Hochschule Aalen

Bachelorarbeit des Studiengangs
Augenoptik / Augenoptik Hörakustik

Vergleich offener akustischer Ankopplungen in Bezug auf das Sprachverstehen und die subjektive Zufriedenheit der Hörgeräteträger

Zugelassene Abschlussarbeit des Studiengangs Augenoptik und Hörakustik
zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

vorgelegt von

Laura Jansen

Tag der Einreichung:

17.10.2018

Erstbetreuer: Prof. Dr. Steffen Kreikemeier

Zweitbetreuerin: B.Sc. Linda Sophia Liß

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorthesis selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine andere als die angegebene Literatur benutzt habe. Alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehnenden Ausführungen meiner Arbeit sind besonders gekennzeichnet. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

Zusammenfassung

In der Hörakustikbranche ist in den letzten Jahren die offene Anpassung von Hörsystemen zum Trend geworden. Die Standardschirmchen werden immer mehr zum Verkaufsschlager. Dabei stellt sich die Frage, ob offen angepasste Hörsysteme mit Schirmchen auch für den Endkunden die beste Wahl sind oder ob individuell gefertigte Folienotoplastiken bessere Ergebnisse, zum Beispiel im Sprachverstehen oder in der subjektiven Zufriedenheit, erzielen.

In der Studie wurden den Probanden offen angepasste Ex-Hörer Hörsysteme mit Standardschirmchen und mit individuell gefertigter Otoplastik jeweils für einen Testzeitraum angepasst. Um die beiden akustischen Ankopplungen zu vergleichen, wurde Augenmerk auf das Sprachverstehen, gemessen mit dem Oldenburger Satztest und dem Freiburger Sprachtest, gerichtet. Die subjektiven Erfahrungen im Alltag wurden durch einen Fragebogen abgefragt.

Durch objektive Messungen, bestehend aus einer Insitu-Messung und der Messung der Verstärkung in der Messbox, wurden die Verstärkungsunterschiede der akustischen Ankopplung untersucht und mit den subjektiven Eindrücken der Probanden sowie mit den Ergebnissen der Sprachtests verglichen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine offene Versorgung mit Hörsystemen gekoppelt an eine individuelle Otoplastik tendenziell ein besseres Sprachverstehen erreichte. Die Zufriedenheit der Probanden unterschied sich dabei kaum. Ausschließlich der Tragekomfort wurde mit den Schirmchen tendenziell besser bewertet als mit einem individuellen Ohrstück.
Die Messungen in der Messbox und Insitu im Gehörgang zeigten, dass die Auswahl der akustischen Ankopplung in der Herstellersoftware großen Einfluss auf die Verstärkung hatte, um den Verlust des niederfrequenten Schalls teilweise zu kompensieren.

Danksagung

Die Bachelorarbeit war für mich eine spannende Herausforderung. Daher gilt mein Dank an dieser Stelle denen, die mich während der Arbeit unterstützten.

Ein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Steffen Kreikemeier, für die Betreuung und den fachlichen Rat während der Realisierung der Bachelorarbeit.

Für die Unterstützung danke ich auch Linda Liß und Daniel Andres, die als Mitarbeiter der Hochschule jederzeit ein offenes Ohr für mich hatten und mir bei allen Fragen mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ich danke auch meinen Probanden, die Ihre Freizeit für meine Bachelorarbeit opferten und mir einige praktische Erfahrungen ermöglichten.

Schließlich möchte ich mich von ganzem Herzen bei meiner Familie bedanken, die mich zu jedem Zeitpunkt meines Studiums mit aller Kraft unterstützten und mir das Studium erst ermöglicht hat.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung ..... **I**

Zusammenfassung ..... **II**

Danksagung ..... **III**

Inhaltsverzeichnis ..... **IV**

Abkürzungen ..... **VI**

1 Einleitung **1**

1.1 Motivation und Ziel der Arbeit 1

1.2 Theoretische Grundlagen 3

1.2.1 Offene und geschlossene Anpassung im Vergleich 4

1.2.2 Vor- und Nachteile offener Versorgungen 6

1.2.3 Zufriedenheit der Endverbraucher 7

1.2.4 Wahl der Anpassformel 7

1.2.5 Wahl der akustischen Ankopplungen in der Herstellersoftware 10

2 Material und Methoden **12**

2.1 Probandenauswahl 12

2.2 Hörsystem 13

2.3 Otoplastik 15

2.4 Insitu-Messung 16

2.5 Tonaudiogramm 17

2.6 Oldenburger Satztest 17

2.7 Freiburger Sprachtest 19

2.8 Fragebogen 21

2.9 Datalogging 22

2.10 Messbox: Verstärkungsunterschied der akustischen Ankopplungen 23

2.11 Auswertung 24

3 Ergebnisse 25

3.1 Vergleich der Verstärkungskurven bei unterschiedlicher akustischer Ankopplung in der Messbox 25

3.2 Ergebnisse der Insitu-Messung 27

3.3 Insitugramm 29

3.4 Oldenburger Satztest 30

3.5 Freiburger Einsilbertest 33

3.6 Ergebnisse der Fragebögen 35

3.6.1 Gesamtzufriedenheit 35

3.6.2 Tragekomfort 36

3.6.3 Lautstärke und Klang 37

3.6.4 Sprachverstehen 39

3.6.5 Richtungshören 41

3.7 Auswertung Datalogging 42

4 Diskussion 43

4.1 Diskussion von Material und Methode 43

4.1.1 Auswahl der Probanden und Hörsysteme 43

4.1.2 Wahl der Belüftungsbohrung 44

4.1.3 Sprachtests 45

4.2 Diskussion der Ergebnisse 47

4.2.1 Objektive Messungen 47

4.2.2 Sprachtests 52

4.2.3 Subjektive Zufriedenheit 53

5 Schlussfolgerung 56

6 Literaturverzeichnis 58

7 Abbildungsverzeichnis 61

8 Anhang 63

Abkürzungen

Zeichen	Bedeutung
Abb.	Abbildung
APHAB	Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit
dB	Dezibel
dB_{opt}	Pegel, bei dem maximales Sprachverstehen möglich ist
DIN	Deutsches Institut für Normung
DSL	Desired Sensation Level
EN	Europäische Norm
Ex-Hörer	Externer Hörer
HdO	Hinter-dem-Ohr
HL	Hearing Level
Hz	Hertz
ISTS	International Speech Test Signal
kHz	Kilohertz
La	Ausgangspegel
Le	Eingangspegel
m	Meter
mm	Millimeter
N2, 3	Normhörverlust 2 und 3 (DIN60118-15)
NAL	National Acoustic Laboratories
NAL-NL2	National Acoustic Laboratories – Non Linear Version 2
OLSA	Oldenburger Satztest
REAG	Real Ear Aided Gain
RECD	Real Ear to Coupler Difference
REUG	Real Ear Unaided Gain
REOG	Real Ear Occluded Gain
RIC	Receiver-In-Canal
SNR	Signal to Noise Ratio
SPL	Sound Pressure Level
SVS	Sprachverstehensschwelle
U-Schwelle	Unbehaglichkeitsschwelle

1 Einleitung

Schwerhörigkeit betrifft in Deutschland einen großen Teil der Bevölkerung. Laut dem deutschen Schwerhörigenbund e.V. (2015) sind 21,61 % der Gesamtbevölkerung über 14 Jahren schwerhörig (Deutscher Schwerhörigenbund e.v. 2015). Die stetige Weiterentwicklung der Technik, vor allem im Bereich der Hörakustik-Branche, hat in den letzten Jahren zu einer enormen Leistungssteigerung moderner Hörsysteme geführt. Durch verbesserte Technologien im Bereich der Richtmikrofontechnik und der Störgeräuschunterdrückung sowie insbesondere des Rückkopplungsmanagements ist das Tragen von Hörsystemen angenehmer und alltäglicher geworden. Auch ästhetisch können Hörsysteme heute mehr überzeugen als noch vor einigen Jahren. Kleine Bauformen bei sogenannten Ex-Hörer-Hörsystemen, bei denen das Gerät „Hinter dem Ohr“ getragen und der Hörer in den Gehörgang ausgelagert wird, ermöglichen dem Hörgeräteträger ein unauffälligeres Hörsystem sowie einen vorteilhafteren Klang als noch vor einigen Jahren (Lehnhardt/Laszig 2009, S.171–172). Aufgrund dieser verbesserten Technologien und kleineren Bauformen entwickelten sich vor allem die heute viel verwendeten offenen Versorgungen mit Standardschirmchen zum beliebten Produkt bei Experten und Hörgeräteträgern. Jeder Hersteller bietet Standardschirmchen für Ex-Hörer-Hörsysteme sowie für Hinter-dem-Ohr (HdO) Hörsysteme an. Weiterhin sind auch die individuellen Ohrstücke in verschiedensten Bauarten verbreitet.

1.1 Motivation und Ziel der Arbeit

Die möglichen akustischen Ankopplungen in der heutigen Hörsystemanpassung sind enorm vielseitig. Dabei gibt es viele Vor- und Nachteile, die für oder gegen die jeweiligen Ankopplungen sprechen.

In Bezug auf die akustische Ankopplung bei der Hörsystemanpassung sind in der Hörakustik-Branche zurzeit verschiedene Philosophien bekannt. Einerseits gibt es die Forderung aus der Zeit der analogen Hörgeräte, „so offen wie möglich“ anzupassen. Andererseits führen negative Einflussfaktoren einer offenen

Versorgung bei heutigen digitalen Hörsystemen zu der Philosophie, „so geschlossen wie möglich“ anzupassen (Ulrich/Hoffmann 2017, S.937).

Beide Philosophien werden in der Praxis angewendet und haben Ihren Erfolg, denn die Zufriedenheit der Kunden ist für den Akustiker maßgebend.

In den USA waren 2017 82,1 % aller verkauften Hörsysteme HdO-Hörsysteme. Dabei betrug der Anteil der häufig offen und mit Standardschirmchen angepassten Ex-Hörer-Hörsysteme, als eine Unterkategorie der HdO-Hörsysteme, mit 68,5 % etwa zwei Drittel aller verkauften Hörsysteme (Strom 2017).

Außerdem wird in der Literatur beschrieben, „dass heute etwa 70-80 % aller Anpassungen offen oder nahezu offen erfolgen können.“ (Kiessling et al. 2008, S.87).

In der Praxis werden mit einer offenen Versorgung häufig allerdings nur die standardisierten Schirmchen assoziiert. Eine offene Versorgung kann jedoch genauso mit einem individuell gefertigten Ohrstück und einer entsprechend großen Zusatzbohrung erreicht werden. Ob dies einen Unterschied im Sprachverstehen und in der Zufriedenheit der Kunden macht, gilt es mit verschiedenen Messungen zu überprüfen.

Untersucht wurde in dieser Studie, ob ein subjektiver und objektiver Unterschied bei einer offenen Versorgung zwischen Standardschirmchen und Otoplastiken besteht. Dabei sollten durch einen Fragebogen subjektive Erlebnisse mit den beiden offenen akustischen Ankopplungen sowie durch Sprachtests mögliche Unterschiede im Sprachverstehen ermittelt werden. Die Verstärkung der Hörsysteme wurde dabei in der Messbox und außerdem mithilfe der Insitu-Messung im Gehörgang überprüft.

Außerdem sollte untersucht werden, inwiefern sich die Einstellung des Hörsystems durch den First Fit des Herstellers bei der Auswahl der akustischen Ankopplung in der Software unterscheidet bzw. in welcher Form eine Korrektur durch den Hersteller erfolgt.

1.2 Theoretische Grundlagen

Im Zusammenhang mit der Auswahl und Anpassung des passenden Hörsystems für den Kunden muss der Hörakustiker immer auch die Wahl der akustischen Ankopplung treffen. Die Otoplastik hat dabei drei wichtige Funktionen: Die Weiterleitung des Schalls über die Schallleitung in den Gehörgang, die Belüftung des Gehörgangs sowie die angenehme Befestigung des Hörsystems im Ohr (Dillon 2012, S.128).

Bei der Otoplastik lässt sich wählen zwischen verschiedensten Materialien und Formen. Man kann den Härtegrad einer Otoplastik wählen, ob sie in Form einer Hohlotoplastik oder eines massiven Ohrstücks sein soll und in welcher der vielen möglichen Formen sie gefertigt werden soll. Neben dem individuellen Ohrstück besteht zusätzlich die Möglichkeit der sogenannten „Standardschirmchen“, heute hauptsächlich als Schirmchen oder Domes bezeichnet. Auch hier bieten Hersteller eine Vielzahl von Auswahlmöglichkeiten bezogen auf den Durchmesser und die Form des Schirmchens an. Möglich sind zum Beispiel offene und geschlossenes Domes, Tulpen-Domes oder Doppel-Domes (Ulrich/Hoffmann 2017, S.945).

Die Wahl der Zusatzbohrung und damit die Entscheidung, ob ein Hörsystem „offen“ oder „geschlossen“ angepasst werden soll, beeinflusst immer auch die Wahl der Otoplastik. Einfluss hat die Wahl von Otoplastik und Zusatzbohrung ebenfalls auf viele weitere Dinge. Einerseits muss der Kunde die Wahl der Ankopplung kosmetisch akzeptieren, andererseits beeinflusst die Wahl der akustischen Ankopplung die Verstärkungseigenschaften des Hörsystems. Um die richtige Wahl zu treffen, gibt es einige theoretische Grundlagen, die es zu beachten gilt. Dies wird im Folgenden erläutert.

1.2.1 Offene und geschlossene Anpassung im Vergleich

Zunächst gilt es, die schon häufig erwähnten „offenen“ und „geschlossenen“ Anpassungen zu definieren. Dillon (2012) definiert diese beiden Varianten wie folgt: Geschlossene Anpassungen haben keine absichtliche Belüftung zwischen dem Außenohr und dem Gehörgang. Bei offenen Anpassungen ist der Gehörgang über die gesamte Länge nahezu komplett offen. Man könnte es auch nicht-verschließend nennen (Dillon 2012, S.128–129).

Das Ziel der Öffnung des Gehörgangs besteht darin, den Okklusionseffekt zu verhindern und trotzdem die Zielverstärkung zu erreichen (Dillon 2012, S.134). Der Okklusionseffekt tritt bei einem verschlossenen Gehörgang auf. Gerade bei Hörverlusten im tieffrequenten Bereich unter 50 dB Hearing Level (HL) wird er von Hörgeräteträgern als unangenehm empfunden. Die eigene Stimme wird als dröhnend und hohl beschrieben (Dillon 2012, S.140). Der Okklusionseffekt erklärt sich anhand der Schallausbreitung der eigenen Stimme. „Der Schall der eigenen Stimme erreicht sowohl auf dem Luftleitungsweg über den äußeren Gehörgang als auch - und das ist für das Auftreten des Okklusionseffekts entscheidend - körpergeleitet über die Gehörgangswand ans eigene Ohr. Im unversorgten Fall […] fließt ein Teil dieses Schalls nach außen ab; der so entstehende Klangeindruck wird als normal und natürlich empfunden. Wird dagegen ein Hörgerät (weitgehend) geschlossen angepasst […], so fängt sich der körpergeleitete Schallanteil im Gehörgang, weil ein Schallabfluss nicht möglich ist. Infolgedessen wird der Klang der eigenen Stimme als unnatürlich empfunden […].“ (Kiessling et al. 2008, S.82–83).

Die Zusatzbohrung ist eine Bohrung die den Gehörgang nach außen eröffnet und bei ausreichender Dimensionierung dem störenden Schall ermöglicht abzufließen. So wird der Okklusionseffekt am wirkungsvollsten verhindert (Ulrich/Hoffmann 2017, S.936) (Dillon 2012, S.136).

Eine Zusatzbohrungen ist ein akustischer Tiefpass, der für niedrige Frequenzen durchlässig und für hohe Frequenzen weitgehend undurchlässig ist, was besonders die Wiedergabekurve im Frequenzgang unterhalb von 1 kHz beeinflusst (Kiessling et al. 2008, S.82).

Die Durchlässigkeit für tiefe Frequenzen lässt sich wie folgt erklären: Die Zusatzbohrung kann als eine Luftsäule umgeben von Wänden beschrieben werden. Luft besitzt eine gewisse Trägheit, die überwunden werden muss. Dies ist für tiefe Frequenzen einfacher als für hohe Frequenzen und ebenso für kleine Massen einfacher als für große Massen (Dillon 2012, S.134).

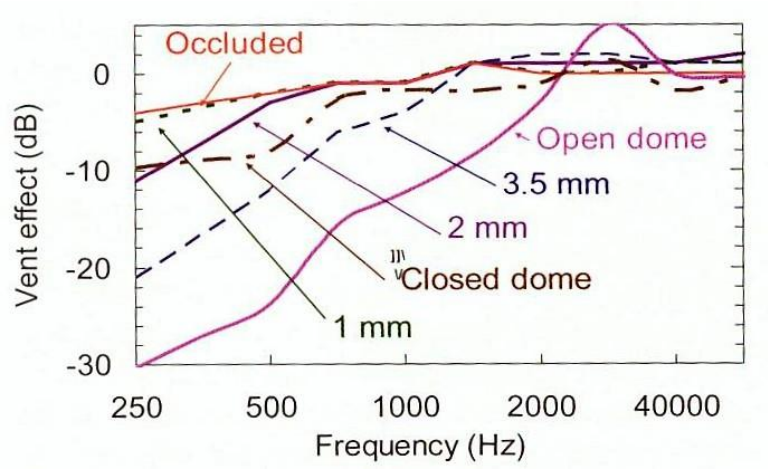


Abbildung 1: Die Grafik zeigt den Effekt verschieden großer Belüftungen auf die Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz in Hz. Verglichen wird mit einem komplett verschlossenen Ohrstück (Dillon 2012, S.137).

In Abb. 1 ist erkennbar, wie es sich in der Praxis auswirkt. Verschiedene akustische Ankopplungen haben unterschiedlich große Zusatzbohrungen bzw. Öffnungen. Die offenste akustische Ankopplung stellt grundsätzlich der offene Dome dar. Dieser lässt im tieffrequenten Bereich einen Großteil des Schalls entweichen und macht weniger Verstärkung möglich. Dennoch ist die Offenheit auch immer abhängig von der Größe des Gehörgangs, da z.B. in einem kleinen Gehörgang ein offenes Schirmchen bereits eine verschließende Wirkung haben kann. Je nach Hörverlust können mit offenen Versorgungen - und somit häufig vor allem mit Domes - Zielverstärkungen nur begrenzt erreicht werden.

1.2.2 Vor- und Nachteile offener Versorgungen

Von vielen Kunden werden die offenen Versorgungen als sehr angenehm geschätzt, denn sie bieten auch einige Vorteile. Der wohl größte Vorteil von offenen Versorgungen besteht in der wie in Kapitel 1.2.1 beschriebenen Verringerung des Okklusionseffekts. Durch eine ausreichend große Belüftungsbohrung kann der Okklusionseffekt beseitigt werden. Dazu ist ein Öffnungsdurchmesser von mehr als 2,5 mm notwendig (Lehnhardt/Laszig 2009, S.174). Weiterer Vorteil einer offenen Anpassung für die Kunden ist die Ästhetik. Häufig werden bei offenen Anpassungen sogenannte Standardschirmchen an Ex-Hörer-Hörsystemen verwendet. Diese sind sehr unauffällig und verschwinden zum Großteil im Gehörgang.

Zudem verbessert eine offene Anpassung im Vergleich zu einer geschlossenen Anpassung die Lokalisationsfähigkeit (Noble et al. 1998b).

Es sind aber auch Nachteile mit offenen Hörsystemversorgungen verbunden. Ein Beispiel dafür ist die in Kapitel 1.2.1 beschriebene verringerte Verstärkung im tieffrequenten Bereich. Denn „Bohrungen in der Otoplastik [...] öffnen das Restvolumen nach außen und beeinflussen den Frequenzgang unterhalb von etwa 1 kHz. Die Verstärkung im Tieftonbereich nimmt mit zunehmendem Durchmesser der Bohrung ab.“ (Lehnhardt/Laszig 2009, S.174).

Richtmikrofone wirken bei einer offenen Versorgung aufgrund von mehr Direktschall, der durch die offenen Stellen des Gehörgangs dringen kann, weniger als bei geschlossen angepassten Hörsystemen. In Folge des Direktschalls wird die Effektivität der Störgeräuschunterdrückung eingeschränkt (Dillon 2012, S.146–147).

Schließlich ist eine offene Versorgung auch anfälliger für Rückkopplungen. Die maximal erreichbare Verstärkung sinkt, je offener das Ohr versorgt ist (Kuk et al. 2005).

1.2.3 Zufriedenheit der Endverbraucher

In der Praxis sind die Kunden mit offenen Anpassungen trotz einiger Nachteile sehr zufrieden. Dies zeigt sich zum Beispiel in der Studie von Garcia et. al (2016), in der die Lebensqualität bei Hochtonverlusten vor und nach der Versorgung mit offen angepassten Hörgeräten verglichen wird. Die Studie vergleicht das Sprachverstehen und setzt dies in Beziehung mit der Lebensqualität jeweils mit und ohne Hörgeräte. Es wird deutlich, dass die Versorgung mit offen angepassten Hörsystemen eine Verbesserung im Sprachverstehen bringt. Auch die Lebensqualität im physischen und psychischen Bereich sowie in der Umwelt wird verbessert. Besonders im sozialen Bereich werden große Verbesserungen der Lebensqualität durch eine Hörgeräteversorgung erzielt (Garcia et al. 2016).

