

Bakkalaureatsarbeit

Das menschliche Gehör und Methoden zur
Erhaltung und Verbesserung des Hörvermögens

im Rahmen der Lehrveranstaltung
Physiologie

Medizinische Universität Graz

Eingereicht bei:
Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Anna Gries
Medizinische Universität Graz
Institut für Physiologie

Eingereicht von:
Lottersberger Lisa
Matrikelnummer: 0433454

Graz, am 01.02.2009

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bakkalaureatsarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Weiter erkläre ich, dass ich diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Graz, am 01.02.2009

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1 Die Sinne des Menschen	6
1.2 Die besondere Bedeutung des Ohres	7
1.3 Der menschliche Hörbereich	8
1.4 Die Entwicklung des Ohres	10
1.5 Vergleich zu anderen Hörsinnen aus der Tierwelt.....	11
2. Der Weg des Schalls – Das äußere Ohr	12
2.1 Die Ohrmuschel	12
2.2 Der äußere Gehörgang	12
2.3 Schutzfunktionen des äußeren Ohres	13
3. Der Weg des Schalls – Das Mittelohr	14
3.1 Das Trommelfell	14
3.2 Der Paukenraum	16
3.3 Die Gehörknöchelchenkette	16
3.4 Die Ohrtrompete.....	17
3.5 Schutzfunktionen des Mittelohres	18
4. Der Weg des Schalls – Das Innenohr	19
4.1 Die Schnecke	20
4.2 Das Corti- Organ	22
4.3 Das Gleichgewichtsorgan.....	23
5. Der Weg des Schalls – Reizverarbeitung im Gehirn	25
6. Methoden zur Erhaltung und Verbesserung des Hörvermögens	26
6.1 Pathologie des Ohres.....	27
6.2 Untersuchungsmethoden des Ohres.....	28
6.2.1 Anamnese	28
6.2.2 Otoskopie	28
6.2.3 Subjektive Hörprüfungen	29
6.2.4 Audiometrie	29
6.2.5 Objektive Hörprüfungen	31
6.3 Methoden zur Verbesserung oder zum Wiedererlangen des Hörvermögens.....	31
6.3.1 Das Hörgerät.....	31
6.3.2 Das Cochlea Implantat	34
6.4. Prävention von Hörschäden	37
7. Fazit	38

Zusammenfassung:

Diese Arbeit beschreibt den anatomischen und physiologischen Aufbau des menschlichen Gehörorgans, sowie den komplexen Vorgang der Schallaufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung des Schalls. Um Verständnis für die Komplexität des Themas zu bekommen wird der Leser in den ersten Kapiteln der Arbeit in diesen Bereich eingeführt, und somit für den Hauptteil vorbereitet. Im Hauptteil werden zwei Methoden zur Erhaltung und Verbesserung des Hörvermögens beschrieben und in ihren Verfahrensweisen gegenübergestellt. Im Zuge dessen wird ein kurzer Einblick in den umfangreichen Bereich der Pathologie des Ohres gegeben, ebenso werden einige Untersuchungsmöglichkeiten des Ohres bzw. des Gehörorgans vorgestellt.

1. Einleitung

Hören. Der vielleicht wichtigste Sinn des Menschen.

Der Gehörsinn ist der erste Sinn, der bei der Entstehung eines menschlichen Lebens vollständig entwickelt ist. Er eröffnet uns das Tor Außenwelt. Bereits im Mutterleib kann ein Kind hören und Gefühlszustände seiner Mutter über das Gehör wahrnehmen.

Das Hören hat in unserer Gesellschaft einen ganz besonderen Stellenwert. Es ist die Voraussetzung für Sprache und Musik und wichtig, um soziale Kontakte zu pflegen. Es macht einen großen Unterschied, ob man im Laufe seines Lebens ertaubt, oder bereits taub bzw. gehörlos zur Welt kommt. Für Menschen, die die Fähigkeit zu hören besitzen, ist es keine Schwierigkeit, sprechen zu lernen, für Gehörlose jedoch stellt dies eine große Herausforderung dar. Dadurch, dass sie nie hören können, wie sich Gesprochenes anhört, können sie es auch nur schwer nachahmen und somit lernen. Natürlich können Gehörlose sprechen lernen, sie werden jedoch nie so flüssig und rein sprechen können wie ein normal hörender Mensch.

Laut eines Stellvertreters des Österreichischen Gehörlosenbundes (ÖGLB) ist es tatsächlich belegt, dass es sich bei den Gebärdensprachen um vollwertige Sprachen handelt, die genauso leistungsfähig sind wie alle Lautsprachen.¹

Leider stellt die Diskriminierung dieser Randgruppe von gehörlosen Menschen noch immer ein großes Problem in unserer Gesellschaft dar. Für hörgeschädigte oder taube Mitmenschen können im täglichen Alltag Probleme auftreten, über die sich ein hörgesunder Mensch gar keine Gedanken machen würde. Für Interventionen in diesem Bereich, sowie für die Bekämpfung der Diskriminierung und Ausgrenzung der Gehörlosen setzt sich der ÖGLB seit 1913 erfolgreich für ihre Rechte, Bedürfnisse, Interessen und Möglichkeiten ein.

¹ Vgl.: <http://www.oeglbg.at/>, 3.11.2008

1.1 Die Sinne des Menschen

Sehen. Hören. Riechen. Schmecken. Fühlen.

Durch die 5 Sinne können wir Dinge wahrnehmen und umgekehrt werden wir durch sie wahrgenommen. Sie ermöglichen ein Eingliedern des Menschen in seine Umwelt. Hinter diesen Sinnen verstecken sich weitere Sinne, wie beispielsweise der Drehsinn, Schmerzsinne oder der Temperatursinn, doch zusammengefasst werden sie als die 5 Sinne beschrieben. Jeder einzelne ist auf seine eigene Art und Weise wichtig für den Menschen. Viele Menschen müssen leider erfahren wie es ist einen, oder mehrere Sinne zu verlieren oder gar nie erlebt zu haben. Es lässt sich schwer sagen, welcher der wichtigste davon ist. Für einen gesunden Menschen, der mit all seinen Sinnen lebt, ist es schwer vorstellbar wie es ist, wenn man nie das Meer oder die Berge gesehen hat. Ebenso wie es wohl sein mag, wenn man nie Musik oder Kinder lachen gehört hat, oder nicht weiß wie Schokolade schmeckt, wie eine Rose duftet oder das Gefühl, wenn einem ein geliebter Mensch über die Wange streichelt. Die Sinne sind für das Überleben des Menschen essentiell. Ohne diese Sinne ist kein vollwertiges Leben möglich. Die heutige Technik ermöglicht es jedoch, Sinne, die nicht mehr voll funktionsfähig sind wieder bis zu einem gewissen Grad zu verbessern. Dies geschieht beispielsweise durch Kontaktlinsen, Brillen oder Hörgeräte. Leider sind die Möglichkeiten der Wissenschaft und der Technik jedoch noch immer begrenzt, sie können nicht alle Sinne wiederherstellen und das schon gar nicht zur Gänze.

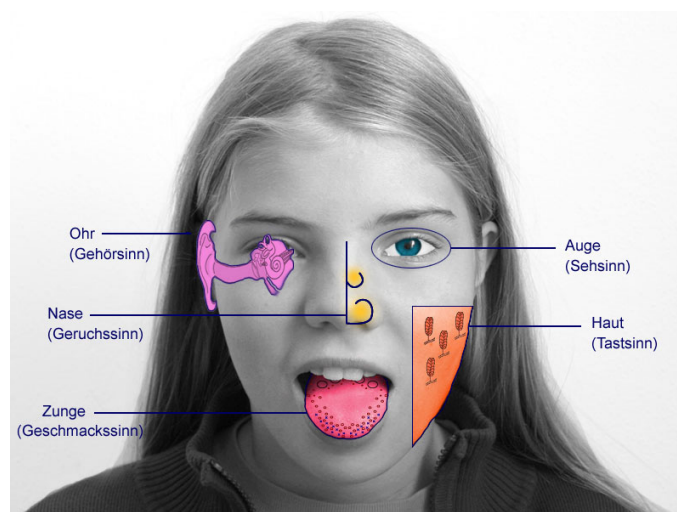


Abbildung 1: die 5 Sinne des Menschen

1.2 Die besondere Bedeutung des Ohres

Der Sinnesfähigkeit des Hörens muss eine in vielerlei Hinsicht wichtige Rolle zugeschrieben werden. Hören ist in erster Linie die Grundvoraussetzung für Sprachentwicklung und Lautheitsbildung (Phonetik) beim Menschen. Seit jeher kommunizieren die Lebewesen auf der Erde miteinander, so auch der Mensch. Eine der wichtigsten Komponenten der Kommunikation, neben Gestik und Mimik ist die auditive, also die gesprochene und gehörte Sprache. Hören ist die Voraussetzung um Gesprochenes verstehen zu können. Doch die Fähigkeit zu hören ist nicht nur für die Kommunikation sehr wichtig. Beispielsweise ist es für ein ungeborenes Baby sehr wichtig, die Stimme seiner Mutter zu hören. Es kann daran erkennen, ob seine Mutter fröhlich, wütend, traurig oder betrübt ist. In beinahe jedem Schwangerschaftsratgeber steht geschrieben, dass Mütter während der Schwangerschaft dem Fötus zur Beruhigung oder Entspannung Lieder vorspielen sollten (meist werden dafür Mozarts Sinfonien empfohlen). Es ist keine Seltenheit, dass die Kinder Jahre später diese Lieder, die ihnen im Mutterleib vorgespielt wurden wieder erkennen. Deshalb sollten schwangere Mütter auch immer darauf achten, möglichst ruhig, gelassen und zufrieden zu sein, denn die Gefühlszustände, wie auch der Herzschlag der Mutter werden bereits von den ungeborenen Babys über ihr Gehör wahrgenommen.

Der Gehörsinn ist ganz eng mit unseren Emotionen verbunden. Dies zeigt sich besonders beim Hören von Musik. Manche Lieder bringen uns zum Weinen, manche zum Lachen. Andere wiederum machen uns aggressiv oder können uns auch in stressigen Momenten wieder beruhigen. Nicht ohne Grund wurde bereits so viel verschiedene Musik produziert. Egal, um welches Genre es sich handelt, Musik bewegt die Menschen, weil das Gehörte in ihrem Inneren Gefühle auslöst. Keiner der menschlichen Sinne ist so eng mit Gefühlen und Emotionen verbunden wie der Gehörsinn.

1.3 Der menschliche Hörbereich

Wikipedia, eine Internet Enzyklopädie definiert die Akustik als die Lehre des Schalls und dessen Ausbreitung. Sie beschreibt die Entstehung und Erzeugung, sowie Ausbreitung und Beeinflussung und natürlich auch die Analyse von Schall.²

Die Ausbreitung des Schalls kann über alle elastischen Medien geschehen, so wie es zum Beispiel die Luft ist. Schall kann als systematische Schwingungen der Luftmoleküle aufgefasst werden. Da die Luft eben ein solches elastisches Medium ist, können die Schwingungen der Teilchen als Druckschwankungen wahrgenommen werden. Diese Schwankungen werden Schallwechseldruck genannt und vom Ohr als Schall wahrgenommen, da der Gehörsinn auf Luftdruck bzw. Schalldruckschwankungen reagiert und sie verarbeiten kann.

