Bachelorarbeit

Im Studiengang Audiovisuelle Medien

Einfluss von Hörsystemen auf die Wahrnehmung des Menschen

Vorgelegt von **Quynh Anh Dam** Matr.-Nr.: 28907

am 14.09.2018 an der **Hochschule der Medien**

zur Erlangung des akademischen Grades eines

Bachelor of Engineering

Erstprüfer: Prof. Oliver Curdt

Zweitprüfer: Prof. Jens Helge Hergesell

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Quynh Anh Dam, ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:“ Einfluss von Hörsystemen auf die Wahrnehmung des Menschen – Eine Analyse von Hörgerätetypen und ihre Probleme“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der ehrenwörtlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§ 26 Abs 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 24 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester), § 23 Abs. 2 Master-SPO (3 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO (4 Semester und berufsbegleitend) der HdM) einer unrichtigen oder unvollständigen ehrenwörtlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, den 14. Oktober 2018

Kurzfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Thematik der Hörgeräte und der Frage, wie diese die Wahrnehmung des Menschen verändert. Um dies zu beantworten wird zunächst der allgemeine Hörvorgang und die Funktionen des menschlichen Ohrs beschrieben. Außerdem werden einige Begriffe erklärt, die für die Hörakustik und das Verständnis für die Schwerhörigkeit wichtig sind. Es wird aufgezeigt, unter welchen Ursachen der Hörverlust entsteht. Um die gravierenden Folgen einer unbehandelten Schwerhörigkeit darzulegen, wird vor allem auf die Wahrnehmungsverluste und die Defizite eines Hörgeschädigten eingegangen. Der allgemeine Aufbau und die verschiedenen Hörgerätearten werden vorgeführt, um die Vielfalt der heutigen Technik aufzuzeigen und dem Leser deutlich zu machen, dass moderne Hörgeräte sehr unauffällig sein können. Es wird auf die Signalverarbeitung und Technik eines digitalen Hörsystems eingegangen, um verständlich zu machen, wie ein Hörgerät arbeitet. Im Anschluss wird der Anpassungsvorgang beim Hörakustiker demonstriert und abschließend durch Interviews einiger Kunden belegt, wie sich die Lebensqualität durch eine Hörgeräteversorgung erhöht.

Schlagwörter: digitale Hörgeräte, Wahrnehmung, Hörakustik, Hören, Schwerhörigkeit

Abstract

This thesis deals with the topic of hearing aids and how it changes the perception of a human. To explain the topic, first the general hearing procedure and the functions of the human ear will be described. Terms that are relevant for the audiology and the causes of deafness will be explained. Examples of such causes will be shown. In order to point out the serious consequences of untreated hearing loss, the most important topic of the loss of perception in any way of a human life will be explained. The general composition and different types of hearing aids are presented to demonstrate the diversity of today's technology and to pose that modern hearing aids can be very inconspicuous. The function of a digital hearing aid will be apprehended by explaining the signal processing and the technology behind a hearing system. Once the technique has been demonstrated, the fitting process of an audiologist is explained and finally, through interviews with some customers, it is shown how the quality of life is improved by the hearing aids.

Keywords: digital hearing aids, perception, hearing loss, audiology, hearing, deafness

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung 2

Kurzfassung 3

Abstract 4

Inhaltsverzeichnis 5

Abbildungsverzeichnis 7

Tabellenverzeichnis 7

Abkürzungsverzeichnis 8

1 Einleitung 9

2 Das menschliche Ohr 10

2.1 Das Außenohr 10

2.2 Das Mittelohr 12

2.3 Das Innenohr 13

3 Der Normalhörende und seine Wahrnehmung 15

3.1 Hörschwelle und Hörfläche 15

3.2 Lautheit 16

3.3 Maskierung 17

3.4 Sprachverstehen 19

4 Ursachen von Hörschäden 20

4.1 Genetik, Erkrankung und die Einnahme von Medikamenten 21

4.2 Lärm 22

4.3 Stress und unbekannte Entstehung 24

4.4 Alter 25

5 Der Hörgeschädigte und seine Wahrnehmung 26

5.1 Dynamik und Lautheit 27

5.2 Sprachverstehen 28

5.3 Wahrnehmungsverluste 29

6 Hörgeräte 31
6.1 Allgemeiner Aufbau 31
6.2 Arten von Hörgeräten 35
7 Wie arbeiten digitale Hörgeräte 38
7.1 Signalverarbeitung 38
7.2 Störschallunterdrückung 41
7.3 Rückkopplungs-Unterdrückung 42
8 Anpassung beim Hörakustiker 44
8.1 Vorgespräch 44
8.2 Audiometrie 44
8.3 Beratungsgespräch 47
8.4 Voreinstellung und Feinanpassung 48
9 Leben mit Hörsystemen 49
10 Fazit 53
Literaturverzeichnis 54
Danksagung 56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Das menschliche Ohr 10
Abbildung 2 Das äußere Ohr 11
Abbildung 3 Das Mittelohr 12
Abbildung 4 Das Innenohr 14
Abbildung 5 Der normale Hörbereich 15
Abbildung 6 Spektrale Maskierung 17
Abbildung 7 Zeitliche Maskierung 18
Abbildung 8 gesunde Haarzellen 23
Abbildung 9 Vergleich eines Normal- und Schwerhörigen 27
Abbildung 10 Verlust der Sprachverständlichkeit 28
Abbildung 11 Funktionsweise eines digitalen Hörgeräts 32
Abbildung 12 Otoplastik 34
Abbildung 13 IO-Hörgerätemodelle 36
Abbildung 14 Aufbau eines HdO-Hörgerätes 37
Abbildung 15 Ex-Hörer von der Firma Oticon 38
Abbildung 16 Dynamikkompressionen 39
Abbildung 17 Transition und Kompression 40
Abbildung 18 adaptive Rückkopplungs-Unterdrückung 43
Abbildung 19 Schallaufnahme durch Luft- und Knochenleitung 45
Abbildung 20 Beispiel eines Tonaudiogramms 46
Abbildung 21 Beispiel eines Sprachaudiogramms 47
Abbildung 22 Styletto von Siemens Signia 51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bewertung der Sprachverständlichkeit 19
Tabelle 2 Bewertung des Hörverlusts 21

Abkürzungsverzeichnis

CIC-Hörgeräte	Completely-In-The-Canal-Hörgeräty
ESD	Electronic Static Discharge, Elektrostatische Entladung
EMI	Elektromagnetische Interferenzen
HdO-Hörgeräte	Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte
HNO-Arzt	Hals-Nasen-Ohren-Arzt
IO-Hörgeräte	Im-Ohr-Hörgeräte
PTS	Permanent-Threshhold-Shift
TTS	Temporary-Threshhold-Shift
V_s	Silbenverständlichkeit
V_{SA}	Satzverständlichkeit
V_w	Wortverständlichkeit
WDRC	Wide-Dynamic-Range-Compression

1 Einleitung

In der heutigen modernen Zeit wird kaum noch ein Jugendlicher ohne Kopfhörer in den Ohren gesehen. Oft ist die Lautstärke der Kopfhörer in einem Niveau, welches man auch als außenstehende Person in unmittelbarer Nähe wahrnehmen kann. Viele Jugendliche und junge Erwachsene besuchen regelmäßig Diskotheken, gehen auf Konzerte und Festivals. Auch Kinobesuche sind keine unübliche Freizeitaktivität. Abends wird auf Spotify und Apple Music die Musik laut aufgedreht und gefeiert. Dabei wird das Ohr unbewusst permanent mit Lärm belastet. Wenn es keine bzw. kaum Zeit hat sich von den Lärmeinflüssen zu erholen, dann kann sich daraus eine langsam wachsende Schwerhörigkeit entwickeln. Und das schon in einem relativ jungen Alter.

Wird der Hörverlust bemerkt, so wird er oft wegen des Glaubens, dass Schwerhörigkeit nur bei älteren Menschen entsteht, unterschätzt und ignoriert. Die meisten jungen Hörgeschädigten unternehmen nichts dagegen und leben für eine lange Zeit mit dem Hörverlust, denn sie akzeptieren keine Hörgeräteversorgung. Oft führt das zu Misskommunikation in Gesprächen, was frustrierend für die beteiligten Gesprächspartner sein kann. Das Resultat: die betroffenen Schwerhörigen ziehen sich aus der Gesellschaft zurück und isolieren sich. Es ist ihnen unangenehm zu telefonieren, wenn sie nur die Hälfte der Wörter verstehen und auch Besuche werden vermieden. Das ständige Nachfragen nach der Wiederholung des Gesagten in Gesprächen ist unerfreulich und peinlich. Außerdem beinhaltet das Ausgehen in die Öffentlichkeit neue Risiken, denn sie hören gegebenenfalls keine vorbeifahrenden Autos, wenn sie die Straße überqueren wollen, weil die Orientierung durch die Schwerhörigkeit im öffentlichen Straßenverkehr stark beeinträchtigt ist. Sie sind von Unsicherheit und Angst geplagt.

Trotzdem akzeptieren viele Betroffene keine Hörgeräteversorgung, da oft das fehlende Verständnis über die Hörsysteme der Grund ist. Dabei ist die heutige Technik so weit vorangeschritten, dass Hörgeräte sehr dezent und unauffällig ausfallen können.

Um ein besseres Bild über die Thematik der Hörgeräte zu verschaffen, soll diese Arbeit aufklären, wie sie funktionieren, und das Leben Hörgeschädigter beeinflussen und verbessern.

2 Das menschliche Ohr

Erst muss die Funktion des Hörens erläutert werden, um die Entstehung eines Hörverlusts zu verstehen. In diesem Kapitel werden der allgemeine Hörvorgang und die Funktionen des menschlichen Ohrs aufgezeigt.

Die Aufteilung des Ohres unterläuft in das Außenohr, das Mittelohr und das Innenohr, welches in Abbildung 1 zu sehen ist. Die folgenden Unterkapiteln behandeln die drei Zonen des Ohrs.

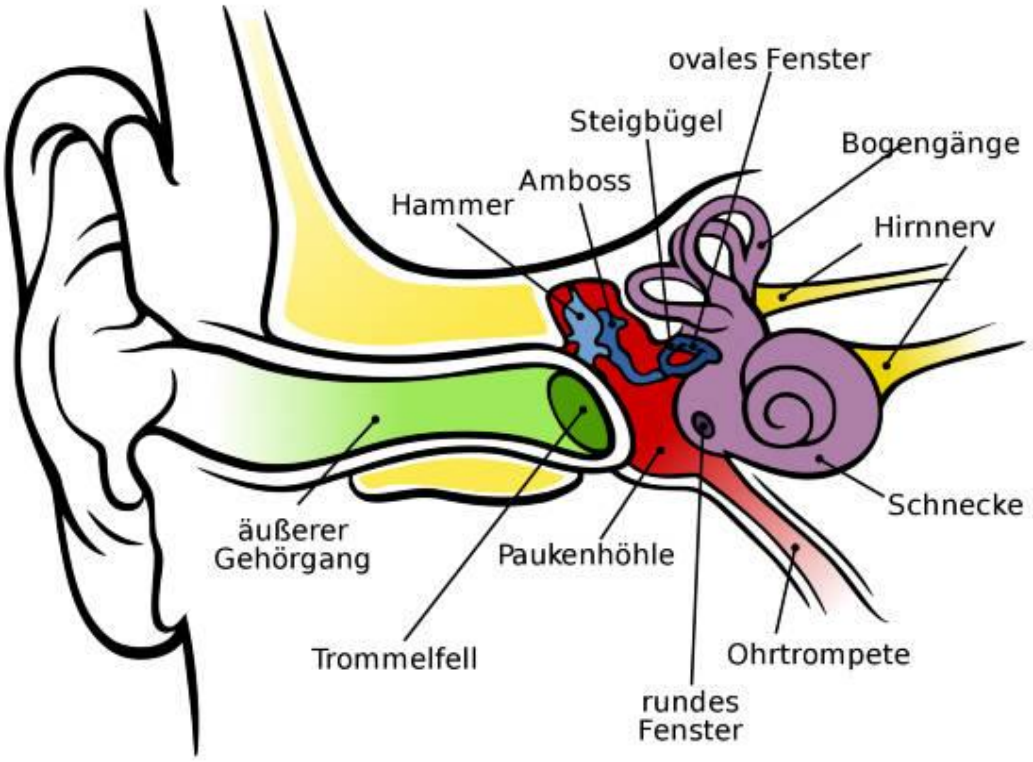

Abbildung 1 Das menschliche Ohr
(Quelle:https://dccdn.de/pictures.doccheck.com/images/a70/85f/a7085ff5b4b4808b39e5e4ac0e11c5a1/59423/m_1407858000.jpg, Abruf am 14.08.2018)

2.1 Das Außenohr

Wie in Abbildung 2 veranschaulicht, besteht das Außenohr aus der Ohrmuschel (hautfarben) und dem äußeren Gehörgang (grün), der durch das Trommelfell vom Mittelohr getrennt ist.

Hauptaufgabe der Ohrmuschel ist es den eintreffenden Schall trichterförmig zu bündeln und diesen in den äußeren Gehörgang weiterzuleiten. Der Schall, der aus verschiedenen Richtungen aufgefangen wird, wird entsprechend seiner Einfallsrichtung im Klang beeinflusst, was zum allgemeinen räumlichen Hören beiträgt. Von vorne kommender Schall wird also anders

wahrgenommen als von hinten kommender Schall.[1] Zusätzlich hilft die Ohrmuschel, Windgeräusche zu unterdrücken.[2]

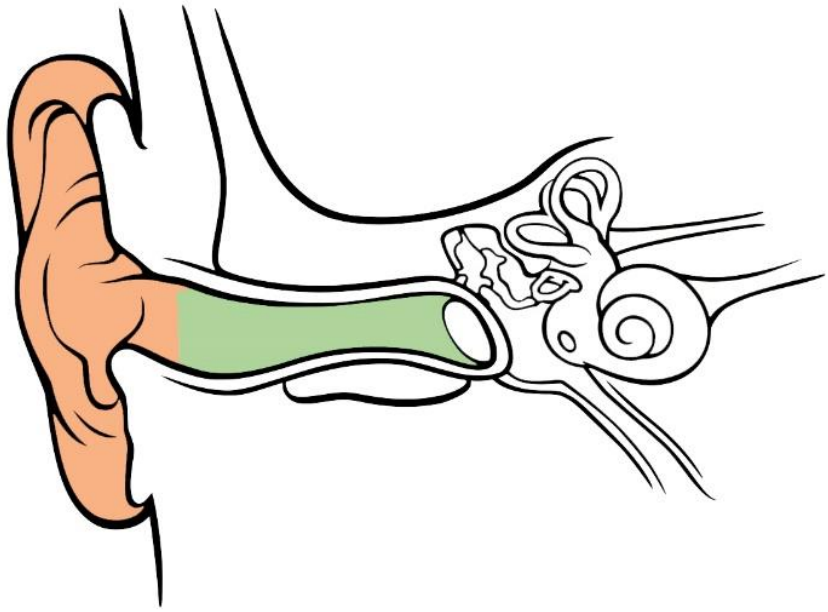

Abbildung 2 Das äußere Ohr
(Quelle: Anlehnung an https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_blank.svg, Abruf am 14.08.2018)

Der äußere Gehörgang, ein knöcherner Kanal, wird durch das Trommelfell nach hinten abgeschlossen.[3] Dieser leitet den Schall zum Trommelfell weiter und wirkt außerdem als Resonanzraum.[4] Es gibt eine große Verstärkungsfunktion für Frequenzen im Bereich des Sprachverstehens, das heißt bei ca. 2000-2500 Hz kann eine Verstärkung von bis zu 20 dB erreicht werden, da eine Eigenresonanz aufgewiesen wird. Es kommt zu einer natürlichen Verstärkung dieser Signale.[5]

Bei der Wahl der geeigneten Hörgerätebauformen und der Otoplastik (Ohrstück) ist eine Erstellung des Ohrabdrucks wichtig, denn jedes Ohr und auch jeder äußere Gehörgang ist individuell, da diese verschiedene Längen und Krümmungen haben.[6]

[1] vgl. Kießling, Jürgen: Endlich wieder besser hören. Aktiv dabei: Mehr Lebensfreude mit Hörgeräten. Wie Sie damit optimal klarkommen. Alles über die neuen digitalen Hör-Systeme. Tübingen: Trias Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, 2002, Seite 19
[2] vgl. Ulrich, Jens/ Hoffmann, Eckhard: Hörakustik. Theorie und Praxis. Heidelberg: DOZ Verlag Heidelberg, 2007, Seite 497
[3] vgl. Kießling (2002), Seite 20
[4] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 501
[5] vgl. Müller, Wenzel: Besser hören. Schwerhörigkeit. Leben mit dem Hörverlust. Hörgeräte-Typen und Preise. Wien: Verein für Konsumenteninformationen, 2002, Seite 14
[6] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 500

2.2 Das Mittelohr

Das Mittelohr besteht aus dem Trommelfell, der Paukenhöhle (mit den drei gelenkig verbundenen Knöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel) und der Ohrtrompete. In Abbildung 3 werden die Komponenten des Mittelohrs farblich unterschieden: das Trommelfell ist grün, der Paukenraum rot und der Amboss, Hammer und Steigbügel sind jeweils in verschiedenen Blautönen gekennzeichnet.