Die Begeisterung einiger Experten für offene Anpassungen wird in dem Artikel „Practitioners give high marks for user benefit to open-canal mini BTE´s“ von Johnson (2008) beschrieben. Er berichtet am Beispiel der USA, wie beliebt offene Anpassungen mit den HdO-Hörsystemen sind. Die Teilnehmer passten der Vielzahl Ihrer Kunden offene HdO-Hörsysteme an und sehen in Ihnen Vorteile, wie zum Beispiel die Beseitigung des Okklusionseffekts. In dem Artikel wird aber auch darauf eingegangen, dass es Kritiker dieser Art der Anpassung gibt. Nachteile, wie zum Beispiel, dass offen angepasste Hörsysteme in manchen Fällen nicht genügend Verstärkung erreichen, werden dafür genannt (Johnson 2008).

1.2.4 Wahl der Anpassformel

Die Anpassung von Hörsystemen erfolgt auf Basis einer Anpassformel. Diese errechnet die frequenzspezifische Verstärkung auf Grundlage vieler verschiedener Parameter. National Acoustic Laboratories (NAL) und Desired Sensation Level (DSL) sind dabei die meist verbreiteten Formeln. Außerdem hat heutzutage jeder Hersteller in der jeweiligen Software seine eigenen Anpassformeln hinterlegt, mit denen Hörsysteme voreingestellt werden können. Für die Einstellung der Hörsysteme in dieser Studie wurde die Formel NAL-NL2 verwendet. Daher wird diese im Folgenden genauer erläutert :

NAL-NL2 ist eine Anpassformel der National Acoustic laboratories of Australia. Das Hauptziel von NAL besteht darin, die Sprachverständlichkeit zu maximieren. Dabei soll die Lautheit nicht stärker sein, als sie es bei einem Normalhörenden ist (Kiessling et al. 2008, S.102). NAL-NL2 basiert auf zwei Modellen. Zum einen wird das Sprachverständlichkeitsmodell genutzt, indem die frequenzspezifische Verstärkung verändert wird um maximales Sprachverstehen zu erreichen. Zum anderen wird das Lautheitsmodell verwendet. Dieses reguliert die Lautstärke, um die Lautheit eines Normalhörenden nicht zu überschreiten. Auf der Grundlage des Audiogramms kann so die notwendige frequenzspezifische Verstärkung für jede Art von Hörverlust errechnet werden (Dillon 2012, S.313).

Die Auswahl der Anpassformel NAL-NL2 hatte mehrere Gründe.

- Der Hauptgrund für die Auswahl von NAL-NL2 war der oben genannte Fokus auf die Maximierung der Sprachverständlichkeit.
- Es sollte eine international bekannte Anpassformel gewählt werden. Herstellereigene Formeln basieren häufig auf NAL-NL2 und kamen nicht in Frage, da diese in Messboxen nicht hinterlegt sind und die Faktoren, auf denen die Verstärkung basiert, nicht allgemein bekannt sind.
- Außerdem gehen viele zusätzliche Daten in die Berechnung der Verstärkung mit ein. Dazu gehören „Kundendaten, Daten der Otoplastik und Parameter des verwendeten Hörsystems [...]. Einen Einfluss haben auch REUG (OEG), RECD (Real Ear to Coupler Difference) bei Messungen in der Messbox sowie die REDD (Real Ear to Dial Difference)“ (Ulrich/Hoffmann 2017, S.1112).
- Ein Nachteil von NAL-NL2 ist, dass die Unbehaglichkeitsschwelle nicht berücksichtigt wird, da die Lautheitsempfindungskurven allein auf Basis des Tonaudiogramms ermittelt werden (Ulrich/Hoffmann 2017, S.1112).

Da in dieser Bachelorthesis die Unterschiede zweier akustischer Ankopplungen untersucht wurden, ist es interessant zu betrachten, wie NAL-NL2 die akustische Ankopplung in die Berechnung der Verstärkung mit einbezieht. Dazu wurde mit der NAL-NL2-Software, Version 2.15, die Verstärkung für einen Standardhörverlust der Norm DIN EN 60118-15 für beide getestete Ankopplungen errechnet (vgl. Abb. 2).

Abbildung 2: Verstärkungskurven auf Basis von NAL-NL2 für eine Folienotoplastik mit 3 mm Zusatzbohrung (obere Grafik) und für einen offenen Dome (untere Grafik) in Abhängigkeit von der Frequenz für die Eingangspegel 50 dB, 65 dB und 80 dB.

Wie in Kapitel 1.2.1 erläutert, fließt mehr tieffrequenter Schall ab, je offener ein Hörsystem angepasst ist. Die Anpassformel NAL-NL2 kompensiert dies teilweise durch mehr tieffrequente Verstärkung im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 500 Hz. Bei den offenen Domes ist bei einem Eingangspegel von 65 dB bis zu 15 dB mehr Verstärkung als bei der Otoplastik eingestellt. Im höheren Frequenzbereich um 2 kHz ist es umgekehrt. Hier wird bei Auswahl der Otoplastik mit circa 25 dB mehr verstärkt als bei Schirmchen mit etwa 20 dB. Auch bei den Eingangspegeln 50 dB und 80 dB ist oberhalb von 1 kHz mit der Otoplastik eine um 5 dB höhere Verstärkung erkennbar als bei den Schirmchen.

1.2.5 Wahl der akustischen Ankopplungen in der Herstellersoftware

Unabhängig davon, welche Anpassformel man in einer Hörgeräteanpassung wählt, hat man in der Software des Herstellers neben weiteren individuellen Kundenparametern die Möglichkeit, die akustische Ankopplung anzugeben. Je nach Hersteller hat diese Auswahl ebenfalls Einfluss auf die errechnete Verstärkung.

In Bezug auf die Auswahl der akustischen Ankopplung in der Herstellersoftware zeigen Groth und Köhler (2012) einige Leitprinzipien. Sie erläutern, dass die Auswahl der akustischen Ankopplung in der Software große Unterschiede in der Zielverstärkung ausmachen kann. Untersucht wurde dies bei fünf verschiedenen Herstellern anhand von Ex-Hörer-Hörsystemen. In der Messbox untersuchten sie die offenste auswählbare akustische Ankopplung im Gegensatz zu der geschlossensten akustischen Ankopplung. Dabei waren die Ergebnisse je nach Hersteller sehr unterschiedlich. Eine Möglichkeit ist zum Beispiel, dass die Verstärkung bei der offenen Ankopplung im Hochtonbereich reduziert wird, begründet durch die Gehörgangsresonanz. Im Tieftonbereich wird die Verstärkung ebenfalls gesenkt, da mit einer offenen Ankopplung nicht mehr Verstärkung möglich ist und keine unnötige Energie verschwendet werden soll. Einige Hersteller steigern die tieffrequente Verstärkung und senken dagegen die Verstärkung im Hochtonbereich. Eine dritte Variante war es, dass die Auswahl der akustischen Ankopplung in der Software die Verstärkung nicht beeinflusst. So gibt es am Ende scheinbar keine feste Regel für die Verstärkungskorrektur bei der Auswahl der akustischen Ankopplung. (Groth/Koehler 2012).

Ein Beispiel für die unterschiedliche Verstärkung durch die Wahl der akustischen Ankopplung ist auch ist die Studie von Teie (2009). Er untersuchte, wie sich die Insitu gemessenen Verstärkungskurven von verschiedenen Domes und Ohrstücken unterscheiden. Der Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Schirmchen ist geringer als erwartet und man kann sagen, dass geschlossene Schirmchen kaum mehr Verstärkung im Tieftonbereich ermöglichen. Individuelle Ohrstücke, verbunden mit Slim-Tube und Standardschlauch hingegen, konnten im Tieftonbereich die Zielkurven erreichen und genug verstärken. Am genauesten waren dabei Standardschläuche. In der Studie wurden jedoch keine Receiver-In-Canal (RIC) Geräte untersucht (Teie 2009).

Untersuchungen, die in eine ähnliche Richtung führten, wurden von Blau et al. (2008) durchgeführt. Sie prüften, wie sich bei verschiedenen akustischen Ankopplungen die Real Ear to Coupler Difference (RECD), Real Ear to Unaided Gain (REUG) und Real Ear Occluded Gain (REOG) unterscheiden und wie sich die Rückkopplungsschwellen bei verschiedenen akustischen Ankopplungen verändern. Getestet wurden offene und geschlossene Domes und belüftete und unbelüftete individuelle Ohrstücke. Die Untersuchungen ergaben deutliche Abweichungen von den Ankopplungen im tieffrequenten Bereich unterhalb von 1 kHz. Insbesondere offene und geschlossene Domes wichen deutlich von den individuellen Ohrstücken ab. Auch die Rückkopplungsschwellen bei offenen Anpassungen mit Domes waren deutlich geringer als bei den individuellen Ohrstücken (Blau et al. 2008, S.1259–1264).

2 Material und Methoden

Im folgenden Kapitel wird die Durchführung der Studie im Detail erläutert. Die Messungen mit den Probanden umfassten subjektive und objektive Messungen. Dabei wurde darauf Wert gelegt, dass die Tests einen praktischen Bezug haben und im Alltag der Hörgeräteanpassung Anwendung finden. Tests wie beispielsweise der Freiburger Sprachtest, der Oldenburger Satztest (OLSA) und die Insitu-Messung sind fest im Alltag vieler Hörakustiker integriert.

2.1 Probandenauswahl

Die Auswahl der Probanden erfolgte über die interne Datenbank des Studiengangs. Hier wurden Probanden ausgewählt mit einem Hörverlust ähnlich einem Standardhörverlust, wie er in der Norm DIN EN 60118-15 beschrieben ist. Ausgewählt wurden Hörverluste im Bereich des N2- bis N3-Hörverlustes, da diese mit einer leichtgradigen Schwerhörigkeit im Tieftonbereich auch mit offenen Hörsystemen versorgt werden können und innerhalb des Anpassbereichs der Hörsysteme lagen. Probanden mit einem Hörverlust im Bereich dieser Normhörverluste wurden mit einer Toleranz von +/- 10 dB in der Datenbank „Amparex“ herausgefiltert und angerufen. Die Probanden hatten ein durchschnittliches Alter von 64,3 Jahren. Unter den 15 Probanden waren 11 Männer und 4 Frauen. Insgesamt waren 9 Probanden erfahrene Hörgeräteträger mit mindestens einem Jahr Trageerfahrung. Die akustische Ankopplung der vorhandenen Hörsysteme entsprach bei 5 Probanden einer individuellen Otoplastik und bei 4 Probanden den sogenannten Standardschirmchen. 6 Probanden hatten vor Durchführung der Studie noch keine Erfahrungen mit Hörsystemen. Im Folgenden ist der mittlere Hörverlust der Probanden mit Standardabweichung aufgeführt:

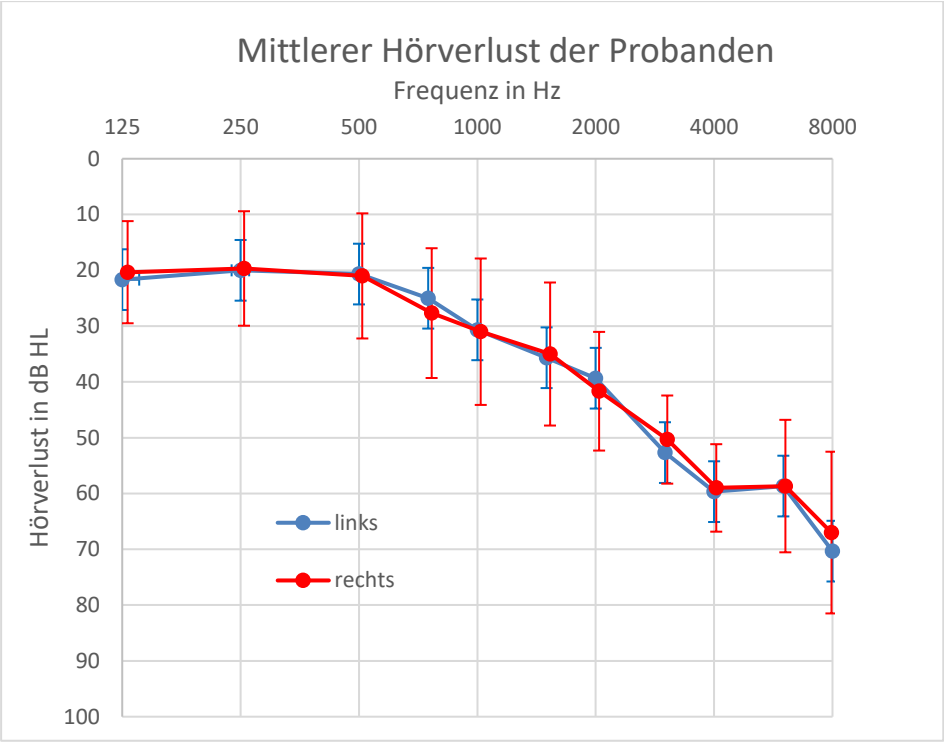


Abbildung 3: mittlerer Hörverlust der 15 Probanden rechts (rot) und links (blau) in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz.

2.2 Hörsystem

Für die Messungen sollte ein Hörsystem genutzt werden, das den Probanden einen maximalen Komfort bietet. Alle Probanden bekamen das Hörsystem „Sound HD 9“, ein Ex-Hörer-System der Firma Hansaton, angepasst. Das Gerät verfügt über diverse Features. Neben einer Störgeräuschunterdrückung und einer Rückkopplungsunterdrückung sind eine Impulsschallunterdrückung und Richtmikrofone vorhanden.

Das Gerät besitzt 20 Kanäle, mit denen die Verstärkung sehr präzise auf den individuellen Hörverlust des Kunden eingestellt werden kann. Aufgrund der genannten Vorteile eines High-End-Systems wurde diese Technologiestufe ausgewählt. Außerdem wird den Probanden mit einer hohen Technologiestufe die Gewöhnung an das Hörsystem möglicherweise erleichtert.

Die Einstellung der Hörsysteme erfolgte mit der Software der Firma Hansaton, „Scout“, Version 3.6.1. Mithilfe der Software wurden die Geräte mit einem First Fit eingestellt. Zunächst wurde die Erfahrung der Probanden mit Hörsystemen in der Software ausgewählt. Unterschieden wurde zwischen unerfahrenen und erfahrenen Nutzern mit mehr als 6 Monaten Hörgeräteerfahrung. Der Erfahrungsgrad stellt vor allem die Lautstärke der Hörsysteme für alle Teilnehmer angenehm ein. Die Einstellung erfolgte auf Grundlage der Anpassformel NAL-NL2. (vgl. Kapitel 1.2.4). Um die Einstellung des Hörsystems für die Probanden möglichst angenehm zu gestalten, wurde ein Insitugramm durchgeführt. Dies erfolgt nach dem gleichen Schema wie die Tonaudiometrie über die Luftleitung. Der Unterschied zur Tonaudiometrie besteht darin, dass der Schall direkt über das Hörgerät in den Gehörgang übertragen wird und nicht über einen Kopfhörer. Es ergibt sich häufig eine leichte Abweichung zu der gemessenen Luftleitung mit Kopfhörern. Außerdem wurde mit jedem Probanden ein Rückkopplungstest durchgeführt um störende Rückkopplungen während der Tragezeit zu verhindern. Eine Feinanpassung erfolgte nicht, damit die Vergleichbarkeit der Einstellungen mit Standardschirmchen und individueller Otoplastik erhalten bleibt. Neben der Anpassformel wurde die akustische Ankopplung eingestellt. Diese entsprach bei der Anpassung der individuellen Otoplastik der Einstellung „Hohlotoplastik“ mit der Zusatzbohrung „2,3 mm bis 3 mm“. Eine genauere Auswahl der Größe der Belüftungsbohrung konnte in der Software nicht ausgewählt werden. Bei den Standardschirmchen entsprach die akustische Ankopplung in der Software „offene Domes“. Die Features des Hörsystems wurden alle so belassen, wie es die „First Fit“-Einstellung der Software vorberechnet. Außerdem wurden Programmtaster und Lautstärkeregler ausgestellt, damit die Einstellung des Hörsystems nicht manuell verfälscht werden könnte. Die Reihenfolge, in der die akustischen Ankopplungen getestet wurden, wurde randomisiert. Die eine Hälfte der Probanden testete zunächst die Schirmchen, die andere Hälfte der Probanden testete die Otoplastik als erstes.

2.3 Otoplastik

Für die Studie wurden zwei verschiedene akustische Ankopplungen getestet. Die Standardschirmchen entstammten dem Hersteller Hansaton. Die offenen Schirmchen wurden den Probanden je nach Gehörgang in den Größen medium oder large an die Hörsysteme angebracht. Dies entsprach Durchmessern von 6 mm und 8 mm. Das Material der Schirmchen war ein weiches Silikon, das sehr flexibel ist und sich dem Gehörgang anpasst. Im Vergleich zu den Schirmchen wurden individuell gefertigte Ohrstücke getestet. Diese wurden nach Abdrucknahme des Außenohres beim ersten Termin mit dem 3D-Drucker „Form 2“ der Firma Formlabs gefertigt. Das Druckverfahren verlief folgendermaßen: Zunächst wurde die Ohrabformung mit der Software Monoscan, Version 2.8, und dem Scanner Monoscan der Firma Smart optics dreidimensional abgescannt. Es folgte die Bearbeitung des Scans in der Designsoftware „Secret Ear Designer 4.4“ von der Cyfex AG. Alle Probanden erhielten eine Folienotoplastik in Form eines Stöpsels mit Abstützung.

Die Wandstärke wurde bei allen Probanden auf 1,2 mm eingestellt. Außerdem wurde bei allen Ohrstücken eine Öffnung gedruckt mit einem Durchmesser von 3,1 mm. Diese diente zur Befestigung des Hörers. Zusätzlich wurde eine Belüftungsöffnung mit 3,0 mm Durchmesser hinzugefügt. Das Ohrstück sollte eine offene Wirkung haben um mit den Standardschirmchen vergleichbar zu sein.

In der Studie von Kuk et. al (2009) wurde herausgefunden, dass eine Hohlotoplastik mit einer Belüftungsbohrung von 3 mm eine ähnliche Verstärkung ermöglicht wie ein offen angepasstes Hörsystem mit Schirmchen (Kuk et al. 2009, S.484).

Gedruckt wurden alle Ohrstücke aus einem Kunstharz. Die Schichtdicke wurde bei allen Ohrstücken auf 0,05 mm eingestellt. Nach dem Druck wurden die Ohrstücke zunächst in zwei alkoholhaltige Lösungen gelegt. Dann härteten sie 45 Minuten unter einem UV-Licht aus. Die Ohrstücke wurden für die Probanden mit Schleifpapier abgeschliffen um scharfe Kanten zu vermeiden. Der Hörer wurde mit einem Schallschlauch durch die 3,1 mm breite Öffnung gezogen und mit Sekundenkleber befestigt.

2.4 Insitu-Messung

Die Insitu-Messungen wurden bei allen Probanden mit der Aurical Freefit Messanlage von der Firma Otometrics durchgeführt. Bei jedem Probanden erfolgte die Messung mit den Schirmchen und mit den Otoplastiken. Die kleinen Sondenschläuche wurden an die Referenzmikrofone angebracht und mit dem Tragehaken über das Ohr gelegt. Der Proband saß frontal vor dem Lautsprecher. Vor der Messung sind die notwendigen Parameter eingestellt worden. In dem Programm Otosuite, Version 4.82 von Otometrics konnten unter anderem die Anpassformel NAL-NL2, der Wandler über die Freifeldlautsprecher und der Hörgerätetyp ausgewählt werden.

Zunächst wurden bei der Messung die Sondenschläuche kalibriert um eine einwandfreie Messung zu garantieren. Danach erfolgte die Insitu-Messung. Die Sondenschläuche wurden im Gehörgang platziert, sodass sie sich etwa 2 mm vor dem Trommelfell befanden. Die Position wird mit dem Otoskop kontrolliert. Das Hörsystem mit der jeweiligen akustischen Ankopplung wurde zusätzlich zu dem Sondenschlauch in das Ohr eingesetzt.

Im Abstand von einem Meter zum Lautsprecher wurde dann die Verstärkung im Gehörgang, die sogenannte REAG, mit dem International-Speech-Test-Signal (ISTS) gemessen.

Die Messung wurde bei den Pegeln 50 dB, 65 dB und 80 dB durchgeführt. Zur Auswertung ist allerdings nur das mittlere Signal mit 65 dB verwendet worden. Dieser Pegel wurde ausgewählt, da in diesem Bereich Hauptanteile der Sprache liegen (Lehnhardt/Laszig 2009, S.147) und weil die durchgeführten Sprachtests ebenfalls bei einem Pegel von 65 dB getestet wurden. Die Verstärkungswerte waren für die Frequenzen 125 Hz bis 6000 Hz in Dezibel angegeben. Um Messfehler zu vermeiden ist das ISTS mit 65 dB immer zweimal getestet und das Ergebnis gemittelt worden.

2.5 Tonaudiogramm

Das Tonaudiogramm ist als Eingangstest bei jedem Probanden vollständig durchgeführt worden. Die Messung begann mit der Luftleitung. Dazu trug der Proband einen Kopfhörer und wurde angewiesen, sich zu melden, sobald ein Ton gerade hörbar wird. Begonnen wurde, sofern kein Ungleichgewicht zwischen rechtem und linkem Ohr angegeben wurde, mit dem rechten Ohr. Nach der Luftleitung erfolgte die Messung der Knochenleitung mit einem Knochenleitungshörer. Der Knochenleitungshörer wurde auf dem Mastoid platziert und der Proband ebenfalls angewiesen, sich zu melden, sobald ein Ton hörbar wird. Um einen Eindruck über den Dynamikbereich des Probanden zu bekommen, wurde ebenfalls noch die Unbehaglichkeitsschwelle über die Flachkopfhörer gemessen. Hier war es die Aufgabe des Kunden zu beurteilen, wann ein Ton „unangenehm“ laut wird. Auch hier wurde rechts und links gemessen.