Der Schalldruck wird in Mikropascal (μPa) gemessen. Die von einer normal hörenden Person am schwächsten wahrgenommene Schallwelle hat einen Schalldruck von etwa $20\mu\text{Pa}$.³

„Der Amerikanische Wissenschaftler S.S. Stevens fand heraus, dass die Wahrnehmung von Schall einer gewissen Gesetzmäßigkeit unterliegt; sie wurde nach ihm *Stevens- Potenzgesetz* genannt. Nach seinen Studien wird eine komprimierte Skala der akustischen Wahrnehmung eher gerecht. Eine solche Skala ist die Dezibel- oder dB-Skala, die heute weltweit zur Schallpegelmessung verwendet wird. Bei dieser logarithmischen Skala entspricht eine Verdoppelung des Schalldrucks einem Pegelanstieg von 6 dB.“⁴

Die Dezibel- Skala zeigt bildlich, in welchem Dezibelbereich unser tägliches Leben abläuft. Töne und Geräusche erzeugen bei uns ein Gefühl der Unzufriedenheit, bis hin zu Angst, sobald sie zu laut sind. Diese obere Grenze bezeichnet man deshalb als Unbehaglichkeitsgrenze. Verursacht die Lautstärke Schmerzen, so ist die so genannte Schmerzgrenze erreicht. Diese liegt zwischen 120 und 140dB. Die Hörschwelle dagegen liegt bei 0dB und beschreibt den Wert ab dem man etwas hört.

² Vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Akustik>, 24.08.2008

³ Vgl.: http://www.kyb.mpg.de/bs/people/felix/UniPsy_VL_Wahrnehmung_WS05-06_Folien/11-AuditorischesSystem.pdf, 25.08.2008

⁴ Widex (1995), S. 6

Eine normale Unterhaltung bewegt sich in einem Bereich von ca. 50 bis 60dB, wobei der Straßenlärm schon bis zu einem Wert von 100dB ansteigen kann. Diese Skala wird heute weltweit zur Schallpegelmessung verwendet.

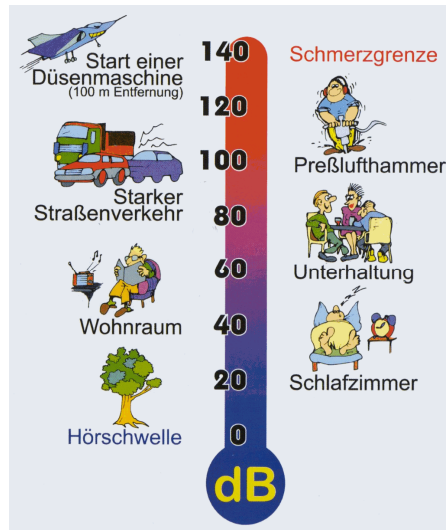


Abbildung 2: die Dezibel- Skala

Die Ausbreitung des Schalls geschieht ähnlich wie die Bewegung des Wassers, wenn man einen Stein in ruhiges Gewässer wirft, nur breiten sich beim Schall nicht kreisförmige, sondern kugelförmige Wellen aus. Alle Schallwellen, egal ob Sprache, Musik oder Lärm, breiten sich mit der gleichen Geschwindigkeit aus. In der Luft beträgt diese Geschwindigkeit ca. 344 Meter pro Sekunde. Diese Schallgeschwindigkeit variiert je nach Medium, Temperatur, Luftdruck oder Luftfeuchtigkeit. Im Wasser ist die Schallgeschwindigkeit ungefähr dreimal, in Eisen etwa 15-mal so groß wie in Luft.

Wenn sich der Schall einer Stimmgabel im freien Raum ausbreitet, wiederholt sich das Muster der Druckschwankungen. Eine nähere Bestimmung des Schalls kann über die Frequenz erfolgen. Die Frequenz gibt an, wie oft sich das Muster oder die Wellenform in einer Sekunde wiederholt. Unter Frequenz versteht man eine bestimmte Anzahl von Schwingungen pro Sekunde, sie wird nach dem deutschen Physiker H. Hertz in Hertz(Hz) angegeben.⁵

⁵ Vgl. Widex (1995), S. 5ff

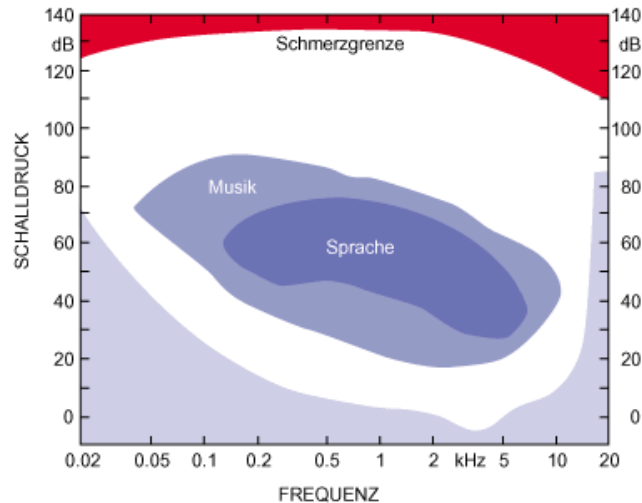


Abbildung 3: der menschliche Hörbereich

Abb. 2 zeigt den menschlichen Hörbereich in Abhängigkeit von Frequenz und Schalldruck. Deutlich zu erkennen ist, dass sich dieser, wie bereits erwähnt im Bereich von etwa 0 bis 120dB befindet. Die menschliche Sprache erstreckt sich in etwa von 30 bis 70dB wobei das Musikfeld, das die Sprache umgibt, noch um einiges umfangreicher ist.

1.4 Die Entwicklung des Ohres

Ein ungeborenes Kind hört bevor es sieht. Bereits ab viereinhalb Monaten Schwangerschaft ist das Innenohr des Fötus vollständig ausgebildet. Auch der Gehörnerv ist als erster Nerv im menschlichen Körper vollständig funktionstüchtig. Am Herzrhythmus des Kindes kann man etwa ab der 28. Schwangerschaftswoche beobachten, dass es auf bestimmte Geräusche reagiert. Allerdings kann es noch nicht so hören wie ein Erwachsener. Vor allem die Geräusche im mütterlichen Körper werden relativ gut auf das Kind übertragen. Besonders die Stimme der Mutter, sowie ihr Herzschlag. Von der Außenwelt hört das Kind insbesondere tiefe Töne.

Nach der Geburt muss sich das Kind an ein ganz anderes Hören gewöhnen. Das Außenohr und das Mittelohr stellen sich vom Fruchtwasser nun auf die Frequenzen im „Trockenen“, also in der Luft um, während das Innenohr sich weiterhin im

flüssigen Milieu befindet. Es ist ein längerer Prozess bis sich das kindliche Ohr an die Umstellung von Knochen- auf Luftleitung gewöhnt hat.⁶

1.5 Vergleich zu anderen Hörsinnen aus der Tierwelt

Abbildung 4 zeigt den menschlichen Hörbereiches im Vergleich zu dem einiger Tiere. Während der Hörapparat des Menschen nur Schallwellen in einem Bereich von etwa 15 bis 20.000Hz aufnehmen kann, kann beispielsweise der Hund weit höhere Frequenzen hören. Ein typisches Beispiel dafür ist die Hundepfeife, die einen so hohen Ton erzeugt, dass diesen das menschliche Ohr nicht mehr wahrnehmen kann, der Hund aber sehr wohl darauf reagiert.

Schwingungen, die über dem genannten, vom menschlichen Gehör erfassbaren Hörbereich liegen, nennt man Ultraschall, jene, die darunter liegen, werden als Infraschall bezeichnet. Beide Bereiche kann der Mensch nicht mehr wahrnehmen. Viele Säugetiere hören Töne im Bereich des Ultraschalls. So haben zum Beispiel Fledermäuse und Delfine ein phantastisches System zur Echo-Ortung entwickelt. Brieftauben nehmen tiefe Töne bis 0,05 Hz wahr. Elefanten beispielsweise nutzen den Infraschall vor allem für Alarmrufe, wenn sie angegriffen werden oder sich bedroht fühlen. So können sie Artgenossen warnen, die möglicherweise viele Kilometer von ihnen entfernt sind.⁷

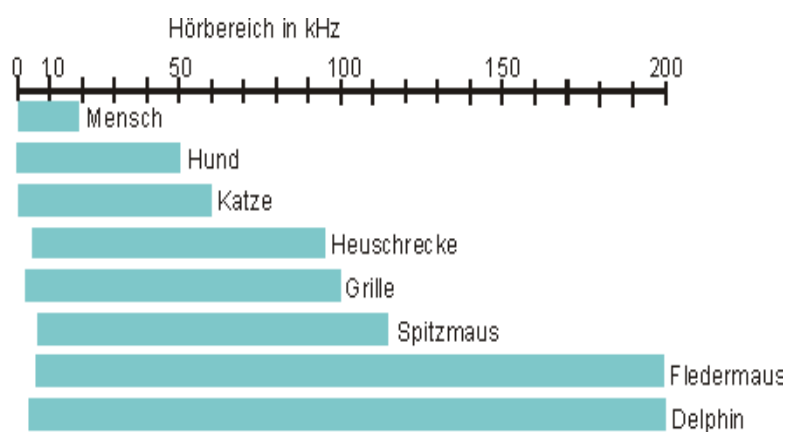


Abbildung 4: Vergleiche zu Hörvermögen aus der Tierwelt

⁶ Vgl.: VKI (2002), S. 8, 9

⁷ Vgl.: VKI (2002), S. 11

2. Der Weg des Schalls – Das äußere Ohr

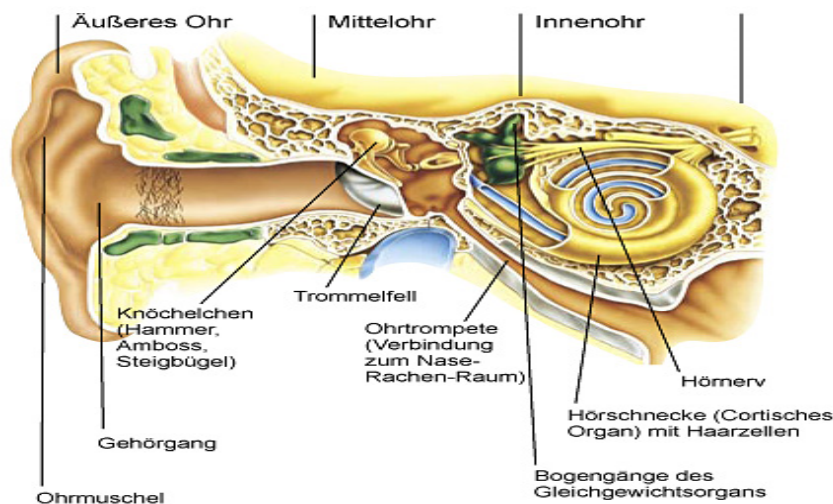


Abbildung 5: der Weg des Schalls

2.1 Die Ohrmuschel (Auricula):

Der Schall trifft wellenförmig auf die Ohrmuschel, genannt Auricula auf.

Diese liegt zu beiden Seiten des Schädels auf Höhe des Schläfenbeins und ist vom Kopf mit ca. 30 Grad abgeneigt. Die Neigung, sowie ihr trichterförmiger Aufbau dienen zur verbesserten Schallaufnahme bzw. Trichterung und Weiterleitung in den Gehörgang. Eine weitere wichtige Funktion dieser Ausrichtung ist die dadurch entstandene Fähigkeit zum Richtungshören. Dem Menschen ist es somit möglich, die Lokalisation des Gehörten genauer zu differenzieren. Beim hörgesunden Menschen kann diese Lokalisation auf bis zu 3 Grad genau bestimmt werden.

