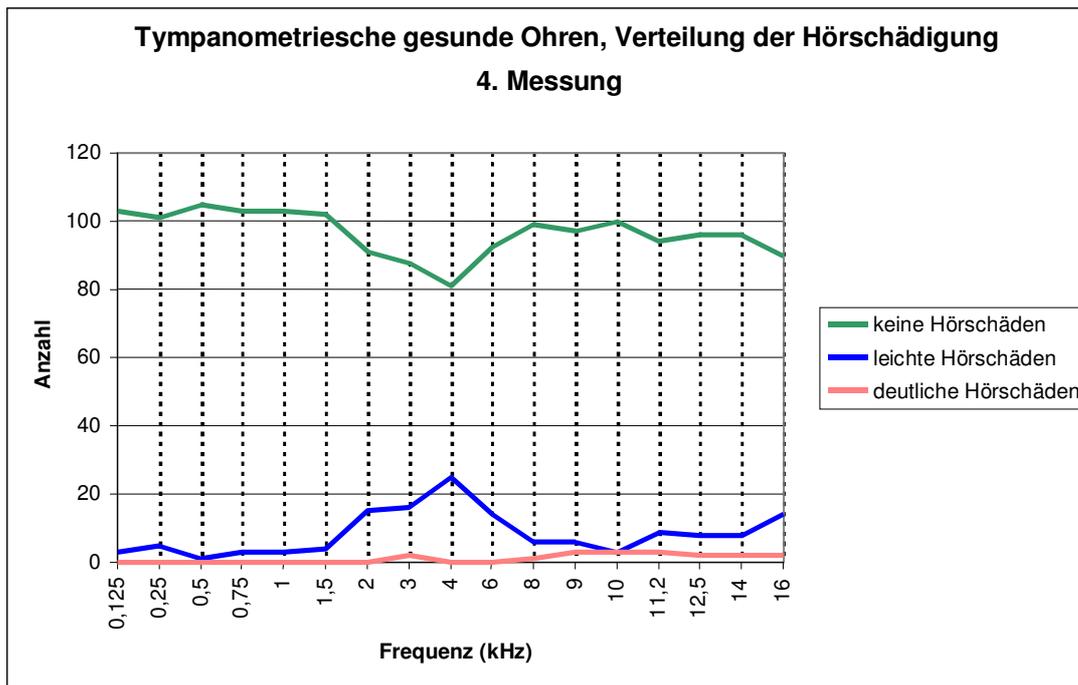


Abb. 3: Verteilung der Hörschäden in der Altersgruppe 16 Jahre bei der 4. Messung

Verschlechterung der Hörschwellen im Messzeitraum

Verschlechterungen der Hörschwellen im Messzeitraum traten überwiegend bei 12...16 kHz auf, z.T. bei 4 kHz. Tab. 3 macht dies anhand der höheren Schädigungswahrscheinlichkeiten bei hohen Frequenzen deutlich (höhere Zahlenwerte bei „leicht“ bzw. „deutlich“ in der letzten Zeile).

Frequenzbereich	Verschlechterung	13/14 Jahre (88 Ohren)	14/15 Jahre (121 Ohren)	15/16 Jahre (90 Ohren)	13/16 Jahre (50 Ohren)
Gesamt (17 Freq.)	keine	95	97	96	95
	leicht	4	2	3	4
	deutlich	1	1	1	1
0,125...1,5 kHz (6 Freq.)	keine	97	100	99	96
	leicht	3	0	1	4
	deutlich	0	0	0	0
2...8 kHz (5 Freq.)	keine	98	99	97	98
	leicht	2	1	3	2
	deutlich	0	0	0	0
9...16 kHz (6 Freq.)	keine	92	94	94	93
	leicht	6	4	4	6
	deutlich	2	2	2	2

Tab. 3 : Wahrscheinlichkeit (in %) je Ohr und Testfrequenz für das Eintreten eines der 3 Fälle (keine, leichte bzw. deutliche Verschlechterung der Hörschwelle zwischen den beiden Altersangaben in der ersten Zeile). Beispiel: Zwischen dem 13. Und 14. Lebensjahr tritt eine leichte Verschlechterung der Hörschwelle im Mittel (gesamter Frequenzbereich) bei jeder Testfrequenz mit einer Wahrscheinlichkeit von 4% auf. Im tiefrequenten Bereich (0,125 ... 1,5 kHz) beträgt diese Wahrscheinlichkeit 3%, im mittleren Bereich (2 ... 8 kHz) 2% und im Höchdstonbereich (9 ... 16 kHz) sind es 6%.

Dabei bedeutet:

- keine Verschlechterung: Veränderung < 15 dB
- leichte Verschlechterung Veränderung 15 / 20 dB
- deutliche Verschlechterung Veränderung > 20 dB

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Ohr

- bei mindestens einer Testfrequenz eine **deutliche Verschlechterung** auftritt, beträgt **33%**,
- bei mindestens einer Testfrequenz eine **leichte Verschlechterung** auftritt, beträgt **43%**,
- bei **keiner** Testfrequenz leichte oder deutliche **Verschlechterungen** auftraten, beträgt **24%**.

Zusammenhänge zwischen Ergebnissen der Befragung und Hörschäden

Musikhören über Stereoanlage ist das häufigste Hobby, 76 – 87% geben dafür „oft / sehr oft“ an. Probanden mit Hörschäden („deutliche Verschlechterung“) sind in dieser Gruppe etwas häufiger vertreten, es ist keine altersabhängige Tendenz feststellbar, siehe Abb. 4 und 6. Ebenso findet man bzgl. „Lautstärke des Musikhörens“ keine eindeutigen Tendenzen, Abb. 5 und 7.

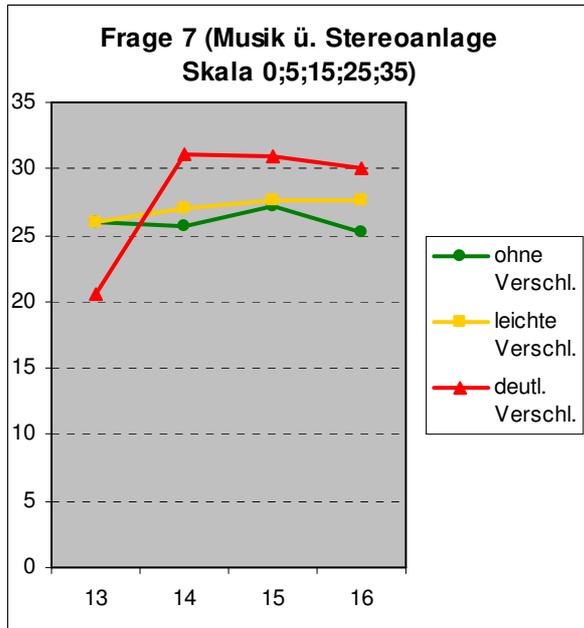


Abb. 4 (Skala 35 „sehr oft“)

Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „absolute Hörschwelle, schlechtester Wert während des Untersuchungszeitraumes“)

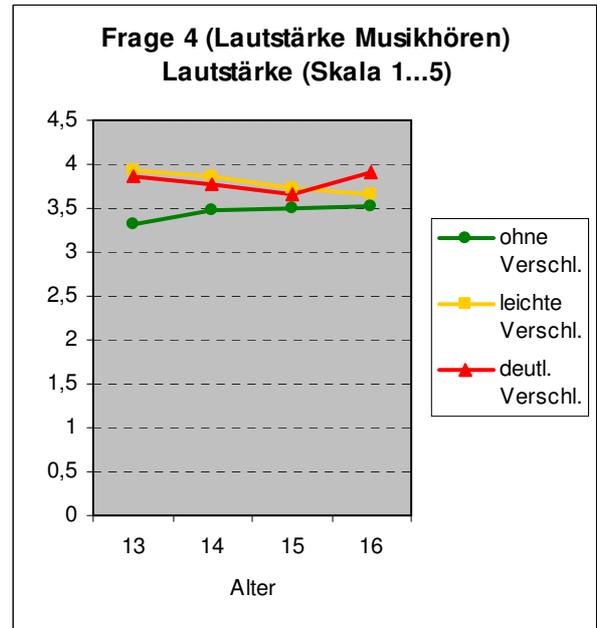


Abb. 5 (Skala 5 „sehr laut“)

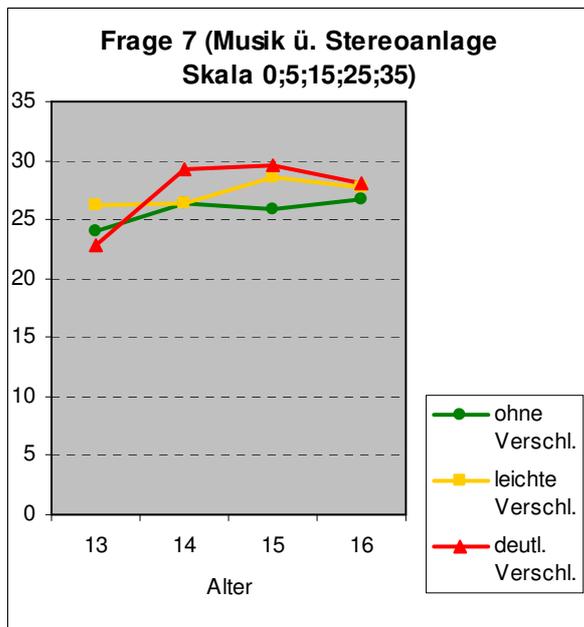


Abb. 6 (Skala 35 „sehr oft“)

Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „relative Verschlechterung während des Untersuchungszeitraumes“)

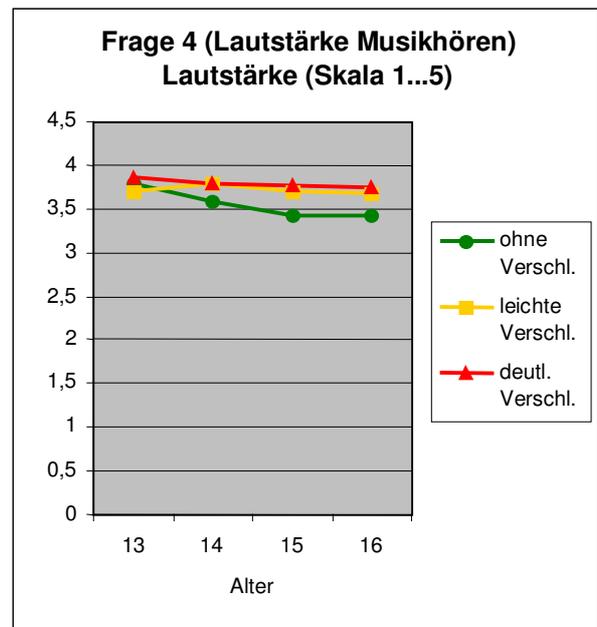


Abb. 7 (Skala 5 „sehr laut“)

Die „Walkman“-Nutzung nimmt mit zunehmendem Alter generell leicht ab. Es tritt aber eine „Polarisierung“ auf, der Anteil der „Extremnutzer“ (>25h pro Woche) nimmt von 3% auf 6% leicht zu. Diese Personen sind häufiger in der Probandengruppe mit leichtem / deutlichen Hörschäden vertreten, siehe Abb. 8 und 9.

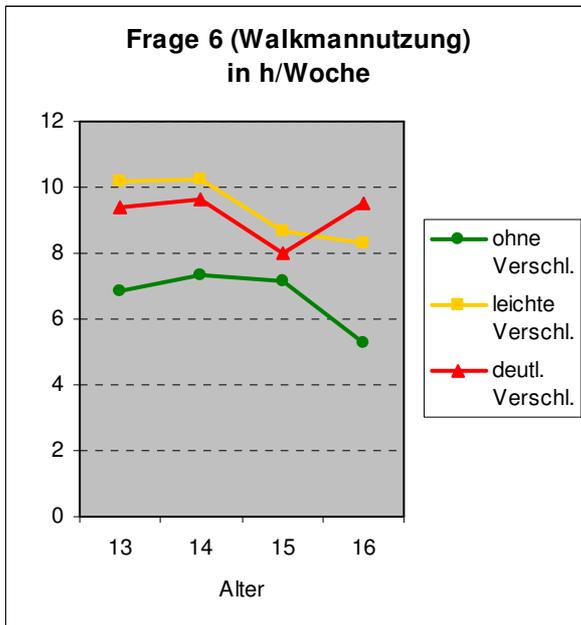


Abb. 8: Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „absolute Hörschwelle, schlechtester Wert während des Untersuchungszeitraumes“)

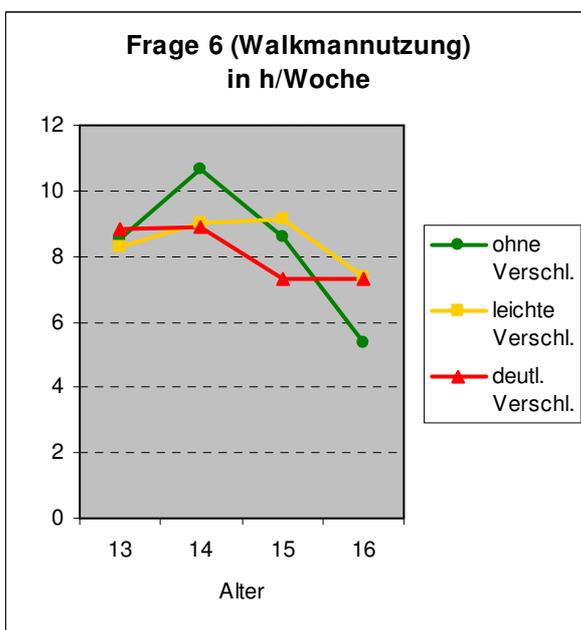


Abb. 9: Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „relative Verschlechterung während des Untersuchungszeitraumes“)

Der Disco-Besuch nimmt mit dem Alter zu, Abb. 10 und 11. Es ist ein schwacher Zusammenhang mit Hörschäden zu beobachten. Discobesucher sind häufiger unter Probanden mit Hörschwellen-Verschlechterungen im Messzeitraum vertreten.

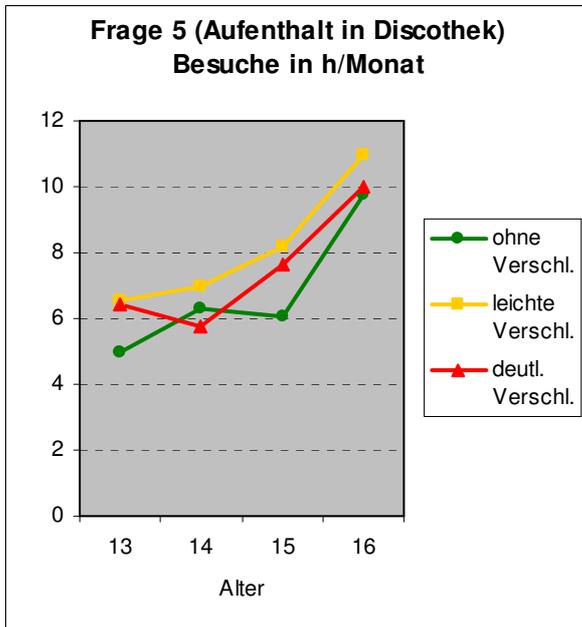


Abb. 10: Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „absolute Hörschwelle, schlechtester Wert während des Untersuchungszeitraumes“)

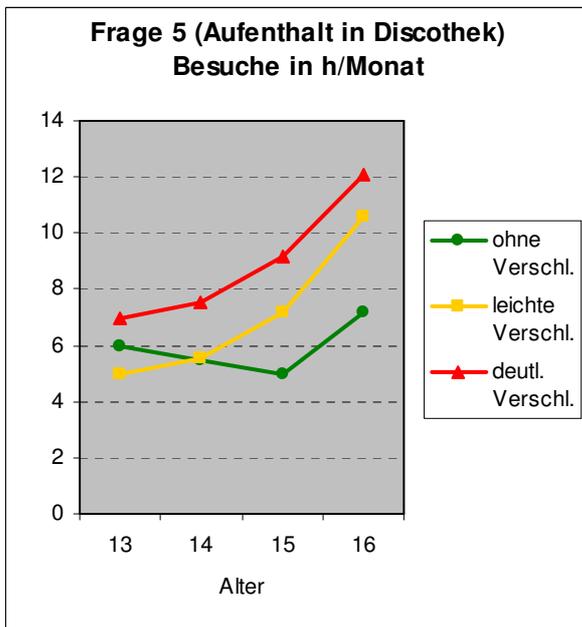


Abb. 11: Zeitl. Entwicklung der Hörgewohnheiten (Einordnung der Probanden in die 3 Gruppen nach dem Kriterium „relative Verschlechterung während des Untersuchungszeitraumes“)

Schallbelastung und mittlere Hörschwellen

Discobesuch

Mit zunehmendem Alter wird die Hörschwelle der Gruppe „hohe Belastung“ (Angabe „oft / sehr oft“ oder „> 15h pro Monat“ oder mind. 2 x „5 – 15h pro Monat“) besser als die der Gruppe „niedrige Belastung“ (Angabe „nie / selten“ oder „< 5h pro Monat“). Es gibt keine signifikanten Unterschiede (Vertrauensbereiche ca. $\pm 2...4$ dB), siehe Abb. 12 und 13.

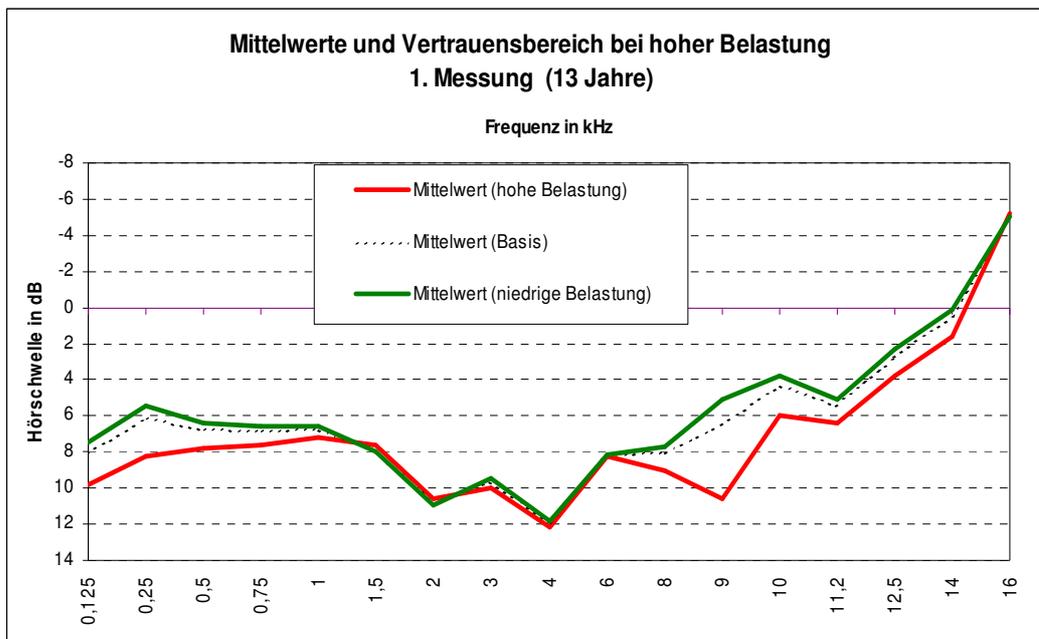


Abb. 12 Mittelwerte und Vertrauensbereich hoher Belastung durch Discobesuch (Bsp. 1. Messung, 13 Jahre)