2.6 Oldenburger Satztest

Um den Signalrauschabstand (SNR) zu ermitteln, wurde neben dem Freiburger Einsilbertest auch der Oldenburger Satztest bei jedem Probanden durchgeführt. Gemessen wurde ohne Hörsysteme, mit Hörsystem mit Schirmchen und mit Hörsystem mit individuellen Ohrstücken.

Der Oldenburger Satztest zeichnet sich im Gegensatz zum Freiburger Satztest vor allem durch die Homogenität der Testlisten aus. Alle Testlisten entstammen demselben Wortmaterial. Dieses Wortmaterial weist eine mittlere Phonemverteilung der deutschen Sprache auf. Die Sätze des Testmaterials enthalten jeweils Sätze mit der folgenden Struktur: Name – Verb – Zahlwort – Adjektiv – Objekt. (Wagener et al. 1999b, S.8) „Der Sinngehalt der Sätze ist gering, was verschiedene Vorteile hat. Durch die geringe Redundanz sind die Sätze nicht einprägsam“. (Wagener et al. 1999b, S.9)

Alle Messungen erfolgten im Störgeräusch. Dazu wurde ein kontinuierliches Rauschen, auch Oldenburger Rauschen genannt, verwendet. Dieses „wurde durch 30-fache Überlagerung des zufällig zeitlich verschobenen gesamten

Sprachmaterials generiert. Das Langzeitspektrum dieses Rauschens entspricht dem des Testmaterials, wodurch die verdeckende Wirkung des Rauschens optimal ist“ (Wagener et al. 1999b, S.13). Erwartet wird somit eine steilere Diskrimminationsfunktion als bei anderen Rauscharten (Wagener et al. 1999b, S.13–14). Die Messungen in der Studie sollten möglichst praxisnah sein. Deshalb wurde bei der Auswahl der Pegel die Hilfsmittelrichtlinie beachtet. In der Hilfsmittelrichtlinie für Hörgeräteakustiker ist der Störschallpegel auf 45 dB festgelegt (Gemeinsamer Bundesausschuss 2012, S.18).

Zum Vergleich wurde die Messung außerdem bei einem Störschallpegel von 65 dB durchgeführt, da eine Vergleichbarkeit zum Freiburger Sprachtest vorliegen sollte, der ebenfalls bei 65 dB durchgeführt wird (vgl. Kapitel 2.7).

Der Sprachpegel wurde durch das Oldenburger Messprogramm adaptiv ermittelt. Der OLSA weist einen hohen Trainingseffekt auf. Das bedeutet, dass sich nach wiederholter Messung die Ergebnisse verbessern. Um diesen Trainingseffekt zu minimieren wurde mit jedem Probanden eine Testliste mit je 20 Sätzen durchgeführt. Der Trainingseffekt beträgt maximal 2 dB und würde, wenn keine Testlisten durchgeführt werden, das Ergebnis der Messungen verfälschen. Empfohlen wird in der Literatur, bis zu vier Trainingslisten durchzuführen. Bei einer angestrebten Messgenauigkeit von 1 dB ist eine Testliste vorab ausreichend (Wagener et al. 1999a, S.93). Die Probanden saßen während der Messung frontal in einem Abstand von 1 m vor dem Lautsprecher. Sprache und Störgeräusch wurden bei 0° dargeboten, da in der Studie nicht die Funktionselemente, wie zum Beispiel die Richtmikrofontechnologie der Hörsysteme, nachgewiesen werden sollten. Außerdem sollte auch hier die Vergleichbarkeit zum Freiburger Sprachtest gegeben sein, der ebenfalls in einem Winkel von 0° gemessen wurde.

Das Ergebnis beim Oldenburger Satztest, ist der sogenannte Signal-Störgeräuschabstand (Signal-to-noise-ratio). Dieser gibt an, wie viel Dezibel ein Sprachsignal leiser (negativer Wert) oder lauter (positiver Wert) als das Störgeräusch gemacht werden muss, um 50 % der Sätze zu verstehen. Der SNR wird in Dezibel angegeben. Ein Normalhörender erreicht beim Oldenburger Satztest im Durchschnitt einen SNR von -7,1 dB (Hörtech gGmbH, S.23).

2.7 Freiburger Sprachtest

Der Freiburger Sprachtest ist im deutschsprachigen Raum allgemein am weitesten verbreitet. Das Ziel des Freiburger Einsilbertests ist es, die Sprachverständlichkeit in Prozent zu prüfen. Dabei soll ein möglichst hohes Ergebnis erzielt werden.

Beim ersten Termin wurde mit allen Probanden eine vollständige Sprachaudiometrie durchgeführt. Diese begann mit der Messung der Mehrsilber. Der Sprachpegel ist über das Tonaudiogramm bestimmt worden. Es wurde dabei bei 500 Hz der Hörverlust abgelesen und ein Pegel 20 dB lauter als die Luftleitungshörschwelle eingestellt. Hier wurden 50 % Sprachverständlichkeit erwartet. Das Ergebnis sollte zwischen 30 % und 70 % liegen (Lehnhardt/Laszig 2009, S.154). Nach den Mehrsilbern wurden die Einsilber des Freiburger Sprachtests ebenfalls über die Luftleitung gemessen. Allgemein bewährt haben sich bei der Prüfung der Einsilber die Pegel 65 dB, 80 dB und 95 dB. Dabei wurde das maximale Sprachverstehen geprüft und der sogenannte dB_{opt} ermittelt. Getestet wird bei jedem Pegel eine Testliste mit je 20 Wörtern. Jedes Wort zählt 5 % (Lehnhardt/Laszig 2009, S.152–153).

Um die Sprachverständlichkeit der beiden akustischen Ankopplungen zu vergleichen, wurden die Einsilber zusätzlich im Freifeld in Ruhe und mit zusätzlichem Störgeräusch gemessen. Bei der Messung saß der Proband frontal, einen Meter von dem Lautsprecher entfernt. Das Sprachsignal und das Störgeräusch kamen aus 0°. Dieses Verfahren ist in Deutschland allgemein anerkannt und wird von vielen Krankenkassen bei einem Pegel von 65 dB zur Hörgeräteüberprüfung gefordert, wie im Folgenden in der Hilfsmittelrichtlinie beschrieben wird:

Auszug aus der Hilfsmittelrichtlinie des gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Kapitel C, §21 Absatz 2 und 3) über die Überprüfung der Hörhilfenversorgung anhand des Freiburger Einsilbertests:

(2) Bei der Überprüfung des Hörhilfenversorgungs-Ergebnisses mit dem Freiburger Einsilbertest im freien Schallfeld (DIN ISO 8253-3) soll der Gewinn mit Hörgeräten im freien Schallfeld bei gleichem Pegel mindestens 20 Prozentpunkte betragen, sofern bei 65 dB ohne Hörgeräte noch ein Einsilberverstehen ermittelbar ist. Soweit ohne Hörgeräte ein Punkt maximalen Einsilberverstehens noch zu registrieren ist, soll diesem bei 65 dB möglichst nahe gekommen werden.

(3) Bei der Überprüfung des Hörhilfenversorgungs-Ergebnisses mit dem Freiburger Einsilbertest im Störschall (wenn audiologisch möglich, in der Regel Sprachschallpegel 65 dB und Störschallpegel 60 dB) im freien Schallfeld soll der Gewinn mit Hörgeräten im freien Schallfeld bei gleichem Pegel mindestens 10 Prozentpunkte betragen. Es sollten grundsätzlich pro Störschalltestung mindestens zwei Testlisten durchgeführt werden.

„Der 65-dB-Schallpegel entspricht der Lautstärke normaler Umgangssprache aus etwa 1 m Entfernung“ (Lehnhardt/Laszig 2009, S.153). Dies war auch ein Grund für die Festlegung des Sprachpegels auf 65 dB. Auch das Sprachverstehen im Störschall wurde in der Hilfsmittelrichtlinie empfohlen und in der Studie mit den Probanden durchgeführt. Dazu wurde bei einem Sprachpegel von 65 dB ein Störgeräusch von 60 dB verwendet. Im Störgeräusch ist der Freiburger Sprachtest nicht validiert. Häufig wurde kritisiert, dass kein einheitlicher Störschall vorhanden ist (Kießling et al. 1994, S.8). Da er dennoch in der Praxis üblich ist, wurde er in die Messungen eingebunden. Auch die Ausgewogenheit der Testlisten ist nicht gegeben. Bangert beschreibt die Testlisten 3, 5, 9, 12, 13, 14, und 15 als ungleich (Bangert 1980, S.166–170) und deshalb wurden sie nicht dargeboten. Bei allen Probanden ist bei den jeweiligen Tests die gleiche Reihenfolge der Testlisten verwendet worden. Da die Reihenfolge, in der die akustischen Ankopplungen getestet wurden, randomisiert ist, kann eine Beeinflussung des Testergebnisses durch ungleiche Testlisten ausgeschlossen werden.

2.8 Fragebogen

Der Fragebogen wurde erstellt, um die subjektive Zufriedenheit der Probanden mit den getesteten akustischen Ankopplungen zu überprüfen und um einen Eindruck zu bekommen, ob in verschiedenen Situationen Unterschiede zwischen den Ankopplungen auftreten. Der Fragebogen entsprach keinem validierten Fragebogen. Da validierte Fragebögen wie der „Fragebogen zur Bestimmung der Hörbehinderung“, auch „APHAB“ (Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit) genannt (Cox/Genevieve 1995, S.184–186), oder der „Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens“ (Holube/Kollmeier 1991, S.51–53) sich vor allem darauf beziehen den Unterschied „mit Hörgerät“ zu „ohne Hörgerät“ oder unterschiedliche Technologiestufen zu vergleichen, wurde hier individuell auf die akustische Ankopplung Bezug genommen. Gerade auf den Tragekomfort gehen bekannte Fragebögen weniger ein. Einzelne Fragen, vor allem im Bereich des Sprachverstehens, wurden aus den validierten Fragebögen modifiziert.

Der erstellte Fragebogen behandelte fünf verschiedene Themenbereiche. Der erste Teil thematisierte grundsätzliche Fragen zur Hörgeräteversorgung und die Zufriedenheit mit vorhanden Hörsystemen. Es folgte die Beurteilung des Tragekomforts. Anschließend wurden Fragen zu Lautstärke und Klang der Hörsysteme gestellt, mit besonderem Augenmerk auf die eigene Stimme der Probanden.

Als zentralen Themenbereich gab es das Sprachverstehen. Er stellte mit neun Fragen den größten Themenbereich dar. Vor allem das Sprachverstehen ist ein wichtiger Anhaltspunkt für den Vergleich der akustischen Ankopplung und auch im Vergleich zu den in Kapitel 2.6 und 2.7 beschriebenen Sprachtests wichtig. Im Themenbereich Sprachverstehen wurden die Fragen 19, 14 und 22 aus dem APHAB (Cox/Genevieve 1995, S.184–186) und die Fragen 15, 16, 17, 20 und 22 aus dem Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens (Holube/Kollmeier 1991, S.51–53) abgewandelt. Ziel war es, möglichst viele alltägliche Situationen abzufragen und zu bewerten. Am Ende bestand der letzte Themenbereich aus zwei Fragen zum Richtungshören. Frage 24 entstammte dabei ebenfalls aus dem Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens (Holube/Kollmeier 1991, S.51–53).

Die Bewertung der Fragen erfolgte mithilfe von Schulnoten. Dieses System wurde ausgewählt, da es leicht verständlich und jedem bekannt ist. So entspricht die Bewertung mit der Note 1 einem „sehr gut“ und die Note 6 einem „ungenügend“. Parallel dazu galt bei einzelnen Fragen auch 1 als „immer“ und 6 als „nie“ (vgl. Frage 10). In der Literatur gibt es Hinweise darauf, dass Probanden zur sogenannten „Zentraltendenz“ neigen. Diese wird als „die Tendenz verstanden, Extremurteile zu vermeiden. Personen neigen eher dazu, sich für mittlere Kategorien wie “unentschieden”, “weder/noch” oder “mittel” zu entscheiden als für Extremwerte.“ (Stangl 2018). Auch deshalb ist das Schulnoten Prinzip gewählt worden, da durch eine gerade Anzahl an Auswahlmöglichkeiten immer eine Tendenz in Richtung positiv oder negativ erfolgen musste.

Die Probanden erhielten den Fragebogen beim dritten und vierten Termin, nachdem die Hörsysteme mit beiden akustischen Ankopplungen einige Tage getragen wurden. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, dass Situationen, die sie nicht beurteilen können, nicht beantwortet werden müssen. Außerdem wurde der Fragebogen immer zu Beginn des Termins ausgefüllt, um Einflüsse durch die Ergebnisse der Sprachtests zu vermeiden. Der Fragebogen ist im Anhang beigefügt.

2.9 Datalogging

Die Probanden wurden im Fragebogen (vgl. Kapitel 2.8) gefragt, wie viele Stunden Sie die Geräte im Testzeitraum getragen haben. Um diese Angaben zu verifizieren, wurde das Datalogging aus der Hörgeräte Software „Scout“, Version 3.6.1, von Hansaton ausgelesen. Dieses ermöglicht einen Einblick, wie viele Stunden das Hörsystem täglich eingeschaltet war. Außerdem ist es möglich, den Anteil verschiedener Situationen abzulesen. Für die Studie wurde nur die tägliche Tragezeit ausgewertet und darauf geachtet, dass die Hörsysteme einige Stunden täglich getragen wurden, um eine ausreichende Nutzungsdauer zu gewährleisten.

2.10 Messbox: Verstärkungsunterschied der akustischen Ankopplungen

Um die Insitu-Messung richtig interpretieren zu können, ist es wichtig zu beachten, wie sich die Verstärkungen bei den unterschiedlichen akustischen Ankopplungen unterscheiden. Wie bereits in Kapitel 2.2 erläutert, wurde bei der Einstellung des Hörsystems in der Software die akustische Ankopplung „offener Dome“ oder „Hohlotoplastik mit 2,3 mm bis 3 mm“ ausgewählt. Um die unter Umständen durchgeführte Verstärkungskorrektur, die der Hersteller bei der Auswahl der akustischen Ankopplung vornimmt, herauszufinden, wurde ein Hörsystem mit den Hörverlusten aus der Norm DIN EN 60118-15 eingestellt. Exemplarisch wurden der Normhörverlust N2 und N3 ausgewählt. Diese sind ebenfalls in der Studie als Referenzhörverluste für die Probandenauswahl gewählt worden und lagen in demselben Bereich wie die Hörverluste der Probanden.

Beide Normhörverluste wurden exakt in der Software von Hansaton eingestellt und in der Messbox nachgemessen. Die Einstellung entsprach den gleichen Kriterien wie die Einstellung der Hörsysteme für die Probanden. Einzig das Insitugramm konnte mit den Normhörverlusten in der Messbox nicht durchgeführt werden. Für die Messung in der Messbox diente die Aurical Messbox. Nach erfolgreicher Kalibrierung des Messmikrofons wurde das Ex-Hörer-Hörsystem am HA1-Kuppler angeschlossen. Um ausreichend Befestigung und Abdichtung der Hörsysteme in der Messbox zu erreichen wurde Knetmasse benutzt. Der Lautsprecher wurde frontal vor dem Mikrofon des Hörsystems positioniert. Die Messung erfolgte mit einem ISTS-Signal. Dieses wurde ebenfalls in der Insitu-Messung verwendet und hat den Vorteil, dass es durch die Störgeräuschunterdrückung des Hörsystems nicht beeinflusst wird. Die gemessenen Pegel waren 50 dB, 65 dB, und 80 dB. Jede akustische Ankopplung wurde zweifach gemessen, um Fehler in der Messung zu minimieren.

2.11 Auswertung

Die Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mit Excel 2016 von Microsoft. Veranschaulicht wurden die Ergebnisse in Diagrammen.

Ergebnisse der Insitu-Messungen, der Messbox-Messungen und des Insitugramms wurden als Kennlinien dargestellt. Die gemittelten Ergebnisse aller Messungen wurden als Differenzen oder als Verstärkungspegel in Abhängigkeit von der Frequenz grafisch visualisiert.

Die beiden Sprachtests (OLSA und Freiburger Sprachtest) wurden in Boxplot-Diagrammen dargestellt. Dort stellt die mittlere Linie den Median dar, die äußeren Linien des Kastens entsprechen dem ersten und dem dritten Quartil. Das Kreuz innerhalb des Kastens ist der arithmetische Mittelwert. Die Antennen, auch „Whisker“ genannt, entsprechen dem 1,5fachen Interquartilsabstand. Extrempunkte sind als Punkte außerhalb des Kastens dargestellt. Die Darstellung der Sprachtests erfolgte immer in den folgenden drei Kategorien: ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik.

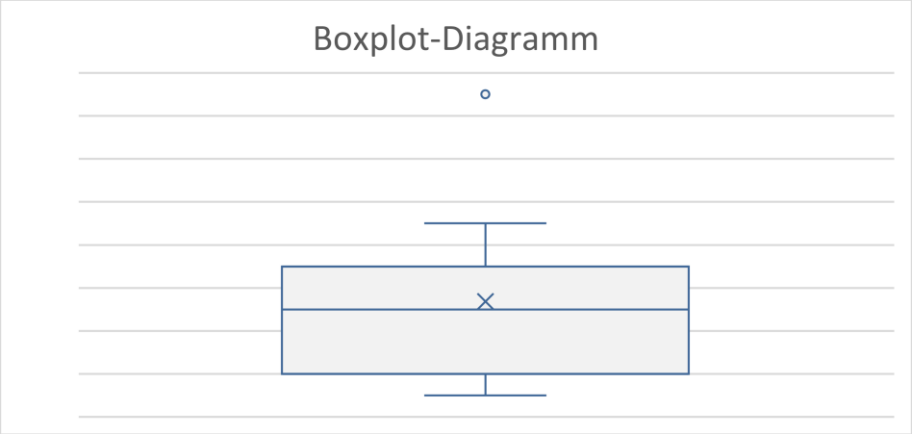


Abbildung 4: Beispielhafte Darstellung einer Kastengrafik, wie sie in der Studie zur Auswertung der Sprachtests verwendet wurde.

Die Ergebnisse der Fragebögen wurden in Balkendiagrammen visualisiert. Die Darstellung erfolgte für die beiden getesteten akustischen Ankopplungen jeweils als Mittelwert mit Standardabweichung. Bewertet wurde dabei von den Probanden nach dem Schulnotenprinzip.

3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studie erläutert. Es wird auf alle durchgeführten Sprachtests und Messungen sowie auf die Ergebnisse des Fragebogens eingegangen.

3.1 Vergleich der Verstärkungskurven bei unterschiedlicher akustischer Ankopplung in der Messbox

Die Unterschiede der Verstärkung wurden anhand zweier Standardhörverluste in der Messbox verglichen. Die Abbildung zeigt die Differenzen der Verstärkung in dB Sound Pressure Level (SPL) eines N2 Hörverlustes und eines N3 Hörverlustes bei den Eingangspegeln 50 dB, 65 dB und 80 dB. Dabei wurden die Verstärkungspegel der Schirmchen von den Verstärkungspegeln der Otoplastiken abgezogen. Negative Werte bedeuten, dass die Hörsysteme mit Schirmchen mehr verstärken, als die Hörsysteme mit Otoplastiken. Positive Werte bedeuten, dass die Otoplastiken mehr verstärken.

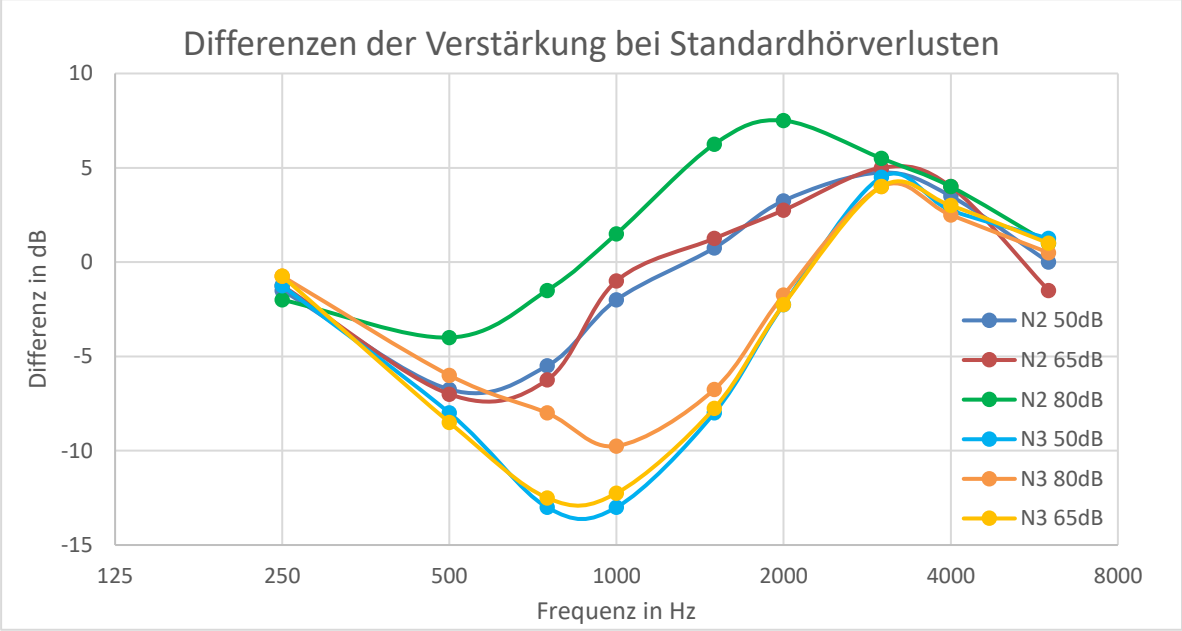


Abbildung 5: Dargestellt sind die Differenzen der Ausgangspegel bei Le= 50 dB, Le= 65 dB und Le= 80 dB in dB bei den beiden akustischen Ankopplungen „offene Domes“ und „Hohlotoplastik“ bei einem N2 und N3 Hörverlust in Abhängigkeit von der Frequenz.

