

Förderpreis 2013

Charakterisierung typischer Alltagssituationen anhand von objektiven und subjektiven Größen

Masterarbeit

Verfasser: Franziska Eckardt
Betreuerin: Prof. Dr. Inga Holube
Erstgutachterin: Prof. Dr. Inga Holube
Zweitgutachter: Prof. Dr. Steven van de Par
Datum der Abgabe: 04.06.2013

E UHA

Europäische Union der
Hörgeräteakustiker e.V.

Herausgeber: Europäische Union der Hörgeräteakustiker e.V.
Neubrunnenstraße 3, 55116 Mainz, Deutschland
Tel. +49 (0)6131 28 30-0
Fax +49 (0)6131 28 30-30
E-Mail: info@euha.org
Internet: www.euha.org

Alle hier vorhandenen Dateien, Texte und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Eine Verwertung über den eigenen privaten Bereich hinaus ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

© EUHA 2013

Zusammenfassung

Die Charakterisierung typischer Alltagssituationen mit objektiven und subjektiven Größen ermöglicht es in der Zukunft, z. B. Sprachverständlichkeitsmessungen im Störgeräusch und die Hörgeräteevaluationen unter definierten Testkonditionen realitäts- und alltagsnah durchzuführen. In der vorliegenden Arbeit wurden alltagsrelevante Hörsituationen mit objektiven Signalparametern und subjektiven Beschreibungen von Normalhörenden und leicht- bis mittelgradig Schwerhörigen analysiert. Hierbei wurde im Schnitt über 3,5 Tage jeweils acht Stunden am Tag ein Aufnahmesystem von den Probanden in ihrem Alltag getragen. Als objektive Größen wurden der breitbandige RMS-Pegel und der frequenzabhängige RMS-Pegel von 20 Bark-Bändern im Aufnahmesystem berechnet und gespeichert. Zudem sollten die Probanden ihre Empfindungen hinsichtlich der Lautheit, der Höranstrengung, der Sprachverständlichkeit, der Angenehmheit der Geräusche/Klänge und der Wichtigkeit der Hörverständlichkeit mit dem Aufnahmesystem festhalten. Sprachsituationen waren für die Normalhörenden und die Schwerhörigen besonders relevante Hörsituationen. Es zeigte sich, dass insgesamt 40 % der Tragezeit die Schwerhörigen entweder Fernsehen geschaut oder sich im Haushalt mit einer Person unterhalten haben. Zudem war es den Schwerhörigen besonders wichtig, das Fernsehprogramm gut zu hören und zu verstehen. Zugleich war diese Situation eine anstrengende Hörsituation für die Schwerhörigen. Hinsichtlich der objektiven Analyse konnte gezeigt werden, dass die Pegelvariationen der Alltagssituationen relativ hoch sind. Dies verdeutlicht, wie komplex, vielfältig und unterschiedlich der Alltag ist und dass weitere Untersuchungen notwendig sind.

Abstract

The characterisation of typical daily situations using objective and subjective metrics, will, in future, permit e.g. the measurement of speech intelligibility in background noise and the evaluation of hearing aids in more realistic conditions. In this thesis, realistic hearing situations were analysed by means of objective metrics and subjective evaluations by normal hearing listeners and people with mild to moderate hearing loss. The test subjects used a measurement system for about 3.5 days with eight hours each day in typical daily situations. As objective parameters, the broadband RMS level and the frequency-dependent RMS level of 20 Bark bands were calculated and saved. Additionally, the subjects had to evaluate their auditory perceptions regarding loudness, hearing effort, speech intelligibility, pleasantness of sounds, and the importance of hearing well. Speech situations for normal hearing listeners and mild-to-moderate persons were relevant hearing situations. It turned out that for about 40% of the test time, subjects with hearing loss spent time in front of the TV or led a conversation with one person at home. For the persons with mild-to-moderate hearing loss, it was very important to be able to hear the sound from the TV. Likewise, for the mild-to-moderate persons, watching the telly was rated as a situation

associated with more listening effort. Objective analysis showed that level distributions are relatively high. This illustrates that everyday life is very complex, multiplex, and multifaceted. More investigations are required.

Schlüsselwörter: Auditory Ecology, Alltagssituation, Höranstrengung, Lautheit, RMS, Bark-Spektrum

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Impressum | i |
| Zusammenfassung/Abstract | ii |
| Inhaltsverzeichnis | iv |
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Methoden | 4 |
| 2.1 Probanden | 4 |
| 2.2 Fragebogen zu Beginn der Studie und nachträgliche Befragung | 5 |
| 2.3 Das Aufnahmesystem | 6 |
| 2.3.1 Das Fragebogenprogramm | 7 |
| 2.3.2 Objektive akustische Größen | 8 |
| 2.4 Aufgabenstellung der Probanden | 8 |
| 3. Ergebnisse | 9 |
| 3.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie | 9 |
| 3.1.1 Wöchentliches Vorkommen der Alltagssituationen | 9 |
| 3.1.2 Relevanz der Alltagssituationen | 10 |
| 3.1.3 Höranstrengung | 11 |
| 3.1.4 Nachträgliche Befragung | 13 |
| 3.2 Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen | 14 |
| 3.3 Relevante und höranstrengende Alltagssituationen | 16 |
| 3.4 Vergleich der Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie mit den subjektiven Urteilen der Alltagssituationen | 19 |
| 3.5 Charakterisierung typischer Alltagssituationen mit objektiven Größen | 21 |
| 3.6 Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Größen | 28 |
| 3.7 Zusammenhang zwischen Höranstrengungsurteilen und kognitiven Testergebnissen | 34 |
| 4. Diskussion | 35 |
| 4.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie und der Vergleich mit den subjektiven Urteilen der Alltagssituationen | 35 |
| 4.2 Häufigkeit und subjektive Urteile der Alltagssituationen | 37 |
| 4.3 Charakterisierung der Situationen mit objektiven Größen und der Zusammenhang mit den subjektiven Größen | 38 |
| 5. Fazit | 40 |
| 6. Anhang A: Methoden | 43 |
| 6.1 Tonaudiogramm der Normalhörenden | 43 |
| 6.2 Ergebnisse des Göttinger Satztests | 43 |
| 6.3 Ergebnisse der kognitiven Tests | 44 |
| 6.4 Fragebogen zu Beginn der Studie | 45 |
| 6.5 Das Fragebogenprogramm | 49 |
| 6.6 Bark-Mittenfrequenzen | 52 |
| 6.7 Korrekturwerte des breitbandigen RMS-Pegels | 52 |

| | |
|--|-----------|
| 7. Anhang B: Ergebnisse | 53 |
| 7.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie | 53 |
| 7.1.1 Wöchentliches Vorkommen | 53 |
| 7.1.2 Relevanz | 55 |
| 7.1.3 Höranstrengung | 57 |
| 7.2 Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen | 59 |
| 7.3 Charakterisierung typischer Alltagssituationen mit objektiven Größen | 61 |
| 7.4 Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Größen | 62 |
| 8. Verzeichnisse | 69 |
| 8.1 Literaturverzeichnis | 69 |
| 8.2 Abbildungsverzeichnis | 70 |
| 8.3 Tabellenverzeichnis | 76 |
| 9. Danksagung | 78 |

1. Einleitung

Für die Beziehung zwischen der auditiven Wahrnehmung und den individuellen Ansprüchen in Abhängigkeit von der akustischen Umgebung führten Gatehouse et al. (1999) den Begriff „auditory ecology“ ein. Gatehouse et al. (1999) untersuchten die akustische Umgebung bezüglich der Pegelvariationen, in denen sich Hörgeräteträger aufhielten, und konnten Präferenzen hinsichtlich der Hörgeräteinstellungen feststellen. Mit der Erfassung der „auditory ecology“ kann beispielsweise in Erfahrung gebracht werden, welche Signalcodierungsstrategien von Hörgeräteträgern bevorzugt werden.