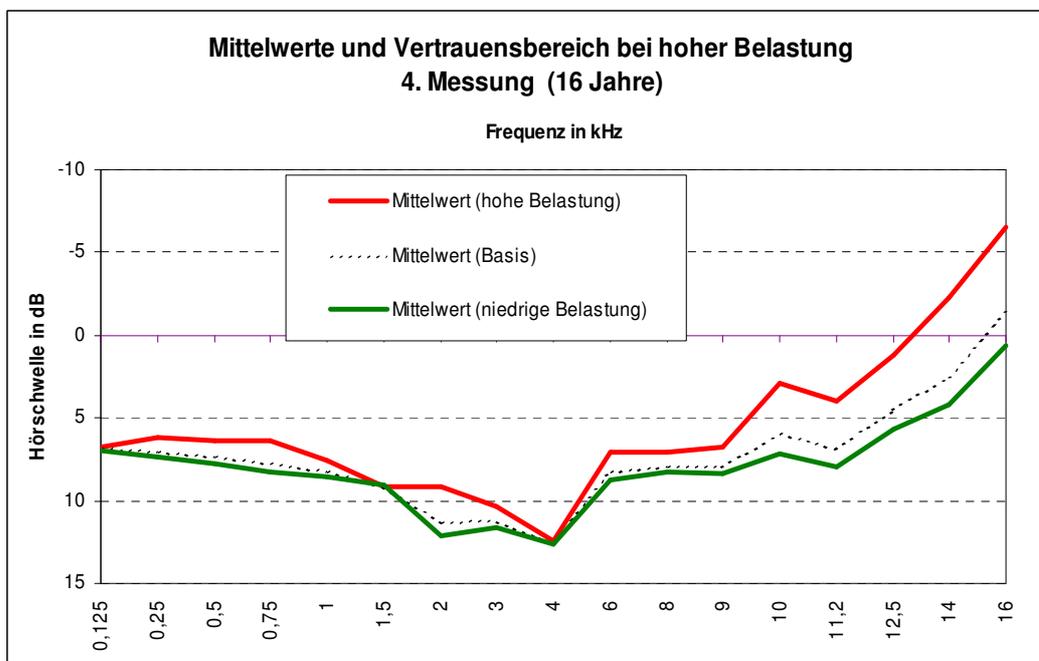


Abb. 13 Mittelwerte und Vertrauensbereich hoher Belastung durch Discobesuch (Bsp. 4. Messung, 16 Jahre)

Walkman-Nutzung

Die Hörschwelle im Höchsttonbereich ist bei der Gruppe „hohe Belastung“ (Angabe „oft / sehr oft“ oder „> 15h pro Woche“) schlechter als bei der Gruppe „niedrige Belastung“ (Angabe „nie / selten“ oder „< 5h pro Woche“). Dieser Effekt wird mit zunehmendem Alter deutlicher. Es gibt keine signifikanten Unterschiede, außer 16 kHz (Vertrauensbereiche ca. $\pm 2...4$ dB), siehe Abb. 14 und 15.

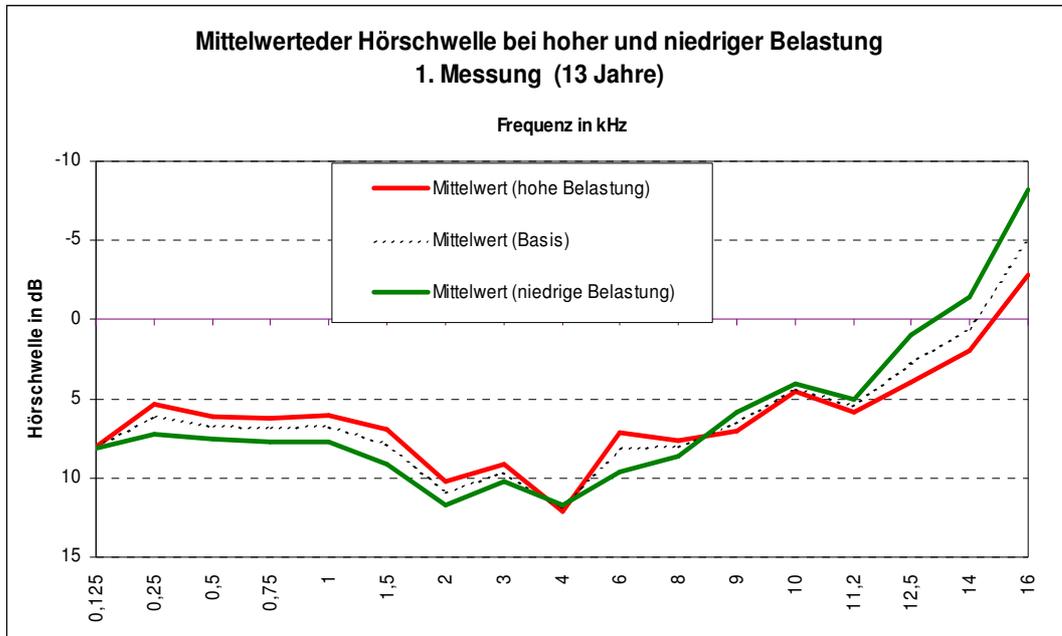


Abb. 14 Mittlere HS mit hoher und niedriger Belastung durch Walkman-Hören (Bsp. 1. Messung, 13 Jahre)

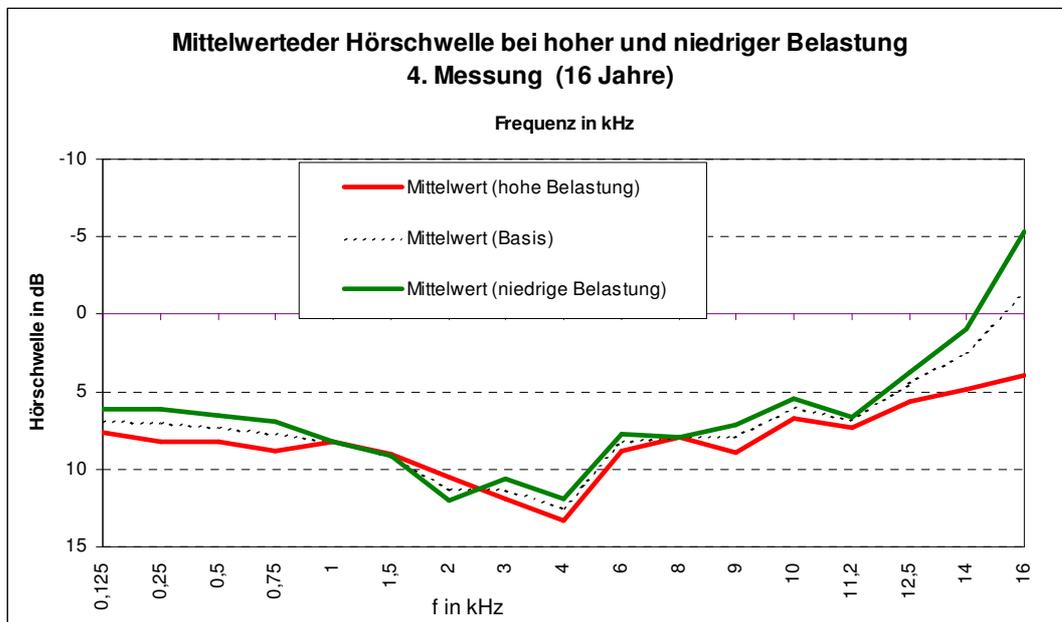


Abb. 15 Mittlere HS mit hoher und niedriger Belastung durch Walkman-Hören (Bsp. 4. Messung, 16 Jahre)

Erleben von Knall / Explosion mit anschließender Hörstörung

Von den hier untersuchten Formen der Schallbelastung liefert diese als einzige signifikante Ergebnisse. Die Hörschwelle im Bereich $f > 3$ kHz ist bei der Gruppe „hohe Belastung“ (Antwort: ja (20-25 Ohren)) schlechter als bei der Gruppe „niedrige Belastung“ (Antwort: nein (80-120 Ohren)) und wird mit zunehmendem Alter immer deutlicher. Es gibt teilweise signifikante Unterschiede (Vertrauensbereiche ca. $\pm 2...5$ dB), siehe Abb. 16 und 17.