Die Verstärkungskennlinien 50 dB und 65 dB ähneln sich bei den einzelnen Hörverlusten stark. Die 80 dB Kennlinien weichen jeweils stärker von den anderen beiden Verstärkungskennlinien ab. Bei beiden Hörverlusten wird erkennbar, dass im tieffrequenten Bereich unterhalb von 1000 Hz die Verstärkung bei der ausgewählten Ankopplung „Schirmchen“ höher ist als bei der Ankopplung „Otoplastik“. Die 50 dB und 65 dB Kennlinien des N2 Hörverlustes haben ein Maximum der Differenz zwischen 500 Hz und 750 Hz. Hier verstärken die Schirmchen etwa 7 dB mehr als die Otoplastiken. Bei der 80 dB Kennlinie verstärken die Schirmchen bei 500 Hz etwa 4 dB mehr. Bei dem N3 Hörverlust sind die Differenzen deutlich größer. Die 50 dB und 65 dB Kennlinien haben eine maximale Differenz zwischen 750 Hz und 1000 Hz mit etwa 13 dB. Bei der 80 dB Kennlinie beträgt die Verstärkung der Schirmchen bei 1000 Hz 10 dB mehr.

Im hochfrequenten Bereich ändern sich die Differenzen in den positiven Bereich. Hier ist die Verstärkung der Otoplastik höher als die Verstärkung der Schirmchen. Die Kennlinien schneiden alle bei einem Punkt die X-Achse. Dieser Punkt liegt bei den N2 Hörverlusten zwischen 750 Hz und 1500 Hz. Bei den N3 Hörverlusten schneiden die Kurven die X-Achse etwa bei 2500 Hz. Die Ausgangspegel der N2 Hörverluste erreichen also den Punkt, wo die Differenz 0 dB beträgt, bei niedrigeren Frequenzen als die Kennlinien der N3 Hörverluste. Die 80 dB Kennlinie des N2 Hörverlustes erreicht bei 2000Hz ihr Maximum von 7 dB. Die 50 dB und 65 dB Kennlinie erreichen Ihr Maximum bei 3000 Hz mit etwa 5 dB mehr Verstärkung der Otoplastiken im Gegensatz zu den Schirmchen. In den Frequenzen darüber verstärkt, wie auch bei dem N2 Hörverlust, das Hörsystem mit Otoplastik mehr. Die maximale Differenz beträgt bei 3000 Hz 4 dB. Auch bei dem N3 Hörverlust beträgt die Verstärkung der Otoplastik bei 3000 Hz ebenfalls 4 dB. Bei 6000 Hz unterscheiden sich die Kurven beider Hörverluste nur um maximal +/- 2 dB.

3.2 Ergebnisse der Insitu-Messung

Die Insitu-Messungen wurden mit individuellen Ohrstücken und mit Standardschirmchen bei einem Ausgangspegel des Lautsprechers von 65 dB ausgewertet. In Abb. 6 sind die Pegel des rechten und linken Ohres dargestellt. Die Kennlinien zeigen, dass sich die Kurven von Schirmchen und Ohrstücken nur wenig unterscheiden. Auch zwischen rechts und links sind kaum Unterschiede vorhanden. Die größten Differenzen zwischen den beiden akustischen Ankopplungen sind zwischen 1 kHz und 3 kHz erkennbar. Generell ist an beiden Kurven feststellbar, dass die Hörsysteme im Tieftonbereich und im Mitteltonbereich bis etwa 1500 Hz nicht verstärken. Die gemessenen Pegel liegen etwa im Bereich von 55 dB bis 60 dB SPL. Im Bereich zwischen 2 kHz und 3 kHz werden die höchsten Pegel gemessen. Sie liegen mit beiden akustischen Ankopplungen etwa bei 70 dB. Ab 4 kHz ist keine verstärkende Wirkung gemessen worden. Hier liegt der Pegel zwischen 65 dB und 60 dB. Die größten Standardabweichungen wurden im Bereich zwischen 1 kHz und 3 kHz gemessen.

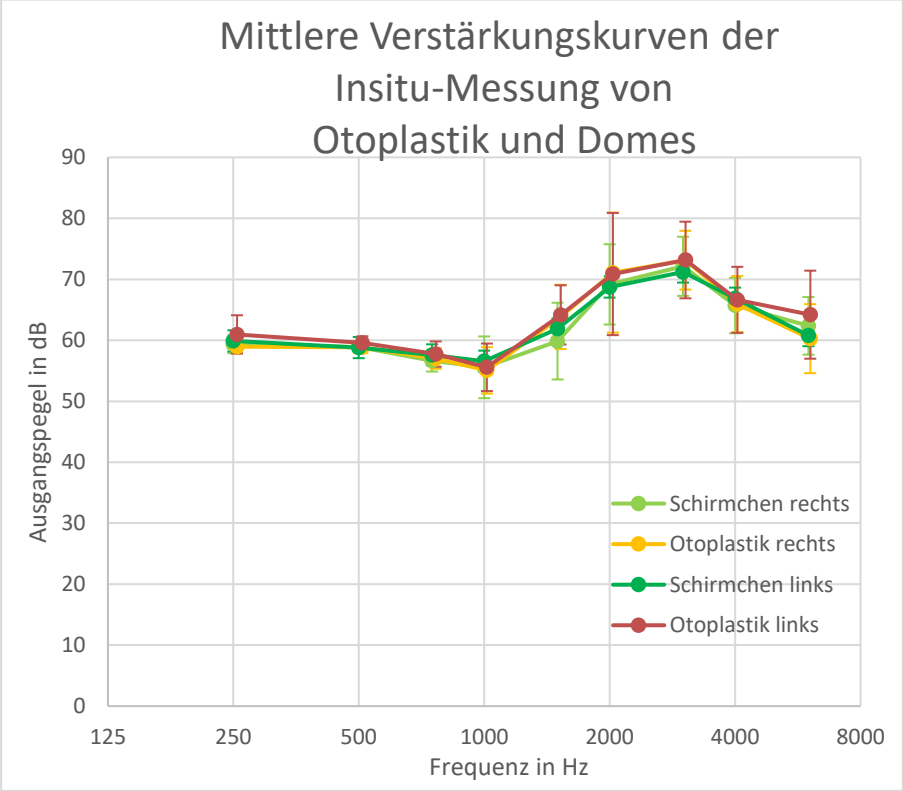


Abbildung 6: Pegel der Insitumessung des rechten Ohres von Schirmchen und Otoplastik in dB SPL in Abhängigkeit von der Frequenz mit den jeweiligen Standardabweichungen:

Die Differenzen der gemessenen Pegel zwischen den beiden akustischen Ankopplungen werden noch genauer untersucht. Aufgeführt sind in folgender Abbildung die Differenzen zwischen den Ergebnissen mit Ohrstücken und Schirmchen:

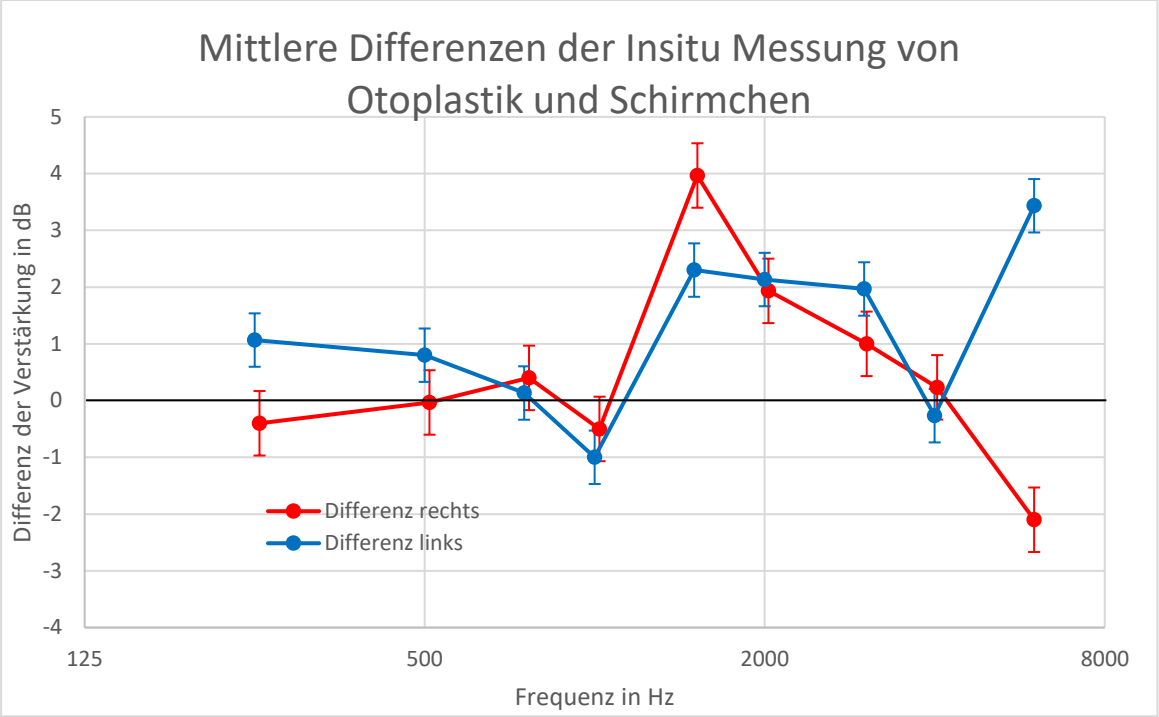


Abbildung 7: Le=65dB; Differenzen der Insitu-Messergebnisse von Otoplastik und Schirmchen des rechten und linken Ohres in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz. Es wurden immer die Pegel der Schirmchen von der Otoplastik abgezogen.

Auf der x-Achse ist die Frequenz in Hz dargestellt. Die Darstellung ist logarithmisch. Auf der Y-Achse ist die Differenz der gemessenen Pegel der Insitu-Messung ersichtlich. Dabei wurden immer die Pegel der Schirmchen von den Pegeln der Otoplastik abgezogen. Die Differenzen aller 15 Probanden wurden gemittelt. Die rote Kennlinie entspricht dem rechten Hörsystem, die blaue Kennlinie entspricht dem linken Hörsystem. Erkennbar ist, dass die Verstärkung hauptsächlich im hochfrequenten Bereich leicht abweicht.

Im Bereich bis 1 kHz unterscheiden sich die Pegel im Gehörgang um weniger als 1 dB. Oberhalb von 1 kHz ist sowohl rechts als auch links erkennbar, dass mit den Otoplastiken etwas höhere Pegel gemessen wurden als mit den Schirmchen. Maximal weichen die Insitu-Ergebnisse rechts bei 1,5 kHz um 4 dB und links um

2,3 dB ab. Bei 4 kHz ist keine Differenz zwischen den beiden akustischen Ankopplungen messbar. Bei 6 kHz variieren die beiden Ankopplungen jedoch wieder mehr. Hier sind die Ergebnisse rechts und links unterschiedlich. Auf der rechten Seite wurde bei den Schirmchen 2 dB mehr Verstärkung als bei den Ohrstücken gemessen und auf der linken Seite wurde mit den Otoplastiken 3,4 dB mehr Verstärkung gemessen.

3.3 Insitugramm

Das Insitugramm wurde bei der Anpassung des Hörsystems sowohl mit Standardschirmchen als auch mit Otoplastik in der herstellereigenen Hansaton Software „Scout“, Version 3.6.1, gemessen. Die Abbildung zeigt die mittlere Abweichung der beiden Ergebnisse. Dabei wurde die Hörschwelle der Schirmchen von der Hörschwelle der Otoplastik abgezogen. Positive Werte bedeuten, dass mit Schirmchen die Hörschwelle geringer ist als mit Otoplastik. Negative Differenzen bedeuten, dass die Hörschwelle mit Otoplastik geringer ist als mit Schirmchen.

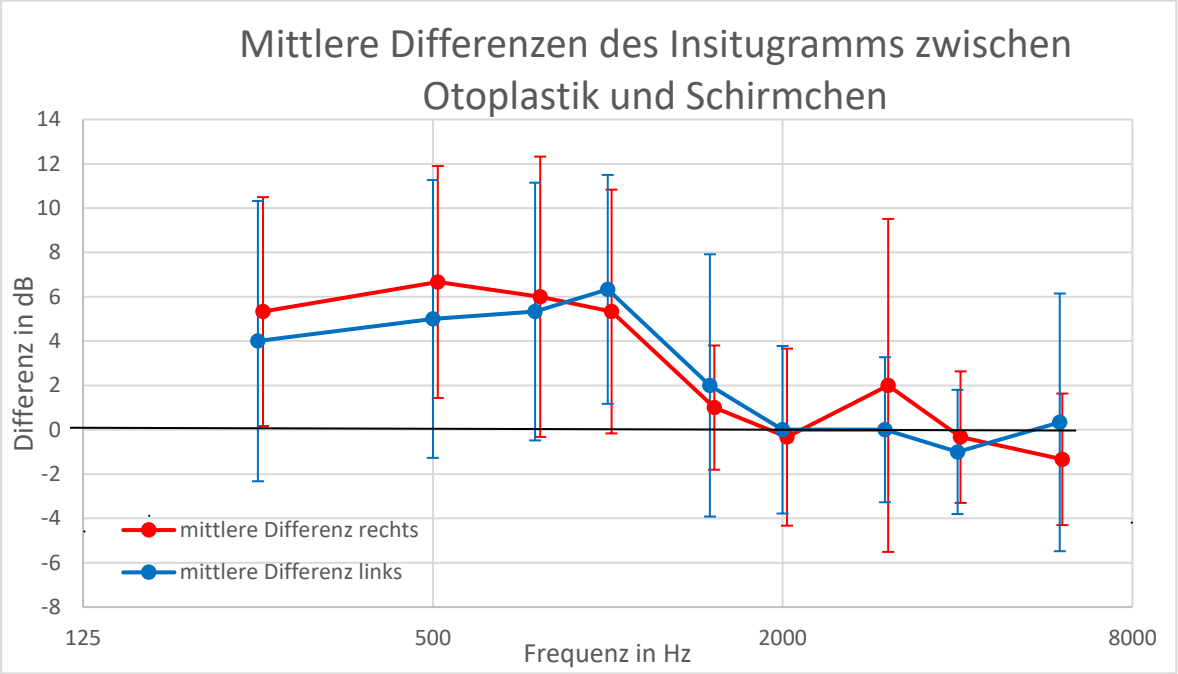


Abbildung 8: Die Grafik beschreibt die Differenzen in dB zwischen den Insitu ermittelten Hörschwellen bei Schirmchen und Otoplastiken in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz für die rechte und linke Seite.

Abbildung 8 zeigt auf der x-Achse die Frequenz in Hz in einer logarithmischen Darstellung. Auf der Y-Achse sind die Differenzen in dB aufgetragen. Deutlich erkennbar ist, dass gerade im Frequenzbereich unterhalb von 1 kHz auf beiden Ohren positive Differenzen zwischen 4 dB und 7 dB entstehen. Oberhalb von 1 kHz werden die Differenzen kleiner, sodass bei 2 kHz im Mittel keine Differenz mehr vorhanden ist. Im hochfrequenten Bereich, oberhalb von 2 kHz, weichen die Hörschwellen bei den beiden akustischen Ankopplungen auf beiden Seiten nur noch maximal um +/- 2 dB ab. Die Standardabweichungen sind über den gesamten Frequenzbereich relativ groß. Sie liegen vor allem im Frequenzbereich bis 1,5 kHz beidseits zwischen 5 dB und 7 dB. Im Bereich oberhalb von 1,5 kHz sind die Standardabweichungen beidseits häufig geringer mit 2 dB oder 3 dB.

3.4 Oldenburger Satztest

Die Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse des Oldenburger Satztestes bei einem Störgeräuschpegel von 65 dB und einem adaptiven Sprachpegel. Negative Ergebnisse bedeuten, dass das Sprachsignal bei der Sprachverständlichkeitsschwelle von 50 % leiser als das Störgeräusch war; positive Ergebnisse bedeuten, dass das Sprachsignal bei einer Sprachverständlichkeitsschwelle von 50% lauter als das Störgeräusch war. Die Ergebnisse sind in einem Boxplot-Diagramm dargestellt (vgl. Kapitel 2.11).

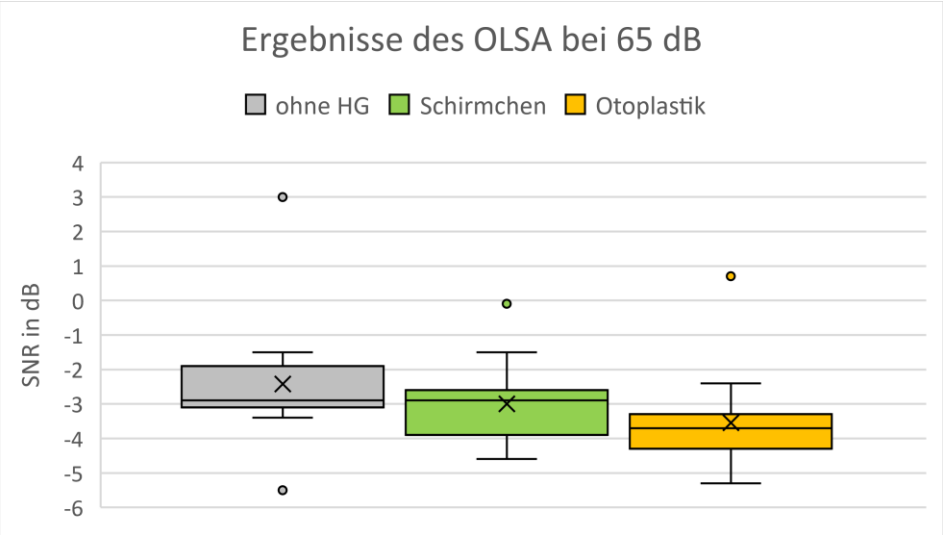


Abbildung 9: Ergebnisse des Oldenburger Satztestes bei 65 dB Störschallpegel und adaptivem Sprachsignal. Angaben des Signalrauschabstandes in dB für die Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik

Der OLSA ergab bei einem Pegel von 65 dB einen Median von -2,9 dB SNR ohne Hörgeräte. Mit Hörsystemen mit Standardschirmchen ergab sich in den Messungen der gleiche Median von -2,9 dB SNR. Mit Otoplastiken wurde ein Median von -3,7 dB SNR erreicht. So war das Sprachverstehen mit Otoplastiken um 0,8 dB besser als mit Schirmchen. Die Darstellung der Streuung zeigt, dass mit Hörsystemen mit Schirmchen tendenziell bessere Ergebnisse erzielt wurden als ohne Hörsysteme, obwohl der Median sich nicht unterscheidet. Bei den Ergebnissen mit Otoplastik liegt der Median nahezu mittig innerhalb der Quartile. Betrachtet man die Verbesserung mit den beiden Hörsystemen im Vergleich zu ohne Hörsystemen, so wird ersichtlich, dass mit Otoplastiken eine Verbesserung von 0,8 dB erreicht wurde. Mit Schirmchen wurde keine Verbesserung gemessen, wenn man nur den Median betrachtet.

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse des OLSA im Störgeräusch mit 45 dB Störschall und adaptivem Sprachpegel. Es wurde ohne Hörgeräte ein Median von 2,8 dB SNR gemessen. Dies entspricht 5,7 dB schlechter als bei dem lauteren Störgeräuschpegel von 65 dB. Bei den Schirmchen beträgt der SNR 2 dB und bei der Otoplastik 0,5 dB SNR. Die Verbesserung mit Hörsystemen entspricht mit Schirmchen 0,8 dB. Mit Otoplastiken ist die Verbesserung wesentlich deutlicher mit 2,3 dB. Die Ergebnisse bei 45 dB Störschallpegel weisen eine höhere Streuung auf als bei 65 dB. Die Mediane der drei getesteten Situationen liegen tendenziell näher am ersten Quartil. Die Streuung beträgt zwischen 3,3 dB bei den Schirmchen und 4,3 dB bei den Otoplastiken.

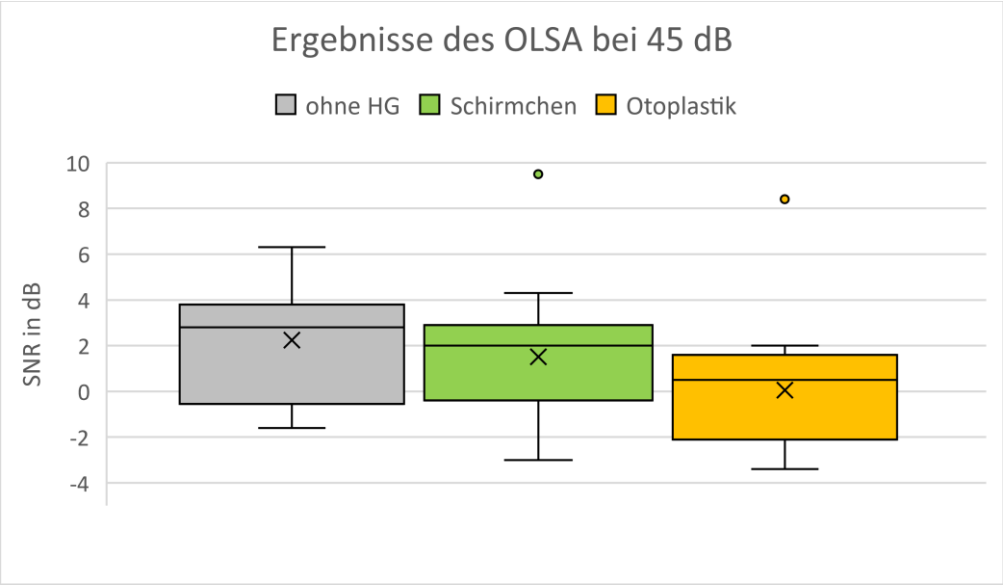


Abbildung 10: Ergebnisse des Oldenburger Satztestes bei 45 dB Störschallpegel und adaptivem Sprachsignal. Angaben des Signalrauschabstandes in dB für die Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik.