Einen umfassenden Überblick über die Hintergrundgeräuschpegel, die Sprachpegel und die Signal-Rausch-Abstände (SNR) natürlicher Alltagssituationen (Schule, zu Hause, Krankenhaus, Kaufhaus, Zug und Flugzeug) listete Olsen (1998), basierend auf Pearsons et al. (1977), in seiner Zusammenfassung auf. Dabei wurde festgestellt, dass überwiegend positive SNR in den Alltagssituationen vorkommen.

Neben der Analyse der akustischen Umgebungen, in denen sich Normalhörende und Schwerhörige aufhalten, sind die Erfassung der auditorischen Bedürfnisse, der Probleme und der Anforderungen in den Alltagssituationen sowie die Relevanz, gut zu hören, mindestens gleichbedeutend. Beispielsweise ist es in bestimmten Alltagssituationen für ältere Menschen, die insbesondere eine leicht- bis mittelgradige Hörminderung aufweisen, nur dann möglich, den Gesprächspartner zu verstehen, wenn sie sich stark konzentrieren. Diese Beanspruchung kann unter den Begriff Höranstrengung gefasst werden. Dahingehend besteht Bedarf, in Erfahrung zu bringen, welche akustischen Parameter in welchen Alltagssituationen bestimmte Hörwahrnehmungen auslösen.

Raimbault et al. (2003) verglichen die subjektiven Wahrnehmungen (semantische Differentiale) von Passanten an vier verschiedenen Orten (Hauptverkehrsstraßen, öffentliche Plätze in Fußgängerzonen, Wochenmärkte und Schulhof) mit akustischen Messgrößen wie L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , Schärfe, Rauigkeit, Lautheit und vielen mehr. Für die Situation Hauptverkehrsstraße korrelierte das semantische Differential „leise-laut“ mit der akustischen Messgröße Lautheit (N_{10}). Der Schulhof wurde mit dem räumlichen Differential „weit-nah“ und der Klarheit „durcheinander-eindeutig“ bewertet und konnte in Zusammenhang mit den objektiven Parametern spektraler Centroid und L_{90} gesetzt werden. Weiterhin wurde in der Studie festgestellt, dass die psychoakustischen Größen Schärfe und Rauigkeit zur Charakterisierung der vier Orte nicht geeignet sind, da für jeden Ort ähnliche Werte berechnet wurden.

Jensen & Nielsen (2006) ließen von insgesamt 18 Hörgeräteträgern kurze Schallaufnahmen von deren privaten Alltagssituationen vornehmen. Anschließend wurden die Aufnahmen hinsichtlich der Schalldruckpegel evaluiert und die Hörgeräteträger zu ihren auditorischen Wahrnehmungen in den jeweiligen Situationen befragt. Es zeigte sich, dass Sprachsituationen generell wichtige Hörsituationen sind. Insbesondere sind die Situatio-

nen, in denen selbst gesprochen wurde, wichtiger als Situationen, in denen nur zugehört wurde. Die Evaluation der Alltagssituationen durch die Hörgeräteträger bewirkte eine verstärkte Wahrnehmung ihrer auditorischen Umwelt und ihrer individuellen Bedürfnisse. Jensen & Nielsen (2006) suggerierten, diese Methode als Feinanpassungstool für Hörgeräte zu nutzen. Zudem stellten Jensen & Nielsen (2006) fest, dass anhand der Effektivwerte der Schallsignale (RMS-Pegel) bestimmte alltägliche Orte (z. B. Auto, Bus) charakterisiert werden können.

Eine ähnliche Studie führten Wagener et al. (2008) mit 20 Hörgeräteträgern durch, die ebenfalls selbstständig kurze Schallaufnahmen ihrer typischen Alltagssituationen tätigen mussten. Die Schallsignale wurden von den Probanden anschließend evaluiert, indem ihnen die Aufnahmen nachträglich im Labor vorgespielt wurden. Die Probanden mussten angeben, wie häufig die Situation in der Woche vorkommt und wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Des Weiteren wurde nach der subjektiven Beeinträchtigung und Nützlichkeit der Hörgeräte gefragt. Insgesamt enthielten über 50 % der Schallaufnahmen Sprache. Die Situationen, die aufgenommen wurden, kamen überwiegend einmal am Tag vor und wurden mit wichtig eingestuft. Die Hörgeräte wurden in nahezu allen Situationen getragen und waren besonders hilfreich in Gesprächssituationen in ruhigen Umgebungen. Die akustischen Eigenschaften der Schallaufnahmen wurden mit der Bestimmung der relativen Verteilung der frequenzabhängigen Kurzzeitpegel und der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Kurzzeitpegel überprüft. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Kurzzeitpegel berücksichtigt die individuellen Pegelinstellungen (z. B. Lautstärke des Radios) der Testperson. Dazu wurden für jeden Probanden und jede Alltagssituation die relativen Häufigkeitsverteilungen berechnet. Die Häufigkeitsverteilungen können als Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen angesehen werden, von denen wiederum statistische Lagemaße bestimmt werden können. Wagener et al. (2008) konnten zeigen, dass die Schalldruckpegel für jeden Probanden sehr stark streuen und dass das alltägliche Umfeld Schwerhöriger sehr unterschiedlich ist. Die Hörgeräteparameter sollten demnach stärker den individuellen Bedürfnissen des Schwerhörigen angepasst werden.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, Alltagssituationen von Normalhörenden und Schwerhörigen mit objektiven und subjektiven Größen zu erfassen. Die Analyse alltäglicher Hörsituationen, denen Schwerhörige ausgesetzt sind, ist wesentlich, um beispielsweise den Hörerfolg mit Hörgeräten im Alltag zu verbessern. Entscheidend ist, in Erfahrung zu bringen, in welchen Situationen sich überhaupt Personen mit einer Hörminderung aufhalten, wie häufig diese Situationen vorkommen und welche Probleme und Anforderungen in den Situationen auftreten. Des Weiteren sollten spektrale und raumakustische Kriterien sowie die auftretenden Schalldruckpegel und Pegelvariationen der Alltagssituationen bestimmt werden. Zum einen kann dadurch die Anpassung von Hörgeräten und Cochlea-Implantaten mit der Darbietung der relevanten Alltagssignale optimiert werden. Zum anderen können anhand der Erkenntnisse die Hörgerätealgorithmen verbessert werden.