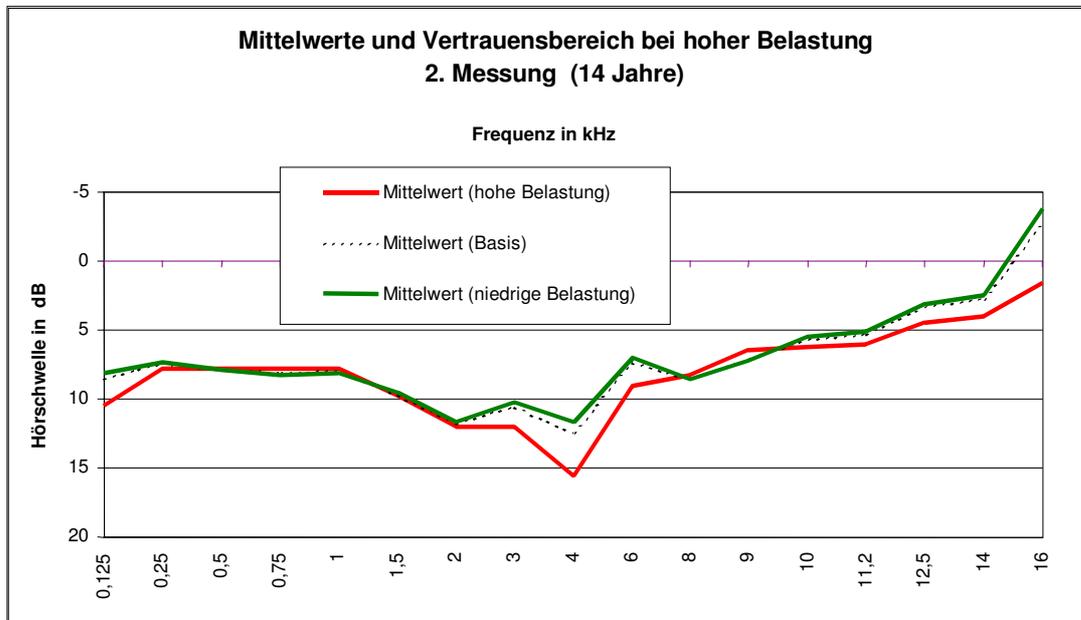


Abb. 16 Mittelwerte und Vertrauensbereich hoher Belastung (Bsp. 2. Messung, 14 Jahre)

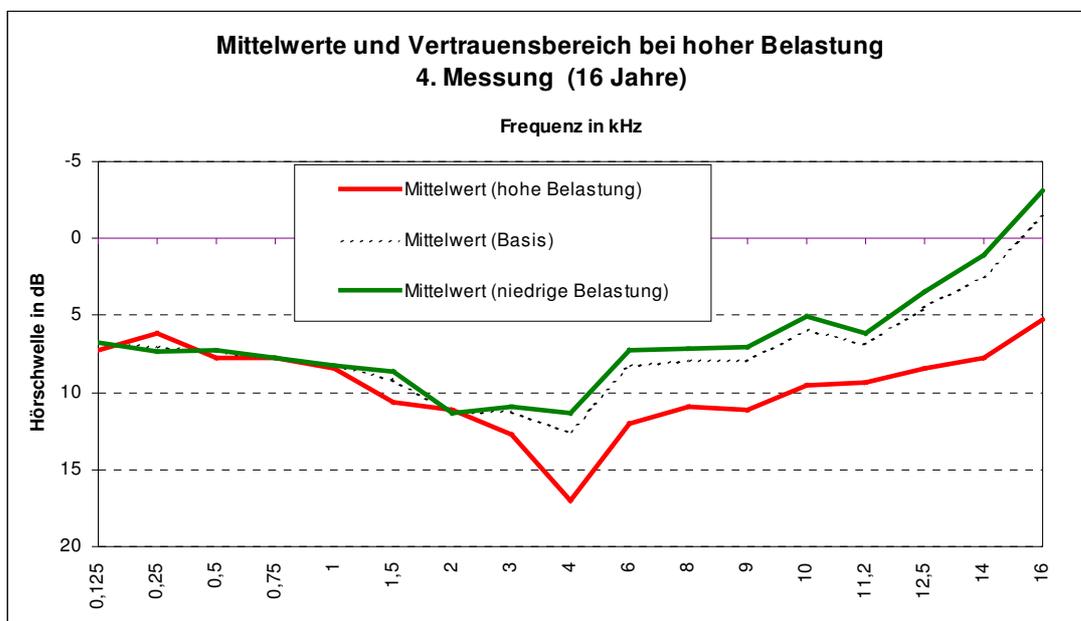


Abb. 17 Mittelwerte und Vertrauensbereich hoher Belastung (Bsp. 4. Messung, 16 Jahre)

Zusammenfassung und Ausblick

Die Vermutung, dass häufiger Discobesuch ein besonderes Risiko für das Gehör Jugendlicher darstellt, spiegelt sich in den Ergebnissen dieser Studie nur schwach wieder. Mögliche Ursachen dafür könnten sein:

- Die Expositionsdauer ist i.A. noch gering, zum Beispiel für folgende Situation:
13/14. Lebensjahr: 1 Discobesuch monatlich,
15/16. Lebensjahr: 2 Discobesuche monatlich, jeweils 5h bei 100 dB(A).
Die Dosis von $1440 \text{ Pa}^2\text{h}$ entspricht $L_{\text{eq}} = 87 \text{ dB(A)}$ über 4 Jahre und nach ISO 1999 einem Hörverlust von mindestens 4,2 dB bei 4 kHz mit 50% Wahrscheinlichkeit. Eine Verdoppelung des Discobesuches (hochbelastete Gruppe) würde einen Hörverlust von 6,5 dB ergeben.
- Es gibt Vorschädigungen durch andere Ursachen (Kinderspielzeug, Knalle, nichtakustische Ursachen), worauf die Hörschwelle der 13jährigen hindeutet.
- Bei o.g. Expositionen könnte ein Absterben von Sinneszellen ohne erkennbare Auswirkung im Audiogramm vorliegen. Weiterhin wird entgegen bisherigen Erkenntnissen über Arbeitslärm die umstrittene Vermutung von G. Fleischer („Gut Hören – Heute und Morgen“, Median-Verlag Heidelberg 2000) geäußert, dass die während des Discobesuches einsetzende Vertäubung als Schutzfunktion wirken und die Empfindlichkeit herabsetzen könnte. Allerdings ist diese These in der Fachliteratur sehr umstritten.

Dennoch ergibt sich dann die Frage, welche Auswirkungen mit 20...25 Jahren bei gleichbleibendem Verhalten zu erwarten sind. Deshalb besteht in jedem Falle die Notwendigkeit der Pegelreduzierungen in Discotheken.

Für eine kleine Gruppe (Extremhörer) sind auch andere Formen des Musikkonsums, wie Walkman / Discman / MP3 von Bedeutung. Dort zeigten sich die deutlichsten Zusammenhänge zwischen Geräuschbelastung und Hörschädigung.

Es zeigte sich, dass das Höchsttongehör besonders sensibel auf Geräuschbelastungen reagiert. Verschlechterungen im Messzeitraum traten besonders in diesem Bereich auf.

Die Ziele weiterführender Untersuchungen sollten vor allem darin bestehen, Aussagen über den Zusammenhang zwischen Ausmaß und Form der Schädigung (individuelle Muster) und Arten der Geräuschbelastung zu suchen, weiterführende statistische Untersuchungen zur Wirkung additiver Effekte durchzuführen und die audiometrischen Untersuchungen auf ältere Probanden (18...25 Jahre) auszudehnen. Im Ergebnis dieser Untersuchung wurde eine umfangreiche Studie zu Umfang/Lautstärke des „Walkman“-Hörens durchgeführt (Musikgewohnheiten bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen: Tragbare Musikgeräte mit Kopfhörer z.B. MP3-Player).

"Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso unerbittlich bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest"

(Robert Koch zugeschrieben, 1910)

Ausblick

Schutz vor Lärm

Der beste Schutz vor Lärm ist die Lärmvermeidung. Doch dies ist nicht immer möglich. Für den Lärmschutz im beruflichen Bereich wurden vom Gesetzgeber, zum Schutz der Arbeitnehmer, Grenzwerte für die am Arbeitsplatz zulässigen Lärmpegel eingeführt. Für den Lärmschutz im privaten Bereich gibt es keine Grenzwerte und deshalb ist jeder Einzelne für den Schutz des Gehörs selbst verantwortlich.

Generell sollte man folgende Regeln befolgen:

- Laute Schallquellen möglichst meiden bzw. möglichst großen Abstand halten.
- Expositionszeiten durch laute Schallquellen möglichst kurz halten.
- Dem Gehör Zeiten der Ruhe und Erholung geben, besonders nach lauten Veranstaltungen. Faustregel: mindestens die doppelte Stundenzahl Ruhe!

Nachfolgend sind einige weitere spezielle Schutzmöglichkeiten aufgelistet:

- Gehörschutz tragen (Beispiel: Ohrschutzstöpsel), wo immer es recht laut ist, z.B. bei lauten Hobbys, Garten- und Heimwerkertätigkeiten.
- Beim Besuch von Discotheken und Konzerten sollte man sich möglichst nicht in der Nähe der Lautsprecher-Boxen aufhalten und bei extremen Lautstärken Ohrschutzstöpsel tragen. Discotheken mit Mittelungspegel von mehr als 95 dB(A) sollten möglichst vermieden werden.
- Stereoanlagen oder Fernseher müssen nicht immer in voller Lautstärke laufen, Zimmerlautstärke reicht völlig aus.
- MP3-Player, Walkman und Co. sollten in ihrer Lautstärke auf ein erträgliches Maß gedrosselt werden. Am besten ein Gerät mit Schallpegelbegrenzung kaufen.
- Haushalts- und Hobbygeräte (Waschmaschine, Staubsaugerr usw.) kaufen, die dank moderner Technologien weniger Lärm verursachen. Hinweise darauf bietet z.B. das Umweltzeichen der „Blaue Engel“ des Umweltbundesamtes.
- Vorsicht mit Spielzeugpistolen, Trillerpfeifen und Quietsch-Tieren, niemals nah am Ohr benutzen.
- Feuerwerkskörper sollten niemals in der Nähe der Ohren gezündet werden. Immer einen sicheren Abstand halten, 10-20 Meter sollten es schon sein.