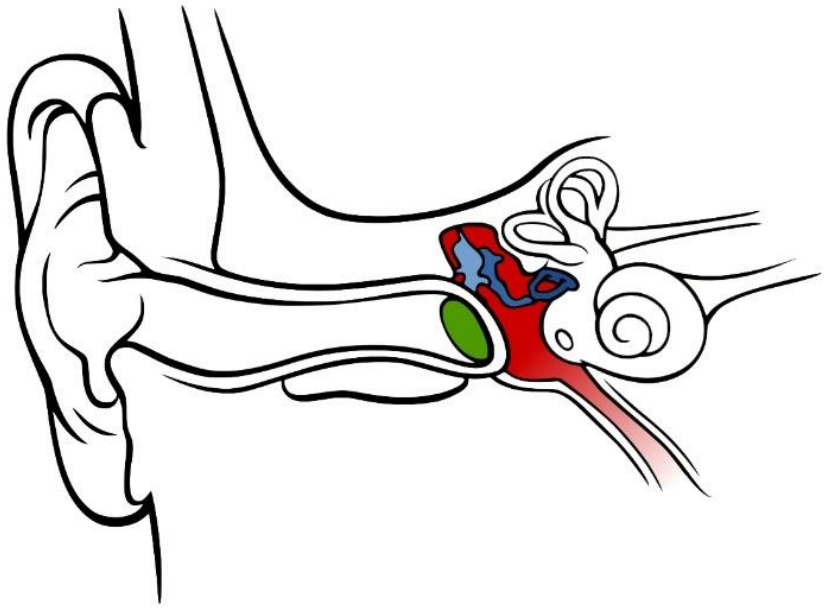

Abbildung 3 Das Mittelohr
(Quelle: Anlehnung an https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_blank.svg, Abruf am 14.08.2018)

Das Trommelfell ist die Schnittstelle zwischen Außenohr und Mittelohr und übermittelt die Schwingungen an die Gehörknöchelchenkette weiter, die in der Paukenhöhle liegen.[7]

Die Paukenhöhle ist ein mit Schleimhaut bedeckter Hohlraum und ist luftbefüllt. Hammer, Amboss und Steigbügel befinden sich darin und dienen dazu den Schall um ein Vielfaches zu verstärken und weiterzuleiten.[8] Der mit dem Trommelfell verbundene Hammer nimmt die Schwingungen auf und leitet sie über den schwer bewegbaren Amboss an den Steigbügel weiter. Durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchenkette tritt die Verstärkungswirkung ein. Diese addiert sich zusätzlich zu der Verstärkung durch den Größenunterschied von Trommelfell und Steigbügelplatte. Es entsteht eine Verstärkung von bis zu 27 dB. Diese verstärkten Schallwellen werden schließlich an das Innenohr weitergeleitet.[9]

[7] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 502
[8] vgl. Müller (2002), Seite 14
[9] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 505

Für die Belüftung des Mittelohrs ist die Ohrtrompete zuständig. Diese ist mit dem Rachenraum verbunden und reguliert den Luftdruck zu beiden Seiten des Trommelfells.[10] Im Normalfall ist die Ohrtrompete geschlossen und öffnet sich nur beim Gähnen oder Schlucken, um einen Druckausgleich durchzuführen. Dies ist ein wichtiger Vorgang, denn er gewährleistet gutes Hören. Fällt der Druck im Mittelohr ab, so besteht ein höherer Druck auf das Trommelfell, was die Beweglichkeit der Gehörknöchelchen beeinträchtigt. Die Verstärkung des Schalls wird behindert und führt zu einer Verminderung des Hörvermögens.[11]

Hauptaufgabe des Mittelohrs ist es, als Adapter zwischen Luftschall und Flüssigkeitsschall zu fungieren. Der Schallwellenwiderstand (Schallimpedanz) des mit Flüssigkeit gefüllten Innenohres ist höher als die der Luft, deshalb würde ohne das Mittelohr der ankommende Schall in großen Teilen reflektiert und verloren gehen. [12] Anhand des Mittelohrs werden das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette durch die Luftschwingungen im Gehörgang in mechanische Schwingungen versetzt. Diese werden durch Flächenreduktion und Hebelwirkungen verstärkt in das Innenohr geleitet. [13]

2.3 Das Innenohr

Das Innenohr besteht aus dem Vestibularapparat mit den drei Bogengängen (lila, obere Hälfte), der für das Gleichgewicht zuständig ist, aus der Gehörschnecke (der Cochlea; lila, untere Hälfte) und das in der Cochlea liegende Corti'sche Organ, wie Abbildung 4 zeigt.[14]

Die Cochlea ist ein spiralförmiges Gebilde mit zweieinhalb Windungen. Diese besteht aus drei längs übereinanderliegenden Gängen, die mit Flüssigkeit gefüllt sind und durch die sogenannten Basilarmembranen voneinander getrennt werden. In der mittleren Kammer befindet sich das Corti'sche Organ, das auf einer der Basilarmembranen sitzt. Das Corti'sche Organ besteht aus drei Reihen äußerer und einer Reihe innerer Haarzellen. Der Mensch hat pro Ohr etwa 20.000 Haarzellen, die mit dem Hörnerv verbunden sind.[15]

[10] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 502
[11] vgl. Müller (2002), Seite 15
[12] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 502
[13] vgl. Kießling (2002), Seite 21
[14] vgl. Sporkmann, Bernd: Anatomie des Gehörs, in: Hörstudio Sporkmann, URL: http://www.hssporkmann.de/ohr.html, Abruf am 24.08.2018, 16:30 Uhr
[15] vgl. Kießling (2002), Seite 20-21

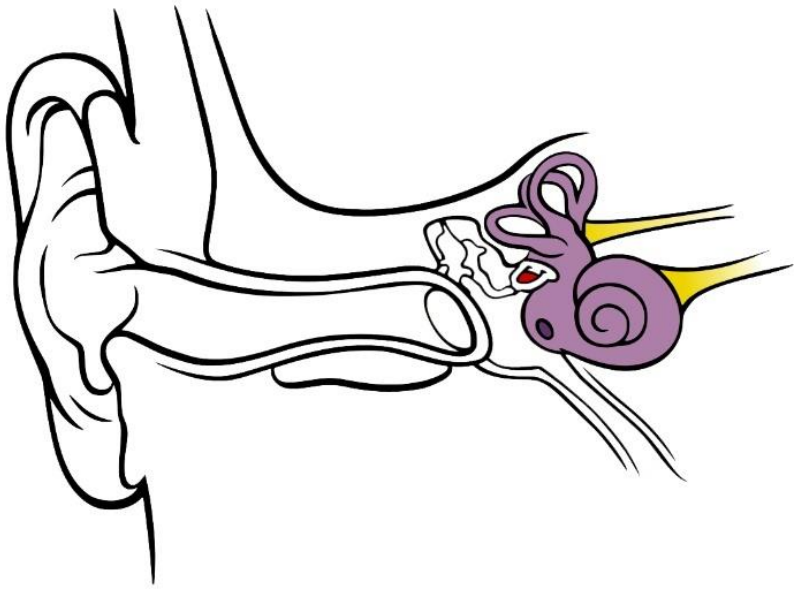

Abbildung 4 Das Innenohr (Quelle: Anlehnung an https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear_blank.svg, Abruf am 14.08.2018)

Die vom Mittelohr kommenden Schallwellen werden über das ovale Fenster (Verbindungsstelle zwischen Steigbügel und Gehörschnecke) in das Innenohr geleitet. Da der Schneckengang mit Flüssigkeit gefüllt ist, tritt der Schall von der Luft in die Flüssigkeit über. Es entsteht eine Wanderwelle. [16] Bei jeder Schwingung der Steigbügelplatte wird eine Welle an der Basilarmembran ausgelöst. Es kommt zu einer maximalen Auslenkung der Basilarmembranen.[17] Die Haarzellen im Corti'schen Organ werden erregt und so aus ihrer Ruhestellung gebracht. Diese Reize werden über den Gehörnerv zum Gehirn übertragen. [18]

Hohe Töne führen zu großen Ausdehnungen, tiefe Töne zu kleinen Ausdehnungen der Wanderwelle. Da die Haarzellen am ovalen Fenster (in Abbildung 4 rot markiert) empfindlich sind, werden sie mehr beansprucht, denn die tiefen Frequenzen müssen auch durch das ovale Fenster bis hin zum runden Fenster (in Abbildung 4 dunklellila markiert) gelangen, wo sie verarbeitet und weitergeleitet werden. [19] Dies erklärt, wieso ältere Menschen oft einen Hörverlust im Hochtonbereich erleiden, denn die Haarzellen am ovalen Fenster werden im Laufe der Zeit mehr abgenutzt. Da Haarzellen nicht nachwachsen oder neu gebildet werden können, führt dies zu einem permanenten Verlust des Hörvermögens.[20]

[16] vgl. Müller (2002), Seite 15
[17] vgl. Kießling (2002), Seite 21
[18] vgl. Müller (2002), Seite 15-16
[19] vgl. Müller (Müller), Seite 16
[20] vgl. Müller (2002), Seite 17

Es ist zu beachten, dass die äußeren Haarzellen keine typischen Sinneszellen sind, sondern die inneren Haarzellen ansprechen und eine vorwiegende Funktion der Verstärkung haben. Die inneren Haarzellen sind dagegen Sinneszellen, welche die mechanischen Schwingungen in Nervenimpulse umsetzen und an das Hirn transportieren.[21]

3 Der Normalhörende und seine Wahrnehmung

In diesem Kapitel werden einige Begriffe erklärt, die wichtig sind, um das unterschiedliche Hören eines Normalhörenden und eines Hörgeschädigten zu verstehen.

3.1 Hörschwelle und Hörfläche

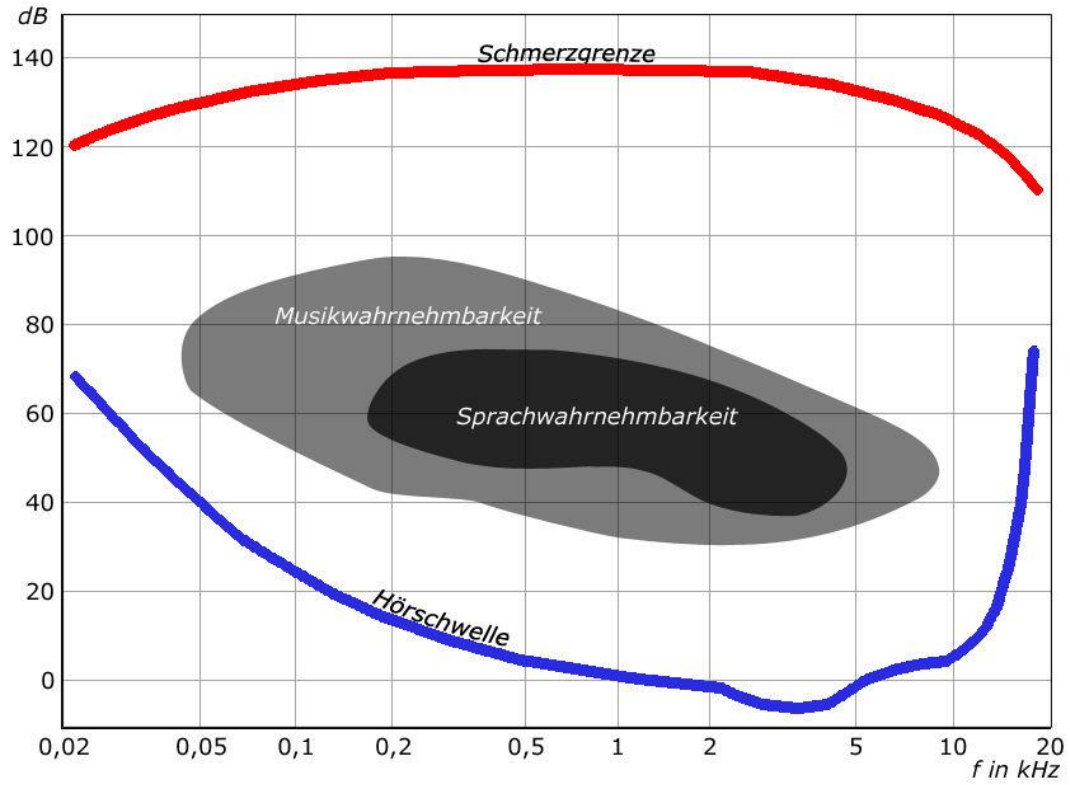

Abbildung 5 Der normale Hörbereich
Quelle:https://www.huntingtom.de/info/Schallpegel.html, Abruf am14.08.2018)

Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, kann der normalhörende Mensch in der Regel Töne von 20 bis 20.000 Hz wahrnehmen. Der kleinste im Ruhestand registrierte Pegel wird als

[21] vgl. Kießling (2002), Seite 21

Ruhehörschwelle bezeichnet. Diese ist frequenzabhängig, d.h. tiefe Frequenzen benötigen einen höheren Schalldruckpegel, um die Ruhehörschwelle zu erreichen, als höhere Frequenzen. [22]

Als Hörfläche wird der gesamte Bereich bezeichnet, der zwischen der Hörschwelle und der Schmerzgrenze liegt. Im mittleren Bereich des Hörfeldes wird die Sprach- (bei ca. 65 dB) und Musikwahrnehmbarkeit dargestellt.[23]

Die Unbehaglichkeitsschwelle definiert sich als der Pegel, bei der ein Ton unangenehm laut auffällt und ist individuell hoch; meistens verläuft die Kurve zwischen 100-110 dB. Die Schmerzschwelle oder Schmerzgrenze ist erreicht, wenn sich das wiedergegebene Signal als unerträglich erweist.[24]

3.2 Lautheit

Die Lautheit ist eine wichtige Größe, die das subjektive Lautstärkeempfinden beschreibt. Die Einheit für die Lautheit wird als Sone definiert. Eine Sone entspricht einem Sinuston mit der Frequenz 1 kHz mit dem Schalldruckpegel 40 dB SPL (Sound Pressure Level; Schalldruckpegel). Zwei Sone bedeutet, dass der Ton doppelt so laut ist wie der Referenzton, d.h. bei mittleren Pegeln führt oft eine Verstärkung von 10 phon (phon ist die Einheit des Lautstärkepegels) zu einer Verdopplung der Lautheit. Bei niedrigeren Pegeln ist nur eine geringe Erhöhung notwendig, um die Lautheit zu verdoppeln.[25]

Die Lautheit hängt vom Schalldruckpegel, der Frequenz und dem Zeitverhalten des Schalls ab. Schalle mit einer Dauer von mehr als 200 ms gelten als Dauerschall. Das bedeutet, dass die Lautheitsempfindung nicht zunimmt, wenn der Schall länger als 200 ms andauert. Töne, die aber unter diesem Zeitraum gelangen, werden als leiser wahrgenommen. Ein Pistolenknall wird deshalb als leiser wahrgenommen, als man es bei einer Pegelspitze von bis zu 180 dB erwarten würde. Die Zeitspanne des Knalls ist kürzer als eine Millisekunde, wodurch viele Menschen die Gefahr unterschätzen.[26]

Um die Lautheit zu bestimmen wird in der Hörakustik das Modell der kategorialen Lautheit verwendet. Tonsignale werden in sehr leise, leise, mittel, laut und sehr laut eingeteilt. Für die Anpassung der Hörsysteme ist dieses Verfahren praktisch, da die Lautheitswahrnehmung des

[22] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 458
[23] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 459
[24] vgl. Müller (2002), Seite 12
[25] vgl. Willig, Hans-Peter: „Lautheit“, in: Cosmos Indirekt-Physik für Schüler, 2018, URL: https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Lautheit, Abruf am 14.08.2018
[26] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 462

Hörgeschädigten mit einem Normalhörenden verglichen werden (Dieses wird in Kapitel 8 näher erläutert).[27]

3.3 Maskierung

Es kommt im Alltag häufig vor, dass die Haustürklingel während des Duschens überhört wird oder der Gesprächspartner von einem vorbeifahrenden Zug übertönt wird. Dieser Effekt heißt Maskierung oder auch Verdeckung.

Die Eigenschaften der Verdeckung sind nicht nur abhängig vom Pegel, sondern auch von der Frequenz des Verdeckungstons. Tiefe Töne verdecken nicht nur andere tiefere Töne der gleichen Frequenz, sondern möglicherweise auch höherfrequente Nachbartöne. Die Ursache ist die tieffrequente Wanderwelle, die an den Eingang der Schnecke geleitet wird, die besonders empfindlich für hochfrequenten Signale ist.[28]

Die Maskierung unterscheidet sich in spektral und zeitlich.[29]

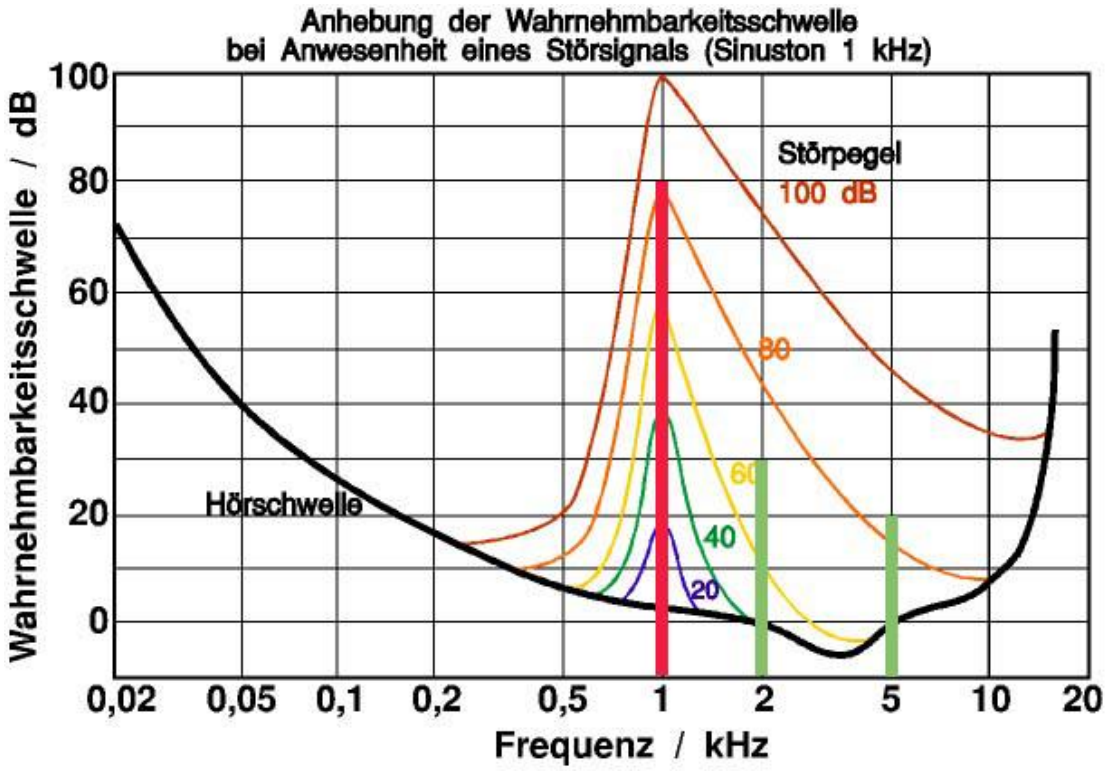

Abbildung 6 Spektrale Maskierung
(Quelle: In Anlehnung an https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Akustik_Mithoerschwelle2.JPG, Abruf am 15.08.2018)

[27] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 461
[28] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 464-465
[29] vgl. Seeber, Bernd: „Psychoakustische Maskierung“, in: ITG Fachausschuss 4.2, 2006, URL: http://www.bseeber.de/itg_page/maskierung.html, Abruf am 14.08.2018

Beim spektralen Maskierungseffekt werden einzelne Signale verdeckt, d.h. übertönt. Abbildung 6 zeigt die Mithörschwelle (schwarze Kurve) eines Störsignals mit der Frequenz von 1 kHz und unterschiedlichem Pegel. Die farblichen Kurven stellen jeweils die Mithörschallwelle der Störschalle mit einem bestimmten Pegel dar. Die Mithörschelle ist der geringste Schalldruck, der benötigt wird, um den Nutzschall (z.B. die Stimme) vom Störschall (z.B. vorbeifahrender Zug) zu unterscheiden.[30]

Beispiel: Das Störsignal hat eine Frequenz von 1kH und einen Pegel von 80 dB. Ein Signal mit der Frequenz von 2 kHz und einem Pegel von 30 dB wird verdeckt, da diese die Mithörbarkeitsschwelle (oder auch Wahrnehmbarkeitsschwelle) nicht erreicht. Ein Ton der Frequenz 5 kHz mit einem Pegel von 20 dB wird wahrgenommen, da er die Mithörschwelle überschreitet.