Der Vergleich der typischen Alltagssituationen von Normalhörenden und Schwerhörigen der gleichen Altersklasse könnte Aufschluss darüber geben, ob generelle Unterschiede zwischen Normalhörenden und Schwerhörigen vorliegen, ob eine Hörminderung die Umgehung gezielter Alltagssituationen bewirkt und welche akustischen Anforderungen Normalhörende in den Alltagssituationen stellen.

In der vorliegenden Studie wurden mit einem neu entwickelten System objektivere und repräsentativere Alltagsdaten als in den Studien zuvor von einer kleinen Probandengruppe gewonnen. Das System zeichnete über mehrere Tage die objektiven Maße (Effektivwert, d. h. RMS des breitbandigen Signals in dB SPL und frequenzabhängige RMS-Werte von 20 Bark-Bändern) der typischen Alltagssituationen von zehn Normalhörenden (fünf junge und fünf ältere Normalhörende) und von zehn leicht- bis mittelgradig Schwerhörigen auf. Zudem wurden die Probanden aufgefordert, ihre subjektiven Hörempfindungen mit dem System in der jeweiligen Situation festzuhalten. Von besonderem Interesse war die Häufigkeit der Alltagssituationen, die Relevanz gut zu hören, die Sprachverständlichkeit, die Höranstrengung, die Lautheit und die Angenehmheit der Geräusche/Klänge.

2. Methoden

2.1 Probanden

An der Studie nahmen fünf junge Normalhörende im Alter von 23 bis 29 Jahren ($\bar{\varnothing}$ 26 Jahre, 4 Frauen, 1 Mann), fünf ältere Normalhörende im Alter von 60 bis 68 Jahren ($\bar{\varnothing}$ 65 Jahre, 2 Frauen, 3 Männer) und zehn leicht- bis mittelgradig Schwerhörige mit einer Hochtonhörmindernung und einem Alter von 52 bis 72 Jahren ($\bar{\varnothing}$ 67 Jahre) teil (5 Frauen, 5 Männer). Die fünf jungen Normalhörenden waren Studenten, gingen zusätzlich einer Nebentätigkeit nach und wohnten in Haushalten mit mindestens drei Personen. Die fünf älteren Normalhörenden wurden entsprechend der gleichen Altersklasse der Schwerhörigen ausgewählt. Die Hörschwellen der älteren Normalhörenden sollten weniger als 20 dB bis 4 kHz betragen. Das gemittelte Tonaudiogramm ist in Abbildung A.1 im Anhang zu sehen. Vier der älteren Normalhörenden waren Rentner und ein Normalhörender berufstätig. Vier ältere Normalhörende lebten in einem Zweipersonenhaushalt und ein älterer Normalhörender in einem Dreipersonenhaushalt. Das gemittelte Tonaudiogramm der zehn leicht- bis mittelgradig Schwerhörigen ist in Abbildung 2.1 zu sehen. Die Schwerhörigen sollten keine Erfahrungen mit Hörgeräten haben, um Unterschiede hinsichtlich der Alltagsbewertungen zwischen den Normalhörenden und den Schwerhörigen feststellen zu können. Neun Schwerhörige waren Rentner und ein Proband berufstätig. Acht Schwerhörige lebten in einem Zweipersonenhaushalt, ein Proband lebte alleine und ein Proband in einem Dreipersonenhaushalt. Alle zwanzig Probanden wohnten entweder auf dem Land oder in der Stadt in ruhigen Wohngebieten.

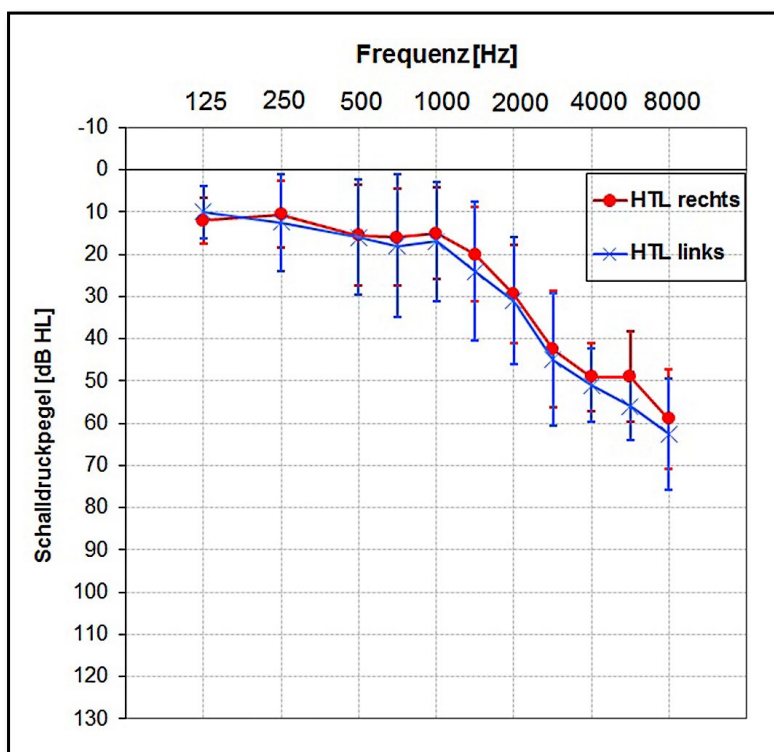


Abbildung 2.1: Gemitteltes Tonaudiogramm der zehn Schwerhörigen. Es sind die gemittelte linke Ohrseite in dB HL (blau) einschließlich der Standardabweichungen und die gemittelte rechte Ohrseite in dB HL (rot) einschließlich der Standardabweichungen zu sehen.

Von jedem Probanden wurde der Sprachpegel in dB SNR bei einer Sprachverständlichkeit von 50 % mit dem Göttinger Satztest im Freifeld bestimmt, um die Studie hinsichtlich des Hörverlustes und der Sprachverständlichkeit mit möglichst homogenen Probandengruppen durchzuführen. Die Ergebnisse des Göttinger Satztests sind in Tabelle A.1 im Anhang aufgelistet. Der Sprachpegel mit einer Sprachverständlichkeit von 50 % lag bei den zehn Normalhörenden im Mittel bei $-4,5 \pm 0,5$ dB SNR und bei den zehn Schwerhörigen im Mittel bei $-1,7 \pm 1,4$ dB SNR.