Abgesehen vom Ohrläppchen besteht das gesamte Grundgerüst der Auricula aus dem so genannten Ohrmuschelknorpel. Dieser ist von Bindegewebe umgeben, in das Schweißdrüsen, Haarwurzeln und Fettzellen eingelagert sind.⁸

2.2 Der äußere Gehörgang (Meatus acusticus externus):

Der getrichterte Schall gelangt über die Ohrmuschel in den äußeren Gehörgang, dieser hat eine Länge von ca. 3cm, ist etwa 8 bis 11mm breit, hat eine Höhe von 5 bis 8mm und ist leicht oval geformt. Der S-förmig gebogene Gehörgang kann in zwei Teile unterteilt werden. Der erste ist der knorpelige Teil, auch äußerer Gehörgangsteil, der ca. 1/3 der Gesamtlänge des Gehörgangs ausmacht. Dieser ist über den Isthmus mit dem knöchernen oder inneren Teil verbunden, Dieser ist sehr

⁸ Vgl.: Brunner /Nöldeke (2001), S. 15, 16

empfindlich, macht die restlichen 2/3 der Länge aus und schließt mit dem Trommelfell ab.⁹

Da der Gehörgang somit ein einseitig offener Hohlkörper ist (geschlossen zum Mittelohr durch das Trommelfell bzw. offen zum äußeren Ohr), dient er als natürlicher Resonanzkörper, der einen akustischen Verstärkungseffekt des eintreffenden Schalls zur Folge hat. Dieser Effekt der Gehörgangsresonanz wird auch „Offene Ohr Verstärkung – Open Ear Gain“ genannt.

Bei diesem besonderen Effekt, wird durch die natürliche Resonanz eine Verstärkung um bis zu 25dB erreicht, die im Sprachbereich des menschlichen Hörens zur Geltung kommt.

2.3 Schutzfunktionen des äußeren Ohres:

Das äußere Ohr verfügt über verschiedene Schutzfunktionen:

- Die Lage des Ohres im Schädelknochen: Die Schädelknochen bieten dem Ohr den größten Schutz. Alle Teile des Gehörorgans befinden sich im Schädelknochen
- Krümmung des äußeren Gehörgangs. Die S-förmige Krümmung bietet dem Organ Schutz vor Verletzungen
- Ohrensekret (Cerumen): Es besteht überwiegend aus abgestorbenen Epithelzellen, Härchen, Staub und Fetttropfchen und wird im äußeren Gehörgang, vom Trommelfell weg in Richtung der Ohrmuschel geschoben. Diesen Vorgang nennt man Migration der Epithelzellen. Sie wird durch die Kaubewegungen unterstützt und bewirkt so den Abtransport des Cerumen und in weiterer Folge eine Reinigung des äußeren Gehörgangs¹⁰
- Haare des äußeren Gehörgangs: Die individuell angeordneten Härchen reichen bis zum knöchernen Gehörgang und bieten einen weiteren Schutz vor dem Eindringen von Staub und Insekten.

⁹ Vgl.: Ulrich (2001), S. 125, 126

¹⁰ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 12

3. Der Weg des Schalls – Das Mittelohr

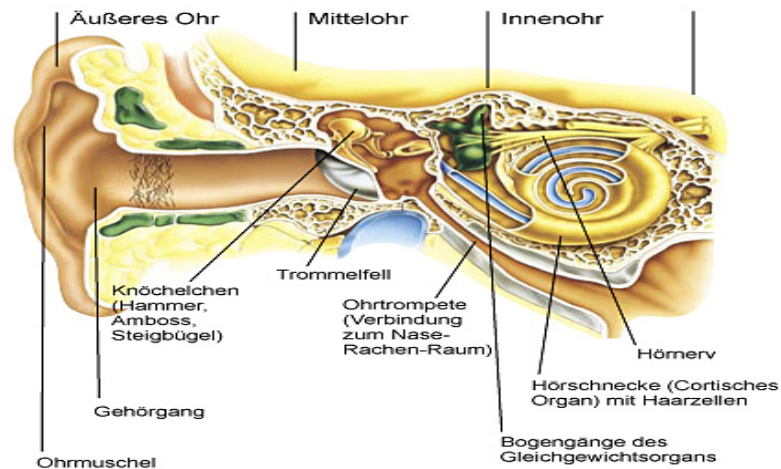


Abbildung 6: der Weg des Schalls

Durch den äußeren Gehörgang trifft der Schall auf das Trommelfell und gelangt so in das Mittelohr. Dort wird er -in der Paukenhöhle- über Hammer, Ambos und Steigbügel, genannt Gehörknöchelchen zum ovalen Fenster in das Innenohr weitergeleitet.

3.1 Das Trommelfell (Membrana tympani):

Das Trommelfell ist kreisrund bis ovalförmig und hat die durchschnittlichen Ausmaße von ca. 11mm Länge und 9mm Breite. Es befindet sich zwischen dem Ende des Gehörganges und der Paukenhöhle. Die Achsen des Trommelfells stehen nicht genau in der Horizontalen und Vertikalen sondern sind in einer komplexen Neigung ausgerichtet.

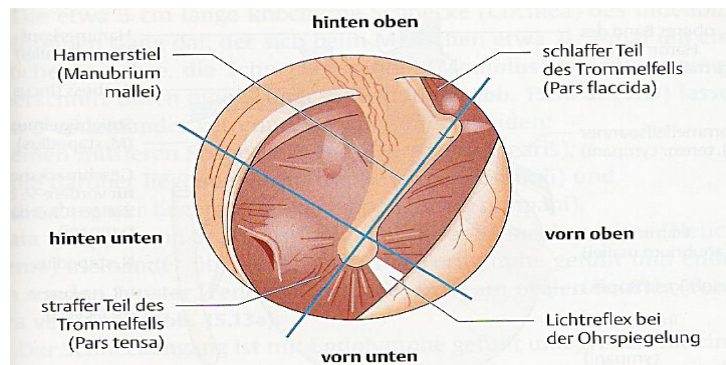


Abbildung 7: das Trommelfell

Das Trommelfell ist im so genannten Faserknorpelring eingespannt, der bei der Otoskopie (Untersuchungs- und Betrachtungsmethode des äußeren Gehörgangs und des Trommelfells) als weißer Rand erkennbar ist. Beim Menschen ist es etwa 0,1mm dick und hat eine Fläche von ca.85mm². Diese Fläche wird jedoch in zwei Teile eingeteilt. Im oberen Teil befindet sich der ungefähr 30mm² große, lockere Trommelfellteil, oder „schlaffe Teil“ (Pars flaccida). Der untere, gespannte Teil (Pars tensa) bildet mit einer Größe von ca. 55mm² den Hauptteil des Trommelfells und ist im Gegensatz zum schlaffen Teil für die Schalltransformation wichtig. Dieser akustische Teil des Trommelfells ist in drei Schichten aufgebaut, einer äußeren Epithelschicht, einer stabilen mittleren Faserschicht und einer inneren Schleimhautschicht.¹¹



Abbildung 8: Foto eines Trommelfells

Abbildung 7 zeigt das Trommelfell bei einer Otoskopie. Charakteristisch dafür ist der sichtbare Lichtreflex vom Otoskop. Die Oberfläche ist glänzend und leicht durchsichtig. Bei näherem Hinsehen kann man im unteren, gespannten Teil bereits den Hammergriff erkennen, das erste der Gehörknöchelchen in der Paukenhöhle.

Die Schallwellen gelangen über die Luftleitung durch den äußeren Gehörgang zum Trommelfell und versetzen dieses in Schwingung. Diese Schwingungen werden auf der anderen Seite des Trommelfells vom Hammergriff aufgenommen und über die Gehörknöchelchenkette im Paukenraum weitergeleitet.

¹¹ Vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Trommelfell>, 30.08.2008

3.2 Der Paukenraum (Cavum tympani):

Der Paukenraum, oder auch Paukenhöhle genannt, bildet den luftgefüllten Hohlraum direkt hinter dem Trommelfell. Die Pauke hat eine Länge von etwa 14mm, eine Breite von 2,5mm bis zu 7mm und ein Volumen von ca. 1cm³.¹²

Die Paukenhöhle ist in drei Abschnitte geteilt. Der oberste davon ist die Paukenkuppel (Epitympanon). Hier wird die Paukenhöhle nach oben durch eine dünne Knochenplatte von der mittleren Schädelgrube abgegrenzt, die man als Paukendach bezeichnet. Dieser Bereich der Pauke wird von der so genannten oberen Wand begrenzt.¹³

Der zweite Abschnitt wird als Paukenmittelraum (Mesotympanon) bezeichnet und wird von vier Wänden begrenzt, der vorderen, seitlichen, hinteren und mittleren Wand. Im Bereich der vorderen Wand befindet sich die Tubeneinmündung, ebenso befindet sich dort der Ursprung des Trommelfellspannmuskels. Die seitliche Wand wird fast vollständig vom Trommelfell gebildet. Die hintere Wand grenzt die Paukenhöhle zum Warzenfortsatz ab und die mittlere Wand trennt die Höhle von der Schnecke. An dieser Wand liegen das runde und das ovale Fenster.¹⁴

Der dritte Abschnitt des Paukenraums wird Paukenkeller (Hypotympanon) genannt und wird von der unteren Wand begrenzt.

Der gesamte Paukenraum, wie auch die Gehörknöchelchenkette darin sind mit einem einschichtigen Epithelgewebe überzogen.

3.3 Gehörknöchelchenkette (Ossicula auditus):

In der Paukenhöhle leitet die Gehörknöchelchenkette den Schall vom Trommelfell bis zum ovalen Fenster ins Innenohr. Aufgrund der Flächenunterschiede zwischen Trommelfell und ovalem Fenster und den verschiedenen Längen der einzelnen Gehörknöchelchen, erhält der Schall eine Verstärkung um das bis zu 22-fache, was ungefähr einer Verstärkung um etwa 27dB entspricht.¹⁵

¹² Vgl. Brunner/Nöldeke (2001), S. 20

¹³ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 21

¹⁴ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 21

¹⁵ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 22ff

Die Gehörknöchelchenkette, welche den Schall vom Trommelfell zum Innenohr durch den Paukenraum leitet besteht aus drei Teilen:

- Hammer (Malleus)
- Amboß (Incus)
- Steigbügel (Stapes)



Abbildung 9: Gehörknöchelchenkette

Der Hammergriff ist direkt mit dem Trommelfell verwachsen und bildet das erste Übertragungsglied der Kette. Der Hammer hat eine Länge von ca. 8mm und ein Gewicht von ungefähr 25mg. Seine hohe Schwingungsfähigkeit verdankt der Hammer zwei Bändern, an denen er aufgehängt ist und womit er die Schallenergie ohne große Verluste an den Ambos weitergeben kann.¹⁶

Der Ambos ist an weiteren zwei Bändern befestigt und dient der Weiterleitung der Schwingungsbewegungen an den Steigbügel.

Das letzte Glied der Gehörknöchelchenkette, der Steigbügel, leitet die Schwingungen zum ovalen Fenster. Er hat eine Länge von ca. 3,5mm und ein Gewicht von etwa 3,5g. Das untere Ende wird als Steigbügelfußplatte bezeichnet und ist über ein Ringfaserband mit dem ovalen Fenster, dem Eingang zum Innenohr verwachsen.¹⁷

3.4 Die Ohrtrompete (Tuba auditiva):

Sie ist ein weiterer wichtiger Teil im Mittelohr und stellt die einzige Verbindung zur Außenwelt mit ihren verschiedenen Luftdruckverhältnissen dar. Sie führt vom Paukenmittelraum in den Nasenrachenraum und ist eine 35mm lange Röhre, die aus

¹⁶ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 23

¹⁷ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 24

knöchernen und knorpeligen Teilen besteht. Sie ist verantwortlich für den Ausgleich der unterschiedlichen äußeren Druckverhältnisse. Im Normalzustand ist sie geschlossen und öffnet sich unter Normalbedingungen nur durch Sprechen von K-Lauten, Schlucken oder Gähnen. Beim Tauchen beispielsweise ist das so genannte „Valsalva –Manöver“ gängig, bei dem der Taucher sich die Nase zuhält und mit geschlossenem Mund anbläst, um den Druck über den Nasenrachenraum und somit der Ohrtrompete auszugleichen.¹⁸

3.5 Schutzfunktionen des Mittelohres:

Eine wichtige Schutzfunktion des Mittelohres bilden die Binnenohrmuskeln: der Trommelfellspannmuskel und der Stapediusreflexmuskel. Sie dienen der Verringerung des Klirrfaktors und der Vermeidung des Nachschwingens der Gehörknöchelchen. Weiters schützen sie das Gehör vor übermäßigen Schalleindrücken (diese Theorie ist jedoch sehr umstritten).