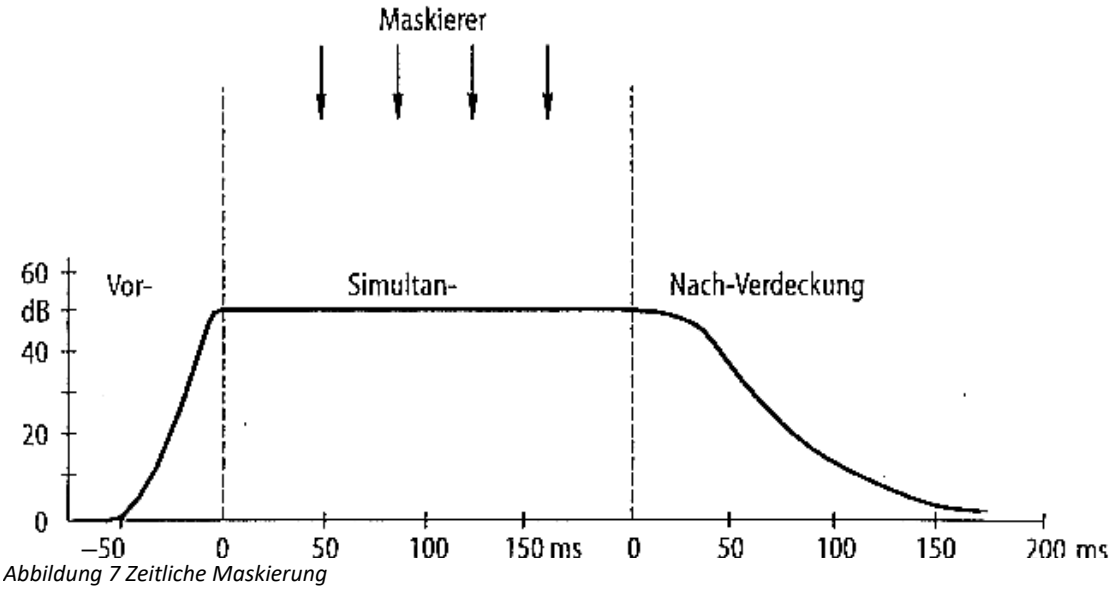

Abbildung 7 Zeitliche Maskierung
(Quelle: http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/wp/2000/mm09/images-audio/img13.gif, Abruf am 15.08.2018)

In genauerer Betrachtung der bereits erwähnten Situation eines heranfahrenden Zuges wird angenommen, dass sich die Situation an den Gleisen abspielt und der Zug noch nicht in Sicht ist. Die Umgebung ist ruhig und eine Unterhaltung in normaler Lautstärke ist möglich. Der nach einiger Zeit anfahrende Zug (Störschall) überdeckt das Gespräch, sodass diese schlecht bis gar nicht mehr verstanden wird. Sobald der Zug vorbeigezogen ist, kann das Gespräch nach kurzer

[30]vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 462

Zeit wieder in normaler Lautstärke aufgenommen werden. [31] Dieses Ereignis des vorbeigehenden Störschalls nennt sich die zeitliche Verdeckung/Maskierung.

In Abbildung 7 wird der Vorgang der zeitlichen Maskierung gezeigt. Es gibt die Vor-, Simultan- und Nachverdeckung.

Die Vorverdeckung ist der Effekt, der eintritt, bevor das Störsignal tatsächlich da ist und hat eine Dauer von bis zu 20 ms. Verdeckt der Störschall daraufhin den Nutzschall, so handelt es sich um die Simultanverdeckung. Das Gespräch kann für den Zeitraum, während der Zug einfährt, nicht in normaler Lautstärke geführt werden, da sonst nichts verstanden werden kann. Anschließend dauert die Nachverdeckung bis zu 200 ms. Das ist der Zeitraum, der benötigt wird um die ursprüngliche Empfindlichkeit seines Hörens wiederherzustellen. Leise Signale werden während dieses Zeitraumes oft nicht wahrgenommen.[32]

3.4 Sprachverstehen

Tabelle 1 Bewertung der Sprachverständlichkeit
(Quelle: Hörakustik. Theorie und Praxis, 2007, Seite 479)

Bewertung	Silbenverständlichkeit	Wortverständlichkeit	Satzverständlichkeit
	V_s in %	V_w in %	V_{SA} in %
Sehr gut	90 bis 96	94 bis 96	96
Gut	67 bis 90	87 bis 94	95 bis 96
Zufriedenstellend	48 bis 67	78 bis 87	92 bis 95
Ausreichend	34 bis 48	67 bis 78	89 bis 92
Unbrauchbar	0 bis 34	0 bis 67	0 bis 89

In der oben aufgeführten Tabelle 1 wird die Sprachverständlichkeit in drei Gruppen kategorisiert und bewertet. Voraussetzung ist, dass in einer normalen und deutlichen Sprache gesprochen wird.

Die Silbenverständlichkeit zeigt den Anteil der verstandenen Silben auf, die Wortverständlichkeit den Anteil tatsächlich verstandener Wörter (einsilbig, mehrsilbig, Zahlen) und die Satzverständlichkeit den Anteil verstandener Sätze.[33]

[31] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 464
[32] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 464-465
[33] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 479

In der Tabelle wird deutlich, dass es unmöglich ist, hundertprozentig alle Silben, Wörter und Sätze zu verstehen. Dafür sind einige Faktoren ausschlaggebend: [34]

Ein Grund dafür ist die psychoakustische Wahrnehmung. Wörter und Sätze sind leichter zu verstehen als einzelne Silben, da das Gehirn auch bei fehlender oder falscher Information die aufgenommenen Anteile so logisch zusammensetzen kann, dass ein Sinn verstanden wird. Ein weiterer Faktor ist der Nachhall, der im Raum die allgemeine Sprachverständlichkeit beeinflusst. In sehr hallenden Räumen kann es dazu kommen, dass sich Silben verdecken, wenn eine neue Silbe gesprochen wird, bevor die vorherige verklungen ist. Der Abstand zwischen Stör- und Nutzschall ist ein weiterer wichtiger Punkt für die Verständlichkeit der Sprache. Normalhörende sind meistens in der Lage, Sprachsignale von Störgeräuschen zu verstehen, die sogar bis zu 5 dB lauter sind als das Nutzsignal. Am deutlichsten wird der Sprecher verstanden, wenn er der Person zugewandt ist, mit der er redet. In Sprechrichtung (0°) ist der Schallpegel am stärksten und nimmt mit zunehmendem Winkel ab. Demnach ist die auditive Aufnahme des Sprechers von hinten am leisesten. Zusätzlich ist das Sehen für die Sprachverständlichkeit von Bedeutung. Den Sprecher zu sehen und zu orten gibt die Möglichkeit, seine Stimme trotz Störgeräusche herauszufiltern. Durch das optische Wahrnehmen ist es für den Hörer leichter, sich auf die Schallquelle zu konzentrieren.[35]

4 Ursachen von Hörschäden

Schwerhörigkeit wird in Hörverlustgrade und zwei Formen unterteilt.

Unter dem Grad wird die Stärke bzw. die Höhe des Hörverlustes verstanden. Wie in Tabelle 2 veranschaulicht, unterscheidet man in „gering“, „mittel“, „hoch“, und „an Taubheit grenzend“.

[34] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 479
[35] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 479-482

Tabelle 2 Bewertung des Hörverlusts

(Quelle: in Anlehnung an Digitale Hörgeräte. Was steckt dahinter?, 2005, Seite 30)

Messung des Hörverlusts in dB HL (Hearing Level)	**Schweregrad**
Bis 30 dB HL	Gering
30 – 70 dB HL	Mittel
70 – 90 dB HL	Hoch
Über 90 dB HL	An Taubheit grenzend

Die zwei Formen der Schwerhörigkeit sind Schallleitungs- und Schallempfindungsstörungen. Schallleitungsstörungen tauchen meist im Außen- und Mittelohr auf und sind unkompliziert zu beheben. Gravierende Hörschäden entstehen jedoch im Innenohr; dies sind die oben genannten Schallempfindungsstörungen, die meist durch Schäden bzw. Fehlfunktionen der Schnecke mit den Haarzellen und möglicherweise auch des Hörnervs entstehen.[36]

Mit linearen Hörgeräten, die die Signale immer gleichmäßig verstärken, können die meisten Schallleitungsstörungen ausgeglichen werden. Bei Schallempfindungsstörungen ist die Korrektur schwieriger, denn sie haben keine lineare Lautheitsfunktion. Hörgeräte müssen leise Signale mehr und laute Signale geringer verstärken.[37]

Dieses Kapitel befasst sich hauptsächlich mit Schallempfindungsstörungen im Innenohr, da ihre Auswirkungen schwerwiegender sind und zu einer kurzen bis irreversiblen Schwerhörigkeit führen können. Meist kann nur eine Hörgeräteversorgung die Lebensqualität wieder steigern.

4.1 Genetik, Erkrankung und die Einnahme von Medikamenten

Vor der Geburt kann es bereits zum Verlust des Gehörs führen, z.B. wenn die Mutter während der Schwangerschaft an Röteln erkrankt. Ein mögliches Resultat der Röteln-Infektion ist eine selten auftretenden Innenohrmissbildungen des Kindes. Eine spezielle Form davon ist die Mondini-Missbildung: Es existiert keine Cochlea, sondern nur einen „Hörschlauch“ und somit

[36] vgl. Schaub (2005), Seite 28
[37] vgl. Schaub (2005), Seite 28

besteht hierbei eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine hochgradige Schwerhörigkeit bis Taubheit.[38]

Oft führen Mutationen eines Gens zu vererbten Innenohrschwerhörigkeiten. Meistens weisen die Betroffenen keine weiteren Krankheiten oder Symptome auf. Es ist möglich, dass die Schwerhörigkeit bei der Geburt bereits voll ausgebildet ist oder sich erst im Laufe der Jahre entwickelt. Aber nicht nur diese Ursachen führen zu Hörschaden. Schwerhörigkeit kann auch als eines von mehreren Symptomen von bestimmten, kombinierten Erkrankungen und Anomalien auftreten. Auch Virusinfektionen im Kindesalter, wie z.B. Masern, Mumps oder Meningitis sind Gründe für den Verlust des Gehörs.[39]

Einige Medikamente führen zu Innenohrschwerhörigkeiten, da ihre Nebenwirkung eine Gehörschädigung verursacht, die auch mit Schwindel und Tinnitus bis hin zur absoluten Taubheit verbunden werden kann. Solche Medikamente werden aber nur verschrieben, wenn es keine bessere Alternative gibt.[40] Substanzen, die das Innenohr schädigen sind beispielsweise bestimmte Antibiotika wie Streptomycin, Kanamycin, Neomycin, Gentamycin und Tobramycin. Dazu gehören auch die in Entwässerungsmittel enthaltene Stoffe Ethacrynsäure und Furosemid. Das in Krebsmittel vorhandene Cisplatin führt (direkt) zur Schwerhörigkeit.[41]

4.2 Lärm

Lärm ist ein wesentlicher Bestandteil unseres Alltags und ebenfalls eine Ursache für Hörschädigungen. Oft wird der Grad der Schädigung allerdings unterschätzt. Nicht nur das Mittelohr, sondern auch das Innenohr kann durch den Schall des Lärms irreversible Schäden erleiden. Pegel unter 85 dB sind bei dauerhafter Beschallung nicht schädlich, jedoch kann ein niedriger Pegel als unangenehm empfunden werden und somit das Wohlbefinden beeinträchtigen.[42] Kurz gesagt: Je höher der Schallpegel und die Beschallungsdauer, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit für einen permanenten Hörverlust oder eine hohe Schädigung des Gehörs. Nicht nur kurze, sehr hohe Pegelspitzen (z.B. Knall), sondern auch lang andauernder Lärm (z.B. Konzerte) schädigen das Ohr und werden unterschätzt.[43] Bei dauernden Beschallung von hohen Pegeln kann sich über eine lange Zeit ein Hörverlust entwickeln. Sehr hohe Pegel

[38] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 557
[39] vgl. Kießling (2002), Seite 29
[40] vgl. Kießling (2002), Seite 29
[41] vgl. Müller (2002), Seite 54
[42] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 559
[43] vgl. Kießling (2002), Seite 26-27

können das Ohr innerhalb von einem Bruchteil einer Sekunde schädigen. [44] Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 8 ein Ohr mit seinen gesunden Haarzellen und ein durch eine Schallbelastung geschädigtes Ohr mit Haarzellen verglichen.

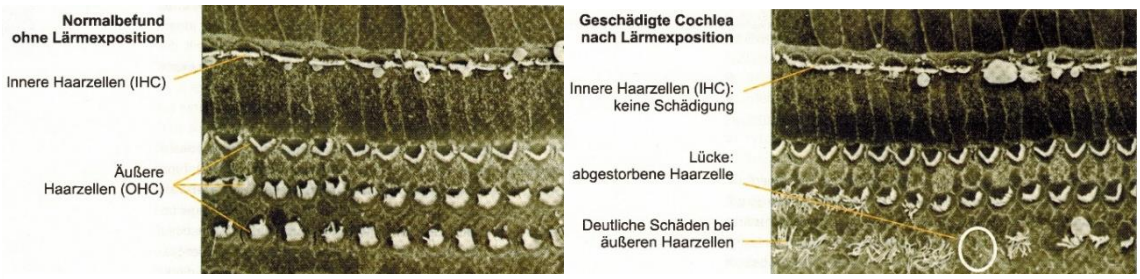

Abbildung 8 innere Haarzellen
(Quelle: Hörakustik.Theorie und Praxis, 2007, Seite 560)

Da Lärm vielfältig ist, wird er nach seiner Expositionszeit in Knalltrauma, Explosionstrauma, akutes Lärmtrauma und Lärmschwerhörigkeit kategorisiert.

Das Knalltrauma (akutes akustisches Trauma) hat sehr hohe Pegelspitzen (140-190 dB) und eine kurze Dauer von 1-3 ms. Der Grad des Schadens wird oft unterbewertet, da die Schalldauer sehr kurz ist. Dadurch entsteht das Problem, dass die Schutzmechanismen des Ohres nicht rechtzeitig reagieren und der Schall somit direkt auf das Innenohr übertragen wird, wodurch das Corti'sche Organ und die Haarzellen beschädigt werden. Typische Ursachen für ein Knalltrauma sind Silvesterböller, Gewehre und auch Spielzeugpistolen in Ohrnähe.[45]

Hörschäden, die durch hohe Pegel von über 140 dB und für einen Zeitraum von mehr als 3 ms entstehen, werden in das Explosionstrauma eingeteilt. Die Schädigung des Innenohres ist hier geringer als beim Knalltrauma, da die Folge in der Regel ein Trommelfellriss ist. Dadurch kann es zu Verrenkungen der Gehörknöchelchen kommen, wobei ein Teil des Schalls durch das Trommelfell absorbiert wird. Ursachen für das Explosionstrauma können Bombensprengungen sein.[46]

Wird ein Mensch für einige Sekunden bis Minuten permanent mit einem Schallpegel von 130-160 dB konfrontiert, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit ein akutes Lärmtrauma zu erleiden. Stundenlange Beschallung mit Pegeln zwischen 100 und 120 dB werden auch als akutes Lärmtrauma bezeichnet. Folge einer solchen Belastung des Ohres ist eine fortgeschrittene Lärmschwerhörigkeit bis hin zur Entwicklung völliger Taubheit. Grund für ein akutes Lärmtrauma

[44] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 559
[45] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 559
[46] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 559-561

ist beispielsweise das Austreten eines Gases unter einem sehr hohen Druck durch ein Ventil oder auch Düsentriebwerke.[47]

Lärmschwerhörigkeit (chronisches Schalltrauma) entwickelt sich bei einer langjährigen Belastung mit Pegeln von 89-110 dB. Selten wird eine Person über einen andauernden Zeitraum einem Pegel von 110-130 dB ausgesetzt. Sollte dies der Fall sein, so ist die Konsequenz eine enorme Schädigung für das Gehör. Der Grad des Hörverlustes ist unterschiedlich, da dieser von einigen Randbedingungen abhängt (Schallpegel, Impulsstärke des Schalls, Frequenzzusammensetzung des Schalls). Die Folge eines chronischen Schalltraumas ist zum Beispiel der Tinnitus oder Taubheitsgefühl. Bei hohen Belastungen sinkt die Hörschwelle in den hohen Frequenzen, insbesondere zwischen 3 und 6 kHz. Diese Ertaubung nennt sich Temporary-Threshold-Shift (TTS). Oft ist die TTS eine physiologische Empfindungsverstellung des Ohres, kann aber auch eine Haarzellschädigung sein. Wie der englische Begriff aufzeigt, ist dieses Symptom nicht permanent, sondern bildet sich innerhalb von Stunden zurück. Handelt es sich jedoch um eine Haarzellschädigung, also einer Innenohrschädigung, so ist die Hörschwellenverschiebung irreversibel und wird Permanent-Threshold-Shift (PTS) genannt. Da sich der Hörverlust bei der Lärmschwerhörigkeit nur sukzessiv entwickelt, bleibt es oft sehr lange unbemerkt. Dies wird erst dann bemerkt, wenn es schwieriger wird den Nutz- vom Störschall herauszufiltern.[48]