Es wurden zwei kognitive Tests durchgeführt, um zum einen die Probandengruppen zu charakterisieren und zum anderen Vergleiche zwischen den Alltagsbewertungen und den kognitiven Testergebnissen zu ziehen. Der Trail-Making-Test (TMT) besteht aus zwei Testteilen, die die Hirnfunktionsleistungen hinsichtlich der Aufmerksamkeit, der visuomotorischen Verarbeitungsgeschwindigkeit und des Arbeitsgedächtnisses überprüfen (Ursprung: Army Individual Test Battery, 1944). Die Ergebnisse wurden in Leistungswerte umgerechnet, die auf die Wechsler-Bellevue-Scale normiert wurden ($\mu=100$, $\sigma=15$) (Wechsler & Matarazzo, 1972). Die Skalierung gibt das Testergebnis eines gesunden Erwachsenen auf dem Höhepunkt seiner kognitiven Leistungsfähigkeit wieder. Die Testergebnisse sind in Tabelle A.2 im Anhang aufgelistet. Die Ergebnisse der Normalhörenden lagen alle im Normbereich (TMT-A: 103 ± 12 , TMT-B: 106 ± 12). Zwei junge Normalhörende (VP9 und VP10) hatten den Test zum zweiten Mal durchgeführt und überdurchschnittliche Leistungen erbracht, sodass diese bei der Mittelung außer Acht gelassen wurden. Die gemittelten Leistungswerte der zehn Schwerhörigen waren für den TMT-A 100 ± 10 und für den TMT-B 106 ± 7 . Ein Proband hat im TMT-A eine Leistung niedriger als $\pm 1\sigma$ erbracht und lag somit nicht mehr im Normbereich. Die restlichen Probanden lagen alle im Normbereich.

Der HAWIE-R Digit-Span (Zahlenspanne vorwärts/rückwärts) der Wechsler-Gedächtnistest-Batterie (Härting et al., 2000), welcher die Aufmerksamkeitsspanne und Konzentrationsfähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses überprüft, ergab im Mittel für die zehn Normalhörenden im Vorwärts-Zahlentest einen Leistungswert von 106 ± 18 und im Rückwärts-Zahlentest einen Wert von 111 ± 12 . Die jungen Normalhörenden waren in beiden Tests im Normbereich oder überdurchschnittlich. Bei den älteren Normalhörenden erzielte eine Person im Vorwärts-Zahlentest einen Leistungswert von 75 und war somit nicht mehr im Normbereich. Zwei Schwerhörige waren im Vorwärts-Zahlentests unterhalb des von 85 angegebenen Normbereiches (83; 84). Die restlichen Schwerhörigen lagen im Normbereich (108 ± 11). Im Rückwärts-Zahlentest waren alle Schwerhörigen im Normbereich (105 ± 15). Die Testergebnisse sind in Tabelle A.3 im Anhang aufgelistet.

2.2 Fragebogen zu Beginn der Studie und nachträgliche Befragung

Um einen umfassenden Überblick über typische Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen zu erhalten, wurde zu Beginn der Studie von allen Probanden ein Fragebogen hinsichtlich des wöchentlichen Vorkommens, der Relevanz, in der Situation

gut zu hören, Höranstrengung und der anstrengendsten Hörsituation von 30 Alltagssituationen ausgefüllt. Ausgehend von einem Pilot-Fragebogen, der auf einer Seniorenmesse eingesetzt und geprüft wurde, wurde der Fragebogen der vorliegenden Studie weiterentwickelt. Als Grundlage des Pilot-Fragebogens diente die Höranstrengungsskala nach Meis & Gabriel (2001) mit einer 7-stufigen Skalierung von „nicht anstrengend“ bis „extrem anstrengend“. Die Skalierung des wöchentlichen Vorkommens und ein Teil der Alltagssituationen wurden von Wagener et al. (2008) übernommen. Der Fragebogen der Studie sowie das Fragebogenprogramm (siehe Abschnitt 2.3.1) wurden ausgehend von den gesammelten Erfahrungen mit dem Pilot-Fragebogen um bestimmte Alltagssituationen erweitert. Zudem wurde für alle Fragen einheitlich eine 7-stufige Skalierung gewählt. Die Skalierung für die Höranstrengung von Meis & Gabriel (2001) und die Skalierung von Wagener et al. (2008) für das wöchentliche Vorkommen wurden beibehalten. Der Fragebogen ist im Anhang unter A.4 zu finden.

Am Ende der Studie wurden die Probanden erneut befragt, wie häufig die Alltagssituationen, in denen sie sich während der Testphase mit dem Aufnahmesystem aufgehalten haben, in der Woche bzw. am Tag vorkommen. Ziel war es, Vergleiche zwischen den Fragebogenantworten und den Antworten der nachträglichen Befragung zu ziehen.

2.3 Das Aufnahmesystem

Das Aufnahmesystem zur Erfassung der typischen Alltagssituationen bestand aus vier Komponenten: zwei Hinter-dem-Ohr-Hörgeräten (Phonak Ambra Micro P), einer Schnittstelle (Phonak iCube) und einem Smartphone (HTC P3600). Die zwei Hörgeräte wurden so konfiguriert, dass die Mikrofone die akustische Umgebung omnidirektional aufnehmen und für alle Probanden (Normalhörende und Schwerhörige) über den Hörer der Hörgeräte



Abbildung 2.2: Aufnahmesystem zur Erfassung der Alltagssituationen mit objektiven und subjektiven Größen. Das System besteht aus vier Komponenten: 1. Zwei Hinter-dem-Ohr-Hörgeräte (Phonak Ambra Micro P), 2. Schnittstelle zwischen Hörgeräten und Smartphone (Phonak iCube), 3. Smartphone (HTC P3600).

keine prozessierten Schallsignale zu hören waren. Die akustischen Größen (Effektivwert, d. h. RMS des breitbandigen Signals in dB SPL und frequenzabhängige RMS-Werte von 20 Bark-Bändern [siehe Abschnitt 2.3.2]), wurden unmittelbar nach Aufnahme der Schallsignale über ein Zeitfenster der Länge von 5 s kontinuierlich berechnet und per Funk an die Schnittstelle Phonak iCube übertragen. Der eingebaute Bluetooth-Adapter der Schnittstelle ermöglichte es, die berechneten akustischen Größen drahtlos an das Smartphone zu senden. Im Smartphone wurden die empfangenen Daten auf einer SD-Karte gespeichert. Die Privatsphäre des Probanden blieb unangetastet, da lediglich die akustischen Größen im Smartphone gespeichert wurden. In Abbildung 2.2 ist das Aufnahmesystem zu sehen.