3.5 Freiburger Einsilbertest

Der Freiburger Einsilbertest ermittelt das Sprachverstehen in %. Die Messungen des Sprachverstehens in Ruhe (Abb. 11) ergaben, dass das Sprachverstehen ohne Hörsysteme bei einem Median von 65 % liegt. Mit Hörsystemen mit Schirmchen wurde ein Sprachverstehen von 85 % gemessen. Dies entspricht einer Verbesserung von 20 %. Das Sprachverstehen mit Hörsystemen mit Otoplastik beträgt 90 %. Dies entspricht einer Verbesserung im Gegensatz zu ohne Hörgeräte von 25 %.

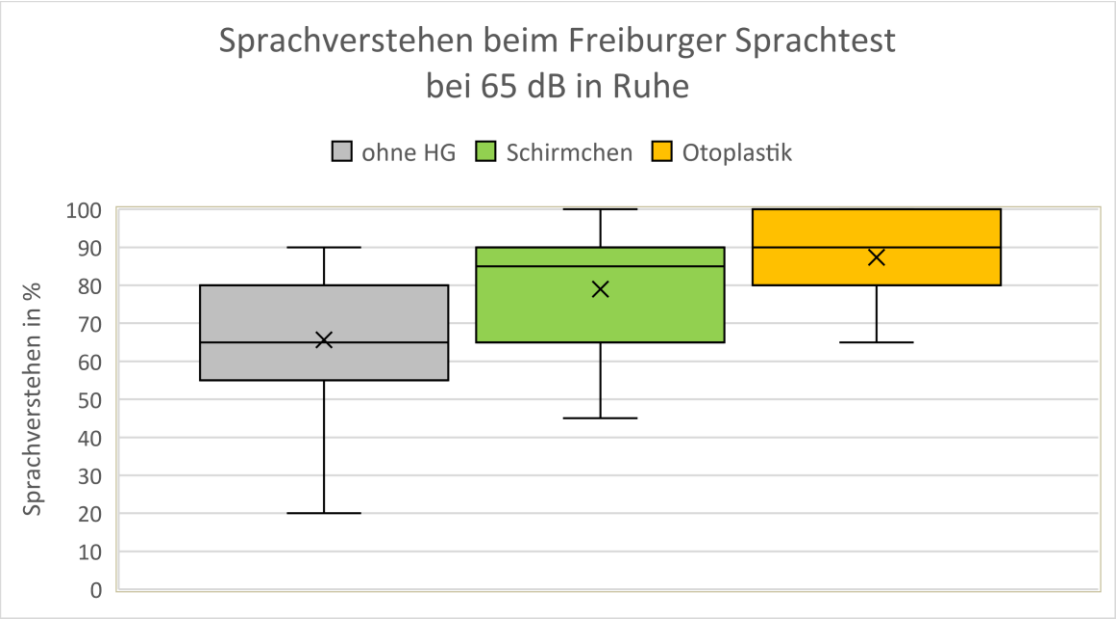


Abbildung 11: Ergebnisse des Freiburger Sprachtestes in Ruhe bei einem Pegel von 65 dB im Freifeld. Die Ergebnisse sind dargestellt in % in den Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik.

Bei der Messung des Sprachverstehens im Störgeräusch (Abb. 12) wird deutlich, dass die Ergebnisse der drei Situationen sich kaum unterscheiden. Ohne Hörsysteme wurde ein Sprachverstehen von 40 % gemessen. Mit Schirmchen betrug das Ergebnis 45 % und mit Otoplastik ebenfalls 45 %. Die größte Streuung der Ergebnisse ist bei der Messung im Störgeräusch bei den Schirmchen erkennbar.

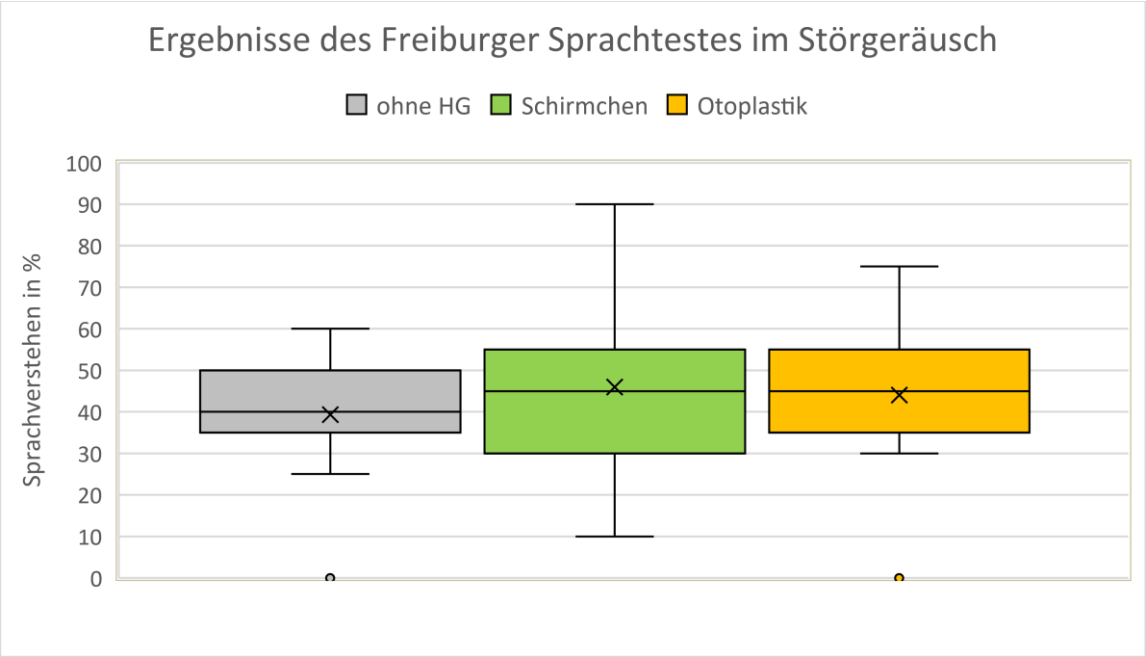


Abbildung 12: Ergebnisse des Freiburger Sprachtestes im Störgeräusch bei einem Pegel von 65 dB Sprache und 60 dB Störgeräusch im Freifeld. Die Ergebnisse sind dargestellt in % in den Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik.

3.6 Ergebnisse der Fragebögen

Die Fragebögen wurden von den Probanden zu Beginn des dritten und vierten Termins ausgefüllt, um beide akustischen Ankopplungen zu bewerten. Die Ergebnisse sind in Form von Balkendiagrammen visualisiert. Die Höhe der Balken entspricht dem arithmetischen Mittelwert. Außerdem ist die Standardabweichung eingezeichnet. Die Bewertung erfolgte auf Basis von Schulnoten. Die Bewertung mit der Note 1 bedeutet „sehr gut“ und eine 6 bedeutet „ungenügend“. Im Folgenden werden die Ergebnisse nach verschiedenen Themenbereichen dargestellt.

3.6.1 Gesamtzufriedenheit

Die Gesamtzufriedenheit der Probanden wurde mit der Frage: „Wie zufrieden sind Sie mit dem getesteten Hörsystem?“ geprüft.

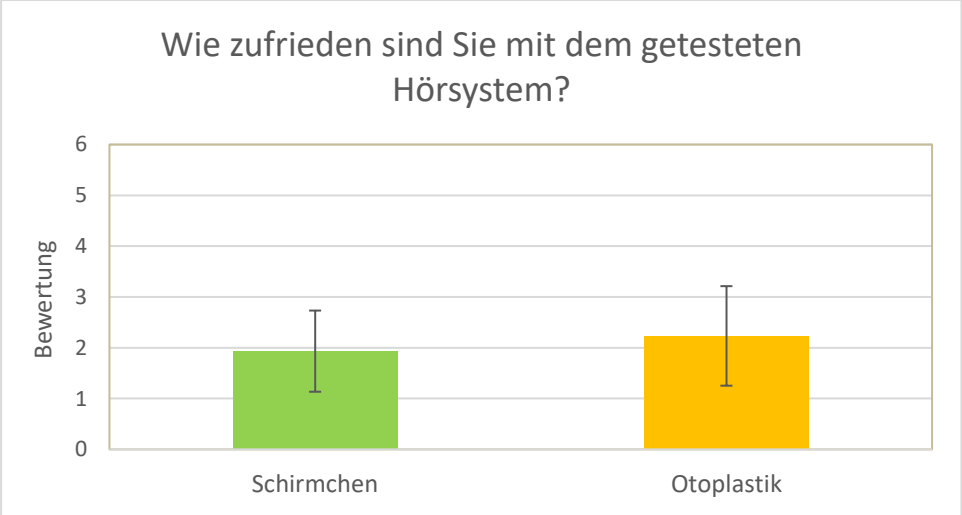


Abbildung 13: Dargestellt ist die mittlere Bewertung der Gesamtzufriedenheit für Schirmchen und Otoplastik mit der Standardabweichung.

Die generelle Zufriedenheit der Probanden mit den beiden akustischen Ankopplungen unterscheidet sich nur gering. Im Durchschnitt erhielten beide Ankopplungen die Bewertung „gut“. Der Mittelwert liegt bei den Schirmchen bei 1,93 und bei der Otoplastik bei 2,23. Die Schirmchen weisen tendenziell eine etwas bessere Bewertung auf als die Otoplastiken. Die Standardabweichung ist bei den Schirmchen insgesamt etwas geringer.

3.6.2 Tragekomfort

Der Tragekomfort ist der Themenbereich mit den größten Abweichungen zwischen den beiden getesteten Varianten im Fragebogen. Die Probanden bewerteten die Wichtigkeit der Ästhetik durchschnittlich mit 2,5. Die Ästhetik der Schirmchen wurde mit 1,9 insgesamt besser bewertet als die Ästhetik der Ohrstücke mit 3,0. Die Frage nach dem Sitzkomfort beurteilten die Probanden im Mittel bei den Schirmchen mit 2,3 etwas angenehmer, als die Ohrstücke mit 2,7. Die Festigkeit im Ohr wurde bei den Otoplastiken mit 2,0 allerdings besser bewertet als bei den Schirmchen mit 2,6.

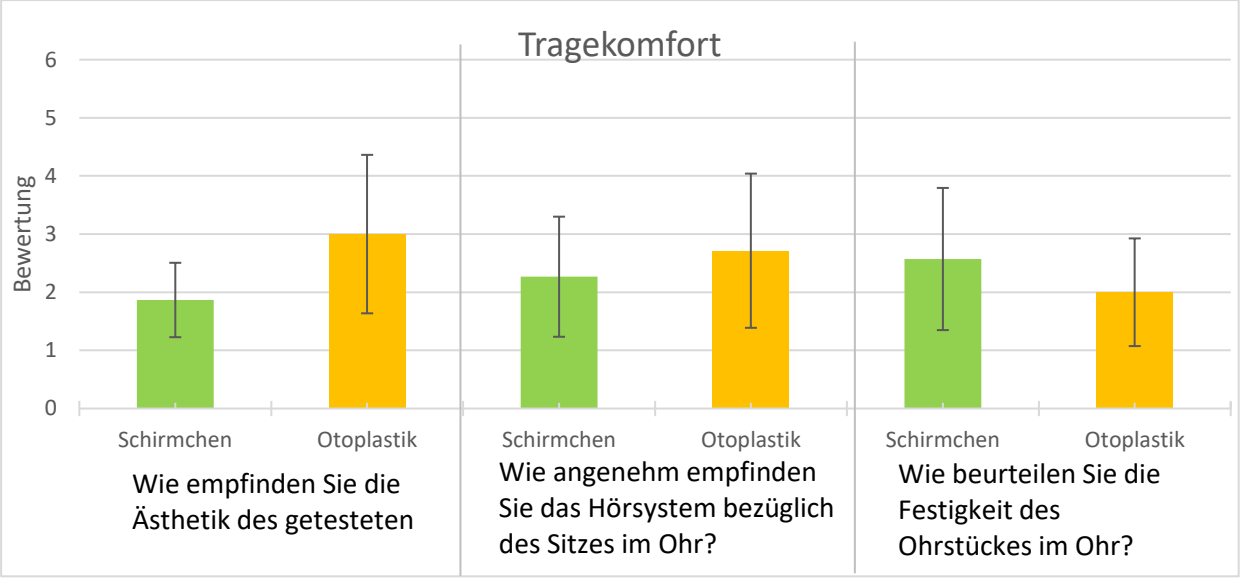


Abbildung 14: Dargestellt ist die mittlere Bewertung des Tragekomforts bei den Fragen 5 bis 8 mit Standardabweichungen für Otoplastik und Schirmchen.

3.6.3 Lautstärke und Klang

Die Lautstärke der Hörsysteme wird in Abbildung 15 dargestellt. Die Ergebnisse von Schirmchen und Otoplastik unterscheiden sich kaum. Generell wurde die Lautstärke mit beiden Hörsystemen mit der Note 2 bewertet. Leise Geräusche wie Vogelgezwitscher waren für die Probanden „gut“ hörbar. Geräusche wie Zeitungsrascheln zum Beispiel wurde mit beiden Hörsystemen mit 2,4 bewertet. Die Ergebnisse mit Otoplastiken haben eine etwas höhere Standardabweichung als die Ergebnisse mit Schirmchen.

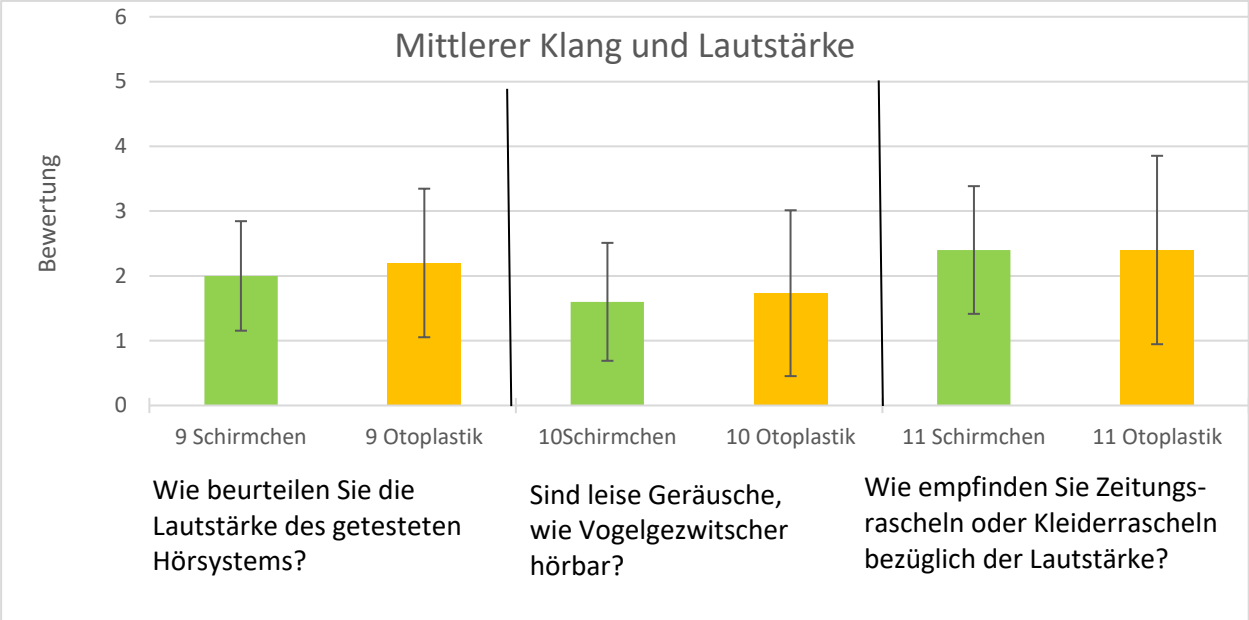


Abbildung 15: Dargestellt sind die mittleren Bewertungen für den Klang und die Lautstärke der Hörsysteme, sowie die jeweiligen Standardabweichungen für Otoplastik und Domes.

Die Ergebnisse für Lautstärke und Klang der eigenen Stimme sind in Abbildung 16 dargestellt. Insgesamt sind die Ergebnisse zwischen Ohrstücken und Schirmchen auch hier sehr ähnlich. Sowohl die Lautstärke als auch der Klang der eigenen Stimme wurden im Durchschnitt mit „gut“ bewertet. Auch bei der eigenen Stimme ist die Standardabweichung bei den Ergebnissen der Otoplastik etwas größer als bei den Schirmchen.

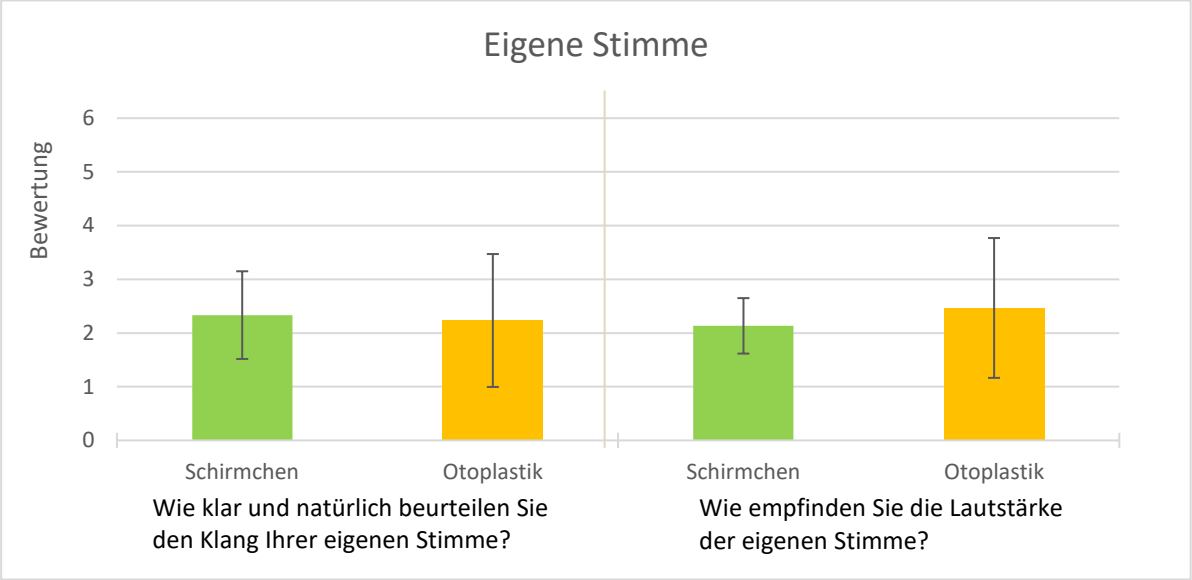


Abbildung 16: Dargestellt sind die mittleren Bewertungen für den Klang und die Lautstärke der eigenen Stimme sowie die jeweiligen Standardabweichungen für Otoplastik und Domes.

3.6.4 Sprachverstehen

Das Sprachverstehen wird unterteilt in Sprache in ruhiger Umgebung und Sprache im Störgeräusch. Die Ergebnisse in ruhiger Umgebung sind in Abb. 17 ersichtlich.

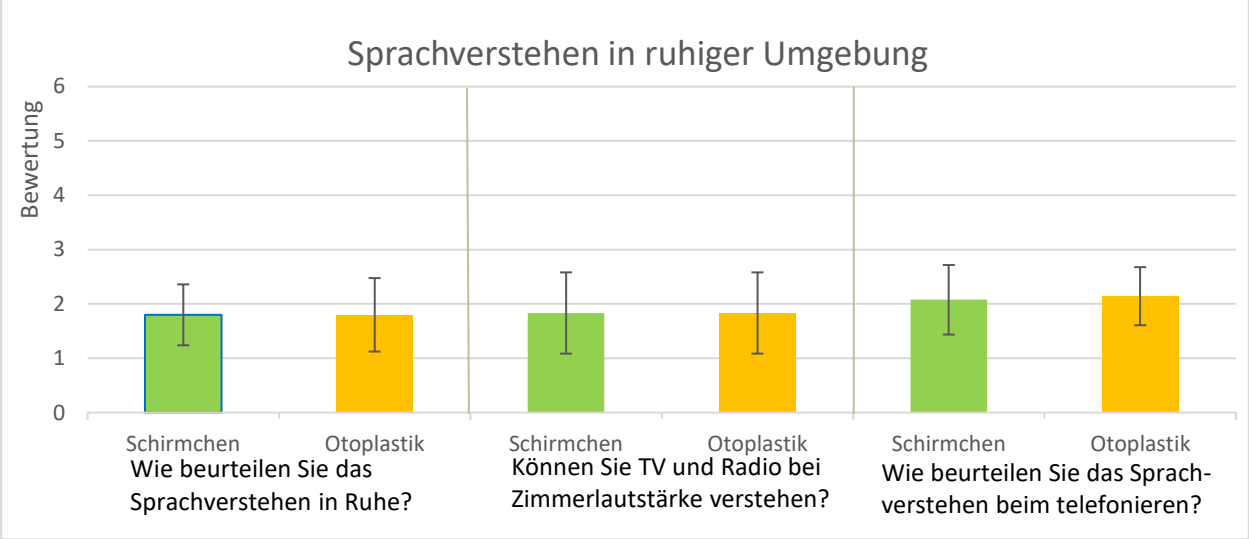


Abbildung 17: Dargestellt ist die mittlere Bewertung für das Sprachverstehen in Ruhe für Otoplastik und Schirmchen.