4.3 Stress und unbekannte Entstehung

Stress kann ein Grund für temporäre oder permanente Schwerhörigkeit sein. Der Hörsturz ist eine Folge von zu hoher psychischer und physischer Belastung. Dies kann zu einer einseitigen, selten zweiseitigen, auditiven Einschränkung bis hin zur vollständigen Gehörlosigkeit führen. Dieses Phänomen vergeht innerhalb kürzester Zeit, selten erst nach Stunden. Auszeiten vom Stress vermindern das Risiko eines Hörsturzes. Bei länger andauernder Schwerhörigkeit ist ärztlicher Rat notwendig, denn diese ist ein Vorzeichen einer dauerhaften Erkrankung.[49] In den häufigsten Fällen liegt eine Störung der äußeren Haarzellen vor, wenn die Durchblutung im Innenohr gestört ist.[50]

Es wurden eine Korrelation zwischen permanentem Stress und der Morbus-Menière-Krankheit beobachtet. Es ist nicht bewiesen, dass die Stressbelastung der ausschlaggebende Faktor für

[47] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 561
[48] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 561-562
[49] vgl. Müller (2002), Seite 46-47
[50] vgl. Kießling (2002), Seite 26

diese Krankheit ist. Allerdings führt der psychische Druck zu Verspannungen im Nacken, die womöglich aus einem Kollaps im Innenohr resultieren. In der Schnecke kommt es zu einer Überproduktion und Störung des Abtransports der Flüssigkeit. Es entsteht ein Überdruck, der auch das Gleichgewichtsorgan betrifft. Symptome von Morbus Menière sind deshalb nicht nur ein Hörverlust, sondern auch plötzliche Anfälle von Schwindel und Übelkeit. Schreitet die Krankheit weiter fort, so nehmen die Anfälle ab, jedoch verschlechtert sich das Hören und kann von einem Ohr zum anderen übertragen werden und Ohrgeräusche (z.B. Tinnitus) im Tieftonbereich treten häufig auf.[51]

Tinnitus ist ein allgemein bekanntes Ohrgeräusch. Dieser tritt in der Regel als anhaltender, summender, piepender oder auch brummender Ton eventuell nach einem Konzert- oder Diskothekenbesuch auf. Doch auch Stress kann dieses Symptom auslösen. Tinnitus ist eine Geräuschwahrnehmung ohne einen akustischen Reiz.[52] In seltenen Fällen kann der vom Tinnitus produzierte Ton gemessen werden, der sich auf ein objektives Ohrgeräusch zurückführen lässt. Subjektive Ohrgeräusche lassen sich nicht messen und werden nur vom Betroffenen gehört. Meistens ist der subjektive Tinnitus eine Nachwirkung auf einen Hörsturz oder einem Knalltrauma.[53] Auch Halswirbelsäulen- oder Kiefergelenkprobleme können eine Ursache sein. Für objektiven Tinnitus sind unter anderem Verengungen der Halsschlagader, künstliche Herzklappen und Tumore der Ursprung sein. Er kann unterschiedlich laut sein und konstant oder anfallsweise erscheinen. Der Tinnitus kann in unterschiedlich langen Zeitspannen auftreten. Die Dauer des Symptoms wird in drei Kategorien eingeteilt. Es gibt den akuten Tinnitus, der bis zu drei Monate anhält, den subakuten Tinnitus (fängt ab drei Monaten an und geht bis zu 12 Monate) und ab einer andauernden Wahrnehmung des Ohrgeräuschs bezeichnet man diesen als chronischen Tinnitus.[54]

4.4 Alter

Die Altersschwerhörigkeit entwickelt sich meist im Alter zwischen 50 und 60 Jahren, wobei diese Entwicklung rasant und vorwiegend beidseitig vorkommt. Vor allem im Hochtonbereich[55] und im fortgeschrittenen Stadium im Tieftonbereich sinkt die Hörschwelle. Auch die Sprachverständlichkeit ist bei einem bestimmten Störpegel erschwert. Bei Gesprächen mit

[51] vgl. Müller (2002), Seite 47-48
[52] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 566
[53] vgl. Müller (2002), Seite 50
[54] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 566-567
[55] vgl. Zahnert, Thomas: Differenzialdiagnose der Schwerhörigkeit, in: Deutsches Ärzteblatt Jg. 108, 2011, Seite 441,

mehreren Personen ist es für Betroffene schwierig, sich auf eine Stimme zu konzentrieren und es kommt zum Cocktail-Effekt: Die Filterung von Nutz- und Störschall funktioniert nicht mehr zweckmäßig. Es ist nicht sinnvoll, dass der Gesprächspartner lauter redet, da bei niedrigem Schallpegel wenig verstanden wird und die Erhöhung des Pegels aufgrund des eingeschränkten Hörbereichs die Unbehaglichkeits- oder die Schmerzgrenze schnell erreicht.[56]

Die Altersschwerhörigkeit ist die Folge von schädlichen Faktoren, die im Verlaufe eines Lebens angesammelt werden. Beispiele sind dauerhafte Beschallungen, falsche Ernährung und Erkrankungen.[57] Die Summe dieser Einflüsse über das ganze Leben verteilt, wirkt sich im Alter nicht nur auf das Innenohr aus (Schädigung des Gehörs durch die fehlende Regeneration der Haarzellen), sondern auch auf die Verarbeitungseffizienz im Gehirn.[58]

Altersschwerhörigkeit ist nur durch eine frühzeitige Hörgeräteversorgung zu behandeln. Außer der akustischen Verbesserung der Wahrnehmung kann sie jedoch nicht die individuell abfallenden Verarbeitungsprozesse im Gehirn beheben.[59]

5 Der Hörgeschädigte und seine Wahrnehmung

In diesem Kapitel wird auf die Veränderung des Hörens eingegangen und wie sich eine unversorgte Schwerhörigkeit auf das Leben eines Hörgeschädigten auswirkt. Die Veränderung des Dynamikbereichs eines Hörgeschädigten deutet auf eine Verschlechterung der Verständlichkeit und gewisser Wahrnehmungsfunktionen hin.

[56] vgl. Müller (2002), Seite 51-53
[57] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 563
[58] vgl. Kießling (2002), Seite 28
[59] vgl. Kießling (2002), Seite 28-29

5.1 Dynamik und Lautheit

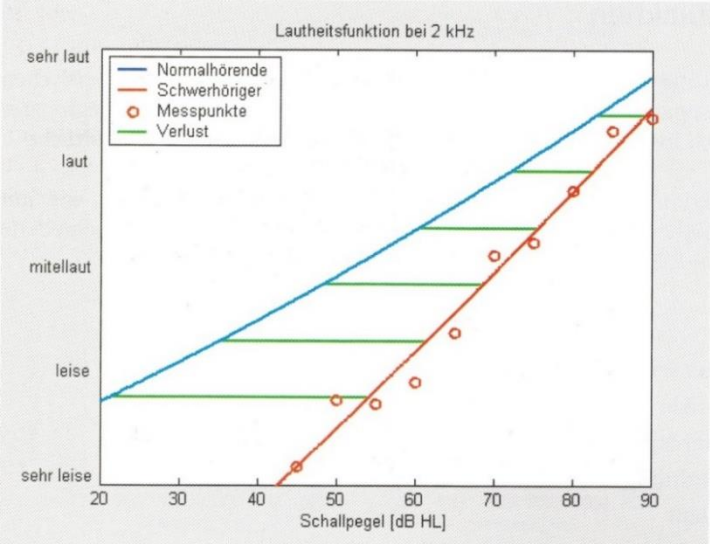

Abbildung 9 Vergleich eines Normal- und Schwerhörigen
(Quelle: Digitale Hörgeräte. Was steckt dahinter?, 2005, Seite 32)

Folgende Situation ist bekannt: Eine ältere Person versteht in einem Gespräch anfänglich nichts, da diese zu leise geführt wird. Wird die Lautstärke jedoch zu sehr angehoben, dann empfindet die älteren Person diese als zu laut und es schmerzt in den Ohren.

In Abbildung 9 wird der Dynamikbereich eines Hörgeschädigten dargestellt. Bei einer Frequenz von 2kHz ist die normale Lautheitsfunktion blau und die Funktion eines Hörgeschädigten rot dargestellt. Die roten Kreise sind die gemessenen Daten des Schwerhörigen, aus denen dann die Lautheitsfunktion des Betroffenen errechnet wird. Die grünen Linien zeigen, um wie viel der Pegel erhöht werden muss, damit ein Schwerhöriger die Lautheit eines Normalhörenden empfindet. Nur bei Innenohrschwerhörigkeiten muss oft tiefer Schall mehr verstärkt werden als hoher Schall. Die Lautheitsfunktion setzt später an, steigt aber schneller als die eines Normalhörenden. Dieser schnelle Anstieg zwischen Hörschwelle und Unbehaglichkeitsschwelle wird als Recruitment bezeichnet.[60]

Ursache eines Recruitments sind die Haarzellen im Innenohr. Durch die Bewegung in der Flüssigkeit können diese leisen Schall verstärken und lauten Schall abschwächen. So ist es möglich, leise Töne zu hören und gleichzeitig lauten Schall nicht zu schnell als unangenehm zu

[60] vgl. Schaub (2005), Seite 30-33

empfinden. Bei Schädigung oder Ausfall der Haarzellen wird der Schall nicht mehr richtig verstärkt bzw. gedämpft, was den schnellen Lautheitsanstieg, wie in Abbildung 9, erklärt.[61]

5.2 Sprachverstehen

Abbildung 10 zeigt, wie sich die Schwerhörigkeit auf die Sprachverständlichkeit auswirkt. Der Bereich der Sprache, die der normal hörende Mensch erfasst, ist in der durchgezogenen roten Linie aufgeführt. Sie enthält alle Laute, die für die Sprache gebraucht werden. Für Schwerhörige mit Hochtonverlust ist es schwer, die Sprache zu verstehen, da bestimmte Konsonantengruppen nicht in deren hörbaren Bereich liegen. Die rot gepunktete Linie zeigt die Hörverlustkurve eines Hörgeschädigten mit einem geringen Hochtonverlust. Diese Person hört kaum bis keine Zischlaute. Bei der Rot gestrichelten Linie ist der Hochtonverlust stärker. Das Problem besteht hierbei, dass weder die Zischlaute, noch die Verschlusslaute (Konsonanten, bei denen der Mund geschlossen wird) erfassen können.[62]

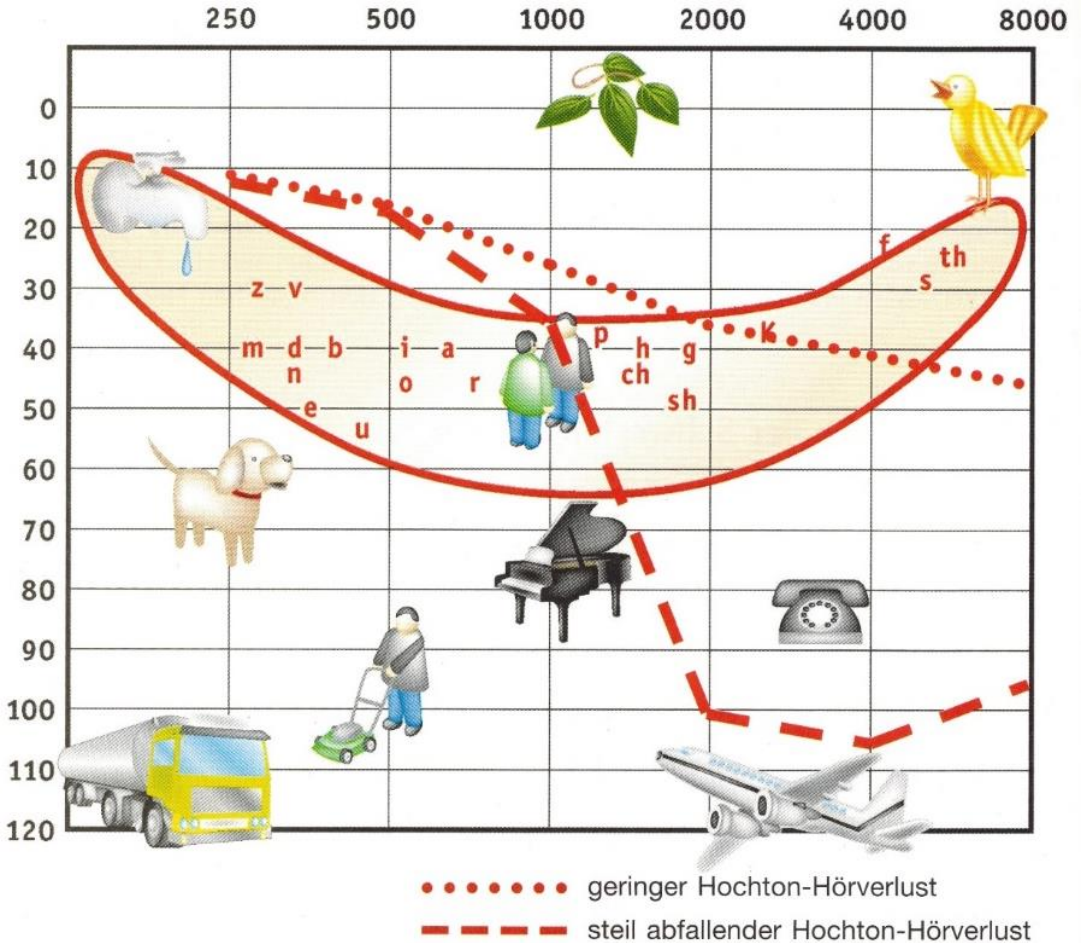

Abbildung 10 Verlust der Sprachverständlichkeit
(Quelle: Digitale Hörgeräte. Was steckt dahinter?, 2005, Seite 34)

[61] vgl. Willig, Hans-Peter: Thema der Biologie. Heute im BIO-UNTERRICHT: Recruitment. In: Biologie Seite, 2018, URL: https://www.biologie-seite.de/Biologie/Recruitment (Zugriff am 17.08.2018)
[62] vgl. Schaub (2005), Seite 33-34

Trotz eingeschränkten Hörvermögens versucht das Gehirn eine sinnvolle Bedeutung aus den verstandenen Bruchteilen zu bilden. Oft hat der produzierte Satz nichts mit dem Gesprochenen gemeinsam, was man meist bei älteren Menschen wahrnimmt (Beispiel: „Das Wetter ist schön" – „Du willst meinen Föhn?").[63]

Hörgeschädigten fällt es schwer, den Nutz- vom Störschall zu unterscheiden. Dies wird zunehmend schwieriger, je stärker der Hörverlust ist. Der Pegel des Störschalls muss mindestens 15 dB unter dem Nutzschall liegen, was zusätzlich von der Stärke des Hörschadens abhängt. Durch die Maskierungseffekte muss dieser Pegelunterschied gewährleistet sein, um ein ausreichend verständliches Gespräch zu führen. Ein wichtiger Einfluss auf die Sprachverständlichkeit ist die Ortung des Sprechers bzw. das Einordnen des Signals zur Quelle. Der sogenannte Cocktail-Party-Effekt ist von Bedeutung: Normalhörenden ist es möglich, einen Sprecher in einer lärmbedingten Umgebung herauszufiltern und die Störgeräusche zu unterdrücken. Die Umgebungsgeräusche werden trotzdem unterbewusst verarbeitet. Fällt in einem „herausgefilterten" Gespräch der eigene Name, so wird die Konzentration auf den jeweiligen Sprecher gelenkt. Schwerhörigen fällt diese Filterung jedoch schwer, denn deren räumliches Hören ist aufgrund des Hörverlustes eingeschränkt.[64] Hörgeschädigte konzentrieren sich deshalb oft auf die Lippenbewegungen, Mimik und Gestik des Sprechers, um das Gespräch zu verstehen.[65]

5.3 Wahrnehmungsverluste

Wie in Kapitel 4 bereits erläutert wurde, gibt es unterschiedliche Arten von Schwerhörigkeit. Hörgeschädigte Menschen, die ihr Hörvermögen unerwartet verlieren, fällt es am schwersten, ihre Situation anzunehmen. Mit Emotionen wie Trauer, Schock, Verzweiflung und Verwirrung über die plötzlich eingetretene Wahrnehmungseinschränkung verarbeiten diese ihre neue Lebenssituation und müssen akzeptieren, dass ihr früheres Gehör nicht mehr wiedererlangen.[66] Schleichend auftretende Schwerhörigkeit hat einen Vorteil, der gleichzeitig auch ein Nachteil ist: Die Betroffenen können ihren Hörverlust relativ leicht verstecken. Allerdings ziehen sich Hörgeschädigte somit aus dem sozialen Kreis zurück. Telefongespräche, Kinobesuche und Treffen mit Freunden werden gemieden, aus Angst auf Unverständnis oder gar Ärger zu stoßen,

[63] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 479-480
[64] vgl. Kollmeier, Birger: Cocktail-Partys und Hörgeräte: Biophysik des Gehörs. Physikalisch inspirierte Hörmodelle weisen den Weg zu intelligenten Hörgeräten, in: Physik Journal 1, Jg. 4, 2002, Seite 39
[65] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 482-483
[66] vgl. Eitner, Johannes: Zur Psychologie und Soziologie von Menschen mit Hörschädigung. Heidelberg: Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, 2008, Seite 64

weil aufgrund des Hörverlusts Fehlkommunikation entsteht und oft nachgefragt werden muss.[67] Schwerhörigkeit schränkt nicht nur das Hörvermögen ein, sondern auch andere Wahrnehmungen, unter anderem die Funktionen der Orientierung, Alarmierung und Warnung, Kommunikation sowie die der emotionalen und sozialen Wahrnehmung.[68]

Orientierung richtet sich enorm an das Hörvermögen. Mit geschlossenen Augen erkennt ein normalhörender Mensch, ob sich eine Schallquelle in der Nähe oder in der Ferne befindet, er sich in einem kleinen oder großen Raum aufhält oder ob er sich in geschlossenen oder offenen Räumen befindet. Je mehr die Schwerhörigkeit jedoch zunimmt, umso schwieriger ist es, sich zu orientieren, was dazu führt, dass sich Hörgeschädigte unsicher und hilflos fühlen. Das Überqueren der Straße ist ein schwieriges Unterfangen, denn es wird oft nicht gehört, ob ein Auto oder ein Fahrrad heranfährt. So müssen sich Menschen mit Hörverlust primär auf ihr Sehen verlassen und nicht wie früher gewohnt, auf ihr Hören.[69]

Mit den Ohren ist eine räumliche Orientierung möglich. Im Normalfall werden Schritte, die sich von hinten nähern, gehört. Für einen Schwerhörigen ist dies jedoch schwierig, denn ihre Warnfunktion ist beeinträchtigt. Oft werden die Schritte - oder andere leise Töne - nicht gehört und sie erschrecken sich, wenn eine andere Person unerwartet daneben steht. Laute Warn- und Alarmierungssignale kann der Hörgeschädigte hören. Der Schallpegel (z.B. Autohupen) kann in diesem Fall bereits als zu schmerzhaft empfunden werden.[70]

Für das Verständnis der Thematik Kommunikation ist die Erklärung der Begriffe *verstehen* und *verstanden werden* von Bedeutung.[71] Hier wird ein Beispiel herangezogen, um diese Problematik zu veranschaulichen:

Sprecher: „Heute hat mich eine Mücke gestochen und jetzt muss ich mich ständig kratzen."
Hörer hört: „Heute hat mich eine Mücke ge…… und jetzt muss ich mich ständig kratzen."
Hörer sagt: „Ich habe hier eine Salbe, die hilft gegen den Juckreiz."