2.3.1 Das Fragebogenprogramm

Es wurde ein Fragebogenprogramm entwickelt, welches auf dem Smartphone implementiert wurde und die Probanden aufforderte, die auditorischen Wahrnehmungen in den jeweiligen Alltagssituationen zu beschreiben. Das Fragebogenprogramm wurde einheitlich zum Fragebogen, der zu Beginn der Studie ausgegeben wurde, gestaltet (siehe Abschnitt 2.2). Aus 32 verschiedenen Alltagssituationen mussten die Probanden die Situation, in der sie sich gerade aufhielten, auswählen. Da eine begrenzte Zeilenanzahl auf dem Display des Smartphones vorlag, wurden die 32 Alltagssituationen in Oberklassen (z. B. zu Hause, unterwegs) zusammengefasst. Nach entsprechender Auswahl erschienen auf dem Display für die Oberklasse die zugehörigen Alltagssituationen. Falls keine Situation zutraf, gab es die Möglichkeit, die Situation kurz zu beschreiben. Anschließend musste für jede Situation angegeben werden, ob gleichzeitig eine andere Schallquelle (Medium), beispielsweise der Fernseher, das Radio oder die Zeitung, genutzt wurde. Im nächsten Schritt wurde nach der Sprachverständlichkeit gefragt und mit wie vielen Personen gesprochen (eine Person oder mehr als eine Person) oder dem TV/Radio-Sprecher zugehört wurde. Falls kein Gespräch stattfand oder dem TV/Radio-Sprecher nicht zugehört wurde, konnte die Sprachverständlichkeitsfrage mit „kein Gespräch“ beantwortet werden. Weiterhin sollten die Probanden die Hörsituationen hinsichtlich der Lautheit (wie laut ist es), der Höranstrengung (wie anstrengend ist das Hören), der Angenehmheit (wie angenehm sind die Geräusche/Klänge) und der Wichtigkeit (wie wichtig ist es, in der Situation gut zu hören) bewerten. Eine Kategorienskala mit sieben verbalen Kategorien wurde für die fünf subjektiven Größen gewählt. Die Lautheitsskala nach DIN-ISO-16832 (2007) wurde als Vorlage für die Skalen der Lautheit, der Sprachverständlichkeit, der Angenehmheit und der Wichtigkeit verwendet, da das Kategorienunterteilungsverfahren (KU-Verfahren) der Lautheit ein realitäts- und alltagsnahes Beschreibungsverfahren ist. Für die Bestimmung der Höranstrengung wurde die 7-stufige Kategorienskala nach Meis & Gabriel (2001) benutzt. Die implementierten Fragen sind im Anhang unter A.5 zu finden.

Für die Auswertung wurden den Kategorien der Lautheit und der Höranstrengung die numerischen Werte von 0 bis 50 zugewiesen. Der Angenehmheit wurden die Zahlen von 1 bis 7 und der Sprachverständlichkeit von 0 bis 100 zugeordnet.

2.3.2 Objektive akustische Größen

Die akustischen Parameter, die in den Hörgeräten alle 5 s kontinuierlich berechnet wurden, sind der Effektivwert, d. h. RMS des breitbandigen Signals in dB SPL und die frequenzabhängigen RMS-Pegel in 20 Bark-Bändern. Mit zunehmender Mittenfrequenz werden die Bark-Bänder breiter und sind demnach besser den auditorischen Filtern angepasst. Die Formel für die kritischen Filterbandbreiten Δf_G der Bark-Skala nach Fastl & Zwicker (2007) lautet:

$$\Delta f_G / \text{Hz} = 25 + 75 \left(1 + 1.4 \left(\frac{f}{\text{kHz}} \right)^2 \right)^{0.69}$$

-f: Mittenfrequenz in kHz des Bark-Bands

Anhand der Formel kann für die implementierten Mittenfrequenzen die kritische Filterbandbreite ausgerechnet werden. Die Mittenfrequenzen der 20 Bark-Bänder sind im Anhang A.6 aufgelistet.

Zu Beginn der Studie wurde eine Kalibrierung der akustischen Größen vorgenommen. Dazu wurden die RMS-Pegel, die von den Hörgeräten berechnet wurden, im reflexionsarmen Raum für Schmalbanddrauschen der Frequenzbandbreite der 20 Bark-Bänder bestimmt. Der breitbandige RMS-Pegel und die frequenzabhängigen RMS-Pegel wurden mit dem L_{eq} des Schmalbanddrauschens, welcher mit einem Schallpegelmessgerät an der gleichen Position (1 m Entfernung zum Lautsprecher) bestimmt wurde, verglichen. Für die frequenzabhängigen RMS-Pegel ergaben sich in bestimmten Frequenzbändern Abweichungen von maximal 3 dB. Für den breitbandigen RMS-Pegel wurde bedingt durch die adaptive Fensterung der Hörgerätealgorithmen der RMS-Pegel deutlich zu niedrig (mehr als 10 dB) kalkuliert. Es wurden entsprechende Korrekturwerte für die Berechnung des breitbandigen RMS-Pegels bestimmt. Die Korrekturwerte wurden nachträglich zu den gespeicherten frequenzabhängigen RMS-Pegeln addiert und der breitbandige RMS-Pegel neu berechnet. In Tabelle A.5 im Anhang sind die Korrekturwerte für die Neuberechnung des breitbandigen RMS-Pegels aufgelistet.

2.4 Aufgabenstellung der Probanden

Die Probanden hatten die Aufgabe, das Equipment in ihrem Alltag bis zum Entladen des Phonak iCubes Akkus zu tragen (Akkulaufzeit: 4 Stunden). Anschließend sollte der Akku aufgeladen und für weitere vier Stunden das System getragen werden. Die Probanden bekamen das System für mindestens drei Tage (zwei Tage in der Woche und einen Tag am Wochenende) mit. Das System sollte von den Probanden zu möglichst unterschiedlichen Tageszeiten getragen werden. Beispielsweise am ersten Tag morgens und nach dem Mittagessen. Am zweiten Tag am späten Nachmittag und am Abend.

Damit die gespeicherten objektiven Größen den Alltagssituationen zugeordnet werden konnten, sollten die Probanden nach Ende jeder Alltagssituation eine Bewertung durch-

führen. Falls es in der Situation nicht möglich war, am Ende eine Bewertung vorzunehmen (z. B. stressige Situation oder vergessen), konnten die Probanden angeben, um wie viele Minuten die bewertete Situation zurücklag. So wurde die Möglichkeit gegeben, nachträglich eine vergangene Situation zu beurteilen. Die Zeitangabe wurde später eingebaut. Grund dafür war, dass die ersten fünf jungen Normalhörenden feststellten, dass es in bestimmten Situationen schwierig ist, eine Beschreibung der Situation im direkten Anschluss vorzunehmen.

3. Ergebnisse

3.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie

Im Folgenden werden die Fragebogenergebnisse, die zu Beginn der Studie erhoben wurden, näher beschrieben. Für jede Frage wurden die Probandenantworten als Boxplots (Median, unteres/oberes Quartil, Whisker und Ausreißer) in Abhängigkeit der 30 Alltagssituationen im Anhang B.3 getrennt für die zehn Normalhörenden, fünf jüngeren Normalhörenden, fünf älteren Normalhörenden und zehn Schwerhörigen dargestellt.

3.1.1 Wöchentliches Vorkommen der Alltagssituationen

Die zehn Normalhörenden führen fünfmal am Tag oder öfter Gespräche mit Personen, die im Haushalt leben. Zwei- bis dreimal am Tag wird im Mittel der Computer genutzt, Musik gehört oder das Fahrrad benutzt. Im Schnitt telefonieren die Probanden mindestens einmal am Tag, hören Radio oder ruhen sich aus. Ein Theater-, Restaurant- oder Café-Besuch sowie Geburtstage und Feiern kommen im Median weniger als einmal pro Woche vor.