Insgesamt sind beim Sprachverstehen in Ruhe keine Unterschiede feststellbar. Die Probanden bewerteten die Fragen mit beiden akustischen Ankopplungen im Mittel mit einem „gut“. Die Werte liegen im Bereich zwischen 1,8 und 2,2. Auch die Standardabweichungen sind bei allen Fragen in beiden Testsituationen sehr ähnlich.

Das Sprachverstehen im Störgeräusch ist durch eine Auswahl von 3 Fragen in Abb. 18 dargestellt.

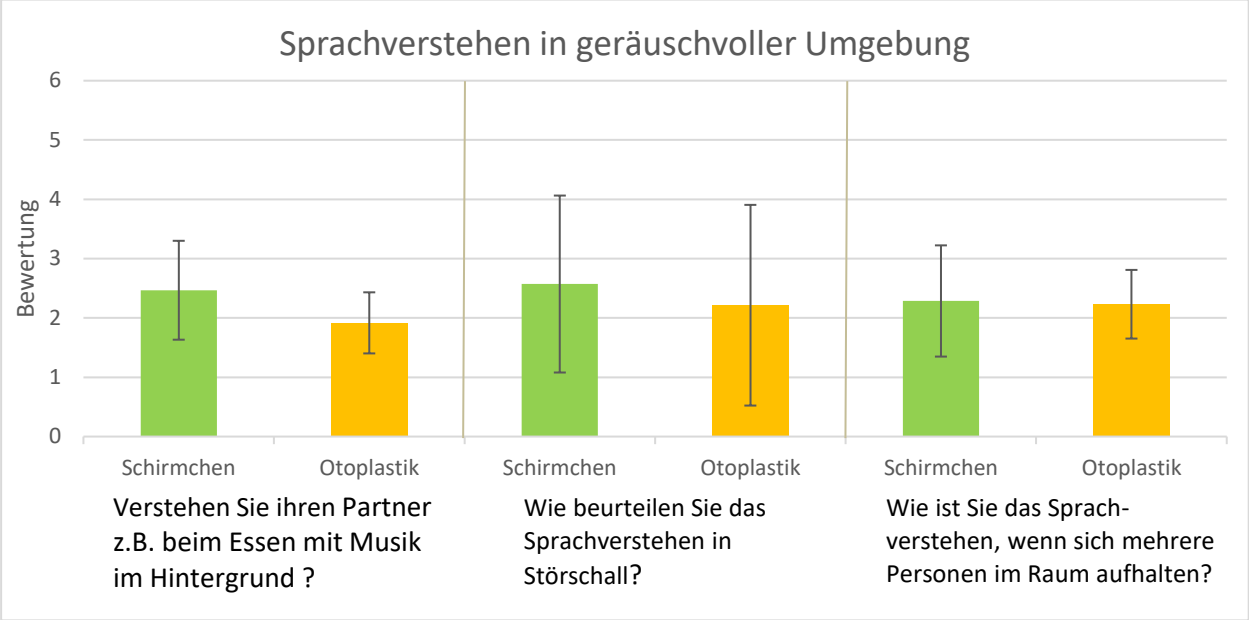


Abbildung 18: Dargestellt ist das mittlere Sprachverstehen im Störgeräusch mit Standardabweichungen von Otoplastik und Schirmchen von n=15 Probanden

Im Störgeräusch sind die Bewertungen ähnlich gut wie in Ruhe. Es gibt jedoch zwischen den beiden getesteten akustischen Ankopplungen leichte Unterschiede. Die Probanden beurteilten die Situation im Störgeräusch mit Ohrstücken ein bisschen besser. Bei der Frage nach der Sprachverständlichkeit beim Essen mit Hintergrundgeräusch wurden die Schirmchen mit 2,5 und die Otoplastiken mit 1,9 bewertet. Auch generell wird das Sprachverstehen im Störschall mit den Schirmchen schlechter bewertet mit 2,6 im Gegensatz zu 2,2 bei den Otoplastiken. Mit mehreren Personen im Raum haben die Probanden keinen Unterschied zwischen den beiden getesteten Varianten festgestellt.

3.6.5 Richtungshören

Am Ende des Fragebogens wurde das Richtungshören mit zwei Fragen überprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass die Probanden das Richtungshören bei beiden akustischen Ankopplungen mit „gut“ bewerten. Die Ergebnisse liegen bei den beiden Fragen insgesamt im Bereich zwischen 2,1 und 2,5. Auch die Standardabweichungen unterschieden sich kaum.

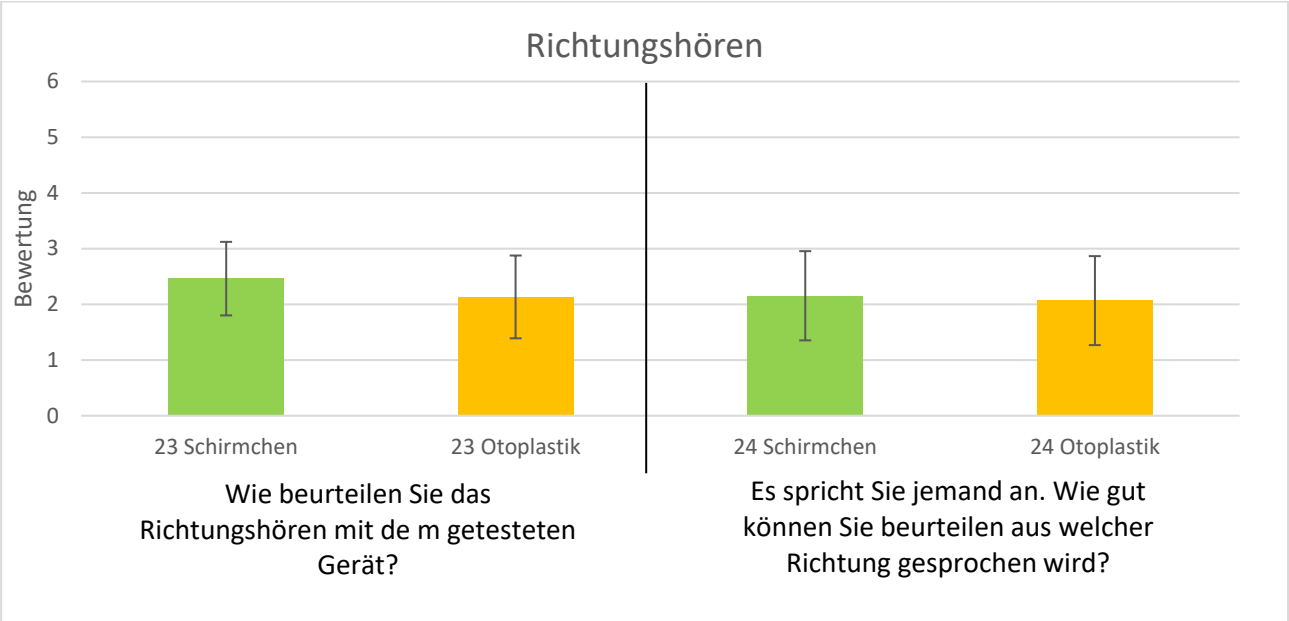


Abbildung 19: Dargestellt ist die Bewertung des Richtungshören bei den beiden akustischen Ankopplungen.

3.7 Auswertung Datalogging

Das Datalogging konnte bei 13 von 15 Probanden ausgewertet werden. Bei zwei Probanden war das Datalogging in der Software im Nachhinein nicht verfügbar. Sie berichteten aber über eine Tragezeit von 8 bis 12 Stunden. Dabei wurde die tägliche Tragezeit in Stunden ausgewertet und in folgende 4 Kategorien unterteilt: Bis 4 Stunden täglich, zwischen 4 und 8 Stunden, 8 bis 12 Stunden und 12 bis 16 Stunden. Die durchschnittliche Tragezeit bei den Schirmchen beträgt 10 Stunden pro Tag und bei der Otoplastik 9,5 Stunden pro Tag. In Abb. 20 sind die jeweiligen Kategorien als Kreisdiagramm dargestellt.

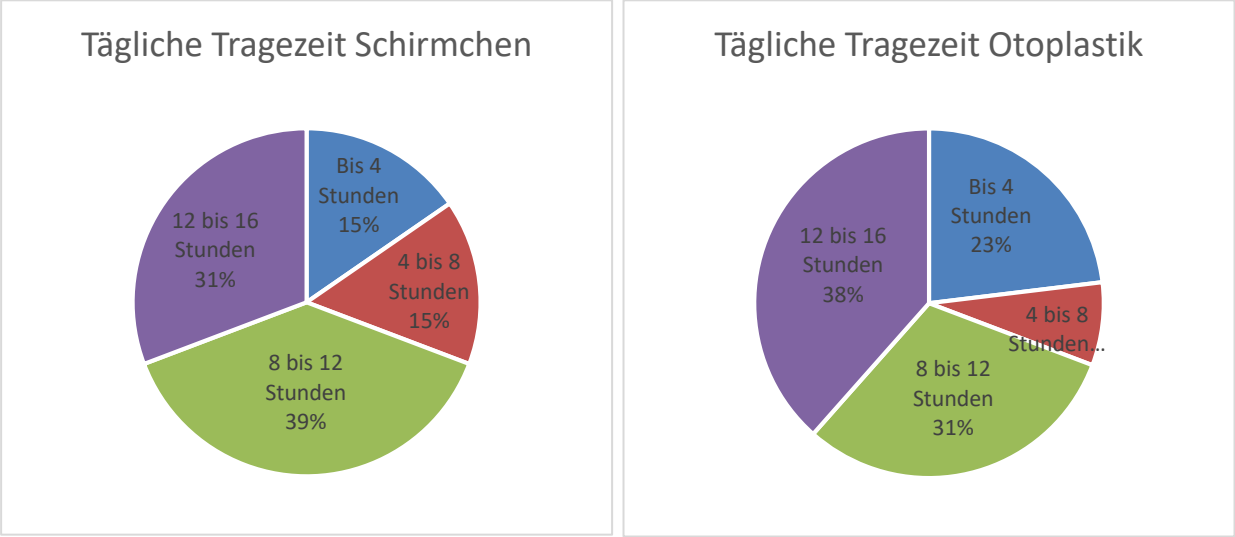


Abbildung 20: Durchschnittliche tägliche Tragezeit der Hörsysteme mit Schirmchen und Otoplastik, unterteilt in vier Kategorien.

Insgesamt ist erkennbar, dass über 50 % der Probanden Ihre Hörsysteme mehr als 8 Stunden trugen. 15 % der Probanden trugen die Hörsysteme mit Schirmchen nur bis zu 4 Stunden täglich und mit Otoplastik trugen 23 % der Probanden die Hörsysteme nur maximal 4 Stunden täglich.

4 Diskussion

Die Diskussion wird in zwei Teile gegliedert. Zunächst werden einige Argumente in Bezug auf die Auswahl der verschiedenen Messungen und Vorgehensweise genannt. Im zweiten Teil werden dann die Ergebnisse der Studie diskutiert.

4.1 Diskussion von Material und Methode

4.1.1 Auswahl der Probanden und Hörsysteme

Die Gruppe der Probanden bestand zu einem Teil aus erfahrenen und zum anderen Teil auch aus unerfahrenen Hörgeräteträgern. Alle nahmen freiwillig an der Studie teil. Dabei erfolgte die Auswahl über die Datenbank „Amparex“ des Hörakustik-Studiengangs. Die Probanden hatten sehr unterschiedliche Erfahrungen mit Hörsystemen vor Beginn der Studie gemacht. Diese könnten sich auf die Bewertung auswirken. Es ist fraglich, ob unerfahrene Hörgeschädigte die doch eher kleineren Unterschiede zwischen den beiden Ankopplungen feststellt. Eventuell wäre eine größere Probandengruppe für die Auswertung der Ergebnisse positiv gewesen.

Die Wahl der RIC-Hörsysteme begründet sich unter anderem durch den aktuell hohen Marktanteil dieser Hörgerätebauform. RIC-Hörsysteme sind nach aktuellem Stand der Technik bei allen Hörsystemherstellern als High-End Hörsysteme erhältlich. Positiv sind diese Hörsysteme vor allem für die in der Studie untersuchten Hochtonhörverluste, da die Übertragung der hohen Frequenzen elektrisch über ein Kabel bis in den Gehörgang erfolgt und nicht durch einen Schallschlauch, der wie ein Tiefpassfilter wirkt (Dillon 2012, S.12). In Bezug auf den Klang bieten RIC-Hörsysteme somit große Vorteile. Auch kosmetisch sind RIC-Hörsysteme durchaus beliebt, da die kleine Bauform und die häufig bei dieser Bauform verwendeten Domes sehr unauffällig sind. Nachteilig sind RIC-Hörsysteme in Bezug auf die Ankopplung mit Otoplastiken. Die Hörer waren bei einigen Probanden mit sehr schmalen Gehörgängen deutlich sichtbar, da sie aus den gedruckten Otoplastiken leicht abstanden und die Kabel nicht, wie beispielsweise bei einem Dünnschlauch-Hörsystem, eng am Ohr anliegend angepasst werden konnten. Auch das Herausnehmen der Ohrstücke aus dem Ohr erfolgte bei einigen

Probanden durch Zug am Kabel, was RIC-Hörsysteme mit Otoplastiken anfälliger für Reparaturen macht als herkömmliche HdO-Hörsysteme.

Die Ankopplung mit Schirmchen erfolgte bei einem Großteil der Probanden mit offenen Domes in einem Durchmesser von 8 mm. Bei 3 Probanden musste auf Domes der Größe 6 mm ausgewichen werden. Aufgrund eines schmaleren Gehörgangs und eines subjektiv angenehmeren Gefühls des Kunden wurde sich für die kleineren Schirmchen entschieden. Die Schirmchen haben je nach Verlauf des Gehörgangs einen unterschiedlichen Sitz und verschließen somit den Gehörgang unterschiedlich stark. Daher kann mithilfe der durchgeführten Messungen keine genaue Aussage über die „Offenheit“ des Gehörgangs bei den verschiedenen Patienten getroffen werden. Blau et al (2008) empfehlen daher, aufgrund der meist elliptischen Form des Gehörgangs, auch die Form der Schirmchen anzupassen und diese statt rund, ebenfalls elliptisch zu formen und somit den Sitz genauer zu definieren (Blau et al. 2008, S.716).

4.1.2 Wahl der Belüftungsbohrung

Die Wahl der Belüftungsbohrung bei der individuellen Otoplastik wurde auf 3 mm festgelegt. Diese Entscheidung wurde mit dem Hintergrund gefällt, dass bei traditionellen Otoplastiken eine Belüftung von 3 mm als offen gilt (Ulrich/Hoffmann 2017, S.952). Da der Okklusionseffekt ein häufiger Grund für die Unzufriedenheit mit Hörsystemen ist, war es das Ziel, den Okklusionseffekt zu verhindern und als negatives Bewertungskriterium möglichst zu minimieren oder sogar auszuschließen. Bei der Hohlotoplastik wäre allerdings wahrscheinlich eine kleinere Bohrung ebenfalls möglich gewesen ohne einen Okklusionseffekt zu erzeugen, da durch die dünne Wandstärke eine deutlich geringere akustische Masse vorhanden ist. So kann man schon mit einer kleineren Bohrung die gleiche Wirkung erzielen, wie mit einem Standardohrstück mit 3 mm Bohrung (Dillon 2012, S.142). Durch eine kleinere Belüftung wäre weniger tieffrequenter Schall verloren gegangen und insgesamt mehr Verstärkung möglich gewesen. Die Ergebnisse der Otoplastik hätten dann eindeutiger ausfallen können als sie es jetzt sind. Vorteil der großen Bohrung für die Studie ist allerdings die akustische Ähnlichkeit zu den Schirmchen.

4.1.3 Sprachtests

Die Ermittlung des Sprachverstehens ist in der Hörsystemanpassung ein zentraler Bereich, der den Erfolg der Anpassung in gewissem Maße überprüft. Da die meisten Schwerhörigen über Probleme beim Sprachverstehen in geräuschvoller Umgebung berichten, wurde das Sprachverstehen sowohl in Ruhe als auch im Störschall überprüft.

Die Durchführung des Freiburger Satztestes erfolgte bei einem Signal von 65 dB in Ruhe und Störschall. Der Freiburger Sprachtest wird generell jedoch seit einiger Zeit kritisiert. Grund dafür sind vor allem die Ungleichheit der Testlisten und die sehr kurzen Wörter, mit teilweise unterschiedlich schweren Wortverständlichkeiten (Bangert 1980, S.166–170). Dennoch wurde sich bewusst für den Freiburger Sprachtest entschieden, da er in der Praxis zurzeit der am meisten angewendete Sprachtest ist und auch in der Hilfsmittelrichtlinie (vgl. Kapitel 2.7) empfohlen wird. Moderne Features der Hörsysteme, wie z.B. Richtmikrofone oder Störschallunterdrückungsalgorithmen können den SNR zusätzlich verbessern. Durch Störschall von vorne wird es allerdings für die Probanden zusätzlich schwer, da diese Funktionen bei fehlender räumlicher Trennung keinen Gewinn bewirken (Kollmeier et al. 2011, S.1020). Eine räumliche Trennung mit Störschall, zum Beispiel aus einem Winkel von 45 Grad oder sogar 180 Grad dargeboten, hätte den Probanden unterstützt und einen besseren SNR möglich gemacht. Durch die kurze Dauer der Wörter und einen fehlenden Aufmerksamkeitslenkungssatz beim Freiburger Sprachtest ist das Sprachverstehen für die Probanden erschwert (Kießling et al. 1994, S.8).

Von Wedel (1986) untersuchte die Diskrimination der Wortgruppen im Störgeräusch bei normalhörenden Probanden. Er stellte fest, dass im Störgeräusch die Diskrimination in den Gruppen abweicht. Abhängig vom Sprachpegel und vom Grad der Maskierung werden einzelne Wörter besser oder schlechter als andere verstanden (von Wedel 1986). Im Gegensatz dazu stellten Löhler et al. (2013) fest, dass es bei schwerhörigen Probanden keine Diskriminationsunterschiede im Störgeräusch zwischen den einzelnen Gruppe gibt und dass der Freiburger Sprachtest auch im Störgeräusch zur Validierung geeignet ist (Löhler et al. 2013, S.589). Aufgrund der unterschiedlichen Studienergebnisse der Literatur in Bezug

auf die Ungleichheit der Testlisten können Unterschiede der Testlisten in der aktuellen Studie nicht komplett ausgeschlossen werden. Um diese Gefahr allerdings zu minimieren, wurden die von Bangert (1980) als „ungleich“ beschriebenen Testlisten in dieser Studie ausgelassen (Bangert 1980, S.166–170).

Um einen Vergleich zum Freiburger Sprachtest zu haben, wurde der Oldenburger Satztest ausgewählt. Da er für das Messen des Signalrauschabstandes im Störgeräusch entwickelt wurde, ergänzt er den Freiburger Sprachtest gut. Außerdem wird auch der Oldenburger Satztest genau wie der Freiburger Sprachtest in der Hilfsmittelrichtlinie empfohlen (vgl. Kapitel 2.7). Die zwei unterschiedlichen Pegel, mit denen der OLSA gemessen wurde, hatten zwei Gründen: Zum einen soll die Vergleichbarkeit zum Freiburger Sprachtest gewährleistet werden. Daher ist der Störgeräuschpegel von 65 dB sinnvoll. Zum anderen wird in der Praxis häufig der Störgeräuschpegel von 45 dB beim Oldenburger Satztest verwendet. Kollmeier (2011) empfiehlt den Störschallpegel von 45 dB bei adaptiver Satztest-Schwellenbestimmung im leisen Störschall als „Kompromiss zwischen Hörgerätemessung in Ruhe und Messung im Störschall“ (Kollmeier et al. 2011, S.1020–1021). Außerdem wurden in der Studie vor allem leicht und mittelgradige Hörverluste untersucht, bei denen im Gegensatz zu hohen Schwerhörigkeiten die leisen Pegel eine wichtige Rolle spielen, da Sie mit Verstärkung wieder gut hörbar gemacht werden können. Bei einem hochgradig Schwerhörigen hätte ein Störschallpegel von 45 dB einen ähnlichen Effekt wie in Ruhe.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

In der Studie wurden die Unterschiede zwischen den offenen Domes und den Hohlotoplastiken mit 3 mm Zusatzbohrung subjektiv anhand von Fragebögen, aber auch objektiv, untersucht. Subjektiv konnte kein eindeutiger Unterschied festgestellt werden. Beide akustischen Ankopplungen wurden in den Bereichen Sprachverstehen in Ruhe, Lautstärke und Klang sowie im Richtungshören annähernd gleich bewertet. Einzig in der Kategorie Tragekomfort gab es leichte Tendenzen, dass die Hörsysteme mit Hohlotoplastik besser bewertet wurden.

In den Sprachtests haben sich diese Tendenzen ebenfalls abgezeichnet. Beim Freiburger Sprachtest in Ruhe war eine leichte Verbesserung mit Otoplastiken erkennbar. Diese konnten auch beim Oldenburger Satztest mit Störgeräusch nachgewiesen werden.

Festgestellt wurde durch den Vergleich von Kuppler-Messungen und Insitu-Messungen, dass sich die Ausgangspegel je nach akustischer Ankopplung unterscheiden und sich auf den tatsächlichen Schall im Gehörgang auswirken können. Denn im Gehörgang wurden trotz unterschiedlicher Ausgangspegel des Hörsystems in der Messbox ähnliche Ergebnis beobachtet.