Der Hörer hat den Sprecher nicht vollkommen verstanden, aber das Hirn hat aus dem Gesagten eine sinnvolle Bedeutung interpretiert, das heißt: Der Sprecher *wurde* nicht komplett *verstanden,* trotzdem hat der Hörer den Sinn des Gesagten *verstanden*. Schwerhörige füllen die Lücken des Gesprächs mit sinnvollen Wörtern. Das fordert eine Menge Konzentration und es entsteht die Unsicherheit, ob das Gehörte wirklich richtig verstanden wurde. Das wiederholte

[67] vgl. Müller (2002), Seite 59
[68] vgl. Eitner (2008), Seite 58
[69] vgl. Müller (2002), Seite 59
[70] vgl. Müller (2002), Seite 60
[71] vgl. Eitner (2008), Seite 62

Nachfragen erschöpft jedoch nicht nur den Hörer, sondern auch den Sprecher und führt oft zu Frustration auf beiden Seiten.[72]

Auch die emotionale Wahrnehmung wird durch einen Hörverlust beeinträchtigt. Oft wird mit dem Ausdruck der Stimme zusätzlich die Information der Emotionen mitgegeben. Wenn der Hörgeschädigte den Sprecher mit seiner Mimik und Gestik nicht sieht, dann können sarkastisch, ironisch oder heuchlerische Sätze missverständlich aufgenommen werden.[73]

Die Kommunikation dient nicht nur dazu, Informationen auszutauschen. Vielmehr existiert die Kommunikation, um Kontakte zu knüpfen, auszubauen und zu halten. Menschen mit Hörschädigungen fällt dies schwerer. Oft ist die Unterhaltung mit Normalhörenden zu schnell, um sie rechtzeitig zu verarbeiten und mitzuwirken. Durch wiederholende Missverständnisse und Nachfragen ist die Kommunikation gestört. Dies führt oft dazu, dass sich Hörgeschädigte zurückziehen und vereinsamen, da jede Unterhaltung zu viel Kraft und Anstrengung kostet. Sie fühlen sich unverstanden, haben Angst vor Zurückweisung und bilden eine Abwehrreaktion.[74] Resignation und Unsicherheit sind kontinuierliche Begleiter der Schwerhörigen.

Es gibt jedoch einige Wege diese Unsicherheit und Hilflosigkeit zu bekämpfen. Eine dieser Möglichkeiten ist die Hörgeräteversorgung, die in ihrer Technologie immer weiter voranschreitet.

6 Hörgeräte

Um zu verstehen, wie moderne Hörgeräte die Eingangssignale verstärken und verarbeiten, ist es wichtig, erst einmal den allgemeinen Aufbau und die Grundfunktion eines Hörgeräts aufzuzeigen.

6.1 Allgemeiner Aufbau

Es gibt analoge und digitale Hörgeräte. Da analoge Hörgeräte mittlerweile veraltet sind, werden in dieser Arbeit nur die digitalen Hörgeräte behandelt.

Alle Hörgeräte haben als Basis dieselben Komponenten, bestehend aus mindestens zwei Mikrofonen, einem Verstärker, einem Hörer, einer Batterie/einem Akku und einem Rechenchip.

[72] vgl. Müller (2002), Seite 60-61
[73] vgl. Eitner (2008), Seite 64
[74] vgl. Eitner (2008), Seite 63-64

Wie in Abbildung 11 zu sehen ist, wandelt das Mikrofon den eintretenden Schall in elektrische Impulse um und schickt diese dann an den Verstärker. Oft hat ein Hörgerät noch eine Telefonspule, um magnetische Abstrahlungen (z.B. bei Telefonspulen oder Induktionsschleifen) aufzunehmen. Diese kann manuell eingeschaltet werden.[75]

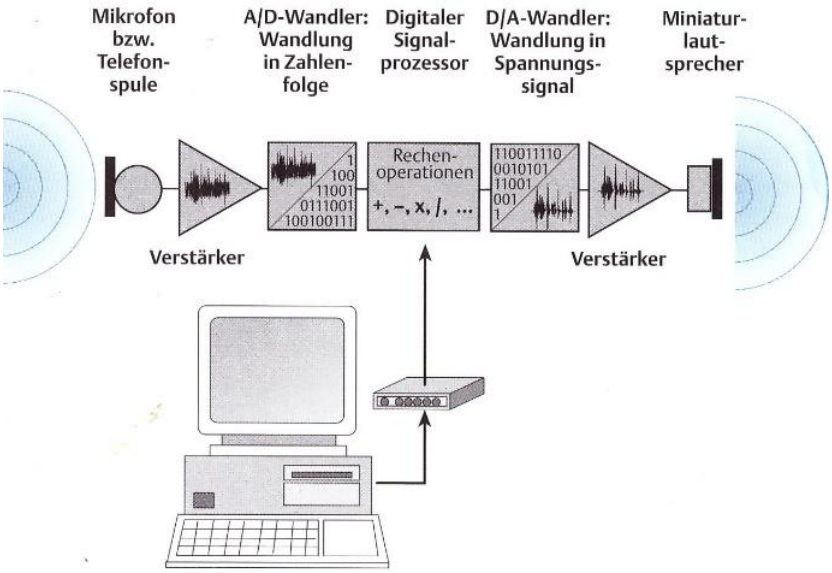

Abbildung 11 Funktionsweise eines digitalen Hörgeräts
(Quelle: Endlich besser hören, 2002, Seite 56)

Der Analog/Digitalwandler (A/D-Wandler) setzt den Schall in digitale Werte um. Der im Hörgerät eingebaute Computerchip berechnet durch bestimmte Algorithmen, wo und wie viel Verstärkung notwendig ist und ob eine weitere Bearbeitung der Frequenzen benötigt wird. Der Digital/Analogwandler (D/A-Wandler) wandelt die berechnete Information wieder in elektrische Signale um und sendet sie an den Hörer, der es wiederum an das Ohr weiterleitet.[76] (Genauere Erklärung der Signalverarbeitung in Kapitel 7)

Die voranschreitende Technologie hat erwiesen, dass sich Mikrofone (bevorzugt werden Elektret-Mikrofone) mit bestimmten Richtcharakteristiken, die zu Richtmikrofonen verschaltet sind, am besten für Hörgeräte eignen. So wird eine bessere Unterscheidung von Stör- und Nutzschall gewährleistet, denn der Mensch neigt dazu, sich dem Nutzschall zuzuwenden. Dies führt dazu, dass der Nutzschall von vorne kommt. Das eine Mikrofon wird nach vorne gerichtet und das andere nach hinten. Somit entsteht eine Richtcharakteristik, die das von vorn

[75] vgl. Kießling (2002), Seite 54
[76] vgl. Kießling (2002), Seite 56-57

aufgenommene Signal (das Nutzsignal), am meisten verstärkt. Der Störschall, der von der Seite kommt, wird am wenigsten verstärkt. [77]

Heutzutage benutzt fast jeder Mensch ein Handy oder einen Laptop, die Radiofrequenzen erzeugen. Eine elektrostatische Entladung ESD (Electronic Static Discharge), d.h. ein Ausgleich von elektronischen Ladungen zwischen unterschiedlich geladenen Maschinerien, findet bei diesen Geräten statt und kann ein Hörgerät schädigen. Aus diesem Grund werden an dem Mikrofon des Hörgeräts Dioden eingebaut, um die Radiosignale zu demodulieren; sie sind dann wahrnehmbar. Um vor diesem hörbar gemachten Störschall zu schützen, gibt es in den Mikrofonen eingebaute Filter (EMI-Suppression), die diese elektromagnetischen Interferenzen (EMI) unterdrücken.[78]Auch bei den Hörern werden Maßnahmen zum Schutz der ESD und der EMI getroffen, indem das Gehäuse aus einem magnetisch abschirmenden Metall hergestellt wird.[79]

In der Hörgerätetechnologie werden mittlerweile ausschließlich elektromagnetische Hörer verwendet, da der Wirkungsgrad im Vergleich zu elektrodynamischen Hörern weit höher ist. Bei einem elektromagnetischen Hörer arbeitet ein u-förmiger Magnet aus Weicheisen auf einer mit einem Weicheisenstreifen bedeckte federbare Membran. Eine Spule, die um den u-förmigen Magnet gewickelt ist, bestimmt die Wirkung des Hörers durch die Polarisation. Da die Membran während des Stromflusses durch den auf ihr liegenden Magnet hin und her bewegt wird, bedeutet dies eine umso größere Leistung des Magnets, je mehr Masse dieser besitzt. Allerdings besteht zwischen diesem Magnet und der Membran ein Feder-Masse-System, d.h. es werden Resonanzen verursacht. Die Otoplastik bestimmt, wie sich diese Resonanzen auf den Hörer und somit die Hörqualität auswirken. Die Verarbeitung der Otoplastik ist somit von enormer Bedeutung.[80]

[77] vgl. Kießling (2002), Seite 57
[78] vgl. Ulrich/Hoffmann, Seite 236
[79] vgl. Deutsches Hörgeräte Institut GmbH: „Deutsches Hörgeräte Institut. Aufbau der Hörer.“ URL: http://www.dhi-online.de/DhiNeu/12_Fachtec/FtHgTec/06_Wandler/Fthgtec_0604_1.html, Abruf am 03.09.2018
[80] vgl. Deutsches Hörgeräte Institut GmbH: „Deutsches Hörgeräte Institut. Der elektromagnetische Hörer.“ URL: http://www.dhi-online.de/DhiNeu/12_Fachtec/FtHgTec/06_Wandler/Fthgtec_0604_2.html, Abruf am 03.09.2018

Abbildung 12 Otoplastik
(Quelle: https://www.schaefer-hoergeraete.de/hoergeraete-faq/otoplastik.html, Abruf am 03.09.2018)

Der Einfluss der Otoplastik auf die Qualität eines Hörgeräts wird oft unterschätzt. Sie bestimmt jedoch enorm den Klang und den Schalldruck am Trommelfell. Es gibt einige Faktoren, die für die Wahl der richtigen Otoplastik relevant sind, wie zum Beispiel der Tragekomfort, der kosmetische Aspekt und die akustischen Eigenschaften. Die Aufgabe, das Ohr passgenau abzuschließen, um einen möglichst geringen Verlust des Eingangssignals zu bewerkstelligen, ist eines der bedeutsamsten Aufgaben der Otoplastik. Auf den Tragekomfort und Unverträglichkeiten oder Allergien wird Rücksicht genommen. So besteht die Otoplastik aus verschiedenen weichen und harten Materialien, wobei die gängigsten Materialien Acryl, THERMOtec, Silikon und Titan sind. Otoplastiken sind meist glatt, um die Pflege zu erleichtern. Ausgehend von der Hörgeräteart gibt es Otoplastiken in vielen verschiedenen Formen, und auch die Individualität jedes Ohrs ist von Bedeutung, denn jedes Ohrstück muss maßgeschneidert angefertigt werden.[81]

Bei fast jeder Hörgeräteart ist eine Belüftungsbohrung notwendig. Diese verhindert, dass sich zu viel Nässe im Ohr bildet, wenn das Ohr zum größten Teil abgeschlossen ist. Mit der Belüftungsbohrung wird ein weiteres Problem gelöst: Ist ein Ohr vollkommen verschlossen, so hört man das eigene Kauen und Schlucken lauter. Das liegt daran, dass der komplette Schall von den Knochen in den Gehörgang geleitet wird und nicht wie gewohnt über den offenen Gehörgang austreten kann. Dieser Effekt nennt sich Okklusions- oder auch Verschlusseffekt. Um dies zu umgehen, wird eine Belüftungsbohrung von mindestens 2mm Durchmesser benötigt, allerdings darf dies wiederum nicht zu groß sein, da sonst Rückkopplungen entstehen[82]

Hörgeräte werden in verschiedene Preisklassen unterteilt. Es gibt keine Abgrenzung von schlechten oder guten Hörgeräten, lediglich der Komfort und die Chip-Rechenleistung machen

[81] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 977-881
[82] vgl. Schaub (2005), Seite 38

den Preisunterschied aus. Man unterscheidet zwischen Basisklasse, Mittelklasse und Oberklasse. Zur Basisklasse zählen die Hörgeräte, die von der Krankenkasse vollständig übernommen werden, oft auch Kassengeräte genannt. Sie bieten eine Hörverstärkung und Hörverständnis von ca. 80%. Mittelklassemodelle besitzen Lärmunterdrückung und automatische Programmschaltung. Deren Aufgabe ist es, in verschiedenen Lautstärkeumgebungen die Verstärkung automatisch zu unterdrücken, wie z.B. auf einem Konzert oder im Büro. Einige an der Oberklasse grenzenden Mittelklasse-Hörgeräte haben die Möglichkeit sich per Bluetooth-Anbindung oder Fernbedienung direkt mit dem Fernseher oder Telefon zu verbinden. Zur Oberklasse gehören die Hörgeräte, deren Chip-Rechenleistung enorm hoch ist und die neusten Technologien besitzen.[83]

Die Preisklasse ist nicht die einzige Kategorie, nach der Hörgeräte unterschieden wird, sondern auch deren Bau- und Funktionsart. Die gängigsten Hörgerätearten sind unter anderem Im-Ohr-Geräte (IO-Geräte), Hinter-dem-Ohr-Geräte (HdO-Geräte) und auch Cochlea-Implantate werden eingesetzt; allerdings wird in dieser Arbeit aufgrund der Komplexität dieser Implantate nur die IO- und HdO-Geräte behandelt.

6.2 Arten von Hörgeräten

Die bekanntesten Hörgeräte sind Im-Ohr-Geräte und Hinter-dem-Ohr-Geräte. Nicht nur ihr Aufbau, sondern auch ihre Leistung ist verschieden.

Bei leichtem Hörverlust eignen sich Im-Ohr-Geräte. Sie sind recht klein und werden in den Gehörgang geschoben. Auf Abbildung 13 ist zu erkennen, dass es unterschiedlich große IO-Hörgerätemodelle gibt. Eines der Modelle, das Concha-Hörgerät, füllt einen großen Teil der Ohrmuschel und ist das größte Modell der IO-Geräte; dafür ist es auch am leistungsstärksten. Es bietet genügend Platz für neue Technologien und eine größere Batterie. Das Canal-Hörgerät ist ein kleineres Modell und wird am äußeren Gehörgang angebracht. Das kleinste IO-Modell ist das CIC-Hörgerät (ausgeschrieben heißt es Completely-In-The-Canal-Hörgerät). Wie die Bezeichnung erklärt, sitzt das Hörgerät tief im äußeren Gehörgang.[84] Aufgrund der kleinen Bauart ist es nicht möglich, die Lautstärke manuell zu regeln. Die Lautstärken werden bei CIC-

[83] vgl. Gossler, Ascan: „Vom Hörgerät zum Hörsystem. Wie Wireless, Bluetooth & Co das Leben hörgeminderter Menschen verändern.“ (Kindle e-Book), 2012
[84] vgl. Persönliche Erfahrung

oder auch Canal-Hörgeräten automatisch geregelt. Meist ist ein Nylonfaden an CIC-Geräten angebracht, um das Herausnehmen der Hörgeräte zu erleichtern.[85]

Abbildung 13 IO-Hörgerätemodelle
(Quelle: https://www.amplifon.com/web/de/mini-hoergeraete, Abruf am 04.09.2018)

Da IO-Geräte klein gebaut sind, liegen Mikrofon und Hörer sehr nah beieinander. Daher ist es nicht sinnvoll, ein IO-Modell zu tragen, wenn der Hochtonverlust groß ist, da es durch die hohe Verstärkung zu Rückkopplungen kommen kann. Eine weitere Voraussetzung für das Tragen von IO-Hörgeräten ist, dass der äußere Gehörgang nicht zu eng sein darf. Es ist sonst nicht möglich, die Technik in das Ohr zu packen. Schwitzt der Hörgeschädigte schnell, oder bildet sich regelmäßig Nässe im Ohr, ist auch von einem IO-Gerät wegzudenken, da der Hörer trotz Schutz recht anfällig ist. Dies bedeutet, dass IO-Hörgeräte meist schneller beschädigt werden als HdO-Geräte. Außerdem bedeutet die kleinere Bauweise auch eine kleinere Batterie, die demnach öfter gewechselt werden muss. Der Vorteil an IO-Geräte ist allerdings, dass diese unauffälliger sind und die Lage der Wandler richtig liegt. Das bedeutet, dass die Funktion der Ohrmuschel erhalten bleibt, und eine gute Klangqualität gewähreistet ist.[86]

[85] vgl. Kießling (2002), Seite 60
[86] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 199-202

Abbildung 14 Aufbau eines HdO-Hörgerätes
(Quelle: https://wirhoeren.de/hoergeraete-fragen-und-antworten/hinter-dem-ohr-hoergeraete/, Abruf am 04.09.2018)

Das Hinter-dem-Ohr-Hörgerät ist die am meisten getragene Hörgeräteart. In Abbildung 14 ist deren Bauweise zu sehen. Alle Bauteile liegen im Hörgerätegehäuse. Das Mikrofon ist oberhalb der Ohrmuschel angebracht, und der Lautsprecher sendet den Schall über das Winkelstück, das auch gleichzeitig als Halt für das Hörgerät am Ohr dient, durch den Hörschlauch weiter über die Otoplastik an den äußeren Gehörgang.[87] In der Regel ist in jedem Hörschlauch ein Filter angebracht, um Schallschlauchresonanzen zu vermindern. HdO-Geräte sind sehr flexibel in der Technik, da ihre Größe variabel ist. Am Gehäuse ist meistens ein Lautstärkeregler angebracht, um die manuelle Verstärkung zu bestimmen. Bei HdO-Hörgeräten mit automatischer Programmerkennung ist dies nicht notwendig, HdO-Geräte fallen dementsprechend kleiner aus. Diese sind für fast jeden Grad an Hörverlust geeignet und pflegeleicht. Es sollte regelmäßig der Hörschlauch austauscht werden, da dieser mit der Zeit hart und brüchig wird. Für HdO-Geräte ist auch eine offene Versorgung möglich, was bedeutet, dass keine Otoplastik nötig ist. Dafür gibt es die beliebten Ex-Hörer-Hörgeräte. Sie sind eine Mischung aus HdO- und IO-Geräte. Bei Ex-Hörern ist der Hörer aus dem Gehäuse verlagert. Dieser ist mit einem dünnen Hörschlauch mit den restlichen Komponenten verbunden und werden in den Gehörgang eingeführt. Diese Auslagerung ermöglicht eine kleinere Bauform des HdO-Gehäuses und wird deswegen sehr gern gewählt. Allerdings sind Ex-Hörer nur für leichten bis mittleren Hörverlust geeignet. Der Grund dafür ist, dass durch die offene Versorgung ein Anteil am einkommenden Schall austritt. Dies bedeutet, dass das Hörgerät eine größere Leistung vollbringen muss, um die gleiche Verstärkung

[87] vgl. Kießling (2002), Seite 58-59

zu erzielen wie bei herkömmlichen HdO-Hörgeräten. Ist die benötigte Verstärkung allerdings zu groß, kommt es zu Rückkopplungen.[88]

Abbildung 15 Ex-Hörer von der Firma Oticon (Quelle: https://www.meinhoergeraet.de/de/hoergeraete/oticon-como-pro-ex-hoerer-mini_268, Abruf am 04.09.2018)

7 Wie arbeiten digitale Hörgeräte

Dieses Kapitel behandelt die Verstärkung und Verarbeitung von Signalen aus technischer Sicht. In jedem Hörgerät ist zusätzlich eine klassische Störschall- und Rückkopplungsunterdrückung eingebaut.