Der Trommelfellspannmuskel beginnt oberhalb des knorpeligen Teils des Tubendachs. Er verläuft im Halbkanal des Trommelfellspannmuskels und mündet oberhalb der Tubeneinmündung in die Paukenhöhle. Dort knickt er fast im rechten Winkel ab und führt weiter zum Hammer. Beim Trommelfellspannmuskel handelt es sich um einen quergestreiften Muskel, ebenso wie der Stapediusreflexmuskel. Dieser zieht aus der Pyramidenspitze quer durch den Paukenraum zum Steigbügelköpfchen. Bei lauten Schalleindrücken (ca. 70 bis 90dB) kontrahiert der Steigbügelreflexmuskel und verkippt somit den Steigbügel. Diese Bewegung überträgt sich dann über Ambos und Hammer zurück zum Trommelfell. Hier wird dann der Trommelfellspannmuskel, der, wie oben erwähnt, am Hammer ansetzt, gedehnt. Diese Dehnung bewirkt eine sofortige Kontraktion des Muskels und die Gehörknöchelchenkette wird zusammengepresst und das Trommelfell nach innen gezogen. Dadurch wird das ganze System nicht mehr so schwingungsfähig und schallhärter und bewirkt dadurch eine Dämpfung von 5 bis 8dB.¹⁹

Wie bereits erwähnt ist diese Theorie jedoch unter Fachleuten nach wie vor sehr umstritten.

¹⁸ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 26

¹⁹ Vgl.: Ulrich (2001), S. 139

4. Der Weg des Schalls - Das Innenohr

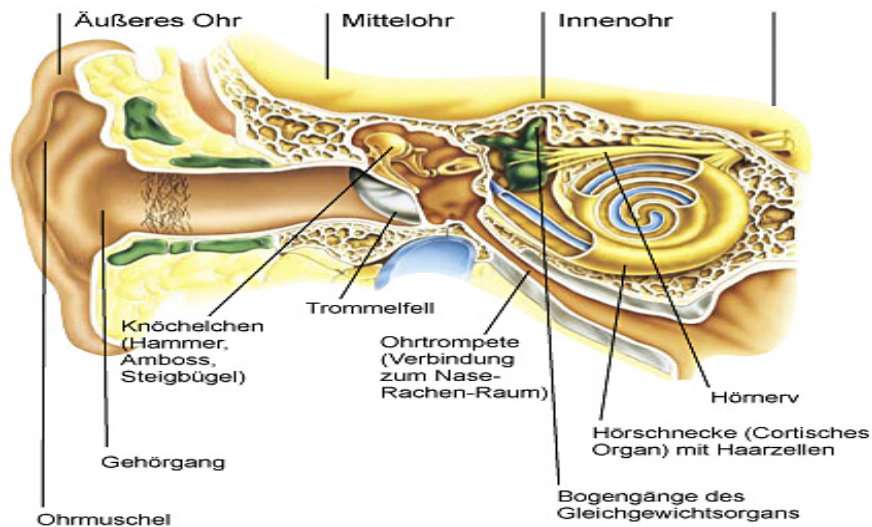


Abbildung 10: der Weg des Schalls

Die Schallwellen gelangen über die Luftleitung oder über die Knochenleitung ins Innenohr, da der Schall auch den ganzen Schädel in Schwingung versetzt. Die oben beschriebenen Vorgänge beziehen sich auf den Luftleitungsprozess. Als Knochenleitung bezeichnet man die Schwingungen des Schädelknochens. Das gesamte Knochengebilde um das Hörorgan schwingt im Takt des Schalls und ermöglicht dadurch auch ein Hören über die Knochenleitung. Dabei werden die Schwingungen direkt auf das Innenohr übertragen.

Das Innenohr ist das letzte Glied der Umwandlungsprozesse des Schalls in elektrische Impulse, die dann im Gehirn als Geräusch wahrgenommen werden. Es gliedert sich in zwei wichtige Teile, die so genannte Schnecke (Cochlea) und das Gleichgewichtsorgan (Vestibularorgan). Beide liegen innerhalb des Schädelknochens am Schädelboden.

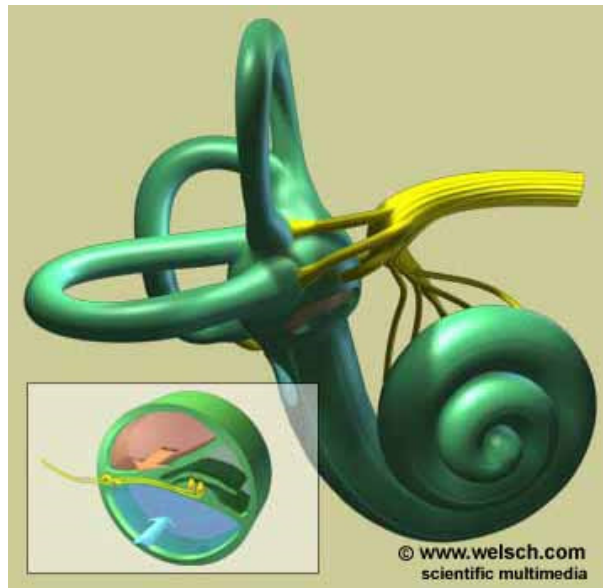


Abbildung 11: Gleichgewichtsorgan und Innenohr mit Querschnitt durch einen Schneckengang

Das Innenohr besteht aus dem knöchernen und dem häutigen Labyrinth, die sich in ihrer Form sehr ähnlich sind. Das knöcherne Labyrinth ist eine Hohlform im Felsenbein und gliedert sich in die knöchernen Bogengänge, den Vorhof und die Schnecke. Weiters sind beide mit Flüssigkeiten gefüllt, das knöcherne Labyrinth mit Perilymphe und das häutige mit Endolymphe, die noch genauer beschrieben werden.²⁰

4.1 Die Schnecke (Cochlea):

Die Hörschnecke ist ein schneckenförmig gewundener Hohlraum im Felsenbein. Sie ist von einem besonderen Knochenmaterial umgeben, welches nach den Zähnen das härteste Material im menschlichen Körper darstellt.²¹ Im Querschnitt betrachtet (siehe Abbildung 12) ist erkennbar, dass die Schnecke sich um ihre etwas, schräg ausgerichtete Achse (Modiolus, oder Schneckenspindel) in zweieinhalb Windungen zu einer pyramidenähnlichen Form zuspitzt. An der Basis hat die Cochlea einen Durchmesser von etwa 7mm, nimmt nach oben hin auf ca. 4mm ab und hat eine Höhe von ca. 4mm.²²

²⁰ Vgl.: Faller/Schünke (2004), S.720

²¹ Vgl.: <http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6rschnecke>, 19.09.2008

²² Vgl.: Ulrich (2001), S. 144

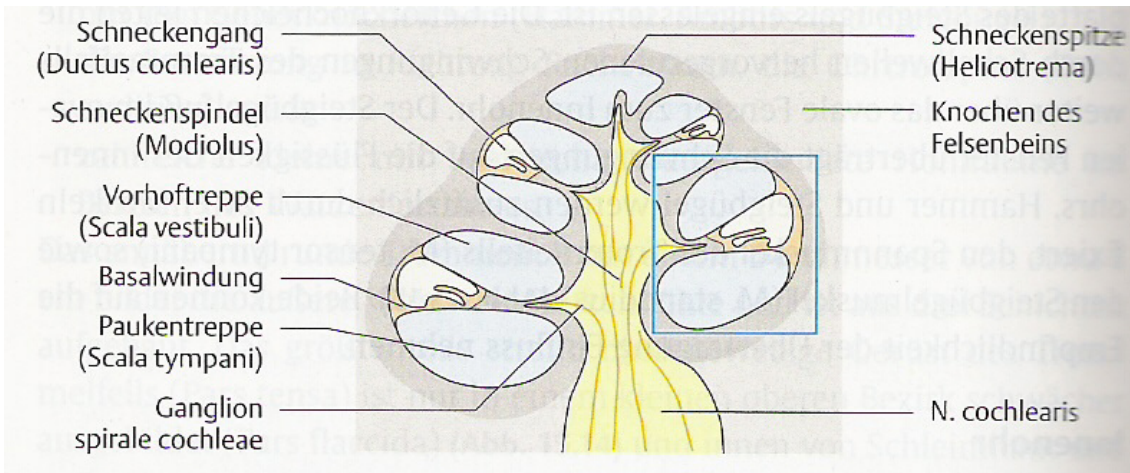


Abbildung 12: Querschnitt durch die menschliche Schnecke

Die Hörschnecke grenzt an das Mittelohr. Die Fußplatte des Steigbügels geht beweglich in das ovale Fenster über. Dahinter liegt bereits der erste Teil der Schnecke, welche in drei Teile unterteilt ist. Der obere Teil ist die Vorhoftreppe, der mittlere ist der häutige Schneckengang und der untere Teil ist die Paukentreppe. Gerät eine Schallwelle ans Trommelfell, wird sie über die Gehörknöchelchen als Druck auf das ovale Fenster weitergeleitet. Dieser Druck, genannt Wanderwelle, läuft durch die Flüssigkeiten, über die Vorhoftreppe zur Spitze der Schnecke. Das runde Fenster dient dem Ausgleich der Volumenverschiebung, die die Membranschwingung des ovalen Fensters verursacht.

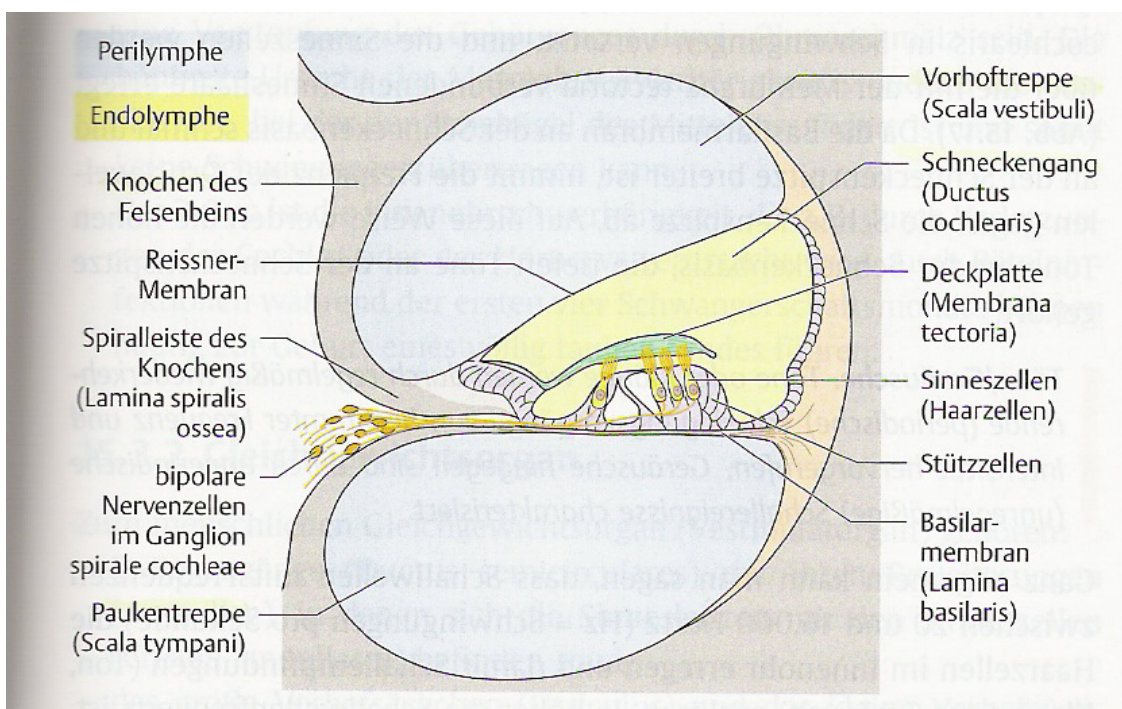


Abbildung 13: Querschnitt einer Schneckenwindung

Die Vorhoftreppe und die Paukentreppe werden durch den häutigen Schneckengang und mehrere Gewebsschichten getrennt, welche damit eine Trennwand in Längsrichtung der Cochlea bilden. Darin befindet sich das so genannte Corti- Organ, das eigentliche Hörorgan. Die Unterseite der Trennwand bildet die Basilarmembran, die Oberseite die Reissnersche Membran (siehe Abbildung 13).