Begriffserklärung

Äquivalenter Dauerschallpegel (Leq)

- ein Maß für die durchschnittliche Schallbelastung, bei dem Häufigkeit, Dauer und Intensität der einzelnen Schallereignisse berücksichtigt werden.

Beim äquivalenten Dauerschallpegel (Leq) wird der über eine bestimmte Zeit an einem bestimmten Ort gemessene A-bewertete Schallpegel auf ein Dauergeräusch gleicher Schallenergie umgerechnet. Der Leq wird in dB(A) ausgedrückt und ist ein weltweit anerkanntes Maß.

Audiometrie:

- ist die Messung des Hörvermögens und dient u.a. der frühzeitigen Diagnostik von Schäden des Innenohres (Schallempfangsstörung) oder des Mittelohres (Schallleitungsstörung) und kann die Art und den Grad einer Schwerhörigkeit feststellen.

Die Audiometrie ist ein Hörtest mit unterschiedlichen Verfahren und wird meistens beim HNO-Arzt durchgeführt. Dieser Hörtest erfolgt am so genannten Audiometer. Der Patient erhält Kopfhörer, worauf er je Ohr (manchmal auch auf beiden Ohren gleichzeitig) einzelne Töne unterschiedlicher Frequenz mit steigender Lautstärke hört. Sobald ein Ton gehört wird, muss der Patient dies per Knopfdruck oder Handzeichen mitteilen. Auf diese Weise wird die Hörschwelle bestimmt. Dies wird auch subjektive Audiometrie genannt und ist die häufigste Form der Audiometrie.

Die objektive Audiometrie wird hauptsächlich bei Kindern durchgeführt sowie bei Patienten, die nicht in der Lage sind, bei dieser Untersuchung „mitzuarbeiten“. Bei diesem Hörtest werden Gehirnaktivitäten aufgrund von gehörten Tönen gemessen. Eine Mitarbeit des Patienten ist hier nicht in dem Maße notwendig wie bei der subjektiven Audiometrie.

Die Audiometrie liefert Werte, die in ein Audiogramm eingetragen werden und aus dem der Hörverlust (in dB) abgelesen werden kann.



Bild: <http://www.hno-waltrop.de/?q=leistungen>

Die Audiometrie dient zum Schutz des Patienten vor einem fortschreitenden Verlust des Hörvermögens und ist damit eine der wichtigen Vorsorgemaßnahmen.

Dezibel (dB):

Das Dezibel ist keine physikalische Maßeinheit, wie Kilogramm, Meter, Sekunde oder Volt, sondern eine logarithmische Einheit. Der Ausdruck Dezibel kommt von dem Wort Dezi (ein Zehntel) und dem Eigennamen Bel und bedeutet: Ein Dezibel (dB) ist ein Zehntel eines Bels (B), *1 Bel sind 10 Dezibel*. Der Erfinder Alexander Graham Bell (1847-1922) entwickelte die Hilfsmaßeinheit Dezibel, um Schallereignisse in einfachen Zahlen wie 30 oder 100 ausdrücken und diese mit unserem Hören in Beziehung setzen zu können.

Z.B. ist der Schalldruckpegel ein Maß für die Lautstärke eines Geräuschs. Je höher er ist, desto lauter wird ein akustischer Reiz empfunden.

Ein Sprung von drei Dezibel entspricht in der Realität einer Verdopplung/Halbierung der Schallintensität bzw. Schallleistung (68 dB ergeben also die doppelte Schallleistung wie 65 dB).

Frequenz (lat. *frequentia*, Häufigkeit):

Die Frequenz ist in der Akustik ein Maß für die Tonhöhe eines Schallereignisses. Die Frequenz des Schalls wird in Hertz (Hz) angegeben und ist nach dem deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) benannt. Die Frequenz gibt an, wie oft der Schalldruck pro Sekunde schwingt: 20 Hertz bedeutet zum Beispiel 20 Schwingungen in der Sekunde. Diese sehr langsame Schwingung ist gerade noch als sehr tiefer Ton hörbar. Je höher die Frequenz ist, umso höher wird ein Ton wahrgenommen.

Hörschall / Hörbereich

Man spricht von Hörschall, wenn Frequenz (Tonhöhe) und Druck (Wechseldruck, Amplitude) der Schwingungen im Wahrnehmungsbereich des menschlichen Gehörs liegen. Frequenz und Schalldruck sind deshalb die wichtigsten Kennzeichen von Schallschwingungen.

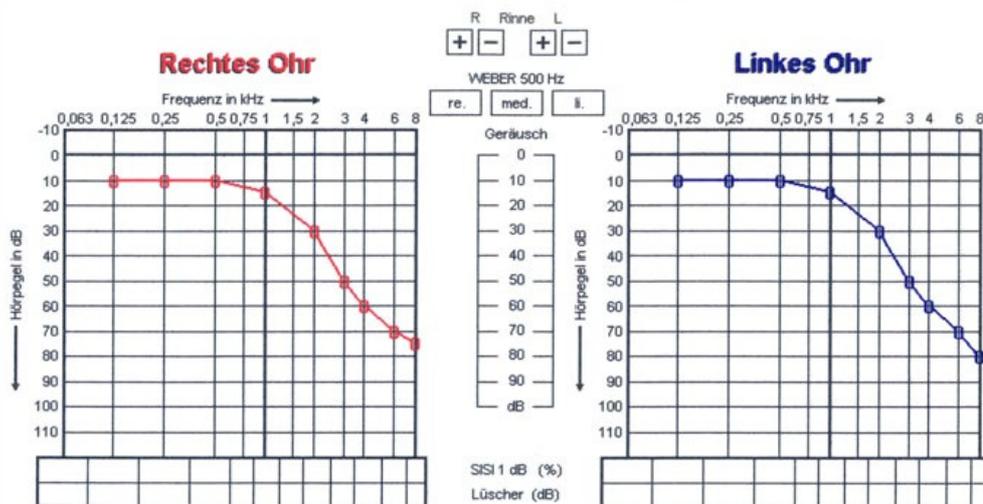
Für den Frequenzbereich des menschlichen Hörens werden als untere Grenze 16 Hz, als obere 20 kHz angegeben. Individuelle Unterschiede sind groß, und mit zunehmendem Alter sinkt die obere Grenze erheblich ab. Schallvorgänge unter 16 Hz bezeichnet man als Infraschall oder rechnet sie zu den Erschütterungen. Bei 20 kHz grenzt das Gebiet des Ultraschalls an den Hörbereich, siehe auch „Hörbereich des Menschen“.

Hörschwelle

- ist derjenige Schalldruck bzw. Schalldruckpegel, bei dem unser Gehör Töne oder Geräusche gerade noch wahrnimmt. Als Hörgrenze werden sowohl die untere und obere Grenzfrequenz des Hörbereichs als auch (seltener) die Hörschwelle bezeichnet.

Die Kurve der Hörschwelle ist stark frequenzabhängig. Der kleinste Schalldruck, der in diesem Bereich gerade noch wahrnehmbar ist, beträgt 20 μPa (= 0 dB). Dieser Wert wurde als Bezugswert (Referenz) für den absoluten Schalldruckpegel bei 2 kHz festgelegt.

Die Messung der Hörschwelle wird mit reinen Sinustönen vorgenommen und zwar durch ein "Ton-Audiogramm", das man üblicherweise beim Ohrenarzt bekommen kann. Dort wird der Hörtest meistens über Kopfhörer vorgenommen. Solch ein Diagramm ist für die Diagnostik eines Hörschadens von großer Bedeutung. Aus dem Frequenzgang des Hörverlusts, das ist der Schallpegelabstand zwischen gemessener Hörschwelle und einer "normalen" Hörschwelle bei mehreren Frequenzen, kann genauer auf die Art des Hörschadens geschlossen werden. Eine Hörschwelle von 0 dB entspricht dem durchschnittlichen Hörvermögen junger, ohrgesunder Menschen.



Beispiel: Im hier gezeigten Audiogramm liegt eine sog. Hochtonschwerhörigkeit vor, d.h. die Hörschwelle fällt in den hohen Frequenzen stark ab.

Bild: <http://www.ohrenzentrum.ch/content/hoerabklaerungen.php>

Infraschall

- ist Schall, dessen Frequenz unter 16 ... 20 Hz liegt. Er wird auch tieffrequenter Schall genannt. Infraschall kann sich viel weiter ausbreiten als höher frequenter Schall gleicher Intensität und kann bei entsprechender Amplitude in Entfernungen von bis zu mehreren tausend Kilometern registriert werden.

Diesen Schall kann das menschliche Ohr nicht hören. Der Mensch kann Infraschall nur indirekt spüren, indem er die erzeugten Schallwellen als Vibration wahrnimmt, verbunden mit einem Druckgefühl auf den Ohren. Solche Schallwellen können z.B. bei Erdbeben, Vulkanausbrüchen, extreme Wetterlagen (bsp. Föhn), Windkraftanlagen, Atombomben und viele anderen Quellen entstehen.