4.2.1 Objektive Messungen

Verstärkungseigenschaften der akustischen Ankopplungen

In der Literatur werden die Verstärkungseigenschaften von verschiedenen akustischen Ankopplungen beschrieben. Wie in Kapitel 1.2.2 erläutert, fließt mehr tieffrequenter Schall ab, je größer die Öffnung des Ohrstückes ist. Da die Schirmchen die offenste Ankopplungsvariante darstellen, kann bei diesen auch am meisten Schall im tieffrequenten Bereich verloren gehen.

Die in Kapitel 3.1 beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass im tieffrequenten Bereich bei den Schirmchen mehr verstärkt wird als bei den Otoplastiken. Dieser Effekt ist in Abb. 1 bereits erläutert worden. In der Abbildung zeigt sich auch, dass zwischen der 3,5 mm Zusatzbohrung und dem offenen Dome etwa 10 dB

Verstärkungsunterschied bis 1,5 kHz liegen. Diese werden als Korrektur in den NAL-NL2-Berechnung (siehe Abb.2) bei den Schirmchen zum Ausgleich mehr verstärkt. Auch in den Messbox Ergebnissen in Kapitel 3.1 ist der Effekt erkennbar, dass die Anpassformel NAL-NL2 mit Schirmchen im tieffrequenten Bereich mehr verstärkt als mit Otoplastiken. Die Messbox-Ergebnisse zeigen auch, dass im Bereich um 2 kHz bis etwa 4 kHz hingegen die Otoplastiken mehr verstärken als die Schirmchen.

Unter den Herstellern wird die Anpassung der Verstärkung, bei Auswahl der akustischen Ankopplung in der Software, unterschiedlich gehandhabt. In der Studie von Groth und Köhler (2012) wurde festgestellt, dass einige Hersteller bei einer offenen Versorgung weniger verstärken, da durch den Abfluss des tieffrequenten Schalls generell wenig Verstärkung möglich ist. Eine andere Strategie ist es, die tiefen Frequenzen mehr zu verstärken, um den Verlust des niederfrequenten Schalls auszugleichen. Die dritte Variante, die vorgestellt wird, verändert nichts an der Einstellung des Hörsystems. Hansaton wurde in der Studie nicht untersucht (Groth/Koehler 2012). Die Verstärkungskennlinien zeigen bei Hansaton aber ein deutliches Schema. Die zusätzliche Verstärkung im tieffrequenten Bereich lässt darauf schließen, dass aufgrund der offeneren Art der Schirmchen der tieffrequente Verstärkungsverlust kompensiert werden soll. Je stärker der Hörverlust ist, desto mehr muss dieser Ausgleich ausgeprägt sein. Im hochfrequenten Bereich verstärkt die Einstellung der Otoplastik mehr als bei den Schirmchen. Dies könnte zum Beispiel mit späteren Rückkopplungsschwellen bei den Otoplastiken als bei den Schirmchen zusammenhängen. Die Schirmchen neigen aufgrund ihrer grundsätzlich vollkommen offenen Art schneller zu Rückkopplungen, als die Otoplastiken. Dies ermöglicht weniger Verstärkung im hochfrequenten Bereich.

Insgesamt kann man sagen, dass die Auswahl der richtigen akustischen Ankopplung ein wichtiger Teil der Anpassung ist, der - je nach Hersteller - die Verstärkungseigenschaften des Hörsystems enorm beeinflussen kann.

Insitu-Messung

Die Insitu-Ergebnisse zeigen deutlich den Verlust des tieffrequenten Schalls bei beiden offenen Ankopplungen. Bei einem Eingangspegel von 65 dB kommen am Trommelfell des Hörsystemträgers mit beiden akustischen Ankopplungen etwa 60 dB an. Eine Verstärkung erfolgt also mit der Einstellung des First Fit im Frequenzbereich bis 1,5 kHz nicht. Auch Teie (2009) stellte in seiner Studie, in der er verschiedene akustische Ankopplungen testete fest, dass unterhalb von 2 kHz mit offenen Domes keine Verstärkung erfolgt. Dabei wurde ebenfalls erkannt, dass geschlossene Domes daran kaum etwas ändern und ähnliche Ergebnisse liefern (Teie 2009). Bei stärkeren Hörverlusten im Tieftonbereich sind Schirmchen somit generell ungeeignet. Auch die Hohlotoplastiken mit 3 mm Öffnung würden in dem Fall nicht genügend Verstärkung erreichen und es müsste geschlossener angepasst werden.

Im Hochtonbereich sind dann Verstärkungen möglich. Im Bereich von 2 kHz bis 4 kHz sind Verstärkungen bis 10 dB am Trommelfell gemessen worden. Die Studie von Teie (2009) bestätigt dieses. Hier war auch der Verstärkungsunterschied zwischen den akustischen Ankopplungen nicht mehr so hoch (Teie 2009). Insgesamt wird deutlich, dass eine offene Versorgung in Bezug auf die Verstärkungsleistung also schnell an Ihre Grenzen stößt. Auf Grundlage der Verstärkungseigenschaften von offenen Anpassungen haben Groth und Köhler (2012) einige praktische Tipps zur Anpassung verfasst. Sie empfehlen:

1. *Offene und sogenannte Tulpen Domes nur bei Hörverlusten, die bis 1 kHz nahezu normalhörend sind.*
2. *Power Domes und Doppel-domes eher vermeiden und stattdessen ein Ohrstück in Form einer Hohlotoplastik mit einer kleinen Zusatzbohrung bestellen.*
3. *Hörverluste mit mehr als 40 dB HL sollten grundsätzlich nicht mit offenen oder Tulpen-Domes versorgt werden, da diese nicht genügend Verstärkung ermöglichen.*
4. *wenn tieffrequente Verstärkung benötigt wird, reicht häufig auch kein geschlossener Dome oder Doppel-Dome aus* (Groth/Koehler 2012).

Die Insitu-Verifikation gibt somit wichtige Hinweise, ob die gewählte Art der akustischen Ankopplung die nötige Verstärkung erreicht und sollte daher in jeder Anpassung verwendet werden. Vor allem gibt eine Insitu-Messung auch Anhaltspunkte über den Grad der Offenheit der Anpassung. Die Offenheit der Schirmchen ist dabei viel abhängiger von der Größe des Gehörgangs als die der Otoplastiken. Bei einem sehr kleinen und schmalen Gehörgang zum Beispiel kann bereits ein offenes Schirmchen den Gehörgang zum Großteil verschließen. Bei einem sehr großen Gehörgang ist das Schirmchen dagegen sehr offen. Dies ist ein großer Vorteil der Otoplastiken, bei denen die Größe der Bohrung exakt festgelegt ist und unabhängig von der Größe des Gehörgangs ein bestimmter Öffnungsgrad des Gehörgangs vorliegt.

Gesamtvergleich der objektiven Messungen

Vergleicht man die objektiven Messungen an der Messbox und Insitu, die im Verlauf der Studie durchgeführt wurden, mit dem Insitugramm, so fällt folgendes auf:

Die Messbox-Ergebnisse verdeutlichten, dass im Bereich bis etwa 1-2 kHz die Schirmchen einen höheren Ausgangspegel haben als die Otoplastiken. Diese zusätzliche Verstärkung im Tieftonbereich kommt allerdings nicht am Trommelfell an. Mit dem Hintergrund, dass NAL-NL2 die Verstärkung im Tieftonbereich anhebt um den Verlust des tieffrequenten Schalls zu kompensieren, ist dieses Ergebnis erklärbar. Wie in Abb. 6 ersichtlich ergibt dann die Insitu-Messung mit beiden Einstellungen im tieffrequenten Bereich gleich viel Verstärkung im Gehörgang. So kann man sagen, dass bei der Einstellung des Hörsystems der Verlust des niederfrequenten Schalls, bei offenen Schirmchen ausgeglichen wird.

Im hochfrequenten Bereich ist auch bei der Insitu-Messung mehr Verstärkung messbar mit der Einstellung „Otoplastik“. Dies wäre bei offenen Schirmchen wahrscheinlich nicht möglich, da es früher zu Rückkopplungen kommt (Dillon 2012, S.144–145). Denn je offener eine Versorgung ist, desto eher ist die maximale Verstärkung erreicht. Da der hochfrequente Schall nicht wie der tieffrequente Schall durch die Bohrung im Ohrstück abfließt, bleibt er am Trommelfell erhalten. Durch eine höhere Verstärkung des Sprachbereichs bei 3 kHz könnte dann auch

ein tendenziell verbessertes Sprachverstehen mit den Otoplastiken begründet sein.

Die NAL-NL2-Berechnungen bestätigen ebenfalls die Ergebnisse. Die Auswahl der Schirmchen als akustische Ankopplung bewirkt einen deutlichen Verstärkungsanstieg im tieffrequenten Bereich. Auch im hochfrequenten Frequenzbereich zeigen die NAL-Berechnungen, dass hier die Otoplastik mehr verstärkt.

Setzt man nun diese Ergebnisse in Bezug zu dem Insitugramm, so zeigt sich, dass hier die Hörgeräteträger mit den Schirmchen im Durchschnitt im Tieftonbereich eine bessere Hörschwelle hatten als mit den Otoplastiken. Da jedoch die Insitu-Messung keinen Verstärkungsunterschied in diesem Bereich am Trommelfell erkennen lässt, könnte dies auf einen Messfehler hinweisen. Es könnte zum Beispiel sein, dass die Insitu-Schläuche nicht tief genug im Gehörgang positioniert wurden und somit fehlerhafte Messwerte ermittelt wurden.

Die Abweichungen lassen sich aber auch mit dem unterschiedlichen Sitz der Otoplastiken erklären. Wenn zum Beispiel der Schall mit den Schirmchen vor die Gehörgangswand geleitet wird, kann dies den „Hörtest“ über das Hörgerät verändern und den Schall dämpfen. Auch die hohe Standardabweichung stützt diese These. Wenn also ein guter Sitz im Gehörgang erreicht wird und der Schall auf direktem Weg an das Trommelfell geleitet wird, gibt es kaum Abweichungen, aber wenn der Sitz z.B. durch einen verwinkelten Gehörgang oder falsches Einsetzen der Hörsysteme beeinträchtigt ist, kann es zu hohen Differenzen führen. Generell ist dies ein Argument für die individuellen Ohrstücke, da diese maßgefertigt werden können auf Grundlage der Ohrabformung. Der Schall kann über die Otoplastiken je nach Verlauf des Gehörgangs ans Trommelfell zielgerichtet geleitet werden. Bei den Schirmchen ist der Sitz des Hörers und die Schallführung immer abhängig vom Verlauf des Gehörgangs und vom aktuellen Sitz.

Auch durch Unaufmerksamkeit und leichte Nebengeräusche sind Abweichungen im Insitugramm möglich. Die hohe Standardabweichung kann dabei mit der Schrittweite von 5 dB in der Messung begründet werden.

4.2.2 Sprachtests

Beim Freiburger Sprachtest konnte im Vergleich zwischen Otoplastik und Domes eine Differenz von 5 % festgestellt werden. Bei den Einsilber Testlisten des Freiburger Sprachtests macht bereits ein Wort einen Unterschied in der Verständlichkeit von 5 % aus. Dieser Unterschied kann also bereits durch eine kurze Unaufmerksamkeit während der Messung entstanden sein.

Betrachtet man jedoch die Streuung der Ergebnisse in den Boxplot-Diagrammen (Abb. 11), so wird erkennbar, dass die Probanden mit Otoplastiken tendenziell ein etwas besseres Sprachverstehen hatten.

Diese Beobachtung lässt sich auch beim Oldenburger Satztest machen. Bei einem Störgeräuschpegel von 65 dB ist eine Verbesserung mit Otoplastik um 0,8 dB SNR beobachtet worden. Bei einer Genauigkeit des Oldenburger Satztestes auf 1 dB kann das Ergebnis ebenfalls je nach Tagesform oder Aufmerksamkeitsgrad abweichen. Aber auch hier zeigt die Betrachtung des Medians in Verbindung mit den Quartilen, die in Abb. 9 und 10 dargestellt sind, eine klare Tendenz. Mit Ohrstücken ist ein etwas besseres Sprachverstehen möglich. Der Unterschied zwischen Otoplastik und Domes ist bei dem leiseren Pegel des Oldenburger Satztests mit 45 dB hingegen sehr deutlich. Mit Otoplastik war der Median rund 1,5 dB besser als mit den Schirmchen. Um diese Verbesserung in Prozentwerte umzurechnen, empfiehlt die Hörtech gGmbH folgende Faustregel:

„Verbesserung in Prozent“ = 15 x „Verbesserung der SVS in dB“

(Hörtech gGmbH, S.21)

So macht eine Verbesserung des SNR von 1,5 dB ein um 22,5 % besseres Sprachverstehen aus. Die deutliche Verbesserung bei dem geringeren Pegel lässt sich mit dem definierteren Sitz der Otoplastik erklären. Wenn die Otoplastik gut angepasst ist, kann der Schall genauer in Richtung des Trommelfells abgegeben werden.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Oldenburger Satztests und des Freiburger Sprachtests in Ruhe stehen die Ergebnisse des Freiburger Sprachtests im Störgeräusch. Hier ist kein Unterschied zwischen Otoplastik und Domes gemessen

worden. Allerdings konnte beim Freiburger Sprachtest im Störgeräusch generell mit Hörsystemen auch nur eine minimale Verbesserung von 5 % gemessen werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass Sprachsignal und Störgeräusch aus 0° kamen, was die Unterscheidung von Sprachsignal und Störsignal für die Features des Hörsystems wie z.B. die Störgeräuschunterdrückung des Hörsystems unmöglich macht (Kollmeier et al. 2011, S.1020). Außerdem ist die Durchführung des Freiburger Sprachtestes im Störschall nicht einheitlich festgelegt, was ebenfalls das relativ schlechte Ergebnis im Störgeräusch begründen könnte (Kießling et al. 1994, S.8).

4.2.3 Subjektive Zufriedenheit

Die Fragebögen ergaben insgesamt bei den Probanden nur minimale Unterschiede. Beim Tragekomfort bewerteten die Probanden den Sitz der Schirmchen eher angenehmer als den der Otoplastiken. Dadurch, dass die Schirmchen weniger massiv und deutlich anpassungsfähiger sind, werden sie von den Probanden weniger gespürt. Dass die Ästhetik bei den Schirmchen besser bewertet wird, war zu erwarten. Da die Schirmchen nahezu komplett im Gehörgang verschwinden und die Kabel eng am Ohr anliegen, bieten Sie kosmetisch große Vorteile zu den Ohrstücken. Die standardisierten Schirmchen, können allerdings je nach Gehörgangsverlauf und Gehörgangsgröße auch im Ohr durch Bewegung Juckreiz hervorrufen und herausrutschen. Dadurch werden die Ohrstücke, die dem Gehörgang angepasst sind, in Bezug auf die Festigkeit ein bisschen besser bewertet.

Bei den Otoplastiken standen, bedingt durch teilweise sehr schmale Gehörgänge, die Hörer der RIC-Hörsysteme häufig etwas aus dem Ohr ab. Außerdem sind durch die Bauform „Stöpsel mit Abstützung“ immer auch Teile des Ohrstückes in der Ohrmuschel von vorne sichtbar. Da einige Probanden sehr schmale und verwinkelte Gehörgänge hatten, war es nicht möglich, die Otoplastiken tiefer im Gehörgang zu positionieren oder die Otoplastik kleiner zu fertigen.

Bei der Bewertung der eigenen Stimme sind keine deutlichen Unterschiede erkennbar geworden. Dies spricht dafür, dass der Okklusionseffekt bei beiden akustischen Ankopplungen verhindert wurde bzw. in gleichem Verhältnis bestand.

Dies bestätigt auch Dillon (2012), der eine Hohlotoplastik mit 3 mm Belüftungsbohrung als akustisch gleichwertig zu einem Schirmchen beschreibt (Dillon 2012, S.142).

Der Klang und die Lautstärke der Hörsysteme weisen ebenfalls keine Unterschiede in der subjektiven Bewertung auf. Durch die sehr ähnlichen Ergebnisse in der Insitu-Messung am Trommelfell ist diese gleiche Bewertung generell auch nicht verwunderlich.

Das Sprachverstehen wurde insgesamt mit der Note „gut“ bewertet. Unterschiede zwischen den beiden akustischen Ankopplungen waren in der Bewertung des Sprachverstehens nicht feststellbar. Auch hier zeigt die generell durchaus positive Bewertung, dass die Hörsysteme, egal mit welchen der beiden offenen Ankopplungen den Probanden im Alltag das Sprachverstehen erleichtern. Im Störgeräusch wurden die Alltagssituationen generell mit beiden Ankopplungen etwas schlechter bewertet als in Ruhe. Bei dem Vergleich der beiden Ankopplungen zeigt sich, dass eine etwas bessere Bewertung mit den Otoplastiken erfolgte. Dies kann durch die etwas höhere Verstärkung begründet werden, die die Ohrstücke in der Insitu-Messung (siehe Abb. 6) im Hauptsprachbereich bei 1,5 kHz bis 3 kHz im Gegensatz zu den Schirmchen haben. Der tiefe Frequenzbereich hingegen, der typischerweise Störgeräusche umfasst, hat nicht mehr Verstärkung als die Schirmchen. Eine weitere Annahme, um das tendenziell bessere subjektive Sprachverstehen zu begründen, könnte sein, dass die Otoplastiken durch Ihren definierten Sitz den Schall etwas zielgerichteter in Richtung Trommelfell abgeben. So können die Otoplastiken in schwierigen akustischen Situationen, wie im Störgeräusch, subjektiv als besser empfunden werden.

Das Richtungshören wird durch den Wechsel der akustischen Ankopplung nicht beeinflusst. Dies entspricht den Erwartungen, da beide akustischen Ankopplungen „offen“ sind. Die Studie von Noble et al. (1998) untersuchte in Bezug auf das Richtungshören offene und geschlossene Versorgungen. Es wurde festgestellt, dass offene Hörgeräteversorgungen eine bessere Klanglokalisation schaffen als geschlossene Hörgeräteversorgungen (Noble et al. 1998a, S.33).

Generell zeigt die Auswertung der Fragebögen, dass die Probanden aus dem Tragen der Hörsysteme einen Nutzen ziehen. Durch die häufige Bewertung mit der

Note „gut“ wird deutlich, dass auch, wenn die Verstärkung nicht in allen Bereichen ausreichend ist, ein positiver subjektiver Nutzen erreicht wird, der den Alltag vereinfacht und die Gewöhnung an die Hörsysteme ermöglicht. Allerdings ist in den Fragebögen keine der beiden akustischen Ankopplungen deutlich besser bewertet worden. Lediglich in einzelnen Fragen sind die individuellen Ohrstücke den Standardschirmchen gegenüber tendenziell besser bewertet worden.

5 Schlussfolgerung

In der Studie konnte im Vergleich zwischen offenen individuellen Ohrstücken und Standardschirmchen kein eindeutiges und allgemeingültiges Ergebnis festgestellt werden. Beide Arten der offenen akustischen Ankopplung haben in gewissen Bereichen Ihre Vorzüge und Nachteile, sowohl objektiv als auch subjektiv betrachtet.

Insgesamt muss festgehalten werden, dass offene Versorgungen nicht für jeden Kunden eine ausreichend gute Versorgung darstellen. Egal ob Schirmchen oder Otoplastik – eine offene Versorgung mit Hörsystemen kommt in Bezug auf die maximale Verstärkung schnell an Ihre Grenzen. Trotzdem erkennen die Kunden bei dieser Art der Anpassung einen Nutzen und schaffen es, sich mit den Hörgeräten zu identifizieren und sie zu akzeptieren. Dabei ist ein deutlicher Vorteil der Otoplastik gegenüber den Standardschirmchen, dass sich der Schall, der aus dem Hörsystem austritt, durch das maßangefertigte Ohrstück zielgerichteter an das Trommelfell leiten lässt. Auch der Grad der Offenheit des Ohrstückes kann bei einer Otoplastik genauer definiert werden und ist nicht, wie bei den Schirmchen, von der Größe und Form des Gehörgangs abhängig.

Die Standardschirmchen konnten vor allem im Bereich der Ästhetik und des Tragekomforts überzeugen. Außerdem erreichten die Schirmchen tendenziell eine etwas bessere Gesamtzufriedenheit der Probanden als die Ohrstücke. Bei den beiden Sprachtests konnten die Schirmchen allerdings im Gegensatz zu den Ohrstücken nicht die gleichen Ergebnisse erzielen und schnitten insgesamt etwas schlechter ab. Die Messwerte waren dabei in Ruhe eindeutiger als im Störschall. Subjektiv hingegen bemerkten die Probanden den Unterschied zwischen Schirmchen und Otoplastiken im Sprachverstehen nicht.

Die objektiven Verifikationsmessungen zeigten, dass bei den Schirmchen der verlorene tieffrequente Schall mehr verstärkt wird, sodass bei der Insitu-Messung bei Schirmchen und Otoplastik annähernd gleiche Pegel im Gehörgang gemessen wurden. Die Auswahl der richtigen akustischen Ankopplung in der Software des Herstellers stellt somit einen wichtigen Korrekturfaktor dar, den es nicht zu unterschätzen gilt und der bei der Hörsystemanpassung nicht vergessen werden sollte.

Schlussendlich konnte sich also keine der beiden Ankopplungen überzeugend abheben. Es liegt in der Hand des Hörakustikers, die richtige Ankopplung für den individuellen Kunden auszuwählen und durch eine genaue Analyse der Wünsche und Bedürfnisse des Kunden einerseits ein gutes Sprachverstehen, aber auch ein für den Kunden subjektiv angenehmes Tragegefühl und Klanggefühl zu erreichen. Dabei sollten die Vor- und Nachteile beider Ankopplungen dem Kunden offen kommuniziert und gemeinsam abgewogen werden. Denn nur wenn der Kunde die Art der Ankopplung akzeptiert, wird er das Gerät auch tragen und davon profitieren.