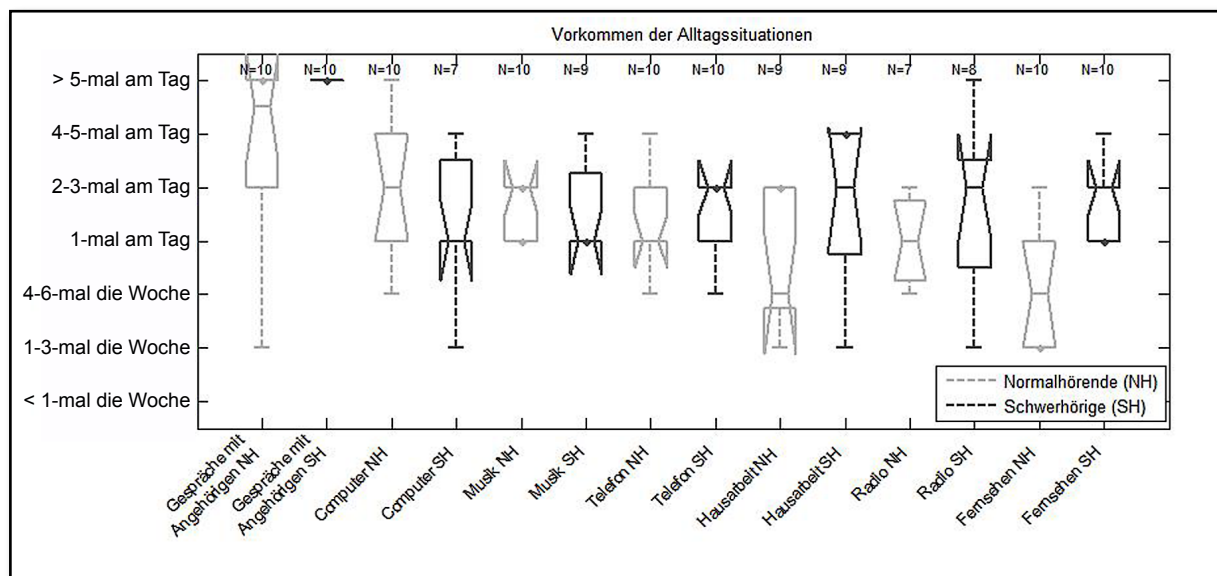


Abbildung 3.1: Fragebogenantworten der häufigen Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben.

Die Schwerhörigen unterhalten sich im Schnitt mehr als fünfmal am Tag mit Angehörigen, die im Haushalt leben. Zwei- bis dreimal am Tag wird im Mittel die Hausarbeit erledigt, Radio gehört, Fernsehen geschaut oder telefoniert. Weniger als einmal pro Woche finden ein Restaurant- oder Theaterbesuch, ein Einkaufsbummel, Geburtstage oder eine Feier statt.

In Abbildung 3.1 wurden die Alltagssituationen, die bei den Normalhörenden und den Schwerhörigen am häufigsten in der Woche vorkommen, als Boxplots gegenübergestellt.

Bedingt durch die fünf jungen Normalhörenden, die im Schnitt vier- bis fünfmal am Tag den Computer benutzen, kommt die Situation in der zusammengefassten normalhörenden Probandengruppe relativ häufig vor. Doch die fünf älteren Normalhörenden und die zehn Schwerhörigen nutzen den Computer ebenfalls im Mittel mindestens einmal am Tag. Ein großer Unterschied zwischen den Normalhörenden und den Schwerhörigen ist in der Abbildung für die Situation „Fernsehen“ zu sehen. Selbst die fünf älteren Normalhörenden schauen seltener Fernsehen als die Schwerhörigen.

Der „U-Test“ von Mann-Whitney, welcher die beiden nicht-normalverteilten Stichproben auf die zentrale Tendenz hin überprüft, ergab über alle Probandenantworten aller Alltagssituationen, dass die Nullhypothese beibehalten wird ($\alpha=0,05$). Es liegt kein signifikanter Unterschied zwischen den Fragebogenantworten der Normalhörenden und der Schwerhörigen hinsichtlich des wöchentlichen Vorkommens der 30 Alltagssituationen vor.

3.1.2 Relevanz der Alltagssituationen

Von jeweils sieben normalhörenden Probanden wurde im Median angegeben, dass Theaterbesuche und Musikkonzerte sehr wichtige Hörsituationen sind. Von insgesamt zehn Normalhörenden wurden die Situationen Telefongespräche, Gespräche mit Angehörigen und Geburtstage/Feier im Schnitt mit wichtig bewertet. Unwichtig, in der Situation gut zu hören, ist es beim Zeitung-/Buchlesen, bei der Hausarbeit und beim Ausruhen.

Für die Schwerhörigen sind die Situationen Arbeit, Besprechung und Seminar sehr wichtige Hörsituationen. Allerdings wurden diese Bewertungen jeweils nur von einer Person vorgenommen. Den zehn Schwerhörigen ist es im Median wichtig, in den Situationen Gespräche mit Angehörigen, Telefongespräche, jmd. besuchen/einladen und Fernsehen, gut zu hören. Situationen, in denen es unwichtig ist, gut zu hören, sind Garten/Terrasse/Balkon, Hausarbeit, Einkaufsbummel, Computer, Ausruhen und Zeitung/Buch lesen.

Insgesamt bewerteten die Normalhörenden und die Schwerhörigen bis zu elf gleiche Hörsituationen mit wichtig bis sehr wichtig. Abbildung 3.2 zeigt, die Fragebogenantworten der Normalhörenden und der Schwerhörigen der wichtigsten Hörsituationen. Das Fernsehen wurde von den Schwerhörigen im Vergleich zu den Normalhörenden, die es mit „eher wichtig“ beurteilten, mit „wichtig“ eingestuft.

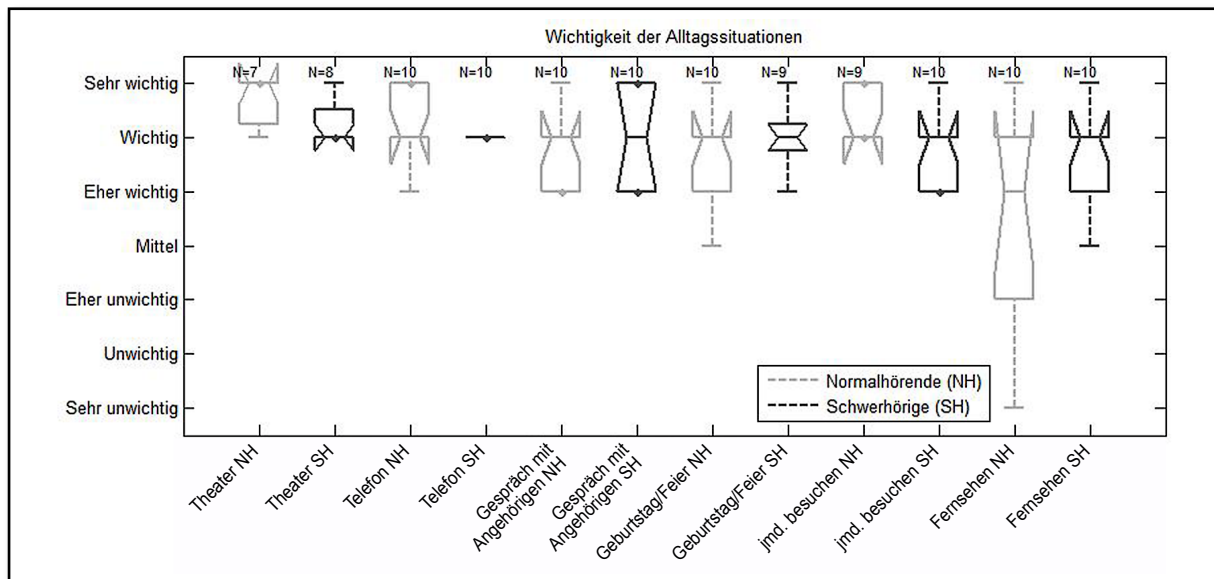


Abbildung 3.2: Fragebogenantworten der wichtigen Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben.