Die Infraschallwellen können Bauwerke, Gebäude und Brücken in Resonanz (Eigenschwingungen) versetzen und so zu deren Zerstörung führen.

Körperschall

- ist Schall, der sich in einem Festkörper ausbreitet. Dazu gehören so unterschiedliche Phänomene wie Erschütterungen und Erdbeben, die Übertragung von Schwingungen in Gebäuden, Fahrzeugen, Maschinen usw.

Der Mensch nimmt Körperschall vor allem bei tiefen Frequenzen wahr. Hörbar ist nur der durch den Festkörper abgestrahlte Luftschall. Die Schädelknochen bilden dabei jedoch eine Ausnahme. Dieser von den Schädelknochen übertragene Körperschall wird direkt wahrgenommen, und zwar im Innenohr.

Permanente Hörschwellenverschiebung, PTS (Permanent Threshold Shift)

- dauerhafte Verringerung der absoluten Empfindlichkeit des Gehörs (Verschiebung der Hörschwelle) durch Alterseinflüsse, dauerhaften Lärm, oder Knalle/Explosionen sowie durch Krankheiten oder ototoxischen Substanzen (z.B. bestimmte zu hoch dosierte Antibiotika oder Medikamente).

Presbyakusis („Altersschwerhörigkeit“, engl. *Presbycusis*, auch *Presbyacusis*)

- ist eine Schwerhörigkeit, die durch physiologische Alterungsprozesse entstanden ist und etwa ab dem fünften und sechsten Lebensjahrzehnt auftritt. Typischerweise handelt es sich um eine beidseitige, symmetrische, zunehmende Innenohrschwerhörigkeit besonders bei hohen Frequenzen.

Schalldosis / Schallenergiedosis / Dosimeter

Für die Gefährdung des Gehörs ist die "Schalldosis" entscheidend. Sie ist ein Maß für die einwirkende Schallenergie, deshalb auch als Schallenergiedosis bezeichnet. Sie wächst bei gleicher Expositionsdauer (=Dauer der Belastung) mit dem Schallpegel und bei gleichem Pegel mit der Expositionsdauer.

So ergibt sich eine Verdoppelung der Schalldosis:

- a) bei gleichem Pegel durch eine Verdoppelung der Expositionsdauer oder
- b) bei gleicher Expositionsdauer durch eine Pegelerhöhung um 3 dB.

Z.B. erhält man die gleiche Schalldosis für folgende Situationen:

Schallpegel	Einwirkungszeit/Woche
85 dB(A)	40 Stunden
95 dB(A)	4 Stunden
101 dB(A)	1 Stunde
112 dB(A)	5 Minuten
119 dB(A)	1 Minute

Quelle: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

Ein **Dosimeter** ist ein meist kleines und handliches Messgerät zum Messen der Energiedosis. Es wird manchmal auch als „Lärmdosimeter“ bezeichnet. Das Mikrofon des Lärmdosimeters wird am Körper in der Nähe des Ohres getragen, womit näherungsweise der tatsächlich einwirkende Schall gemessen wird. Nach Ende der Messung werden die Daten abgelesen und/oder an einen Computer zur Auswertung übergeben.

Schalldruck (p) (engl. „pressure“ - Druck):

- kennzeichnet schnelle, oft periodische Änderungen des Luftdruckes, die dem statischen Luftdruck überlagert sind. In einem bestimmten Bereich des Schalldruckes und der Frequenz (Maß dafür, wie „schnell“ sich der Schalldruck ändert) wird die subjektive Empfindung „Lautstärke“ hervorgerufen.

Der hörbare Schalldruck ist begrenzt durch die Hörschwelle und reicht von dieser über 7 Zehnerpotenzen bis zur Schmerzschwelle (siehe auch „Hörbereich des Menschen“). Die Einheit für den Schalldruck ist Pa (Pascal). Mit steigender Lautstärke nimmt auch der Schalldruck zu, er ist somit ein weiteres Maß für die Lautstärke.

Die Einheit Pascal (Pa) wurde nach dem französischen Mathematiker, Physiker, Literat und religiös inspirierter Philosoph Blaise Pascal (1623-1662) benannt.

Schalldruckpegel (L_p) (engl. „Sound Pressure Level“, kurz SPL)

- ist ein logarithmisches Maß (Verhältniszahl) zur Beschreibung der Stärke eines Schallereignisses. Er gehört zu den Schallfeldgrößen. Häufig wird der Schalldruckpegel, obwohl dann physikalisch nicht eindeutig, auch einfach *Schallpegel* genannt.

Der Schalldruckpegel wird nach folgender Formel aus dem Effektivwert des Schalldruckes \tilde{p} bestimmt:

$$L_p = 20 \lg \frac{\tilde{p}}{p_0} \text{ dB}$$
$$p_0 = 20 \mu\text{Pa} \quad (\text{Bezugsschalldruck}).$$

Die „dB –Skala“ ist dem Lautstärkeempfinden des Menschen angenähert und nicht linear. Erhöht man den Schalldruckpegel um 10 dB wird dieses als eine Verdoppelung der Lautstärke wahrgenommen. Gibt es zwei Schallquellen mit gleichem Schalldruckpegel, erhöht sich der gemessene Gesamtpegel um 3dB.

Schallgeschwindigkeit (c) (für lat. *celeritas* = Eile, Schnelligkeit)

- ist die Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in einem beliebigen Medium (üblicherweise in Luft) ausbreiten und unterscheidet sich damit von der Schallschnelle v . Die Einheit der Schallgeschwindigkeit ist Meter pro Sekunde (m/s).

Die Schallgeschwindigkeit ist eine Materialeigenschaft des Mediums und schwach temperaturabhängig. Für Luft wird sie in der Regel mit $c = 343$ m/s (1234,8 km/h) für 20 °C angegeben.

Für die Schallgeschwindigkeit c gilt die Formel:

$$c = \lambda f ,$$

wobei λ (lambda) die Wellenlänge und f die Frequenz der Schallwelle ist. Die Schallgeschwindigkeit kann somit errechnet werden, wenn die Werte für λ und f gemessen wurden. Ein Ändern der Frequenz eines Tons verursacht keine Änderung der Schallgeschwindigkeit, sondern eine Veränderung der Wellenlänge.

Schallintensität

- gibt an, welche Schalleistung durch eine Einheitsfläche geht. Angegeben wird die Schallintensität in W/m^2 (Watt pro m^2). Sie ist proportional dem Quadrat des Schalldrucks und wird oft zur allgemeinen Charakterisierung der Stärke eines Schalls verwendet. Manchmal wird die Schallintensität auch als Schallenergiefluss-Dichte bezeichnet.

Gebräuchlich ist die Angabe des Betrags der Schallintensität als Schallintensitätspegel L_I in Dezibel (dB):

$$L_I = 10 \lg \left(\frac{|\vec{I}|}{I_0} \right) \text{ dB}$$

mit dem genormten Bezugswert $I_0 = 10^{-12} W/m^2$.

Schalleistung (P oder W) / Schalleistungspegel (Lw)

- die Schalleistung (Formelzeichen P) gibt an, welche Leistung in einem Schallereignis enthalten ist. Die Schalleistung wird in W (Watt) gemessen.

Sie ist ein Maß für die Stärke einer Schallquelle. Sie kann nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus dem Schalldruck bzw. der Schallintensität und der die Quelle einhüllenden Messfläche berechnet.

Die Schalleistung P einer Quelle ist vollkommen unabhängig vom Schallfeld, also von der Größe und Form des Raumes und der Entfernung zur Quelle. Sie bestimmt zusammen mit den Umgebungsbedingungen den Schalldruck an einem Messort.

Der Schalleistungspegel wird nach folgender Formel aus der Schalleistung P bestimmt:

$$L_w = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB}$$

$$P_0 = 10^{-12} \text{ W} \quad (\text{Bezugsschalleistung}).$$

Tabelle: Schalleistung und Schalleistungspegel von verschiedenen Schallquellen

Situation und Schallquelle	Schalleistung P_{ak} in Watt	Schalleistungspegel L_w in dB re 10^{-12} Watt
Raketentriebwerk	1.000.000 W	180 dB
Strahltriebwerk	10.000 W	160 dB
Sirene	1.000 W	150 dB
Großdiesel und Lautsprecher, Rockkonzert	100 W	140 dB
Maschinengewehr	10 W	130 dB
Presslufthammer	1 W	120 dB
Bagger, Trompete	0,3 W	115 dB
Motorsäge	0,1 W	110 dB
Hubschrauber	0,01 W	100 dB
laute Sprache, lebhafte Kinder	0,001 W	90 dB
Unterhaltungssprache, Schreibmaschine	10^{-5} W	70 dB
Kühlschrank	10^{-7} W	50 dB

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Schalleistung>

Die Musik einer Trompete und der Baustellenlärm durch einen Bagger haben ungefähr die gleiche Schalleistung, werden aber psychoakustisch völlig unterschiedlich bewertet.

Schallquelle

Als Schallquelle bezeichnet man einen schwingenden Körper, der mit einem elastischen Medium in Verbindung steht. Die Schallquelle ist der Ursprung von Schallwellen. Bekanntestes Beispiel hierfür ist die schwingende Lautsprechermembran, die mit dem elastischen Medium Luft in Verbindung steht. Bei der Musikaufführung ist es ein Klangkörper, aber auch Motoren, Stimmbänder und andere Geräuschquellen sind Schallquellen.