4.2 Das Corti- Organ:

Es stellt die Schnittstelle zwischen den akustischen, mechanischen Schwingungen und den Nervensignalen der Hörschnecke dar. Im Corti- Organ werden die Wanderwellen schlussendlich in elektrische Impulse umgewandelt und ins Gehirn weitergeleitet.

Es sitzt waagrecht in der Schnecke und umfasst die Corti- Hörzellen (Haarzellen), Stützzellen, die Basilar- und die Deckmembran. Den oberen Abschluss des Organs bildet die Deckplatte. Sie ist mit dem Ausläufer der Knochenleiste fest verwachsen und deckt die Haarzellen ab. Zwischen der Knochenleiste und den Stützzellen überdeckt die Deckmembran, bevor sie die Haarzellen erlangt, die innere Spiralfurche, welche mit Endolymphe gefüllt ist.²³

Bei den Haarzellen kann man zwischen äußeren und inneren unterscheiden. In Anzahl und Form sind die einzelnen Sinneshärchen voneinander verschieden und sitzen auf den Stützzellen auf. Die inneren Haarzellen bilden eine Reihe und haben eine ovale Form, während die äußeren in drei Reihen stehen und eine zylindrische Form aufweisen. Beide Haarzellarten haben an ihrem unteren Ende zwei Typen von Nervenfasern. Die afferenten leiten die Impulse der Sinneszellen zum Gehirn und die efferenten leiten die Impulse vom Gehirn zu den Sinneszellen.²⁴

Wie schon erwähnt gibt es zwei bzw. drei Ohrflüssigkeiten. Die Endolymphe ist im gesamten häutigen Innenohr enthalten und ist im Vergleich zur Perilymphe viel kaliumhältiger und weniger natriumreich. Die Perilymphe ist die Flüssigkeit zwischen knöchernem und häutigem Labyrinth. Sie ist klar und eiweißarm, mit viel Natrium. Als letzte gibt es noch die Corti- Lymphe, oder auch Tunnellymphe genannt. Sie ist eine modifizierte Endolymphe und befindet sich nur in den Tunneln des Corti- Organs.²⁵

²³ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 33

²⁴ Vgl.: Ulrich (2001), S. 148

²⁵ Vgl.: Brunner/Nöldeke (2001), S. 35

Die beiden Trennwände, zwischen denen sich das Corti- Organ befindet, sind nicht starr, somit kann die Perilymphe bzw. das Corti- Organ in Schwingung versetzt werden. Diese Schwingungen können dann von den vielen Härchen ertastet und über die Sinneszellen in den Nerv und so ins Gehirn übertragen werden.

4.3 Das Gleichgewichtsorgan (Vestibularapparat):

Das Gleichgewichtsorgan wird auch als häutiger Gleichgewichtsapparat bezeichnet und reguliert das gesamte Gleichgewichtssystem des menschlichen Körpers.

Es besteht aus fünf wesentlichen Teilen, den drei Bogengängen, dem großen Vorhofsäckchen (Utriculus) und dem kleinen Vorhofsäckchen (Sacculus).

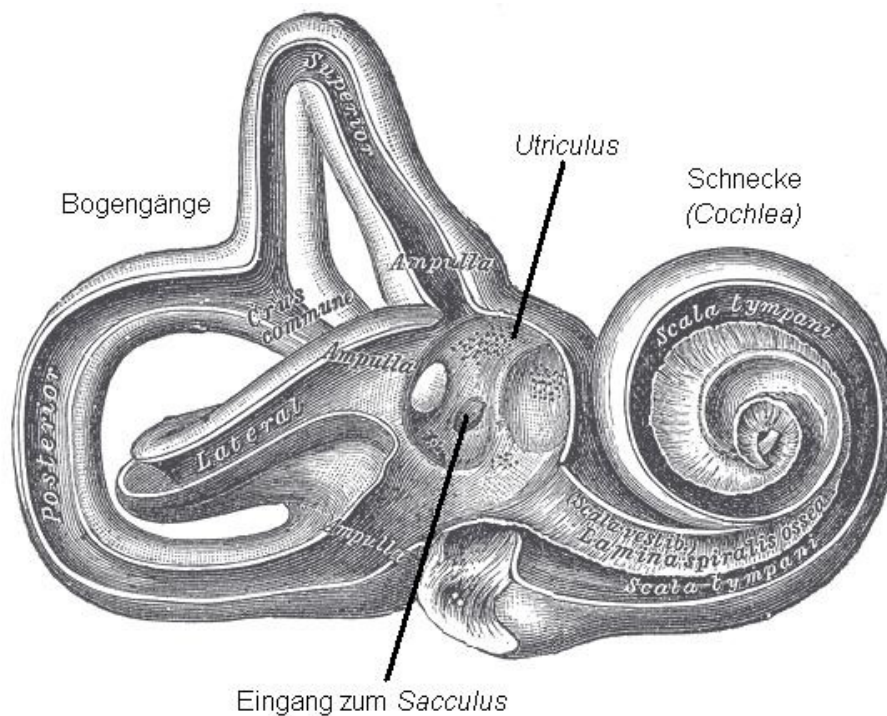


Abbildung 14: Gleichgewichtsorgan und Innenohr

Zu den Bogengängen gehören der seitliche, der hintere und der vordere Bogengang. Diese sind für die rotatorischen Bewegungen zuständig. Sie stehen in drei verschiedenen Ebenen zueinander, beginnen und enden am Utriculus und sind gegen ihr Ende hin erweitert. In diesen Erweiterungen sitzen die Sinneszellen der rotatorischen Bewegungen auf einer kammerartigen Erhebung eines Bindegewebsschwamms. Durch diesen Schwamm sind die Sinneszellen mit den Nervenfasern verbunden. Ausgehend von den Sinneszellen ziehen so genannte

Sinneshaare durch die Haut der Bogengänge in einen gallertartigen Körper. Gerät die Endolymphe, mit der die Bogengänge gefüllt sind, durch Rotation in Bewegung, wird der gallertartige Körper bewegt und verbiegt die Sinneshaare. So wird in den Sinneszellen ein Reiz ausgelöst, über die Nervenfasern ins Gehirn weitergegeben und somit als rotatorische Bewegung wahrgenommen.²⁶

Utriculus und Sacculus bilden das mit Endolymphe gefüllte, häutige Labyrinth. Sie dienen der Registrierung von Beschleunigung und Lageveränderungen und somit der Orientierung im Raum. Das Sinnesfeld von Utriculus und Sacculus ist jeweils etwa 2-3mm² groß und ist mit Sinnes- und Stützzellen ausgestattet, wobei die Zilien der Sinneszellen wieder in eine gallertartige Schicht ragen. Das Sinnesfeld des Utriculus ist horizontal zur Körperachse ausgerichtet, das des Sacculus vertikal. Somit ist das Sinnesfeld des Utriculus für vertikale Bewegungen zuständig und das Sinnesfeld des Sacculus für horizontale Bewegungen.²⁷

Bei der Verarbeitung der Informationen, die das Gleichgewichtsorgan an das Hirn sendet, arbeitet das Gehirn eng mit visuell eingegangenen Reizen zusammen und stimmt die Bewegungen des Körpers im Raum darauf ab. Es spielt eine wichtige Rolle bei der präzisen Steuerung der Körperbewegungen und auch bei der Orientierung. Die Funktion des Gleichgewichtsapparates ist besonders wichtig, um sich auch im Dunklen orientieren zu können, um zu wissen, wo oben und unten ist. Auch bei sehr komplexen Körperabläufen, wie beispielsweise bei Turnern, spielt ein guter Gleichgewichtssinn eine sehr wichtige Rolle, um die Balance halten zu können.

²⁶ Vgl.: Faller/ Schünke (2004), S. 724ff

²⁷ Vgl. Silbernagl/Despopoulos (2003), S. 342

5. Der Weg des Schalls – Reizverarbeitung im Gehirn

Kurz zusammengefasst wird der Schall von der Ohrmuschel getrichert und gelangt so in den äußeren Gehörgang. Dort bewegen sich die Schallwellen wellenförmig weiter, vom knorpeligen und knöchernen Teil, die durch den Isthmus getrennt sind bis hin zum Trommelfell. Dieses wird durch die Wellen in Schwingung versetzt und gibt die Energie über den Hammergriff, der am Trommelfell ansetzt weiter an die Gehörknöchelchenkette. Diese befindet sich, aufgehängt auf Bändern, in der Paukenhöhle und leitet den Schall durch die entstehende Vibrationsbewegung weiter ans ovale Fenster. Dieses ist das Portal zum Innenohr. Ab diesem Zeitpunkt befindet sich die Schallenergie in flüssigem Milieu und verwandelt sich von Schallwellen in die so genannte Wanderwelle. Diese wandert, je nach Intensität, über die Flüssigkeiten der Gehörschnecke zum eigentlichen Hörorgan, dem Corti- Organ. Dort wird die Energie, die die Flüssigkeit in Bewegung gesetzt hat, von Haarzellen erfasst und an die Sinneszellen weitergegeben. Diese leiten die Energie weiter an die Nervenfasern und diese wiederum leiten sie als elektrische Impulse an das Gehirn.

Dabei werden verschiedene Schallqualitäten zur Weiterleitung im Hörnerv codiert. Die Schallfrequenz, die Schalintensität, die Schallrichtung und die Entfernung der Schallquelle. Diese Komponenten werden über ihre Impulshäufigkeiten von den Sinneszellen im Corti- Organ individuell codiert und als Aktionspotentiale über die afferenten Nervenbahnen ins Gehirn geschickt. Die Impulse werden an den Hirnstamm, weiter an die Hörbahnen, bis hin zur Hörrinde weitergeleitet und dort schlussendlich verarbeitet. Auf diesem Weg, den die Impulse zurücklegen, gibt es weiters noch viele Verbindungen zu anderen Körperteilen. Bei einem lauten Knall beispielsweise, schließen sich die Augen unwillkürlich und man begibt sich in Schutzhaltung.²⁸

²⁸ Vgl.: Silbernagl/Despopoulos (2003), S. 368

6. Methoden zur Erhaltung und Verbesserung des Hörvermögens

Der Mensch ist jeden Tag einer Vielfalt von Schalleindrücken ausgesetzt. Ob das nun die singenden Vögel sind, die man am Morgen durchs Fenster hört, oder der beißende Verkehrs- und Industrielärm, den man täglich beim Weg in die Arbeit über sich ergehen lassen muss. Das Hörorgan muss sich im Laufe eines Tages tausende Male von leisen auf laute Eindrücke umstellen. Es arbeitet den ganzen Tag und die ganze Nacht, ohne müde zu werden. Jedoch kann es passieren, dass das Hörvermögen mit der Zeit abnimmt oder gar ganz verschwindet. Auf einmal fällt einem auf, dass man den Gesprächspartner öfter bitten muss, das Gesagte zu wiederholen oder dass man durch Hintergrundgeräusche mehr gestört wird, als früher. Man hat Schwierigkeiten, die Leute zu verstehen, wenn mehrere gleichzeitig sprechen, oder man versteht Gesagtes oft falsch.