Die wichtigen Hörsituationen der beiden Probandengruppen beinhalten überwiegend Sprache oder es sind Situationen, in denen es auf die eigene Sicherheit und die Sicherheit von anderen ankommt (z. B. Auto fahren) sowie Situationen, in denen die Qualität des Ereignisses im Vordergrund steht (z. B. Musikkonzert).

Der „U-Test“ von Mann-Whitney ergab für alle Fragebogenantworten über alle Alltagssituationen, dass die Nullhypothese beibehalten wird ($\alpha=0,05$). Somit liegt kein signifikanter Unterschied zwischen den Fragebogenantworten der Normalhörenden und den Fragebogenantworten der Schwerhörigen hinsichtlich der Relevanz der 30 Alltagssituationen vor.

3.1.3 Höranstrengung

Für sechs Normalhörende ist die Hörsituation Bar/Tanzveranstaltung eine „deutlich anstrengende“ bis „sehr anstrengende“ Situation. Für zwei Schwerhörige ist diese Situation ebenfalls „deutlich anstrengend“. Zudem ist für insgesamt neun Schwerhörige die Situation Geburtstag/Feier im Median „deutlich anstrengend“. Mit „mittel anstrengend“ bewerteten die Normalhörenden im Median die Situationen Kantine/Mensa, Restaurant und Bahn fahren. Bei den Schwerhörigen sind dies die Situationen Restaurant, Fernsehen, Radio, Musikkonzert, Theaterbesuch und Vortrag.

In Abbildung 3.3 sind die Fragebogenantworten der Normalhörenden und der Schwerhörigen für die anstrengenden Hörsituationen gegenübergestellt. Für das Fernsehen liegen signifikante Unterschiede zwischen den Antworten der Normalhörenden und der Schwerhörigen vor (U-Test, $\alpha=0,05$, $p<0,05$).

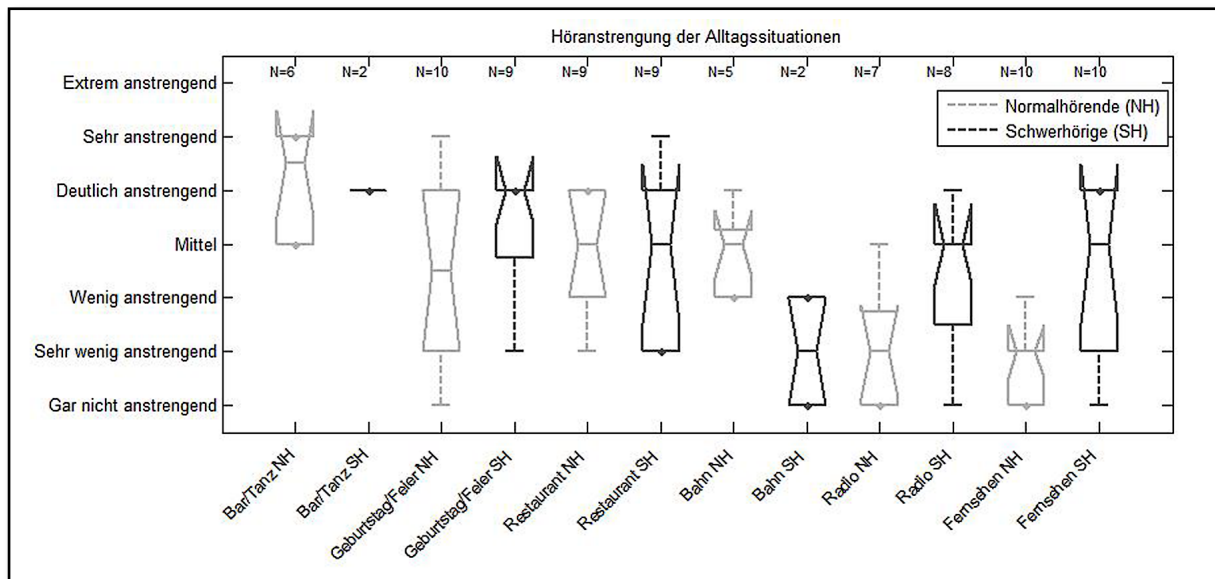


Abbildung 3.3: Fragebogenantworten der anstrengenden Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben.

Generell gaben die Schwerhörigen mehr Situationen an, in denen das Hören für sie anstrengend ist, als die Normalhörenden. Der „U-Test“ über alle Fragebogenantworten aller Alltagssituationen ergab, dass die Nullhypothese abgelehnt wird. Zwischen den Fragebogenantworten der Normalhörenden und der Schwerhörigen ist ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Höranstrengung für die 30 Alltagssituationen zu verzeichnen ($\alpha=0,05, p<0,001$).

In Tabelle 3.1 sind die Probandenantworten zu der Frage, welche Situation die anstrengendste Hörsituation für sie ist, aufgelistet. Die Zahl in Klammern steht für die Probandenanzahl, die die Situationen als anstrengendste Hörsituation einstufte. Es wurden überwiegend die gleichen Situationen angeben, die bereits im Fragebogen am höchsten eingestuft wurden.

| Anstrengendste Hörsituationen Normalhörende | Anstrengendste Hörsituationen Schwerhörige |
|---|--|
| Bar/Tanzveranstaltung (3) | Geburtstag/Feier (3) |
| Telefon (1) | Fernsehen (3) |
| Supermarkt (1) | Restaurant (2) |
| Mensa/Kantine (1) | Öffentliche Veranstaltungen (1) |
| Geburtstag (1) | Sport (1) |
| Restaurant (1) | |
| Gespräch mit Angehörigen (1) | |
| Blasorchester (1) | |

Tabelle 3.1: Anstrengendste Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Zahl in Klammern ist die Anzahl der Probanden, die diese Situationen angegeben haben.

Im Allgemeinen handelt es sich bei den anstrengenden Situationen um komplexere Hörsituationen, in denen die Sprachsignale von verschiedenen Störgeräuschsignalen überlagert sein können.

3.1.4 Nachträgliche Befragung

Nach Ende der Studie wurden die Probanden erneut befragt, wie häufig die Situationen, in denen sie sich während der Testphase aufgehalten haben, in der Woche vorkommen. In Abbildung 3.4 sind die Differenzen zwischen den Fragebogenantworten und den Antworten der nachträglichen Befragung von allen zehn Normalhörenden für alle Alltagssituationen außer der Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“ dargestellt. Die Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“ wurde für diese Analyse weggelassen, da im Fragebogen ausschließlich die Situation „spazieren gehen“ zur Auswahl stand. Während der Testphase wurden die beiden Situationen „spazieren gehen“ und „zu Fuß unterwegs“ zusammengefasst. Da jedoch „zu Fuß unterwegs“ kurze Fußwege von Ort A nach Ort B beispielsweise an einer Hauptverkehrsstraße beinhalten kann, liegt ein Unterschied zu „spazieren gehen“ vor.