7.1 Signalverarbeitung

Das Eingangssignal wird vom A/D-Wandler in eine Zahlenfolge umgewandelt, damit der Chip das Signal verarbeiten und analysieren kann. Durch die Analyse des Signals kann die benötigte Verstärkung und Bearbeitung erfolgen.

Da der Hörbereich eines Hörgeschädigten kleiner ist als der eines Normalhörenden, muss beachtet werden, dass die individuelle Unbehaglichkeitsschwelle nicht überschritten wird. Hierfür gibt es einen Kompressor, der die Verstärkung regelt, damit diese nicht über die

[88] Persönliche Erfahrung

Unbehaglichkeitsschwelle hinaustritt. Als Beispiel wird für Abbildung 16 die Unbehaglichkeitsschwelle von 100 dB verwendet. [89]

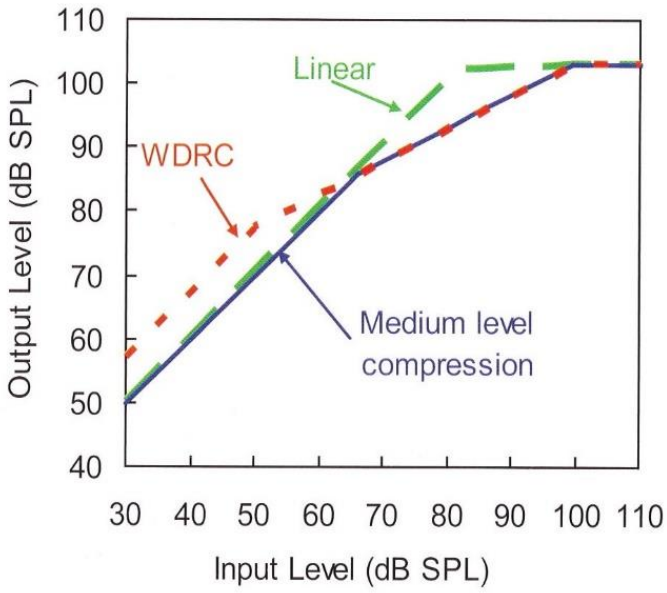

Abbildung 16 Dynamikkompressionen
(Quelle: Hearing Aids, 2012, Seite 184)

Eine Variante der Verstärkung für einzelne Frequenzen ist die lineare Verstärkung (grün gestrichelte Linie). Wie in Abbildung 16 zu sehen ist, wird bei jedem Eingangspegel die gleiche Verstärkung zugeführt; somit steigt auch der Ausgangspegel linear an. Ab einem Eingangspegel von ca. 80 dB beeinflusst der Kompressor die Verstärkung, da die Unbehaglichkeitsschwelle sonst überschritten wird, was für den Hörgeräteträger enorm unangenehm ist. Die lineare Verstärkung wird mittlerweile nicht mehr verwendet, da es bessere Methoden gibt, die den Komfort des Hörgeschädigten steigern.[90]

Eine Möglichkeit ein Signal zu verstärken, ist die Wide-Dynamic-Range-Compression (rot gestrichelte Linie), kurz WDRC. Die niedrigen Pegel werden mehr verstärkt als bei der linearen Verstärkung. Ab einem bestimmten, durch Berechnungen aufgestellten Punkt wird die Verstärkung abgeschwächt. Durch die langsame Annäherung an die Unbehaglichkeitsschwelle ist es für den Hörgeschädigten angenehmer, als wenn, wie bei der linearen Verstärkung, für eine längere Zeit mit steigendem Eingangspegel an der Unbehaglichkeitsschwelle stagniert wird.[91]

[89] vgl. Dillon, Harvey: „Hearing Aids“, Hong Kong: Boomerang Press, 2012, Seite 180
[90] vgl. Persönliche Erfahrung
[91] vgl. Dillon (2012), Seite 183-184

Die Medium-Level-Compression in Abbildung 16 zeigt eine Mischung aus der linearen Verstärkung und der WDRC. Diese verstärkt die leisen Töne nicht so stark wie die WDRC, allerdings nähert sie sich durch die abnehmende Verstärkung angenehm der Unbehaglichkeitsschwelle.[92]

In der Hörgerätetechnologie hat sich für die Signalverarbeitung und -verstärkung die Multi-Kanal-Dynamikkompression durchgesetzt. Das einkommende Signal wird durch Filter (Hochpass-, Tiefpass- und Bandpassfilter) in verschiedene Frequenzbänder aufgeteilt, die jeweils mit einem eigenen Kompressor individuell bearbeitet werden. Da der Grad der Verstärkung von dem Grad des Hörverlusts abhängt, der wiederum von der Frequenz bestimmt wird, ist die Multi-Kanal-Kompression vorteilhaft [93] . Diese ermöglicht eine feine Anpassung an den Hörgeschädigten. Kassengeräte haben eine Mindestanforderung von 4 Kanälen. Es steigert sich bei anderen Geräten bis zu 8, 16 Kanäle und mehr. Zu viele Kanäle sind jedoch nicht sinnvoll, da die Bedienung für den Hörakustiker unübersichtlich wird und eine zu feine Verstärkung bei zu vielen Kanälen nicht notwendig ist.[94]

Bei hochgradigen (meist Hochton-)Hörverlusten, bei denen Frequenzen aufgrund von abgestorbenen inneren Haarzellen ausgelöscht sind, ist eine Verstärkung keine Alternative. Hierfür gibt es jedoch zwei Lösungen: Die Frequenzkompression und die Frequenztransposition. Abbildung 17 zeigt anschaulich die Herangehensweise an diese Problematik. Die hellen Farben auf der linken Seite stellen die tiefen Frequenzen dar, die höher werden, je dunkler die Farben werden.

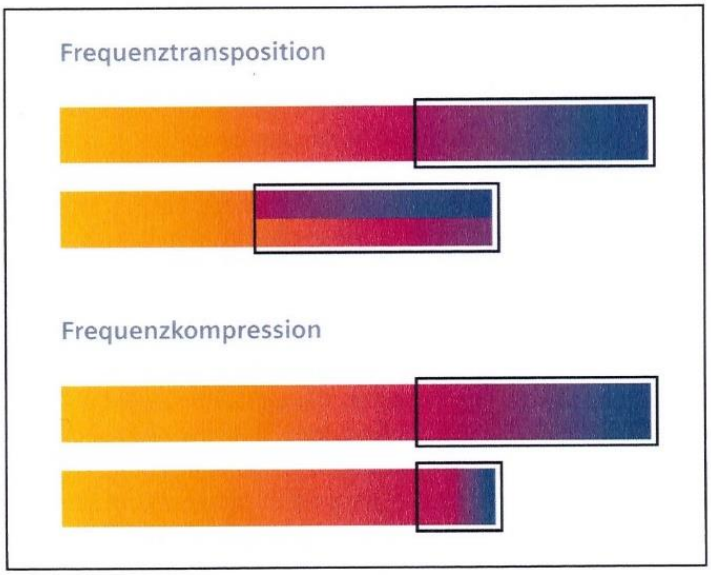

Abbildung 17 Transition und Kompression
(Quelle: Fachbeiträge der Hörakustik, 2013, Seite 221

[92] vgl. Dillon (2012), Seite 184
[93] vgl. Dillon (2012), Seite 183
[94] vgl. Persönliche Erfahrung

Die lineare Transposition schneidet hohe Frequenzen aus und verlagert diese in den Hörbereich der niedrigeren Frequenzen herunter. Allerdings führt dies dazu, dass sich Frequenzen überlagern und sich das resultierende Mischsignal im Spektrum stark vom ursprünglichen Signal unterscheidet.[95]

Die Kompression gibt tiefe und mittlere Frequenzen unbearbeitet wieder. Der Hochtonbereich wird durch Algorithmen in den hörbaren Bereich zusammengestaucht. Durch die Kompression verlernt der Hörgeschädigte hohe Frequenzen wahrzunehmen, die jedoch wichtig sind, um räumlich und selektiv hören zu können.[96]

Generell gilt für beide Methoden, dass der Hörgeräteträger das Hören neu erlernen muss, da die Signale verändert wiedergegeben werden. [97]

7.2 Störschallunterdrückung

Störschallunterdrückung wird in adaptiv und impulsiv unterteilt. Adaptive Störschallunterdrückung ist meistens das Unterscheiden von Sprache vom anhaltenden Störschall. Wie bereits in Kapitel 6.1 erwähnt, ist die erste Methode die Richtwirkung der eingebauten Mikrofone im Hörgerät. Es wird angenommen, dass der Störschall aus einer anderen Richtung kommt als die der Sprache. So ist die Aufstellung der Mikrofone von Vorteil, da der Störschall, der von der Seite auftritt, im optimalen Fall nicht aufgenommen wird. Der Störschall besitzt zusätzlich ein anderes Frequenzspektrum. Als Exemplar gilt das in tiefen Frequenzen dominantere Brummen eines Kühlschranks im Vergleich zu den Lauten der Stimme. Das Brummen ist durch einen zugeschalteten Hochpassfilter effektiv unterdrückbar, jedoch tritt Störschall meistens nicht nur in einem Frequenzbereich auf. Die Störung besitzt Frequenzanteile, die auch in der Sprache zu erkennen sind.[98] Sprache werden aufgrund deren Zeitintervalle, Frequenzen und Amplitude der Wörter durch digitale Filter vom Störschall unterschieden.[99] Meistens wird die Multi-Kanal-Kompression verwendet, um das Signal in verschiedene

[95] vgl. Evelyn, Seubert: „Frequenzkompression mit Fingerspitzengefühl“, in: Hörakustik 6/2013; Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH (Hrsg.): Fachbeiträge der Hörakustik. 49 Artikel aus 24 Ausgaben der führenden Fachzeitschrift für die Hörgeräteakustik. Oktober 2011-September 2013. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, Heidelberg, 2013, Seite 221-225

[96] vgl. Warncke, Horst: „Frequenzkompression-der Weisheit letzter Schluss?“, in: Hörakustik 8/2010; Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH (Hrsg.): Fachbeiträge der Hörakustik. 52 Artikel aus 24 Ausgaben der führenden Zeitschrift Deutschlands. Oktober 2009- September 2011. Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, Heidelberg, 2011, Seite 141-143

[97] vgl. Warncke (2011), Seite 141

[98] vgl. Kießling, Jürgen/ Kollmeier, Birger/ Diller, Gottfried: „Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten“, Stuttgart: Thieme Verlagsgruppe (2008), Seite 143-144

[99] vgl. Dillon (2012), Seite 227

Frequenzbänder zu unterteilen. Durch die Filter wird ermittelt, in welchem Frequenzbereich der Störschall liegt und um wie viel man das Teilsignal abschwächen muss. Diese Verringerung wird von den jeweiligen Verstärkern in den Kanälen ausgeführt. Anschließend werden die Teilbänder als Ausgangssignal addiert und der Hörgeschädigte hört im besten Fall die Sprache deutlicher ohne Verstärkung.[100]

In der Praxis gibt es nicht nur andauernden Störschall. Türen knallen zu, Hämmern, oder das plötzliche Platzen eines Luftballons wird auch als störend empfunden und ohne impulsive Störschallunterdrückung kann dies unangenehm sein, da der Knall durch das Hörgerät zusätzlich verstärkt wird. Leistungsfähige Hörgeräte registrieren abrupt wechselnde Druckunterschiede und erkennen somit, dass das Signal keine Sprache ist. Es bildet den schnellen Auf- und Abfall eines Tons nicht ab. Dieser Vorgang hat die Bezeichnung Klangglättung, dessen Algorithmus während eines impulsiven Störsignal die Sprache verändert. Ohne die Signalverarbeitung wird die Sprache nicht gehört, denn diese wird aufgrund der Intensität während des Störsignals maskiert. Durch die Klangglättung ist jedoch der Komfort der Lautstärke und Verständlichkeit gegeben.[101]

7.3 Rückkopplungs-Unterdrückung

Für Hörgeräte, deren Mikrofone und Hörer besonders nah aneinander gebaut sind, ist das Verhindern von Rückkopplung von Bedeutung. Deren Ursachen sind mechanischer, elektrischer und akustischer Natur.[102]

Bei mechanischen Rückkopplungen werden Schwingungen vom Hörer über das Gehäuse auf das Mikrofon übertragen. Eine Maßnahme dagegen ist die elastische Lagerung von Mikrofon und Hörer im Gehäuse. Elektrische Rückkopplungen werden durch Induktion hervorgerufen, weswegen alle wichtigen Zuleitungen und Bauteile elektrisch abgeschirmt sind. Die akustische Rückkopplung entsteht, wenn die Verstärkung des Eingangsschalls zu laut ist.[103] Der verstärkte Schall vom Hörer wird wieder vom Mikrofon aufgenommen. Durch die Verarbeitung im Hörgerät ist dieser nun höher als das ursprüngliche Eingangssignal. Dieser kontinuierlich verstärkte Schall durchläuft das Hörgerät so oft, bis der maximale Ausgangsschallpegel erreicht ist.[104] Das entstehende Pfeifen des Hörgeräts ist selbst für Umstehende zu hören.

[100] vgl. Schaub (2005), Seite 104-105
[101] vgl. Dillon (2012), Seite
[102] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 739
[103] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 739
[104] vgl. Schaub (2005), Seite 44

Akustische Rückkopplungen sind auf bestimmte verstärkte Frequenzen zurückzuführen. Der problemloseste Weg, die Rückkopplung aufzuheben ist, die Lautstärke am Gehäuse oder die gesamte Verstärkung herunterzufahren. Dies ist jedoch nicht vorteilhaft, da der Hörgeschädigte eventuelle Hörprobleme aufgrund der niedrigen Verstärkung hat. Eine optimale Lösung ist das Herunterfahren der Verstärkung der Frequenzen, die von der Rückkopplung verursacht wird.[105] Dazu gibt es den elektronischen Notch-Filter (auf deutsch Kerbfilter), der genau die Verstärkung einer bestimmten Frequenz absenken kann.[106] Hierfür sind auch die Multi-Kanal-Hörgeräte von Vorteil, da diese aufgrund der geteilten Frequenzbänder die Verstärkung eines bestimmten Frequenzbereichs herunterregeln können, ohne die generelle Verstärkung absenken zu müssen.[107]

Die meisten digitalen Hörgeräte werden oft ganz normal weiterverstärkt und für das Problem der Rückkopplung wird das Verfahren der adaptiven Rückkopplungs-Unterdrückung verwendet. In Abbildung 18 wird das Schema dazu aufgezeigt.

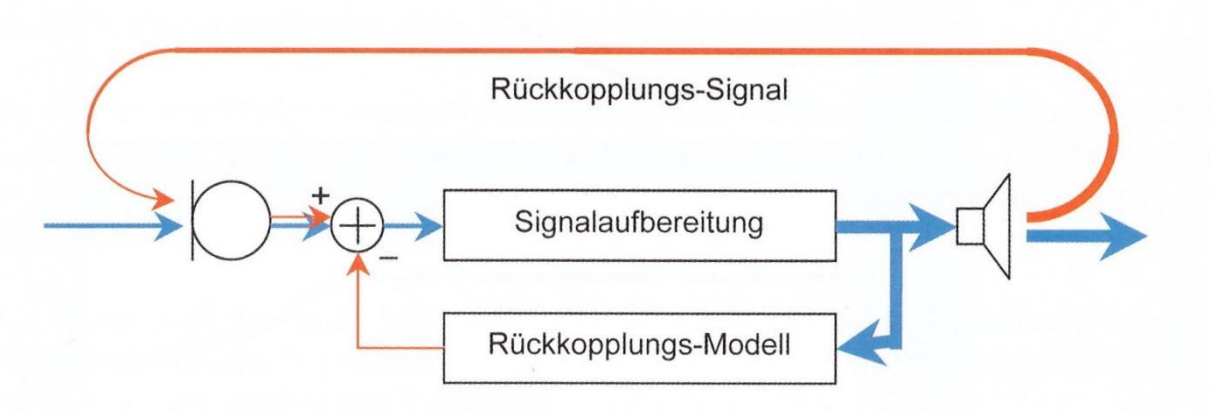

Abbildung 18 adaptive Rückkopplungs-Unterdrückung
(Quelle: Digitale Hörgeräte. Was steckt dahinter?, 2005, Seite 44)

Die blauen Pfeile veranschaulichen den Weg des eintreffenden Schalls zum Trommelfell. Der rote Pfeil ist der verstärkte Schall, der wieder vom Mikrofon aufgenommen wird, also die Rückkopplung. Bei der adaptiven Rückkopplungs-Unterdrückung gibt es einen zweiten Rückkopplungspfad mit einem Rückkopplungs-Modell, der komplett innerhalb des Hörgeräts passiert.[108] Das Modell schätzt kontinuierlich das externe Rückkopplungssignal. Der geschätzte Wert wird vom Eingangssignal (und dem Rückkopplungssignal) subtrahiert und somit wird die Rückkopplung ausgelöscht. Folglich wird nur das Eingangssignal weitergeleitet.[109]

[105] vgl. Dillon (2012), Seite 234
[106] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 739
[107] vgl. Dillon (2012), Seite 234
[108] vgl. Dillon (2012), Seite 236
[109] vgl. Schaub (2005), Seite 44

8 Anpassung beim Hörakustiker

In diesem Kapitel wird erläutert, wie der hörgeschädigte Kunde an sein für ihn optimal angepasstes Hörgerät gelangt.