Solche Probleme sind in der heutigen Zeit keine Seltenheit mehr. Für Hörschwächen können verschiedene Faktoren verantwortlich sein, manche davon sind angeboren, manche wiederum haben sich erst im Laufe der Zeit entwickelt. Diese werden in folgendem Punkt noch näher erläutert.

Dank der Fortschritte in technischer und medizinischer Forschung gibt es heutzutage bereits einige Möglichkeiten, um diese Hördefizite zu beheben oder zu mindern.



Abbildung 15

6.1 Pathologie des Ohres

Da dieser Bereich sehr umfangreich ist und den Rahmen dieser Arbeit weit überschreiten würde, werden hier nur die relevantesten Erkrankungsarten kurz erwähnt. Der Inhalt dieses Kapitels ist sinngemäß angelehnt an „Das Ohr“ von René Brunner und Ilse Nöldeke, Thieme Verlag.

- *Anomalien* können in den Bereichen des äußeren Ohres, des Trommelfells und des Mittelohres auftreten. Dies können Missbildungen der Ohrmuschel oder des inneren und äußeren Gehörganges sein.
- *Nicht entzündliche Prozesse* können ebenfalls die Bereiche vom äußeren Ohr bis zum Mittelohr betreffen. Verursacht werden solche meist durch Fremdkörper, die in das Ohr gelangen oder durch Verletzungen von äußerem Ohr, Trommelfell oder Mittelohr
- Zu den *entzündlichen Prozessen* zählen verschiedene Arten von Entzündungen und Infektionen, die alle Bereiche des Ohres (äußeres Ohr, Trommelfell, Mittelohr und Innenohr) betreffen können.
- *Tumore* stellen ein weiteres Problem in den Bereichen des äußeren Ohres, des Trommelfells, des Mittelohres und des Innenohres dar.

6.2 Untersuchungsmethoden des Ohres

6.2.1 Anamnese:

Zu Beginn jeder Untersuchung wird die so genannte *Anamnese* durchgeführt. Darunter versteht man, Fragen zu stellen nach derzeitigen oder früheren Erkrankungen des Ohres. Danach erfolgt die visuelle Untersuchung, die mit der genauen Betrachtung der Ohrmuschel beginnt. Es wird auf Missbildungen, Verletzungen oder sonstige Anomalien geachtet. Wichtig dabei ist, auch einen Blick hinter die Ohrmuschel, auf die Mastoidregion zu werfen. Bei leichtem Anheben der Ohrmuschel nach hinten oben kann man auch in den ersten Teil des äußeren Gehörgangs sehen.²⁹

6.2.2 Otoskopie:

Zum weiteren Einsehen in den Gehörgang wird eine *Otoskopie* durchgeführt. Dabei kann mittels des Oskops in den weiteren Verlauf des Gehörganges eingesehen werden bis hin zum Trommelfell. Bei dieser Untersuchung wird vor allem auf die Beschaffenheit des Gehörganges und des Trommelfells geachtet. Rötungen, Schwellungen, Schuppungen, Blutungen sind Beispiele für mögliche Krankheitssymptome des Gehörganges. Ist der Lichtreflex am Trommelfell nicht erkennbar oder unterbrochen, kann dies auf eine Einziehung des Trommelfells (z.B.: bei Unterdruck) hinweisen. Ebenso wird auf die Farbe des Trommelfells geachtet. Für gewöhnlich hat es eine blaugrüne bis perlmuttartige Farbe, verändert sich diese jedoch ins gelbliche, kann dies auf einen Paukenhöhlenerguss hinweisen, bei einem tiefen Blau auf einen Bluterguss in der Paukenhöhle.³⁰



Abbildung 16: Otoskop

²⁹ Vgl.: Ulrich (2001), S. 230

³⁰ Vgl.: <http://www.netdokter.at/ratschlaege/untersuchungen/otoskopie.htm>, 01.10.2008

6.2.3 Subjektive Hörprüfungen:

Die Hörprüfung (Audiometrie) dient der Diagnostik und der Ermittlung des Hörverlustes und gibt dem Arzt oder dem Hörgeräteakustiker Aufschluss über das Ausmaß eines möglichen Hörschadens.

Die *Stimmgabelversuche* gehören zu den einfach durchführbaren Methoden. Es gibt im Wesentlichen drei verschiedene Arten, diese Versuche durchzuführen, doch wird zusätzlich immer ein Hörvergleich über die Knochenleitung durchgeführt. Beim „Weber Stimmgabelversuch“ wird eine Stimmgabel mit einer Frequenz unter 800 Hz angeschlagen und auf den Scheitel des Probanden aufgesetzt. Sie wird dann entweder diffus wahrgenommen, oder in einem Ohr lokalisiert. Beim „Rinne Stimmgabelversuch“ wird zwischen der Wahrnehmung der schwingenden Stimmgabel vor dem Ohr und hinter dem Ohr verglichen. Der „Schwabach Stimmgabelversuch“ beruht auf einem Hörvergleich. Dabei wird die Knochenleitung der zu überprüfenden Person verglichen mit der Knochenleitung des gut hörenden Untersuchers.³¹

Eine weitere einfache Methode, das Hörvermögen zu überprüfen, besteht in den *Sprachabstandsversuchen*, wobei der Prüfer zweistellige, vielsilbige Zahlen flüstert und dokumentiert, wie viele davon der Patient richtig verstanden hat.

6.2.4 Audiometrie:

Es gibt eine Reihe von verschiedenen Audiometrieverfahren, doch grundsätzlich kann zwischen zwei Arten unterschieden werden, der *hörschwellenbezogenen* und der *überschwelligen Audiometrie*.

Diese Untersuchungen erfolgen mittels eines technischen Gerätes (Audiometer) und können über die Knochenleitung und über die Luftleitung durchgeführt werden. Es werden verschiedene Reintöne erzeugt, die in Frequenz und Pegel unterschiedlich sind. Dabei wird der gesamte Hörbereich gemessen, in dem der Patient überhaupt hören kann.³²

³¹ Vgl.: Ulrich (2001), S. 220, 221

³² Vgl.: <http://www.amd.at/dynamic/audiometrie%205%208%2002.htm>, 01.10.2008

- Zur hörschwellenbezogenen Audiometrie zählt die *Tonaudiometrie*, bei der eine Bestimmung der hörbaren Frequenzen in Ruhe erfolgt. Mit der *Bekésy Audiometrie* wird die Hörschwelle mit Dauertönen ermittelt, bei der *Geräuschaudiometrie nach Langenbeck* wird die Mithörschwelle mit einem Geräusch ermittelt.³³
- Eine Methode der überschwelligen Audiometrie stellt die *Sprachaudiometrie* dar. Im Gegensatz zu den im Tonaudiogramm verwendeten akustischen Reizen besitzt Sprachschall ein breites Spektrum. Sprachaudiometrie wird benutzt um Aussagen über die Sprachverständlichkeit des Probanden zu erhalten. Weitere Verfahren sind beispielsweise der *Einsilben-* oder der *Mehrsilbentest*, bei denen ebenfalls ein Hörverlust für die Sprache festgestellt werden kann.³⁴

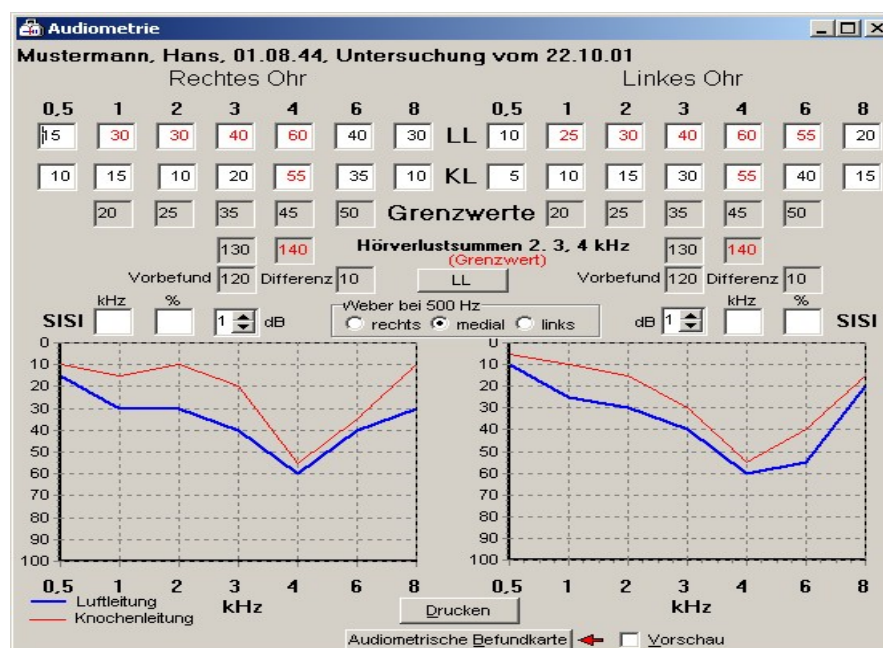


Abbildung 17: Beispiel für Audiometrie

Abbildung 17 zeigt ein Beispiel für eine Sprachaudiometrie. Dabei zeigt die rote Linie die Hörfähigkeit über die Knochenleitung und die blaue Linie das Hörvermögen über die Luftleitung. Rechtes und linkes Ohr werden getrennt von einander getestet.

³³ Vgl.: Ulrich (2001), S. 221ff

³⁴ Vgl.: Ulrich (2001), S. 232ff

6.2.5 Objektive Hörmessungen:

Diese Verfahren kommen dann zum Einsatz, wenn der Arzt oder Hörgeräteakustiker nicht mit dem Patienten zusammenarbeiten kann. Dies ist zum Beispiel bei Säuglingen, Behinderten, Simulanten oder bei psychogenen Hörstörungen der Fall. Hier kann sich der Prüfer nicht auf die subjektiven Antworten und Reaktionen, er vom Patienten erfährt, verlassen.

Auch hier gibt es diverse Verfahren zur Messung von Hörnerven- bzw. Hirnströmen, die durch verschiedene akustische Signale ausgelöst und verändert werden. Weiters kann der Druck im Innenohr verändert werden, um die Beweglichkeit des Trommelfells festzustellen.

Natürlich zählen auch die gängigen Untersuchungsmethoden, wie die Röntgenaufnahme, die Computertomografie und die Kernspintomografie dazu, auch im Ohr, oder besser gesagt im ganzen Hörorgan, das von der Ohrmuschel bis ins Gehirn reicht, Defizite zu erkennen.

6.3 Methoden zur Verbesserung oder zum Wiedererlangen des Hörvermögens

Dank Forschung und Technik werden immer wieder neue und bessere Methoden für ein besseres Hören entwickelt. Die Fortschritte und Neuheiten kommen auf diesem Gebiet so schnell zustande, dass es wenig Sinn machen würde, jede einzelne Möglichkeit zur Verbesserung oder zum Wiedererlangen des Hörvermögens genau zu beschreiben. Im Rahmen dieser Arbeit möchte ich nun einen kleinen Einblick in die beiden wichtigsten dieser Methoden geben. Meine Forschungsfrage bezieht sich auf die zwei gängigsten Varianten zur Verbesserung bzw. Wiederherstellung des Hörvermögens. Das Hörgerät und das Cochlea- Implantat. Welche Vor- und Nachteile gibt es, für wen ist welches Gerät die richtige Wahl?