6 Literaturverzeichnis

Bangert, Hans (1980). Probleme der Ermittlung des Diskrimminationsverlustes nach dem Freiburger Sprachtest, Audiologische Akustik (19), S.166–170.

Blau, Matthias et al. (2008). Acoustics of open fittings, in: Institut für Hörtechnik und Audiologie Oldenburg, Online: http://www.conforg.fr/acoustics2008/cdrom/data/articles/001361.pdf (08.10.2018).

Cox, Robyn M./Genevieve, C.Alexander (1995). The Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit, Ear and Hearing (16), S.184–186.

Deutscher Schwerhörigenbund e.v. (2015), Online: https://www.schwerhoerigennetz.de/statistiken/?L=0 (08.09.2018).

Dillon, Harvey (2012). Hearing aids. 2. ed. Sydney: Boomerang Press.

Garcia, Tatiana Manfrini/Jacob, Regina Tangerino de Souza/Mondelli, Maria Fernanda Capoani Garcia (2016). Speech perception and quality of life of open-fit hearing aid users, Journal of Applied Oral Science (24), S.264–270.

Gemeinsamer Bundesausschuss (2012). Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung.

Groth, Jennifer/Koehler, Erica (2012). Open-Fit Hearing Instruments: Practical Fitting Tips, in: The Hearing Review, Online: http://www.hearingreview.com/2012/11/open-fit-hearing-instruments-practical-fitting-tips/ (28.09.2018).

Holube, Inga/Kollmeier, Birgit (1991). Ein Fragebogen zur Erfassung des subjektiven Hörvermögens: Erstellung der Fragen und Beziehung zum Tonschwellenaudiogramm, Audiologische Akustik (30).

Hörtech gGmbH. Oldenburger Sprachtests. Überblick und praktische Durchführung, Online: https://www.hoertech.de/images/hoertech/pdf/mp/Praktische-Durchfuehrung.pdf (18.09.2018).

Johnson, Earl (2008). Practitioners give high marks for user benefit to open-canal mini-BTEs, The Hearing Journal (61), S.19–28.

Kießling, J./Schubert, M./Wagner, I. (1994). Sprachverständlichkeitsmessungen an Normalhörenden und Schallempfindungsschwerhörigen - fünf Sprachtests im Vergleich (1.Teil), Zeitschrift für Audiologie (33), S.6–19.

Kiessling, Jürgen/Kollmeier, Birgit/Diller, Gottfried (2008). Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten. 2., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme Verlag.

Kollmeier, B. et al. (2011). Hörgeräteindikation und -überprüfung nach modernen Verfahren der Sprachaudiometrie im Deutschen, HNO (59), S.1012–1021.

Kuk, Francis et al. (2005). Efficacy of an Open-Fitting Hearing Aid, in: The Hearing Review, Online: http://www.hearingreview.com/2005/02/efficacy-of-an-open-fitting-hearing-aid/ (06.10.2018).

Kuk, Francis/Keenan, Denise/Lau, Chi-Chuen (2009). Comparison of vent effects between a solid earmold and a hollow earmold, Journal of the american Academy of Audiology (20), S.480–491.

Lehnhardt, Ernst/Laszig, Roland (Hg.) (2009). Praxis der Audiometrie. Stuttgart: Thieme Verlag.

Löhler, J. et al. (2013). Evaluation des Freiburger Einsilbertests im Störschall, HNO (61), S.586–591.

Noble, W./Sinclair, S./Byrne, D. (1998a). Improvement in aided sound localization with open earmolds: observations in people with high-frequency hearing loss, Journal of the american Academy of Audiology (9), S.25–34.

Noble, William/Sinclair Shaune/Byrne, Denis (1998b). Improvement in Aided Sound Localization with Open Earmolds: Observations in People with High-Frequency Hearing Loss, Journal of the american Academy of Audiology, S.25–34.

Stangl, W. (2018). Zentraltendenz, in: Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik, Online: http://lexikon.stangl.eu/2823/zentraltendenz/ (18.09.2018).

Strom, Karl E. (2017). Hearing Aid Sales Return to Industry Norms in H1 2017, in: The Hearing Review, Online: http://www.hearingreview.com/2017/08/staff-standpoint-hearing-aid-sales-return-industry-norms-h1-2017/ (01.10.2018).

Teie, Paul U. (2009). Ear-coupler Acoustics in Receiver-in-the-aid Fittings, in: The Hearing Review, Online: http://www.hearingreview.com/2009/12/ear-coupler-acoustics-in-receiver-in-the-aid-fittings/ (01.10.2018).

Ulrich, Jens/Hoffmann, Eckhard (Hg.) (2017). Hörakustik 3.0. Theorie und Praxis. Heidelberg: DOZ Verlag.

von Wedel, Hasso (1986). Untersuchungen zum Freiburger Sprachtest- Vergleichbarkeit der Gruppen im Hinblick auf Diagnose und Rehabilitation (Hörgeräteanpassung und Hörtraining), Zeitschrift für Audiologie (25), S.60–73.

Wagener, Kirsten/Brand, Thomas/Kollmeier, Birgit (1999a). Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache Teil 3 : Evaluation des Oldenburger Satztests, Zeitschrift für Audiologie (38), S.86–95.

Wagener, Kirsten/Kühnel, Volker/Kollmeier, Birgit (1999b). Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests, Zeitschrift für Audiologie (38), S.4–15.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Grafik zeigt den Effekt verschieden großer Belüftungen auf die Verstärkung in Abhängigkeit der Frequenz in Hz. Verglichen wird mit einem komplett verschlossenen Ohrstück (Dillon 2012, S.137) 5

Abbildung 2: Dargestellt sind die Verstärkungskurven auf Basis von NAL-NL2 für eine Folienotoplastik mit 3 mm Zusatzbohrung (obere Grafik) und für einen offenen Dome (untere Grafik) in Abhängigkeit von der Frequenz für die Eingangspegel 50 dB, 65 dB und 80 dB. 9

Abbildung 3: mittlerer Hörverlust der 15 Probanden rechts (rot) und links (blau) in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz. 13

Abbildung 4: beispielhafte Darstellung einer Kastengrafik, wie sie in der Studie zur Auswertung der Sprachtests verwendet wurde. 24

Abbildung 5: Dargestellt sind die Differenzen der Ausgangspegel bei Le= 50 dB, Le= 65 dB und Le= 80 dB in dB bei den beiden akustischen Ankopplungen „offene Domes“ und „Hohlotoplastik“ bei einem N2 und N3 Hörverlust in Abhängigkeit von der Frequenz. 25

Abbildung 6: Pegel der Insitumessung des rechten Ohres von Schirmchen und Otoplastik in dB SPL in Abhängigkeit von der Frequenz mit den jeweiligen Standardabweichungen. 27

Abbildung 7: Le=65dB; Differenzen der Insitu-Messergebnisse von Otoplastik und Schirmchen des rechten und linken Ohres in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz. Es wurden immer die Pegel der Schirmchen von der Otoplastik abgezogen. 28

Abbildung 8: Die Grafik beschreibt die Differenzen in dB zwischen den Insitu ermittelten Hörschwellen bei Schirmchen und Otoplastiken in Abhängigkeit von der Frequenz in Hz für die rechte und linke Seite. 29

Abbildung 9: Ergebnisse des Oldenburger Satztestes bei 65 dB Störschallpegel und adaptivem Sprachsignal. Angaben des Signalrauschabstandes in dB für die Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik 31

Abbildung 10: Ergebnisse des Oldenburger Satztestes bei 45 dB Störschallpegel und adaptivem Sprachsignal. Angaben des Signalrauschabstandes in dB für die Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik. 32

Abbildung 11: Ergebnisse des Freiburger Sprachtestes in Ruhe bei einem Pegel von 65 dB im Freifeld. Die Ergebnisse sind dargestellt in % in den Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik. 33

Abbildung 12: Ergebnisse des Freiburger Sprachtestes im Störgeräusch bei einem Pegel von 65 dB Sprache und 60 dB Störgeräusch im Freifeld. Die Ergebnisse sind dargestellt in % in den Situationen ohne Hörgerät, mit Schirmchen und mit Otoplastik. 34

Abbildung 13: Dargestellt ist die mittlere Bewertung der Gesamtzufriedenheit für Schirmchen und Otoplastik mit der Standardabweichung für n=15 Probanden. 35

Abbildung 14: Dargestellt ist die mittlere Bewertung des Tragekomforts bei den Fragen 5 bis 8 mit Standardabweichungen für Otoplastik und Schirmchen. 36

Abbildung 15: Dargestellt sind die mittleren Bewertungen für den Klang und die Lautstärke der Hörsysteme, sowie die jeweiligen Standardabweichungen für Otoplastik und Domes von n=15 Probanden. 37

Abbildung 16: Dargestellt sind die mittleren Bewertungen für den Klang und die Lautstärke der eigenen Stimme sowie die jeweiligen Standardabweichungen für Otoplastik und Domes von n=15 Probanden. 38

Abbildung 17: Dargestellt ist die mittlere Bewertung für das Sprachverstehen in Ruhe für Otoplastik und Schirmchen von n= 15 Probanden. 39

Abbildung 18: Dargestellt ist das mittlere Sprachverstehen im Störgeräusch mit Standardabweichungen von Otoplastik und Schirmchen von n=15 Probanden 40

Abbildung 19: Dargestellt ist die Bewertung des Richtungshören bei den beiden akustischen Ankopplungen bei n=15 Probanden. 41

Abbildung 20: durchschnittliche tägliche Tragezeit der Hörsysteme mit Schirmchen und Otoplastik unterteilt in vier Kategorien. 42

8 Anhang

Ergebnisformular:

Ergebnisse der Messungen:

Persönliche Daten (Anamnese):

Probanden ID:

Erste getestete akustische Ankopplung:

Freiburger: Mehrsilber R: % bei dB L: % bei dB

Einsilber R: 65dB % 80dB % 95dB %

Einsilber L: 65dB % 80dB % 95dB %

Einsilber (65dB) in Störgeräusch (60dB): % ; FF in Ruhe 65dB: dB

Einsilber U-Schwelle: R: dB; L: dB

- Olsa ohne HG:Testliste: dB SNR; bei65dBSG: dB SNR; bei 45dB SG dB SNR
- Nächster Termin:
- Otoplastik fertig:

Seriennummer HG R:

Seriennummer HG L:

Hörerlänge:

1. HG

Getestete Ankopplung:

- Freiburger Freifeld 65dB: %Sprachverstehen
- Freiburger Freifeld 65 dB mit Störgeräusch (60 dB) %Sprachverstehen
- OLSA: (45dB) dB SNR; (65dB) dB SNR
- Insitu Messung durchgeführt: Daten exportiert?
- Fragebogen beantwortet?
- Nächster Termin:

2. HG

Getestete Ankopplung:

- Freiburger Freifeld 65dB: %Sprachverstehen
- Freiburger Freifeld (65dB) im Störgeräusch (60dB): % Sprachverstehen
- OLSA: (45dB) dB SNR (65dB) dB SNR
- Insitu Messung durchgeführt: Daten exportiert?
- Fragebogen beantwortet?

Tonaudiogramm:

F(Hz)	125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
HV R											
HV L											

Fragebogen:

Evaluierung der Testphase der getragenen Hörsysteme

Persönliche Angaben

Probanden-ID:

1.Getestete akustische Ankopplung:

☐ Otoplastik ☐ Standardschirmchen

2.Sind Sie bereits Hörsystemträger?:

☐ Ja

☐ Nein

Falls Sie Frage 2 mit Ja beantwortet haben:

2.1 Wie lange sind Sie bereits Hörgeräteträger? _____

2.2 Tragen Sie ein Hörsystem mit Standardschirmchen oder mit individueller Otoplastik?

☐ Hörsystem mit Standardschirmchen ☐ Hörsystem mit Otoplastik

2.3 Wie zufrieden sind Sie mit Ihrem vorhandenen Hörsystem?

☐sehr zufrieden	☐eher zufrieden	☐neutral	☐wenig zufrieden	☐unzufrieden

3. Wie viele Stunden haben Sie das Hörsystem im Testzeitraum täglich getragen?:

☐ Unter 4 Stunden

☐ 4 bis 8 Stunden

☐ 8 bis 12 Stunden

☐ 12 bis 16 Stunden

FEEDBACK ZUR TRAGEZEIT:

LEGENDE:

BEWERTUNG NACH SCHULNOTEN:

1 = SEHR GUT / IMMER

2 = GUT /MEISTENS

3 = BEFRIEDIGEND/ EHER ÖFTER

4 = AUSREICHEND /EHER WENIGER

5 = MANGELHAFT/ SELTEN

6 = UNGENÜGEND/ NIE

SEHR GUT----------→UNGENÜGEND

Zufriedenheit im Alltag:	1	2	3	4	5	6
1 Wie zufrieden sind Sie generell mit dem getesteten Hörsystem?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Tragekomfort						
2 Wie wichtig ist Ihnen die Ästhetik eines Hörsystems?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3 Wie empfinden Sie die Ästhetik des getragenen Hörsystems (insbesondere Ohrstück)?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4 Wie angenehm empfinden Sie das Hörsystem bezüglich des Sitzes im Ohr?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5 Wie beurteilen Sie die Festigkeit des Ohrstückes im Ohr?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Lautstärke und Klang						
6 Wie beurteilen Sie die Lautstärke des Hörsystems?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7 Sind leise Geräusche, wie Vogelgezwitscher hörbar?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8 Wie empfinden Sie Zeitungsrascheln und Kleiderrascheln bezüglich der Lautstärke?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9 Wie klar und natürlich beurteilen Sie den Klang Ihrer eigenen Stimme?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10 Wie empfinden Sie die Lautstärke ihrer eigenen Stimme?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sprachverstehen						
11 Wie beurteilen Sie generell das Sprachverstehen mit dem getragenen Hörsystem in Ruhe?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
12 Können Sie Fernsehen und Radio bei Zimmerlautstärke verstehen?	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Zufriedenheit im Alltag:	1	2	3	4	5	6
13 Wie beurteilen Sie das Sprachverstehen bei Telefongesprächen?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
14 Sie befinden sich beim Essen mit laufendem Radio im Hintergrund. Verstehen Sie ihren Partner?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
15 Wie störend empfinden Sie Geschirrklappern?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
16 Sie sind im Supermarkt einkaufen. Wie beurteilen Sie die Verständigung?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
17 Können Sie sich draußen bei Verkehrslärm mit anderen unterhalten?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
18 Wie beurteilen Sie insgesamt das Sprachverstehen mit dem getragenen Hörsystem in Störschall?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
19 Wie beurteilen Sie das Sprachverstehen, wenn Sie sich mit mehreren Personen im Raum aufhalten?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Richtungshören						
20 Wie beurteilen Sie generell das Richtungshören mit dem getesteten Gerät?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
21 Es spricht Sie jemand an. Wie gut können Sie beurteilen aus welcher Richtung gesprochen wird?	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Ihre Kommentare

Datenblatt:

soundHD

312 Receiver-in-Canal (RIC) Hörsystemfamilie

Leistungsprofil	9	7	5	3
Kanäle / Bänder	20	16	12	8
Signalverarbeitungsstrategien	WDRC und Linear	WDRC und Linear	WDRC und Linear	WDRC und Linear
Adaptiv direktional	Multiband	Multiband	Multiband	Multiband
Funktionen				
SpeechBeam +	•	•		
AutoSurroundHD	7 Umgebungen	6 Umgebungen	5 Umgebungen	2 Umgebungen
SurroundOptimizerHD	•	•	•	•
Akklimatisierungs Manager	•	•	•	•
BiPhone/BiLink	•	•	•	•
Pinna Effekt	•	•	•	•
Manuelle Programme	Bis zu 3	Bis zu 3	Bis zu 3	Bis zu 3
Frequenzkompression	•	•	•	•
Rückkopplungs Manager	•	•	•	•
Direktschall Management	•	•	•	•
Impulsschall Manager	•	•	•	•
PhoneConnect	•	•	•	•
Musikauswahl	Teil der Automatik	Teil der Automatik	•	•

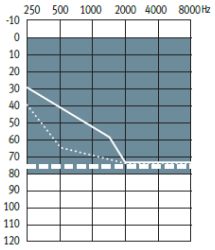
Allen Technologie-Ebenen gemeinsam

3 Wireless-Programme, DataLogging, Windgeräusch Manager, Tinnitus Manager, Plasmabeschichtung und IP57

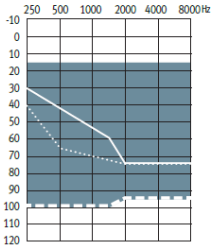
Zubehör (optional)				
Fernbedienung RCV2	•	•	•	•
uStream	•	•	•	•
uDirect3	•	•	•	•
uTV3	•	•	•	•
uMic2	•	•	•	•

xReceiver	Standard (xS)	Power (xP)	Super Power (xSP)
LAmax. / Vmax.	113 / 47	127 / 57	131 / 63
Open Dome	•	•	
Closed Dome	•	•	
Power Dome	•	•	
Hohlotoplastik	•	•	
cShell (hart/weich)	•	•	•

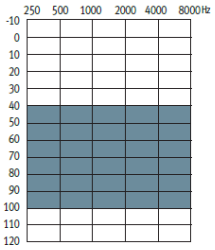
Anpassbereiche



Standard Receiver (xS)



Power Receiver (xP)



Super Power Receiver (xSP)

Open Dome
Closed Dome
Power Dome oder Hohlotoplastik

CE 0124

ED-SP

HANSATON hearing & emotions

Hansaton Akustik GmbH · Sachsenkamp 5 · 20097 Hamburg · Germany · www.hansaton.de

soundHD

312 Receiver-in-Canal (RIC) Hörsystemfamilie

	Standard Receiver (xS)	Power Receiver (xP)	Super Power (xSP)
ANSI 3.22 2009/IEC 118-7 2005 2cc-Kuppler Technische Daten			
Bezugstestfrequenz – IEC 118-7 (kHz)	1.6	1.6	1.6
OSPL90			
Höchstwert (dB SPL)	113	127	131
Nennwert (dB SPL)	110	124	128
HFA - OSPL90 (dB SPL)	106	119	121
bei RTF (dB SPL)	105	121	127
Full on Gain (Eingang 50 dB SPL)			
Höchstwert (dB)	47	57	63
HFA - FOG (dB)	40	49	56
bei RTF (dB)	39	52	62
Bezugsprüfeinstellungen (RTS)			
Frequenzbereich (Hz)	<100 - 8500	<100 - 7300	<100 - 5500
Bezugsprüfverstärkung (dB)	29	42	44
Stromverbrauch bei RTS (mA)	1.15	1.25	1.2
Durchschnittliche Batterielebensdauer (h)	160	140	150
Äquivalentes Eigenrauschen bei RTS (dB SPL)	19	18	19
Klirrfaktor bei 500 Hz/800 Hz/1.600 Hz (%)	1.0/1.0/1.0	1.5/1.0/0.5	0.5/0.5/0.5
Elektromagnetische Kompatibilität			
EMV-Immunität nach ANSI c63.19-2007 EMC, Omni	M4	M4	M4
IEC 118-0 OES-Kuppler Technische Daten			
Referenztestfrequenz – IEC 118-0 (kHz)	1.6	1.6	1.6
OSPL90			
Höchstwert (dB SPL)	122	133	135
bei RTF (dB SPL)	114	130	134
Full on Gain Verstärkung (Eingang 50 dB SPL)			
Höchstwert (dB)	58	67	71
bei RTF (dB)	48	62	70
Basisfrequenzgang			
Frequenzbereich (DIN 45605) (Hz)	<100 - 10000	<100 - 8000	<100 - 5800
Bezugsprüfverstärkung (dB)	39	55	59
Stromverbrauch bei RTG (mA)	1.15	1.2	1.2
Durchschnittliche Batterielebensdauer (h)	160	150	150
Äquivalentes Eigenrauschen bei RTG (dB SPL)	19	19	19
Klirrfaktor bei 500 Hz/800 Hz/1.600 Hz (%)	1.0/1.5/1.5	1.5/1.5/1.0	1.0/1.0/0.5
Elektromagnetische Kompatibilität			
EMV-Immunität nach IEC 60118-13, 2011 Feldstärke 90/50/35 V/m, Omn IRIL Tief-/Mittel-/Hochband (dB SPL)	22/22/22	20/27/30	30/15/18

Legend

- xS receiver
- xP receiver
- xSP receiver

Testbedingungen

Batteriegröße: 312; Quelle: 1,3 V
Die Messungen wurden mit einer geschlossenen Konfiguration mit einem HA-1 Kuppler (ANSI-3.7-1995) bzw. einem verschlossenen Ohrsimulator (EN 60711, Kuppleranordnung gemäß Abb. 4 des Prüfstandards) durchgeführt. Hörsystem im HANSATON scout Testmodus.
Domes dürfen niemals bei Hörsystemträgern mit perforiertem Trommelfell, offenen Kavitäten des Mittelohrs oder chirurgisch veränderter Gehörgängen verwendet werden. Für solche Fälle empfehlen wir, ein individuell gefertigtes Ohrpassstück zu verwenden.
Der Ausgangsschalldruck dieser Hörgeräte überschreitet 132 dB SPL.
Wir behalten uns vor, die technischen Daten im Zuge der Entwicklung ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

HANSATON hearing & emotions

Hansaton Akustik GmbH · Sachsenkamp 5 · 20097 Hamburg · Germany · www.hansaton.de