Um die Leistung der Krankenversicherung in Anspruch nehmen zu können, ist die Verordnung eines HNO-Arztes nötig. Es kann ansonsten jeder beim Hörakustiker Hörsysteme erwerben, der mit routinierten Schritten das passende Hörgerät ermittelt.

8.1 Vorgespräch

Beim Vorgespräch mit dem Hörakustiker werden Daten über den Kunden ermittelt. Es wird gefragt, wie dieser mit der bisherigen Schwerhörigkeit ausgekommen ist und welche Unannehmlichkeiten auffallen. Wichtig ist es für den Hörakustiker zu wissen, ob dies eine Erstversorgung ist, d.h. ob der Kunde zum ersten Mal Hörgeräte trägt. Die Aufklärung über das gewöhnungsbedürftige erstmalige Tragen ist von Bedeutung, da die meisten Erstkunden erwarten, dass durch das Einsetzen von Hörgeräten das Hörvermögen umgehend verbessert. Allerdings wird unterschätzt, dass plötzlich jedes Geräusch laut wahrgenommen wird. Der Gesundheitszustand ist ebenfalls in Erfahrung zu bringen, um z.B. eine allergische Reaktion, vor allem bei der Otoplastik, auszuschließen oder um bei einem laufenden Ohr kein IO-Gerät vorzuschlagen. Um herauszufinden, welche Anforderungen der Kunde an das Hörgerät hat, stellt der Hörakustiker Fragen, die ihm Informationen über das Umfeld und den Tagesablauf geben. Fragen, wie „Schauen Sie gern fern?“, „Gehen Sie gerne auf Konzerte?“, „Tragen Sie eine Brille?“, „Ist ihr Arbeitsumfeld laut? Können Sie Gespräche folgen?“ werden oft gestellt, um eine Vorauswahl an bestimmten Hörgeräten zu treffen.[110]

8.2 Audiometrie

Mit der Audiometrie wird analysiert, wie hoch der Hörverlust ist und wo er liegt, um später die ausgewählten Hörgeräte richtig einzustellen. Dazu wird ein Ton- und Sprachaudiogramm erstellt.

Zunächst vergewissert sich der Hörakustiker, dass der äußere Gehörgang nicht verstopft ist, z.B. mit Cerumen (Ohrenschmalz). Für das Ton-Audiogramm wird nicht nur die Hörschwelle für die

[110] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 838-845

Luftleitung, sondern auch für die Knochenleitung ermittelt. Schall kann auch über die Knochen in das Innenohr aufgenommen, was in Abbildung 19 dargestellt wird.[111]

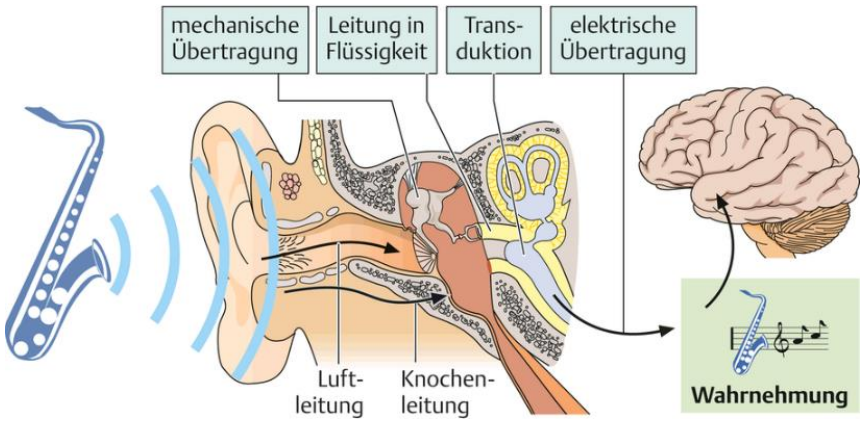

Abbildung 19 Schallaufnahme durch Luft- und Knochenleitung (Quelle: https://viamedici.thieme.de/api/images/l/n/a/h/m/e/physio_015800_schallaufnahme.png, Abruf am 07.09.2018)

Für die Analyse der Hörschwelle der Luftleitung wird dem Kunden zunächst ein Kopfhörer aufgesetzt. Es wird zuerst auf dem rechten Ohr, dann auf dem linken eine Reihe von lauter werdenden Tönen verschiedener Frequenzen eingespielt. Sobald der Ton zu hören ist, soll der Kunde reagieren. Nach diesem Hörtest wird dem Kunden der Kopfhörer abgenommen und ein Knochenleitungshörer an den Mastoiden (Knochen hinter dem Ohr) gehalten. Eine ähnliche Messung der Hörschwelle wird an der Knochenleitung durchgeführt. Durch die Messung der Hörschwellen wird auch gleichzeitig der Hörverlust erkennbar. Der letzte Schritt der Tonaudiometrie ist das Herausfinden der Unbehaglichkeitsschwelle. Der Kopfhörer wird wieder aufgesetzt. Jeweils rechts und links werden Töne mit einer Frequenz von 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz und 4 kHz abgespielt, deren Lautstärke stetig erhöht werden. Der Prozess wird beendet, sobald der Ton dem Kunden zu laut wird und Schmerzen bereitet. Dies ist die individuelle Unbehaglichkeitsschwelle.[112]

Wie ein Ton-Audiogramm aussehen kann, zeigt Abbildung 20. Das rechte Ohr wird mit roter Farbe und das linke Ohr mit blauer Farbe gekennzeichnet. Die Messwerte, die mit Pfeilen gekennzeichnet werden, ergeben die Knochenleitungshörschwelle, während die aus Kreisen bestehenden Werte die Luftleitungshörschwelle aufzeigen. Die mit U verbundenen Werte ergeben die Unbehaglichkeitsschwelle. Die zwischen 250Hz und 6kHz eingezeichnete Blase ist

[111] Persönliche Erfahrung
[112] Persönliche Erfahrung

der Bereich, in dem Sprache verstanden wird. Normalhörende haben in der Regel eine Hörschwelle zwischen 0 und 10 dB. Da die Messwerte in Abbildung 20 eine Hörschwelle von ca. 20-30 dB aufweisen, bedeutet das, dass der Kunde einen leichten Hörverlust hat (Hörverlustgrade unter Kapitel 4).[113]

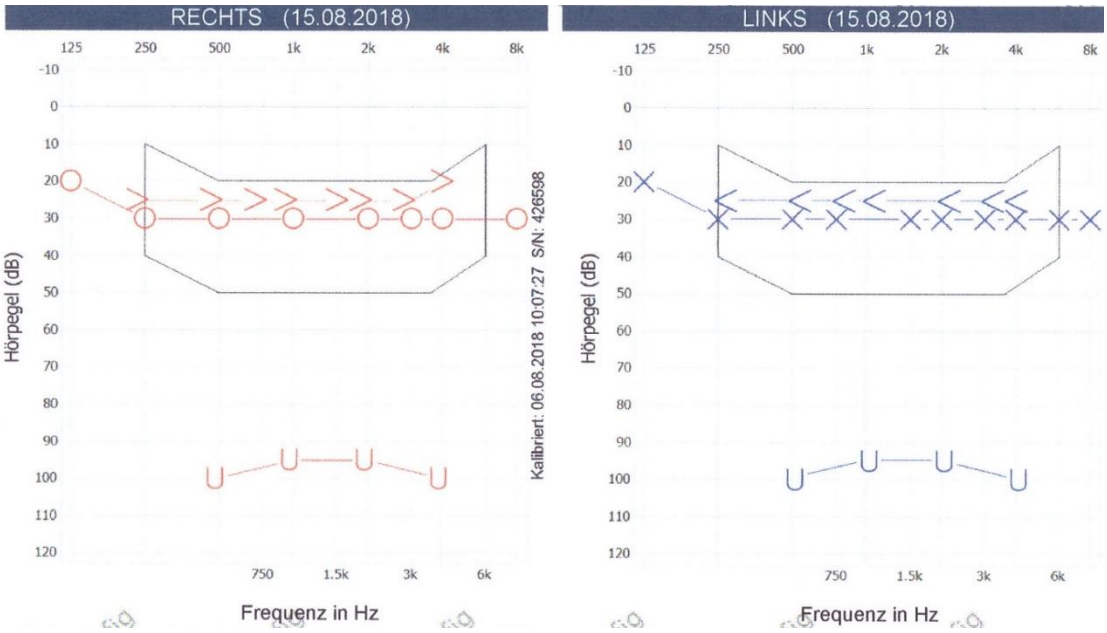

Abbildung 20 Beispiel eines Tonaudiogramms

Bei der Sprachaudiometrie wird der Freiburger Sprachtest verwendet. Der Test besteht aus zehn Gruppen mit jeweils zehn mehrsilbigen Zahlen, sowie 20 Gruppen mit jeweils zehn einsilbigen Wörtern. Dem Kunden wird der Kopfhörer aufgesetzt und zuerst eine Gruppe der mehrsilbigen Zahlen bei einer bestimmten Lautstärke vorgespielt, die laut wiederholt werden soll. Der Zahlentest bestimmt die Verständlichkeit für Vokale, die hauptsächlich im Tieftonbereich vorzufinden sind. Ziel ist es, dass der Kunde mindestens 50% der Zahlen versteht. Ist das nicht der Fall, muss die Lautstärke erhöht und der Test mit einer neuen Zahlengruppe erneut durchgeführt werden, bis das Ziel erreicht ist. Anschließend beginnt der einsilbige Wörtertest. Aufgrund der hochfrequenten Konsonanten in den Wörtern wird die Verständlichkeit im Hochtonbereich analysiert. Der Wörtertest wird wie der Zahlentest durchgeführt und in das Sprachaudiogramm eingetragen. [114]

In Abbildung 21 wird ein Sprachaudiogramm dargestellt. Die linke schwarze Kurve zeigt die Verständlichkeit eines Normalhörenden beim Zahlentest, die rechte schwarze Kurve die Verständlichkeit beim Wörtertest. Bei 110 dB liegt die Unbehaglichkeitsschwelle für beide Ohren.

[113] vgl. Schaub (2005), Seite 30
[114] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 628

Die mit X verzeichneten Werte sind die Ergebnisse des Zahlentests für rechts (rot) und links (blau) des Hörgeschädigten, die verbundenen Werte, die mit 0 eingezeichnet wurden, ergeben die Kurve des Wörtertest. Die Zahlverständlichkeitskurve des Normalhörenden wird mit der Kurve des Hörgeschädigten bei der Verständlichkeit von 50% verglichen und setzt an der Normalkurve die Skala für den Hörverlust in dB an. In Abbildung 21 hat der Kunde also einen Hörverlust von 26 dB auf dem linken Ohr und 28 dB Hörverlust auf dem rechten Ohr. Die Sprache liegt bei 65 dB, was bedeutet, dass dieser Hörgeschädigte nur die Hälfte der Wörter versteht. Für die Norm ist dies nicht ausreichend. Diese Sprachaudiometrie zeigt, dass ein Hörgerät nötig ist.[115]

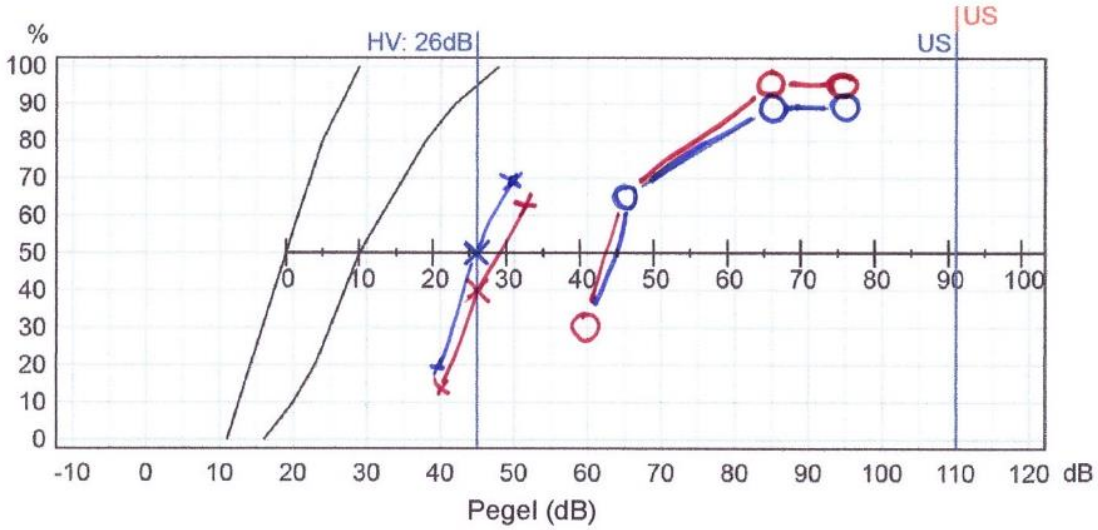

Abbildung 21 Beispiel eines Sprachaudiogramms

Bei einer einseitigen Schwerhörigkeit wird derselbe Test gemacht, allerdings ist das gesunde Ohr durch einseitiges Rauschen betäubt, damit es beim Test nicht mithören und den Hörtest beeinflussen kann.[116]

Im nächsten Kapitel wird das anschließende Beratungsgespräch behandelt. Durch die Audiometrie kann der Hörakustiker passende Hörgeräte aussuchen und dem Kunden vorstellen.

8.3 Beratungsgespräch

Nachdem die Audiometrie abgeschlossen ist, beginnt in der Regel das Beratungsgespräch mit dem Kunden. Die Messergebnisse werden vorgezeigt und erklärt, wo und wie hoch der Hörverlust ist. Der Hörakustiker stellt die Hörgeräte-Modelle (HdO-, Ex- und IO-Hörgeräte) vor

[115] Persönliche Erfahrung
[116] Persönliche Erfahrung

und erklärt den Aufbau dieser Hörgerätearten. Einige Kunden haben spezielle Wünsche bezüglich der Hörgerätebauform, worauf der Hörakustiker nach Möglichkeit und in Anbetracht der Form und des Zustands des Ohres eingehen sollte. Die Technologien der vorgeführten Hörgeräte werden erwähnt, z.B. ob das Hörgerät eine adaptive Störschallunterdrückung und/oder eine Bluetooth-Anbindung besitzt, damit eine direkte Verbindung zum Smartphone erfolgen kann. Es ist grundlegend, den Klienten über die Geräteklassen aufzuklären, denn nicht jedes Hörgerät wird komplett von der Krankenversicherung übernommen. Es ist darauf hinzuweisen, welche Leistungen die verschiedenen Klassen aufweisen. Bei der Entscheidung für ein HdO-Hörgerät muss abgeklärt werden, aus welchem Material die Otoplastik bestehen soll und auch, ob der Kunde eine offene oder geschlossene Versorgung möchte. Geschlossen bedeutet, dass die Otoplastik das Ohr ausfüllt und somit das Eingangssignal nicht aus dem Gehörgang herausströmen kann. Bei einer offenen Versorgung werden beispielsweise die Ex-Hörer verwendet, die keine Otoplastik haben und somit ein gewisser Lautstärkeanteil des Eingangssignals verloren geht. Beide Versorgungsarten haben Vor- und Nachteile. Durch eine offene Versorgung ist die Gefahr von Nässebildung im Ohr gering, allerdings muss die Verstärkung manchmal stärker ausfallen. Dies ist bei hochgradigem Hörverlust nicht möglich, da es sonst zu Rückkopplungen führen kann. Eine geschlossene Versorgung garantiert eine gute Signalaufnahme. Es kann jedoch zu Nässebildung führen und dieses visuell auffallender als HdO-Hörgeräte offener Versorgung. Nachdem 2-3 Hörgeräte zum Test ausgewählt sind, wird die Voreinstellung durchgeführt.[117]

8.4 Voreinstellung und Feinanpassung

Für die Voreinstellung werden Anpassungsprogramme der jeweiligen Hersteller verwendet. Das Hörgerät wird zur Erkennung über einen Adapter mit dem Computer verbunden und das Programm führt eine Geräteerkennung durch. Mit der eingetragenen Audiometrie berechnet das Anpassungsprogramm die ungefähre Verstärkung, die der Hörgeschädigte benötigt. Die Hörgeräte werden dem Klienten ins Ohr gesetzt. Klangqualität und Tragekomfort können bei den verschiedenen zum Test vorliegenden Hörgeräte ausprobieren werden. Hat sich der Kunde für ein Gerät entschieden, das bis zu 14 Tage getestet wird, so kann eine Gerätefeineinstellung erfolgen.[118]

Zuerst wird ein Rückkopplungstest durchgeführt, um zu messen, ab wann und bei welcher Frequenz eine Rückkopplung entsteht. Dafür wird zuerst im rechten und dann im linken

[117] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 845-851
[118] vgl. Ulrich/Hoffmann (2007), Seite 963-965

Hörgerät ein Rauschen abgespielt. Anschließend beginnt das Anpassungsverfahren. Wie bei der Ermittlung der Audiometrie wird der Freiburger Sprachtest durchgeführt. Der Kunde trägt seine Test-Hörgeräte und muss die Zahlen und Wörter aus einem speziellen Lautsprecher, der vor ihm steht, hören und laut wiederholen. Diesmal muss die Sprachverständlichkeit mindestens 80% betragen. Ist das nicht der Fall, so muss die Verstärkung erhöht werden, bis der Kunde das Ziel erreicht.[119]

Nach der Anpassung trägt der Hörgeschädigte die Test-Hörgeräte für eine bis zwei Wochen zur Probe, bis ein Termin zur Feineinstellung gemacht wird. Die Feineinstellung bezieht sich auf den Tragekomfort der Hörgeräte über eine bestimmte Zeitspanne. Durch längeres Tragen fällt dem Kunden auf, ob störende Faktoren am Hörgerät vorhanden sind, wie z.B. „Das Brummen des Kühlschranks ist mir zu laut“ oder „Zischlaute tun weh“. So kann der Hörakustiker das Hörgerät den Wünschen des Kunden anpassen. Dem Beispiel zufolge wird beim Brummen des Kühlschranks die Verstärkung der tiefen Frequenzen heruntergedreht und beim Schmerzen der Zischlaute im Hochtonbereich die Verstärkung entnommen. Der Kunde hat die Möglichkeit die Test-Hörgeräte mit der neuen Anpassung für weitere Tage auszuprobieren oder neue Hörgeräte zum Test auszusuchen, die ihm wieder angepasst werden. Es beginnt erneut die Prozedur der Voreinstellung und der Feinanpassung.[120]

Mit diesen wiederholenden Maßnahmen wird somit schrittweise das passendste Hörgerät für den Kunden gefunden. Entscheidet sich dieser endgültig für ein Modell, so soll er regelmäßig den Hörakustiker zu besuchen, um die Hörgeräte zu reinigen und gegebenenfalls nachzustellen, falls sich das Hören mit der Zeit verschlechtert hat.[121]

Nun ist es interessant zu wissen, ob und wie sich das Leben eines Hörgeschädigten mit einem Hörgerät ändert. Diese Thematik behandelt das nächste Kapitel.