Hypothese: In Vergleichsfällen wird das Hörgerät dem Cochlea Implantat aus ethischer Sicht vorgezogen.

6.3.1 Das Hörgerät:

Hörgeräte sind Heilbehelfe, die Schwerhörigkeiten verschiedenster Art kompensieren können und fallen unter das Medizinproduktegesetz. In erster Linie gleichen

Hörgeräte durch Schallverstärkung den Intensitätsverlust einer Hörstörung in Frequenz (Tonhöhe) und Dynamik (Lautheit) aus, um eine Verbesserung bzw. Wiederherstellung der Kommunikationsfähigkeit des betroffenen Schwerhörigen zu ermöglichen. Es gibt unterschiedliche Bauformen von Hörgeräten, die für spezifische Arten von Schwerhörigkeiten geeignet sind. Den größten Anwendungsbereich nehmen die „Hinter dem Ohr Hörgeräte“ (HdO) und „Im Ohr Hörgeräte“ (IdO) ein. Nachfolgende Geräte finden als Sonderformen seltener Anwendung, sind jedoch zur Vervollständigung ein wichtiger Bestandteil in der Hörgeräteakustik: „Hörbrillen“ in Kombination Brille mit einem HdO- Gerät, insbesondere „Knochenleitungshörgeräte“ welche nur bei Mittelohrschwerhörigkeiten bei intaktem Innenohr anwendbar sind. CROS Versorgungen (contralateral routing of signals) bei einseitiger Taubheit oder Unterversorgung auf einer Seite.³⁵

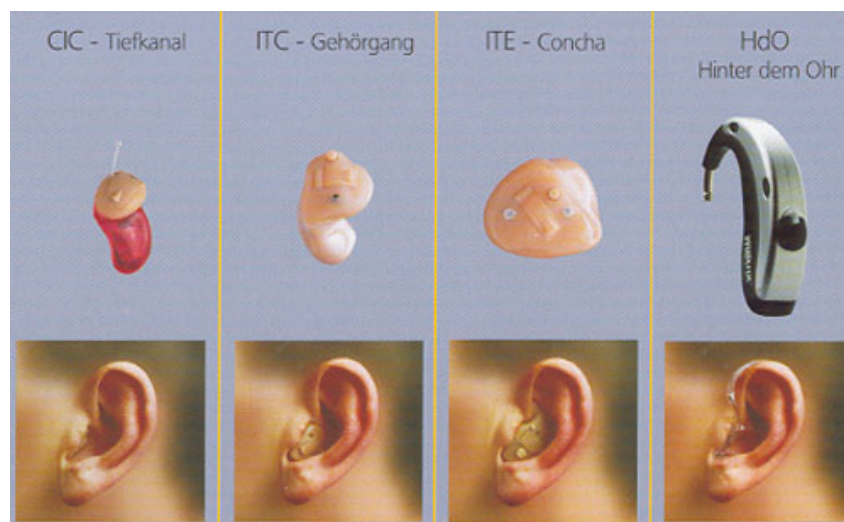


Abbildung 18: Verschiedene Arten von Hörgeräten

Die grundsätzliche und vereinfachte Zusammensetzung bzw. Konstruktion eines Hörgerätes gliedert sich in drei wesentliche Teile. Das Mikrofon nimmt den Schall von außen auf, um in an einen Verstärker weiterzuleiten. Der Verstärker verstärkt die akustischen Signale, welche vom Mikrofon kommen und bereitet sie wie benötigt zu. Der Hörer wandelt die bearbeiteten Signale wieder in eine Schalldruckschwingung um, die vom Hörerträger gehört werden kann.³⁶

Bei der Signalverarbeitung im Hörgerät hat sich heutzutage die volldigitale Signalverarbeitung als Standard etabliert. Kommerziell verfügbar wurden volldigitale

³⁵ Vgl.: Kießling/ Kollmeier/ Diller (2008), S.63

³⁶ Vgl.: Kießling/ Kollmeier/ Diller (2008), S. 2

Hörgeräte erstmals im Jahre 1996. Vor dieser Zeit gab es analoge Hörgeräte, welche digital programmierbar waren und noch vor diesen Geräten wiederum waren die gänzlich analogen Hörgeräte gängig, welche durch verschiedene Widerstände im Schaltkreis und im Regler in ihrer Verstärkungscharakteristik verändert werden konnten.

Der Erfolg einer Hörgeräteversorgung mit einer guten Rehabilitation ist von vielen Faktoren abhängig. Negative Auswirkungen sind u.a. die Stigmatisierung von Hörstörungen und Hörgeräten, weiters eine häufig zu späte Versorgung mit Hörgeräten. Hörgeräte sind technische Hilfsmittel die die Hörfähigkeit verbessern jedoch nicht heilen und den beschriebenen, komplexen Hörvorgang nicht immer vollständig reproduzieren können. Dennoch sind moderne Hörsysteme unverzichtbare Lösungen, die auf die individuellen Hörbedürfnisse des Betroffenen adjustiert werden können. Der letzte technische Stand stellt hier beispielsweise Techniken zur Verfügung, mit denen Hörgeräte über eine Funkverbindung mit Mobiltelefonen kommunizieren können und so als Freisprechanlagen dienen. Auch können durch komplexe, automatisierte Signalverarbeitungsalgorithmen im Hörgerät Muster der Sprache von störenden Nebengeräuschen gefiltert werden und somit den Fokus auf die Sprachverständlichkeit legen.³⁷

Ein Hörgerät ermöglicht vielen Menschen wieder ein normales Leben im Alltag. Natürlich ist mit Einschränkungen zu rechnen, jedoch nehmen die Menschen dies gern in Kauf. Für ein Hörgerät gibt es keine Zielgruppen oder Voraussetzungen. Außer natürlich, dass eine gewisse Resthörigkeit und eine intakte Reizverarbeitung im Gehirn vorhanden sein müssen. Das Hörgerät wird auf die individuellen Bedürfnisse des einzelnen eingestellt, ist einfach einzusetzen und zu bedienen. Bei den vielen Fortschritten und Neuheiten auf diesem Gebiet findet sich für jeden individuellen Patienten ein geeignetes Gerät zur Wiederherstellung eines moderaten Hörvermögens.³⁸

Laut einer Presseausschreibung der Neuroth AG wissen rund 500 000 Österreicher von ihrer Hörminderung (die Dunkelziffer wird jedoch weit höher angenommen). Schätzungen zufolge sucht aber nur ein Viertel davon ärztliche Hilfe auf. In Österreich tragen nur kapp 25% der Schwerhörigen ein Hörgerät.³⁹

³⁷ Vgl.: Kießling/ Kollmeier/ Diller (2008), S.63

³⁸ Vgl.: Kießling/ Kollmeier/ Diller (2008), S.105

³⁹ Vgl.: http://www.neuroth.at/images/content/pdfs/Pressemappe_2008.pdf, 4.12.2008

6.3.2 Das Cochlea Implantat:

Ein Cochlea Implantat (CI) ist eine Hörhilfe für Gehörlose oder Ertaubte, die bei einem Totalausfall der Sinneszellen im Innenohr trotzdem ein Hören ermöglichen kann. Eine der Voraussetzungen für die Sinnhaftigkeit eines Cochlea Implantats ist ein vollkommen intakter Hörnerv. Cochlea Implantate eignen sich für taub bzw. gehörlos geborene Kinder, nach dem Spracherwerb erlaubte Kinder und Erwachsene sowie hochgradig Schwerhörige. Wichtig ist hier, dass die Voraussetzungen für einen Spracherwerb gegeben sind. Weniger geeignet ist ein CI, wenn eine Verknöcherung der Cochlea vorliegt oder diese sehr groß ist, ebenso, wenn eine absolute Taubheit seit Geburt oder schon seit vielen Jahren vorliegt.⁴⁰

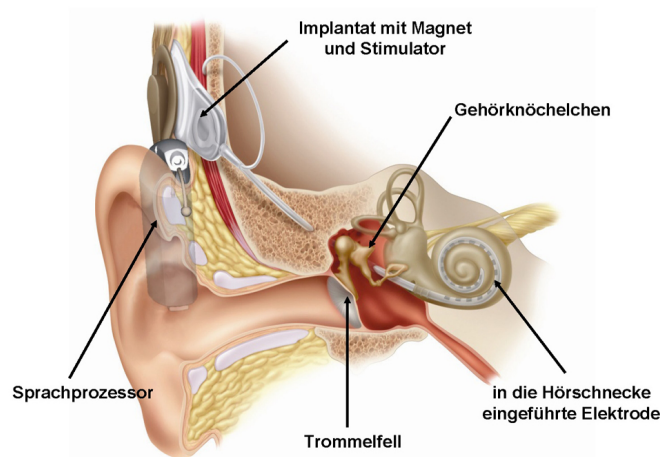


Abbildung 19: Cochlea Implantat

Das System besteht aus zwei Teilen, dem äußeren nicht implantierten, und dem inneren Teil, dem eigentlichen Implantat.

Die Funktionsweise eines Cochlea Implantats sieht folgendermaßen aus: Im Sprachprozessor, der ähnlich wie ein „Hinter dem Ohr Hörgerät“ getragen wird, werden über das Mikrofon die empfangenen Schallschwingungen in elektrische Signale umgewandelt und digitalisiert. Diese werden nach der Verarbeitung als elektrisches Impulsmuster über ein Kabel zu einer Spule weitergeleitet. Die durch Magnetkraft am seitlichen Hinterkopf über dem Implantat gehaltene Spule sendet dieses Impulsmuster mittels Radiowellen durch die Haut in die Hörschnecke, in welche das Implantat mittels einer Operation eingesetzt wurde. Dieses entschlüsselt das Impulsmuster und leitet es über die Elektrode, welche in die Cochlea eingefädelt

⁴⁰ Vgl.: <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008

ist, weiter. In Abbildung 20 kann man erkennen, in welcher Größenordnung sich diese Spule befindet, im Vergleich zu einem Streichholz.⁴¹



Abbildung 20: Vergleich von einem Streichholz und der Spule

Durch diese elektrischen Impulse wird der Hörnerv stimuliert, der in Folge so genannte Aktionspotenziale erzeugt und diese an das Gehirn weiterleitet. Das Gehirn empfängt die Aktionspotenziale des Hörnervs und erkennt sie als akustisches Ereignis (Sprache, Klang, Geräusch).⁴²

Nach erfolgreicher Operation und Einstellung des Sprachprozessors ist ein Hören möglich. Durch das Einbringen der Spule in das Innenohr werden bei Resthörigkeit alle noch geringfügig vorhandenen Sinneszellen zerstört. Somit ist durch die technische Generierung der Signale, die mittels Innenohr über den Hörnerv geleitet werden auch ein verändertes „unnatürlicheres“ Hören gegeben. Kann die Spule nicht weit genug in die letzten Windungen der Cochlea gebracht werden, so hat dies ein Hören in höherer Frequenzlage zur Folge und tiefe Frequenzen werden nicht mehr gehört.⁴³

Da dies ein sehr komplexer Vorgang ist, der auch mit einer Operation und nachfolgender Rehabilitation in Verbindung steht, sind die Kosten eines CI relativ hoch. In der Regel werden diese Kosten jedoch von den Krankenversicherungsanstalten übernommen. Die Möglichkeit einer Cochlea Implantation gibt es österreichweit in Wien, St. Pölten, Linz, Wels, Salzburg, Innsbruck, Feldkirch und Graz..⁴⁴

⁴¹ Vgl.: <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008

⁴² Vgl.: <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008

⁴³ Vgl.: <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008

⁴⁴ Vgl.: <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008

Ein CI ist ein technisches Hilfsmittel und somit gibt es auch hier wie beim Hörgerät technische Grenzen. Kann jedoch mit einer konventionellen Hörhilfe (siehe Hörgeräte) keine ausreichende Verbesserung mehr erzielt werden, so ist unter Umständen ein CI geeignet.⁴⁵

Somit ist ein CI ein wichtiger Eckpfeiler bei Taubheit oder unzureichender Hörgeräteversorgung und stellt somit den Stand der aktuellen technischen Möglichkeiten zur Hörverbesserung dar.