Jeder Körper der schwingt ist eine Schallquelle, auch wenn der Schall nicht immer für den Menschen wahrnehmbar ist.

Schallschnelle v (sound particle velocity)

Unter der Schallschnelle oder der Schnelle v in m/s versteht man die Wechselgeschwindigkeit, mit der die schwingenden Partikel des Schallübertragungsmediums um ihre Ruhelage oszillieren. Die Schnelle ist definiert als Schallausschlag pro Zeiteinheit. Die Schnelle ist eine Wechselgröße, sie wird in der Praxis vorwiegend als Effektivwert angegeben. In einer ebenen fortschreitenden Welle ist die Schallschnelle jeweils an denjenigen Stellen am größten, wo sich die Bewegung der Teilchen, d.h. der Schallausschlag am schnellsten ändert. Das ist überall der Fall, wo die Wellendarstellung des Teilchenausschlages ihren Nulldurchgang hat. Das bedeutet, daß bei einer ebenen fortschreitenden Schallwelle Schallschnelle und Schalldruck phasengleich sind. Es kommt somit zur Fortpflanzung von Schallenergie, und zwar in Richtung der Wellenausbreitung.

Die Schallschnelle ist nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit c . Die Schallgeschwindigkeit gibt die Geschwindigkeit an, mit welcher sich die Schallenergie ausbreitet, während die Schallschnelle lediglich die Wechselgeschwindigkeit der Teilchen darstellt

Schallwellen

Der Schall ist ein Wellenphänomen. Schallwellen in Gasen und Flüssigkeiten sind Längswellen (Longitudinalwellen), z.B. in der Luft. Schallwellen können sich in allen Raumrichtungen ausbreiten (Wellenfronten).

Bei einer Schallwelle breiten sich mechanische Schwingungen aus, wobei Energie übertragen wird. Die Entstehung von Schallwellen setzt schwingungsfähige Teilchen und Kopplungskräfte zwischen den Teilchen voraus. Ein großer Teil mechanischer Wellen sind Schallwellen.

Schallwellen können in Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern vorkommen. Ein Unterschied zwischen den Schallwellen in Gasen und denen in Festkörpern ist die unterschiedliche Schallgeschwindigkeit.

Soziakusis (Zivilisations-Gehörschäden, Hörschäden durch Freizeitlärm)

Verlust der Hörfähigkeit hauptsächlich aufgrund von außerberuflichen Lärmbelastungen und zivilisationsbedingten Belastungen des Gehörs, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen.

Als wesentliche Ursachen werden laute Musik z.B. durch tragbare Musikgeräte, Computerspiele, Discotheken- und Konzertbesuche sowie die weite Verbreitung sehr lauter Kinderspielzeuge angesehen.

Tinnitus auch *Tinnitus aurium* genannt (lat. „das Klingeln der Ohren“)

- ist ein Oberbegriff für alle Arten von Ohr- oder Kopfgeräuschen, unabhängig von deren Ursachen. Leidet ein Patient unter dem "Ohrensausen", nimmt er einen Ton oder ein Geräusch wahr, das außerhalb seines Kopfes nicht existiert. Diese Töne oder Geräusche sind von anderen Personen also nicht zu hören oder zu messen.

Dabei handelt es sich um die anhaltende oder wiederkehrende subjektive Wahrnehmung dieser Töne oder Geräusche ohne akustische Stimulation von außen. Der Auslöser für die Ton- beziehungsweise Geräuschempfindung kann im Innenohr oder im Gehirn liegen.

Durch die stetig zunehmende Lärmbelastung (z.B. in Diskotheken oder bei Konzerten) nimmt aber die Häufigkeit schon im jugendlichen Alter zu. So leiden mehr als fünf Prozent der Jugendlichen und jungen Erwachsenen bis zum 29. Lebensjahr an Tinnitus [10], Tendenz steigend. Aber auch Stress kann zu Tinnitus führen.

Die Beschwerden können individuell sehr verschieden sein. Die häufigsten Anzeichen sind ein- oder beidseitige Geräuschphänomene wie Sausen, Pfeifen, Brummen, Zischen, Rauschen oder Knacken. Pulssynchrone Geräusche deuten auf Engstellen oder Fehlbildungen von Blutgefäßen im Hals- bzw. Kopfbereich hin. Meist besteht gleichzeitig eine Hörminderung, manchmal auch ein Schwindel.

Tympanometrie:

- ist ein Messverfahren, mit dessen Hilfe die Druckverhältnisse bzw. die Funktion des Druckausgleiches im Ohr ermittelt werden. Zu diesem Zweck wird der Außendruck vor einem Ohr künstlich über einen begrenzten Bereich verändert und die Amplitude der Trommelfellesbewegung gemessen. Der Druck, der bei der größten Amplitude des Trommelfelles herrscht, ist gleich dem Druck im Mittelohr. Mit Hilfe der Tympanometrie können Rückschlüsse auf Ursachen von Hörminderungen (Beeinträchtigungen der Funktion des Mittelohres) gezogen werden.

Wenn der Druckausgleich des Mittelohres nicht funktioniert, kommt es zu einer Vorspannung des Trommelfelles und einer damit verbundenen Beeinträchtigung (Dämpfung) des Hörvermögens. Dieser Test stellt zusätzlich die Beweglichkeit des Trommelfelles fest, welche durch Mittelohrentzündungen u. andere Erkrankungen des Ohres beeinträchtigt sein kann.



Bild: <http://www.merz-medizintechnik.de/Tympanometrie/AT235.htm>

Ultraschall

Als Ultraschall bezeichnet man Schall mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 1000 MHz. Er ist für die Menschen nicht hörbar.

Ultraschall kann sich in Gasen, Flüssigkeiten (als Longitudinalwelle = Längswelle) und Festkörpern (als Transversalwelle = Quer-, Schub- oder Scherwelle) ausbreiten und findet in der Technik und Medizin diverse Anwendungen.

Wellenlänge λ (griechisch: Lambda)

Als Wellenlänge wird der kleinste Abstand zweier Punkte gleicher Phase (Schwingung) einer Welle bezeichnet. Dabei haben zwei Punkte die gleiche Phase, wenn sie sich in gleicher Weise bewegen, d. h. wenn sie im zeitlichen Ablauf die gleiche Auslenkung (Amplitude) und die gleiche Bewegungsrichtung haben, siehe Abbildung.

Es gilt folgender Zusammenhang mit Frequenz f und Schallgeschwindigkeit c :

$$c = \lambda f .$$

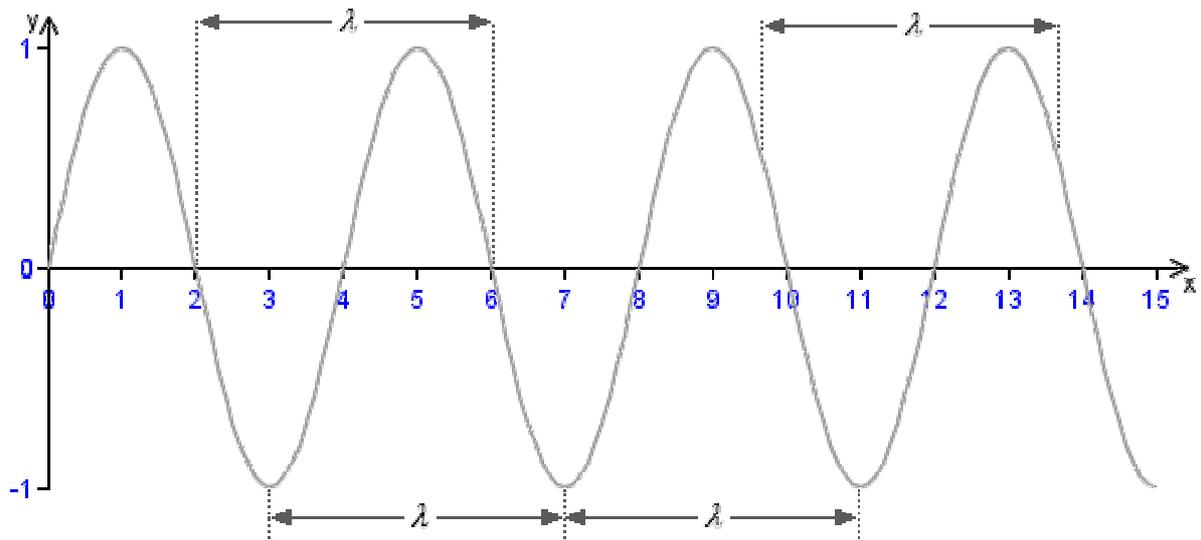


Abbildung:

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/wellen/grundlagen.vlu/Page/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/wellen/wellenlaenge.vscml.html>

Zeitweilige Hörschwellenverschiebung TTS (Temporary Threshold Shift)

Unter einer zeitweiligen Hörschwellenverschiebung (Hörverschlechterung) versteht man eine reversible Verschiebung der Hörschwelle nach einer nicht dauerhaften Einwirkung von hohen Schallpegeln (wie nach einem Discobesuch). Dieses Gefühl „Watte im Ohr zu haben“ stellt eine Überbeanspruchung der Hörsinneszellen im Innenohr dar. Als Folge werden hohe Töne schlechter wahrgenommen; teilweise leiden die Betroffenen auch unter Tinnitus. Diese Hörschwellenverschiebung (TTS) ist abhängig vom Pegel, der Frequenz und der Einwirkdauer. Bei seltenem Auftreten von hohen Schallpegeln und ausreichender lärmfreier Ruhezeit stellt sich im Allgemeinen jedoch das normale Hörvermögen nach einigen Stunden bis Tagen wieder ein. Tritt diese Überbeanspruchung häufiger ein, sterben die Haarzellen ab. Sie können weder erneut zum Leben erweckt werden noch besitzt der Organismus die Fähigkeit, neue Haarzellen zu bilden.