9 Leben mit Hörsystemen

Zu Beginn ist das Tragen der Hörgeräte sehr ungewohnt und es darf nicht vergessen werden, dass sich das Hören nicht sofort optimiert. Das Tragen dieses Fremdkörpers, der neue Geräusche wahrzunehmen ermöglicht, ist anfangs gewöhnungsbedürftig und störend. Das Vergleichen mit einer neuen Brille ist hier hilfreich. Beim erstmaligen Tragen einer Brille fällt jede Unannehmlichkeit auf. Der Bügel drückt an den Seiten, die Flügel schmerzen auf der Nase und

[119] Persönliche Erfahrung
[120] Persönliche Erfahrung
[121] Persönliche Erfahrung

rutschen nach einiger Zeit und die Brillengläser verschmutzen schnell; es ist unangenehm, sie zu tragen. Zusätzlich bereitet das Scharf-Sehen Kopfschmerzen und Schwindel. Doch je länger sie getragen wird, umso mehr wird sich an die Brille gewöhnt und schließlich nicht mehr bemerkt. Genauso ist es mit Hörgeräten. Es wird zunächst als unangenehm empfunden, ein Gerät am Ohr zu spüren. Für Hörgeschädigte, die seit längerer Zeit mit dem Hörverlust leben, ist dies eine enorme Umstellung. Solche Hörgeschädigte hören Geräusche, die schon lange vergessen worden sind, wie z.B. Das Brummen des Kühlschranks, das Ticken der Uhr oder auch Vogelgezwitscher.[122]

Es ist darauf hinzuweisen, dass Hörgeräte keinesfalls das menschliche Ohr ersetzen können. Sie sind lediglich eine „Hör-Hilfe“ und keine „Versteh-Hilfe“. Das Gehirn muss sich auf die neue akustische Veränderung einstellen. Das bedarf langer und geduldiger Übung, denn das Hirn muss lernen, wichtige Informationen von überflüssigen zu unterscheiden und die Aufmerksamkeit auf das Gehörte zu lenken. Das Hören muss mit kleinen Schritten (wieder-)erlernt werden. Da das neue Gehör und das Verarbeiten der Signale anfangs ermüdend ist, wird geraten, die Hörgeräte nur für einige Stunden zu benutzen, und die Tragedauer mit der Zeit zu verlängern. [123] Es ist sinnvoll, die Hörgeräte zuerst in einer ruhigen Geräuschumgebung vor dem Radio oder Fernseher zu tragen oder sich auf ein Gespräch mit einer einzigen Person zu konzentrieren. Bei Unterhaltungen in einer Menschengruppe ist der Hörgeräteträger zu Beginn überfordert, da dieser von einem großen Informationsgehalt überflutet wird.[124]

Es ist ratsam, so früh wie möglich mit der Hörgeräteversorgung anzufangen. Mit wachsendem Alter fällt es schwerer, die neuen Geräusche zu verarbeiten und zu unterscheiden. Das Gehirn arbeitet immer langsamer und die Konzentration lässt schneller nach. Zudem ist die Handhabung der Hörgeräte für ältere Menschen schwerer, die diese zum ersten Mal tragen. Die ungewohnte Handbewegung und das Einstecken von HdO-Hörgeräten in das Ohr ist schwierig oder auch der ständige Batteriewechsel kann anstrengend sein.[125]

Ein bestehendes Problem ist, dass viele Menschen gehemmt sind, mit Hörgeräten in der Öffentlichkeit gesehen zu werden. Doch es werden bereits neue Modelle und Technologien entwickelt, um den Menschen diese Unsicherheiten zu nehmen und die Geräte möglichst klein und unauffällig zu machen. Ein Beispiel ist das Ex-Hörer-Modell Styletto von Siemens Signia, das ab Oktober 2018 veröffentlicht wird. Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, hat das Styletto ein modernes Aussehen. Die Annahme besteht, dass eine Verwechslung mit einem Head-Set zum

[122] vgl. Müller (2002), Seite 99
[123] vgl. Müller (2002), Seite 99
[124] vgl. Kießling (2002), Seite 92
[125] Persönliche Erfahrung

Telefonieren möglich ist, falls das Gerät auffallen soll. Auch für Brillenträger ist Styletto eine elegante Lösung, denn es gibt verschiedene farbliche Modelle, die beim Tragen unauffällig hinter der Brille sitzen und wie ein Brillenbügel aussehen. Styletto ist hauptsächlich an junge Erwachsene gerichtet, aber auch ältere Menschen ziehen nicht nur aus dem Aussehen der Hörgeräte einen Vorteil, denn Styletto ist Akkubetrieben. Somit entfällt das Wechseln der Batterien. Außerdem können die Hörgeräte nur ausgeschaltet werden, indem sie sich im Etui befinden. Der Benutzer weiß, dass sich die Hörgeräte im Etui befinden, wenn diese nicht im Ohr eingesetzt sind. Signia setzt großen Wert auf das OVP, Own-Voice-Processing. Es verleiht den Hörgeräten die Funktion, die eigene Stimme zu analysieren und so zu verarbeiten, dass sie angenehm klingt. Für viele Menschen ist es unbehaglich, die eigene Stimme durch die Hörgeräte wahrzunehmen, da diese etwas zu laut und dumpf klingt.[126]

Abbildung 22 Styletto von Siemens Signia
(Quelle: https://www.signia-pro.de/lithium-ionen-technologie/, Abruf am 10.09.2018)

In Kapitel 7 wurde bereits erklärt, wie das Signal auf technische Art und Weise verändert wird, doch wie wirkt sich das auf das Leben eines Menschen aus? Durch Gespräche und Interviews mit Kunden und Testpersonen wird die Veränderung der Wahrnehmung auf subjektiver Basis aufgezeigt.

Eine ältere Dame berichtet, dass sie als Kind aufgrund von Ohrfeigen auf dem linken Ohr ertaubt ist und sich das Hören am rechten Ohr mit der Zeit verschlechtert hat. Sie hat jahrelang mit

[126] Persönliche Erfahrung

diesem Defizit gelebt, bis sie sich durch das Drängen ihrer Familie für eine Hörgeräteversorgung entschied. Die heute 83-Jährige erzählt, dass sie aufgrund ihrer zitternden Hände oft noch Probleme hat, ihre neu getesteten HdO-Hörgeräte in das Ohr zu stecken. Abgesehen davon ist sie sehr begeistert über die neue Geräuschkulisse. Einige Töne kann sie noch nicht einordnen, da sie durch den Hörverlust viele Klänge verlernt hat. Sie erzählt, dass ihr Mann keine Hörgeräte tragen möchte, obwohl auch er mit dem Hören Probleme hat. So muss sie mittlerweile die Verstärkung ihrer Hörgeräte beim Fernsehen manuell umstellen, damit sie den Fernseher für ihren Mann lauter einstellen kann. Eine Sache, an die sie sich noch gewöhnen muss, ist ihre eigene Stimme. Sie klingt blechern und in halligen Räumen fallen ihr die Geräusche unangenehm auf. Auf die Frage, ob sie wieder ohne Hörgeräte leben möchte, antwortet sie: „Auf keinen Fall! Ich höre die Geräusche zwar nicht mehr so, wie ich sie damals kannte, aber hätte ich keine Hörgeräte mehr, dann könnte ich mein süßes Enkelkind nicht mehr verstehen und das möchte ich auf jeden Fall verhindern.“[127]

Frau Bettina S., 52 Jahre alt, trägt zum ersten Mal ein Hörgerät und hat eine einseitige Schwerhörigkeit. Sie ist Betreuerin für psychisch kranke Menschen, d.h. sie befindet sich oft in einer Situation, in der einige Menschen gleichzeitig mit ihr reden. Als erstes Test-Hörgerät entscheidet sie sich für ein Ex-Hörer-Modell, da es recht unauffällig sei. Ihre Schwerhörigkeit ist ihr aufgefallen, als sie merkt, dass sie besonders große Schwierigkeiten hatte, wenn ein Kollege mit ihr auf der Arbeit redete. Es war schwierig einem Gespräch zu folgen, wenn zusätzlich ein Geräusch im Hintergrund zu hören war. Am unangenehmsten sei es ihr, wenn sie mit ihrem Partner fernsah und ihn immer wieder fragen musste, was im Fernsehen gesagt wurde, was beide Parteien nach wiederholtem Fragen frustrierte. Seit sie die Hörgeräte trägt hat sich die Beziehung mit ihrem Partner gebessert, sie geht mutiger auf ihre Patienten zu und auch mit den Kollegen spricht sie öfter und hat keine Angst mehr, dass sie etwas nicht versteht.[128]

Manuel M, 25 Jahre alt, leidet unter einem mittelgradigen Hörverlust, seit er mit 17 Jahren in einen Autounfall verwickelt war. Für ihn war es anfangs sehr schwer, die plötzliche Schwerhörigkeit zu akzeptieren. Keiner von seinen Freunden wusste von seinem Defizit und er zog sich aus der Gesellschaft zurück, aus Scham und Frustration. Er akzeptierte keine Hörgeräte, da das für ihn bedeutete, dass er kein „normaler“ Mensch sei und wollte auch nicht von seiner Umgebung aufgrund seiner Schwerhörigkeit gemieden werden. „Lieber zieh ich mich von meinen Freunden zurück, als dass sie diejenigen sind, die mich zurücklassen.“ So dachte er damals. Nach dem ständigen Einreden seiner Familie sagte er doch einer Hörgeräteversorgung

[127] Persönliche Erfahrung
[128] Persönliche Erfahrung

zu, die er nun seit 3 Jahren trägt. Manuel musste sich anfangs, wie die meisten auch, an das neue Hören gewöhnen. Das Zwitschern der Vögel, das Brutzeln beim Braten, alles hört sich anders an, als er es in Erinnerung hat. Mittlerweile steht er jedoch zu seinen Hörgeräten. Seine sozialen Kontakte hat er wieder aufgenommen und über seinen Defizit aufgeklärt, geht ins Kino und auch auf Konzerte. Nur ab und zu bemerkt er die Hemmungen fremder Menschen, da sie nicht wissen, wie mit Personen umzugehen ist, die ein Hörgerät tragen, aber das stört ihn nicht mehr und oft merken sie, dass er ein ganz normaler junger Mann ist.[129]

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Tragen der Hörgeräte zu Beginn eine große Umstellung ist. Ist die Gewöhnung an das neue Hören erfolgt, so steigert das Tragen die Wahrnehmung und die Empfindung des Betroffenen in jeder Hinsicht. Der Alltag ist nun leichter zu meistern und in die Zukunft blickend werden noch weitere Technologien und Bauformen folgen, um dies zu ermöglichen.[130]

10 Fazit

Ohne Zweifel wird das Thema Schwerhörigkeit und digitale Hörgeräte in der Zukunft wichtiger, denn wie in den ersten Kapiteln bereits erwähnt, steigt die Zahl der jungen Hörgeschädigten. Es ist ersichtlich, dass Menschen von den Hörgeräten profitieren können, denn sie ermöglichen das Unhörbares wieder hörbar zu machen. Die Tatsache, dass die meisten Hörgeräte digital funktionieren, öffnet viele neue Möglichkeiten, innovative Technologien zu verwirklichen. Diese Arbeit soll die Wichtigkeit von einer frühen Hörgeräteversorgung ausdrücken und die Folgen einer langen nicht versorgten Schwerhörigkeit aufweisen. Zudem ist es das Ziel, dem Leser zu erklären, wie dieser an ein richtig angepasstes Hörgerät gelangt. Letztendlich liegt es aber an der Person und deren Einstellung gegenüber Hörgeräten. Sind sie gewillt, das Hören neu zu lernen, so fühlen sie sich mit den Hörgeräten meist schneller wohl. Um die Unsicherheit und das fehlende Wissen zu beseitigen erklärt diese Arbeit, wie Hörgeräte funktionieren und welche Bauarten es gibt. Durch die Gespräche mit hörgeschädigten Kunden soll aufgezeigt werden, wie eine Hörgeräteversorgung aus subjektiver Sicht das Leben beeinflusst, um zu bezeugen, dass Hörgeräte eine sinnvolle Innovation sind.

[129] Persönliche Erfahrung
[130] Persönliche Erfahrung

Literaturverzeichnis

Cosmos Indirekt. *Lautheit.* 2018. https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Lautheit (Zugriff am 14. 08 2018).

Deutsches Hörgeräte Institut GmbH. „DHI Deutsches Hörgeräte Institut." *Der elektromagnetische Hörer.* URL: http://www.dhi-online.de/DhiNeu/12_Fachtec/FtHgTec/06_Wandler/Fthgtec_0604_2.html (Zugriff am 03. 09 2018).

Deutsches Hörgeräte Institut GmbH. „DHI Deutsches Hörgeräte Institut GmbH." *Aufbau der Hörer.* URL: http://www.dhi-online.de/DhiNeu/12_Fachtec/FtHgTec/06_Wandler/Fthgtec_0604_1.html (Zugriff am 03. 09 2018).

Dillon, Harvey. *Hearing Aids.* Hong Kong: Boomerang Press, 2012.

Eitner, Johannes. *Zur Psychologie und Soziologie von Menschen mit Hörschädigung.* Heidelberg: Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, 2008.

Gossler, Ascan. *Vom Hörgerät zum Hörsystem. Wie Wireless, Bluetooth & Ci das Leben hörgeminderter Menschen verändern.* e-Book. 2012.

Hörstudio Sporkmann. *Anatomie des Gehörs.* 2015. URL: http://www.hssporkmann.de/ohr.html (Zugriff am 14. 08 2018).

Kießling, Jürgen. *Endlich wieder besser hören.* Tübingen: TRIAS Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG, 2002.

Kießling, Jürgen, Birger Kollmeier, und Gottfried Diller. *Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten.* Stuttgart: Thieme Verlagsgruppe, 2008.

Kollmeier, Birger. „Cocktail-Partys und Hörgeräte: Biophysik des Gehörs. Physikalisch inspirierte Hörmodelle weisen den Weg zu intelligenten Hörgeräten." *Physik Journal 1*, 2002: 39-45.

Müller, Wenzel. *Besser hören.* Wien: Verein für Konsumenteninformation, 2002.

Nagel, Geraldine. „Das Ohr- Aufbau und Funktion.“ *Onmeda.de.* 24. 03 2017.

URL: https://www.onmeda.de/anatomie/ohr.html

(Zugriff am 19. 08 2018).

Pelz, Corinna. *Das Stigma Schwerhörigkeit. Empirische Studien und Ansätze zur Erhöhung der Akzeptanz von Hörgeräten.* Heidelberg: Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, 2006.

Schaub, Arthur. *Digitale Hörgeräte - Was steckt dahinter?* Heidelberg: Median-Verlag von Killisch-Horn GmbH, 2005.

Seubert, Evelyn. „Frequenzkompression mit Fingerspitzengefühl.“ *Hörakustik*, 06 2013: 221-225.

Ulrich, Jens, und Eckhard Hoffmann. *Hörakustik. Theorie und Praxis.* Heidelberg: DOZ Verlag Heidelberg, 2007.

Warncke, Horst. „Frequenzkompression-der Weisheit letzter Schluss?“ *Hörakustik*, 08 2010: 141-143.

Willig, Hans-Peter. *Cosmos Indirekt- Physik für Schüler.* 2018.

URL: https://physik.cosmos-indirekt.de/stnfo.php

(Zugriff am 14. 08 2018).

Biologie-Seite.*Thema der Biologie. Heute im BIO-UNTERRICHT: Recruitment.* 2018.

URL: https://www.biologie-seite.de/Biologie/Recruitment

(Zugriff am 17. 08 2018).

Zahnert, Thomas. „Differenzialdiagnose der Schwerhörigkeit.“ *Deutsches Ärzteblatt*, 14. 06 2011: 433-444.

Danksagung

Abschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die mich tatkräftig unterstützt haben.

Mein Dank geht an Prof. Oliver Curdt und Prof. Hergesell für die Betreuung und das Interesse,

Theresa Nickel für die Vermittlung und Laura Erler für die Hilfe.

Ein großer Dank geht vor allem an Erler Hören Sehen. Danke, dass ich euch bei der Arbeit begleiten durfte und vielen Dank Sebastian Nolte, für die zahlreichen Erklärungen und Antworten, die du mir gegeben hast.

Zu Dank verschuldet bin ich Tuan Anh Le, Daniel Eger und vor allem David Fischer und Quyet Chien Nguyen. Danke, dass ihr mein Schreiben korrigiert und mich immer wieder motiviert und aufgemuntert habt.

Danke an meine Schwester Bao Han Dam, die immer an meiner Seite ist und meinen Eltern, die mich immer unterstützen und vorantreiben.

Vielen Dank!