Das Cochlea Implantat wird im Rahmen einer eineinhalb- bis zweistündigen Operation in den Knochen hinter dem Ohr und in die Hörschnecke eingesetzt. Diese Operation birgt trotz Narkose sehr geringe Risiken. Die Komplikationsrate liegt nahezu bei null. Bei einem CI ist es entscheidend, wie lange der Patient bereits taub ist, sowie die Ursache der Ertaubung. Prinzipiell gilt, je kürzer die Zeitspanne seit dem Verlust des Gehörs ist, desto besser sind die Ergebnisse des Hörens mittels CI.⁴⁶

Das CI kommt – wie erwähnt- für zwei Patientengruppen in Frage. Einerseits gehörlos geborene Säuglinge und Kleinkinder ohne Spracherwerb und andererseits Erwachsene und Jugendliche, deren Ertaubung nach dem Erlernen von Sprache passiert ist.⁴⁷

Das Hören mit einem CI klingt nicht gleich, wie das „normale“ Hören. Patienten berichten, dass die Sprache vor allem am Anfang klingt, als ob Comic- Figuren sprechen würden. Jedoch legt sich dieser Eindruck bei den meisten Patienten nach einiger Zeit wieder, sobald sich das Gehirn an die angebotene Information gewöhnt hat.⁴⁸

Wird ein Kind gehörlos geboren (dies geschieht in einem von 10.000 Fällen), so stehen die Eltern vor der Entscheidung, ob Cochlea Implantat oder Gebärdensprache. Der Österreichische Gehörlosenbund rät von den Operationen ab, da dies eine Bedrohung der Gebärdensprachen bedeute und somit auch die gesamte Gehörlosenkultur in Frage stelle. Laut den Erfahrungen eines Hörgeräteakustikers halten Gehörlose andere Gehörlose, die sich für ein CI

⁴⁵ Vgl.: Kießling/ Kollmeier/ Diller (2008), S.63

⁴⁶ Vgl.: <http://www.ci-selbsthilfe.at/ci/index.html>, 4.11.2008

⁴⁷ Vgl.: <http://www.ci-selbsthilfe.at/ci/index.html>, 4.11.2008

⁴⁸ Vgl.: <http://www.oegl.b.at>, 3.11.2008

entscheiden für „Freaks“ und sie würden nicht zu ihrer Kultur stehen. Dies ist jedoch eine Streitfrage, die jeder für sich selbst entscheiden muss.⁴⁹

6.4 Prävention vor Hörschäden

Präventive Maßnahmen lassen sich natürlich auch im auditiven Bereich anwenden. Die erste und vielleicht wichtigste Maßnahme ist die Information. Die Bevölkerung muss wissen, was ein Hörschaden oder eine Hörminderung ist, wie dies entstehen kann und welche Folgen entstehen können. Risikofaktoren und Risikogruppen müssen genannt werden, regelmäßige Untersuchungen müssen angeboten oder zumindest nahe gelegt werden. Dadurch lässt sich die Ausprägung des Hörvermögens genau dokumentieren und wird damit besser beobachtbar. Für Leute in Risikogruppen, die zum Beispiel öfter in Discos gehen oder eine Arbeit unter ständiger Lärmbelastung durchführen gibt es verschiedene Arten von Gehörschutz. Dieser wird genau an die Bedürfnisse des Einzelnen angepasst und stellt eine enorme Schutzfunktion für das Gehör dar.

Immer wieder werden auch von großen Hörgeräte- Instituten Aktions- und Informationstage angeboten, bei denen gratis Hörtests durchgeführt werden und die Leute über die Funktion des Gehörs und die damit verbundenen Risikofaktoren informiert werden.

⁴⁹ Vgl.: <http://www.oegl.b.at>, 3.11.2008

7 Fazit

Das menschliche Gehör ist wohl eines der komplexesten und faszinierendsten Systeme, die im Körper bestehen.

Viele Menschen erleiden leider das Unglück, gehörlos geboren zu werden oder im Laufe ihres Lebens einen Hörverlust zu erleiden.

Dank den immer weiterlaufenden Fortschritten der heutigen Technik und Forschung gibt es Methoden, diesen Menschen zu helfen und ein Hören zu ermöglichen. Bei Patienten mit Resthörigkeit kommen Hörgeräte zum Einsatz und das mit sehr guten Erfolgen. Die Nachfrage ist immer groß, so werden auch fortlaufend neuere, leistungsfähigere, kleinere und bedürfnisorientierte Geräte erfunden. Heutzutage ist es sogar schon möglich, mit seinem Hörgerät via Bluetooth- Verbindung zu telefonieren. Gerade wird daran getüftelt, das Hörgerät mit der mp3- Playerfunktion in Verbindung zu bringen, was vor allem bei jungen Menschen Anklang finden würde.

Bei Patienten die taub sind, gibt es die Möglichkeit des Cochlea Implantats. Dies ist zwar in ethischer Sicht laut ÖGLB umstritten, jedoch kann Gehörlosen ein (Wieder-) Hören ermöglicht werden. Auch auf diesem Gebiet wird ebenso ständig weitergeforscht und entwickelt um dem Patienten ein noch besseres Ergebnis sowie Komfort zu ermöglichen.

Das Hörgerät stellt eine kostengünstigere und risikofreie Möglichkeit dar. In den wenigen Fällen, in denen die Patienten vor der Wahl, ob Hörgerät oder Cochlea Implantat stehen, müssen die Vor- und Nachteile genau abgewogen werden. Die einerseits sichere, im Alltag gewöhnungsbedürftige, kostengünstigere Variante, das Hörgerät. Oder das mit einer Operation und höheren Kosten verbundene Cochlea Implantat, das anfangs ebenfalls als gewöhnungsbedürftig empfunden wird.

Es ist der Medizin sowie der Technik ein Anliegen, Menschen mit solchen Defiziten ein Leben bieten zu können, dass so normal wie nur möglich ist.

Wer weiß, was uns die Forschung in den nächsten Jahren noch zeigen und ermöglichen kann?

8 Quellenverzeichnis

Literaturverzeichnis:

- Brunner, Rene/ Nöldeke, Ilse; Das Ohr- Anatomie, Pathologie, Physiologie für Hörgeräteakustiker und audiologische Assistenzberufe; Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2. unveränderte Auflage; 6. korrigierte Auflage; 1997
- Faller, Adolf/ Schünke, Michael; Der Körper des Menschen- Einführung in Bau und Funktion; Georg Thieme Verlag Stuttgart, 14. aktualisierte und erweiterte Auflage; 2004
- Hougaard/ Jensen/ Kristensen/ Ludvigsen/ Petersen/ Weis; Schall und Hören; Widex, 2. Auflage; 1995
- Kießling, Jürgen/ Kollmeier, Birger/ Diller, Gottfried; Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten; Georg Thieme Verlag Stuttgart; 2. Auflage; 2008
- Müller, Wenzel/ Verein für Konsumenteninformation VKI; Besser hören- Alles über Schwerhörigkeit, Leben mit dem Hörverlust, Hörgeräte: Typen und Preise; VKI Wien, 2002
- Pschyrembel; Klinisches Wörterbuch; Walter de Gruyter 260. Auflage; 2004
- Silbernagl, Stefan/ Despopoulos, Agamemnon; Taschenatlas der Physiologie; Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2003
- Ulrich, Jens; Hörgeräte Akustik- Kompendium Band 1 und 2; 2001

- <http://www.oeglb.at/>, 3.11.2008
- <http://www.oberkappel.ooe.gv.at/system/web/sonderseite.aspx?menuonr=218489555&detailonr=218489555/>, 20.10.2008
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Akustik>, 24.08.2008
- http://www.kyb.mpg.de/bs/people/felix/UniPsy_VL_Wahrnehmung_WS05-06_Folien/11-AuditorischesSystem.pdf, 25.08.2008
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Trommelfell>, 30.08.2008
- <http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6rschnecke>, 19.09.2008

- <http://www.netdokter.at/ratschlaege/untersuchungen/otoskopie.htm>, 01.10.2008
- <http://www.amd.at/dynamic/audiometrie%205%208%2002.htm>, 01.10.2008
- <http://www.schnecke-ci.de/>, 3. 11.2008
- <http://www.oeglb.at/>, 3.11.2008
- <http://www.ci-selbsthilfe.at/ci/index.html>, 4.11.2008
- http://www.neuroth.at/images/content/pdfs/Pressemappe_2008.pdf, 4.12.2008

Abbildungsverzeichnis:

- Abbildung 1: die 5 Sinne des Menschen: http://www.learn-line.nrw.de/angebote/sinus/projektnw/unterrichtsbeispiele/ohr/5_Sinne_anhand_des_menschlichen_Kopfes.htm
- Abbildung 2: die Dezibel- Skala: http://www.goal-graz.at/UIS/schall/VL_doc/Image3.gif
- Abbildung 3: der menschliche Hörbereich: <http://www.uni-erfurt.de/sprachwissenschaft/personal/lehmann/fundus/Hoerbereich.html>
- Abbildung 4: Vergleiche zu anderen Hörvermögen aus der Tierwelt: http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph08/versuche/03hoerbereich/hoerber.htm
- Abbildungen 5, 6, 10: der Weg des Schalls: <http://members.chello.at/thomas.knob/ohr.jpg>
- Abbildung 7: das Trommelfell: Faller/Schünke, „Der Körper des Menschen“, Thieme Verlag, 14. Auflage, S.719
- Abbildung 8: Foto eines Trommelfells: <http://de.wikipedia.org/wiki/Trommelfell>
- Abbildung 9: Gehörknöchelchenkette: www.erzwiss.uni-hamburg.de/.../ohr_aufbau_02.htm
- Abbildung 11: Gleichgewichtsorgan und Innenohr mit Querschnitt durch einen Schneckengang: www.erzwiss.uni-hamburg.de/.../ohr_aufbau_02.htm
- Abbildung 12: Querschnitt durch die menschliche Schnecke: www.erzwiss.uni-hamburg.de/.../ohr_aufbau_02.htm

- Abbildung 13: Querschnitt einer Schneckenwindung: www.erzwiss.uni-hamburg.de/.../ohr_aufbau_02.htm
- Abbildung 14: Gleichgewichtsorgan und Innenohr: http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gray_utriculus.jpg
- Abbildung 15: <http://www.eggerstorfer.de/36.0.html>
- Abbildung 16: Otoskop: <http://www.verlaghawelka.de/med-produkte-c-212.html>
- Abbildung 17: Beispiel für Audiometrie: <http://www.bilsoft.de/BARZT/barztwin.html>
- Abbildung 18: Verschiedene Arten von Hörgeräten: <http://www.laher.at/produkte/images/hoergeraete.jpg>
- Abbildung 19: Cochlea Implantat: http://www.tu-dresden.de/medkhno/images/diagnostik/ci/ci_web_large.jpg
- Abbildung 20: Vergleich von einem Streichholz und der Spule