Literatur

- L1. **Axelsson A., Jerson T., Lindberg U., Lindgren F.** (1981) Early noise-induced hearing loss in teenage boys. *Scand. Audiol* 10, 91-96.
- L2. **Axelsson A., Jerson T., Lindgren F.** (1981) Noisy leisure time activities in teenage boys. *American Industrial Hygiene Association Journal* 42, 229-233.
- L3. **Axelsson A., Lindgren F.** (1981) Pop music and hearing. *Ear and Hearing* 2, 64-69.
- L4. **Babisch W., Bohn B.** (2000) *Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen. Teil II: Studie zu den Musikhörgewohnheiten von Oberschülern; Teil III: Studie zur Akzeptanz von Schallpegelbegrenzungen in Diskotheken* WaBoLu-Hefte. Umweltbundesamt, Berlin.
- L5. **Borchgrevink H. M.** (1988) One third of 18 year old male conscripts show noise induced hearing loss >20 dB before start of military service. The incidence being doubled since 1981. Reflecting increased leisure noise? In *Hearing, communication, sleep and nonauditory physiological effects* (Berglund B., Berglund U., Karlsson J., Lindvall T., eds.) Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Stockholm 1988, Vol. 2, pp. 27-32. Swedish Council for Building Research, Stockholm.
- L6. **Borchgrevink H. M.** (1993) Music-induced hearing loss >20 dB affects 30% of Norwegian 18 year old males before military service. The incidence doubled in the 80's, declining in the 90's. In *Noise and Man '93* (Vallet M, ed.) Proceedings of the 6th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Nice 1993, Vol. 2, pp. 25-28. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Arcueil Cedex.
- L7. **Fleischer G.:** (2000) Gut Hören – Heute und Morgen; Median-Verl. Heidelberg 2000
- L8. **Fleischer G., Müller R., Bache T., Heppelmann G.:** (2003) Auditory effects of some millenium celebrations in Germany; *Z. Audiol* 2003; 42 (3) 106-116
- L9. **Fleischer G., Müller R.:** (2005) On the relation between exposure to sound an auditory performance; Proceedings of the SAE Conference on Sound and Vibration Traverse City, Michigan, USA, May 16-19th, 2005
- L10. **Fleischer G., Hoffmann E., Lang R., Müller R.:** Dokumentation der Auswirkungen von Kinderknallpistolen; *HNO* 6-99, S. 535-540
- L11. **Hoffmann E.** (1997) Hörfähigkeit und Hörschäden junger Erwachsener unter Berücksichtigung der Lärmbelastung; Median-Verlag, Heidelberg.
- L12. **Ising H., Babisch W., Gandert J., Scheuermann B.** (1988) Hörschäden bei jugendlichen Berufsanfängern aufgrund von Freizeidlärm und Musik. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 35, 35-41.
- L13. **Ising H., Havel J., Ailgramm M., Babisch W., Lindthammer A.,** (1994) Gehörschadenrisiko durch Musikhören mit Kopfhörern. *HNO* 42, 764-768.
- L14. **Körpert K.** (1992) Hearing thresholds of young workers. Proceedings of the 6th Fase congress, Zürich 1992, pp. 181-184. Swiss Acoust. Soc., Zürich.
- L15. **Körpert K.** (1999) Hearing thresholds of 15 – 18 years old pupils and apprentices; Forum Acusticum, Berlin, March 14-19 1999, Collected Papers (CD – ROM)

- L16. **Schulz D., Künzel K., Hentschel L.** (2000) Tendenzen in der Entwicklung von Geräuschbelastungen und Hörschwellen bei Schülern 7.-10. Klassen; 14. Int. Wiss. Konferenz Mittweida, November 2000; Wiss. Zeitschrift der Hochschule Mittweida (FH), Nr. 16/M, 2000, S.3-14
- L17. **Schulz D., Künzel K., Hentschel L., Szymczak F.** (2000) Außerberufliche Geräuschbelastung und Hörschwellenverschiebungen bei Kindern und jungen Erwachsenen; "Fortschritte der Akustik - DAGA 2000", S. 538 – 539
- L18. **Schulz D., Künzel K.** (2001) Nutzung von Projektarbeiten für Forschung, Lehre und Öffentlichkeitsarbeit: „Außerberufliche Geräuschbelastung und Hörfähigkeit bei Jugendlichen“; "Fortschritte der Akustik – DAGA '01", S. 29-30
- L19. **Schulz D., Künzel K.** (2004) Tendencies in the worsening of Hearing Thresholds of Pupils with regard to Leisure Noise; "Fortschritte der Akustik – DAGA '04", S. 569-570
- L20. **Schulz D., Künzel K., Schlaffke M., Felbel S.** (2007) Hörschwellen von Jugendlichen und Geräuschbelastungen in der Freizeit, "Fortschritte der Akustik – DAGA '07", S. 795-796
- L21. **Schuschke G., Rudloff F., Grasse S., Tanis E.** (1994) Untersuchungen zu Ausmaß und möglichen Folgen jugendlichen Musikkonsums, Teil I - Ergebnisse der Befragung. *Z. Lärmbekämpfung* 41, 121-128.
- L22. **Spessert B., Veiz A.:** Kitchen Noise, INTER-NOISE 2007, 28-31 August 2007, Istanbul, Turkey
- L23. **Spessert B., Fischer M., Kühn B.:** Blender Noise, The Sixteenth International Congress on Sound and Vibration, 5-9 July 2009, Krakow, Poland
- L24. **Struwe F.** (1996) Zu viele Phon für junge Ohren. *Münch. med. Wschr.* 138, 46/540-48/542.
- L25. **Zenner H.P., Struwe V., Schuschke G., Spreng M., Stange G., Plath P., Babisch W., Rebentisch E., Plinkert P., Bachmann K.D., Ising H., Lehnert G.** (1999) Gehörschäden durch Freizeitlärm. *HNO* 47, 236-248.

Quellen und Weblinks

1. http://www.n24.de/news/newsitem_4106612.html
2. Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen: <http://www.bgf.de/sites/2/23-2.html>
3. <http://magazine.web.de/de/themen/gesundheit/lexikon/kopf/1877024-Ursachen,articleset=1877020.html>
4. http://www.laermorama.ch/laermorama/modul_akustik/index-akustik.html
5. http://www.jwsl.de/bonus/sml/fakten/c1-00.php?mainlnk=mkap_c&sublnk=1&screen=00
6. <http://de.wikipedia.org/wiki/Schall>
7. <http://www.german.hear-it.org/index.dsp>
8. <http://www.at-mix.de/dezibel.htm>
9. <http://www.onmeda.de/krankheiten/tinnitus.html>
10. <http://www.netdokter.de/Krankheiten/Tinnitus/>
11. http://infofrosch.info/h/ha/ha_rschwelle.html
12. http://www.paradisi.de/Health_und_Ernaehrung/Untersuchungen/Audiometrie/
13. <http://www.deutscheklinik.de/Patient/Diagnostik/Medizingeraetediagnostik-/Audiometrie/>
14. http://www.studentenlabor.de/ws05_06/docs/Infraschall.pdf
15. <http://www.energeticmedizin.com/neu/wavebeamerc/hilfegegeninfraschall/index.html>
16. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraschall>
17. http://www.arbeitsinspektion.gv.at/schluss-mit-laerm/artikel/01_wirkung_lang.htm
18. <http://www.dega-akustik.de/ald/wissenswertes-zum-thema-larm/larm-lexikon/s/soziakusis>
19. <http://www.dega-akustik.de/ald/wissenswertes-zum-thema-larm/larm-lexikon/p/permanente-horschwellenverschiebung-pts?searchterm=pts>
20. <http://de.wikipedia.org/wiki/Presbyakusis>
21. <http://www.hausgarten.net/haus/baulexikon/k.html>
22. http://www.baunetzwissen.de/glossarbegriffe/Akustik_Hoerschall_44947.html
23. <http://www.airport-nuernberg.de/unternehmen/umweltschutz/glossar/antworten/antwortend-f/:art1718,5755>
24. <http://de.wikipedia.org/wiki/Wellen%C3%A4nge>
25. http://www.dega-akustik.de/copy_of_ald/wissenswertes-zum-thema-larm/larm-lexikon/eintrage/schallintensitat
26. <http://disi.eit.uni-kl.de/skripte/audio1/audi4.pdf>
27. <http://ec.europa.eu/health/opinions/de/gerhoerverlust-mp3-player/glossar/def/dezibel.htm>
28. <http://www.lerntippsammlung.de/Schallwellen.html>
29. <http://www.lerntippsammlung.de/Ultraschall.html>
30. http://www.welt.de/print-welt/article495049/Knallschaden_in_der_Silvesternacht.html
31. <http://www.blauer-engel.de/>
32. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3683.pdf>
33. http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?laerm_grundlagen_begriffe
34. <http://www.bzga.de/pdf.php?id=79c3c339dfa12c572d55ec07fcd38c52>
35. <http://www.bzga.de/pdf.php?id=bbd8b4689bbccc7f8359c44798166862>