Insgesamt stimmen 58 Antworten der nachträglichen Befragung mit den Fragebogenantworten überein. Jedoch tätigten die Probanden für einige Situationen unterschiedliche Angaben. Es liegt hier keine Normalverteilung vor (Kolmogorov-Smirnov-Test: $\alpha=0,05$, $p<0,001$), sondern eine rechtsschiefe Verteilung. Mit einer höheren, absoluten Häufigkeit wurde in der nachträglichen Befragung angegeben, dass die Alltagssituationen in der Woche häufiger vorkommen, als im Fragebogen angegeben wurde. Um die zentralen Tendenzen der verbundenen, nicht-normalverteilten Stichproben zu überprüfen, wird der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test herangezogen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Fragebogenantworten und den Antworten der nachträglichen Befragung aller normalhörenden Probanden konnte mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test und dem Signifikanzniveau von 5 % nicht gezeigt werden.

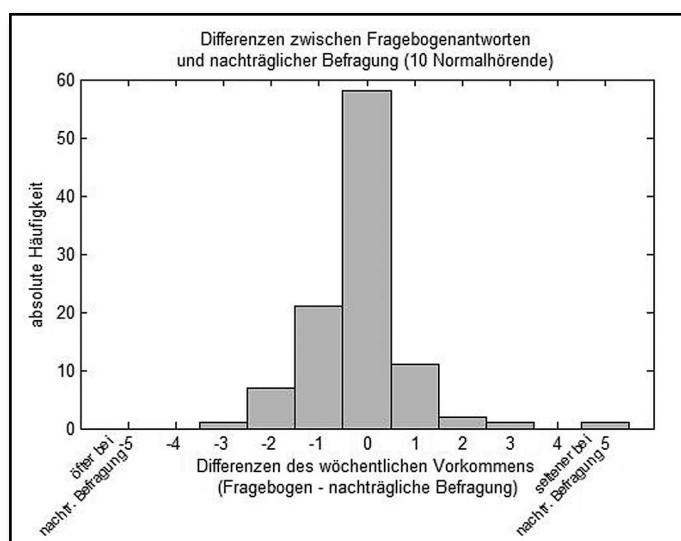


Abbildung 3.4: Absolute Häufigkeiten der Differenzen zwischen den Fragebogenantworten und der nachträglichen Befragung für das wöchentliche Vorkommen aller Alltagssituationen von zehn Normalhörenden (außer der Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“). Negative Werte geben an, dass die Alltagssituation bei der nachträglichen Befragung häufiger vorkam, als im Fragebogen angegeben wurde.

Die Differenzen der Fragebogenantworten und der Antworten der nachträglichen Befragung der zehn Schwerhörigen sind in Abbildung 3.5 aufgetragen. Insgesamt stimmen 46 Antworten der nachträglichen Befragung mit den Fragebogenantworten überein. Ebenfalls liegt hier keine Normalverteilung vor (Kolmogorov-Smirnov-Test: $p < 0,001$; $\alpha = 0,05$), sondern eine rechtsschiefe Verteilung. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Fragebogenantworten und den Antworten der nachträglichen Befragung ist für alle Schwerhörige ebenfalls nicht zu verzeichnen (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, $\alpha = 0,05$).

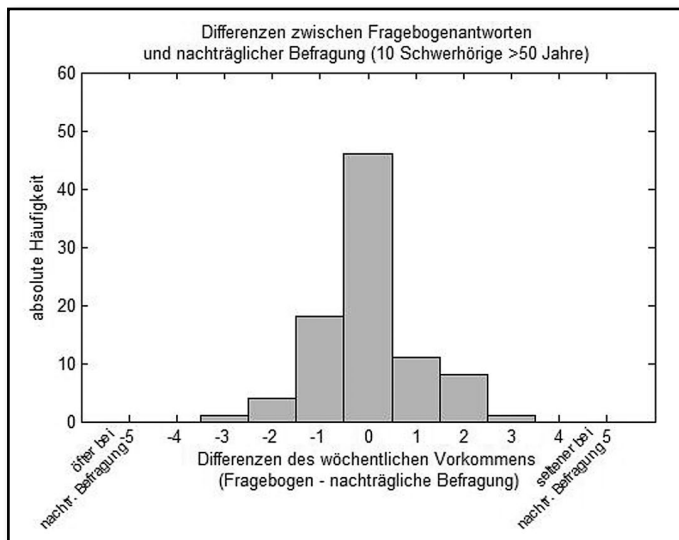


Abbildung 3.5: Absolute Häufigkeiten der Differenzen zwischen den Fragebogenantworten und der nachträglichen Befragung für das wöchentliche Vorkommen aller Alltagssituationen von zehn Schwerhörigen (außer der Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“). Negative Werte geben an, dass die Alltagssituation bei der nachträglichen Befragung häufiger vorkam, als im Fragebogen angegeben wurde.

3.2 Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen

Im Folgenden werden die Alltagssituationen aufgelistet, in denen sich beide Probandengruppen mit dem Aufnahmesystem aufhielten. Insgesamt wurden 470 Bewertungen von den Normalhörenden und 404 Bewertungen von den Schwerhörigen mit Hilfe des Aufnahmesystems in den Situationen vorgenommen. Jede Probandengruppe trug das System im Schnitt 3,5 Tage jeweils acht Stunden am Tag.

Abbildung 3.6 zeigt, welche Alltagssituationen von den zehn Normalhörenden evaluiert wurden und wie häufig in Prozent die Situationen unter Berücksichtigung der Tragezeit des Aufnahmesystems auftraten. Die normalhörende Probandengruppe hielt sich insgesamt in 34 unterschiedlichen Situationen. Zwei Situationen, die nicht zur Auswahl standen, wurden von den Probanden selbstständig hinzugefügt (Chorprobe, Kino).

Die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ kam am häufigsten vor. Für diese Situation und „Gespräche im Haushalt (1 Person)“ wurden Sprachsituationen mit Hintergrundgeräuschen zusammengefasst, die im Haushalt vorkommen. Beispielsweise wurden Unterhaltungen beim Essen, Gespräche während der Hausarbeit, Bekannte/Freunde einladen/besuchen, Gespräche mit Hintergrundmusik/Radio sowie Gespräche während der Computernutzung zu diesen beiden Situationen gefasst. Die zweit- und dritthäufigsten Situationen waren „Fernsehen“ und „Auto fahren“.

Allgemein kamen während der gesamten Tragezeit des Aufnahmesystems mit einem Anteil von 53 % Alltagssituationen vor, in denen ein Gespräch geführt wurde (siehe Abbildung B.13 im Anhang). Davon wurden mit einer Häufigkeit von 35 % Gespräche mit mehreren Personen und mit einer Häufigkeit von 18 % Gespräche mit nur einer Person geführt. Die Situationen „TV/Radio“ kamen seltener vor als Situationen, in denen nicht gesprochen wurde.

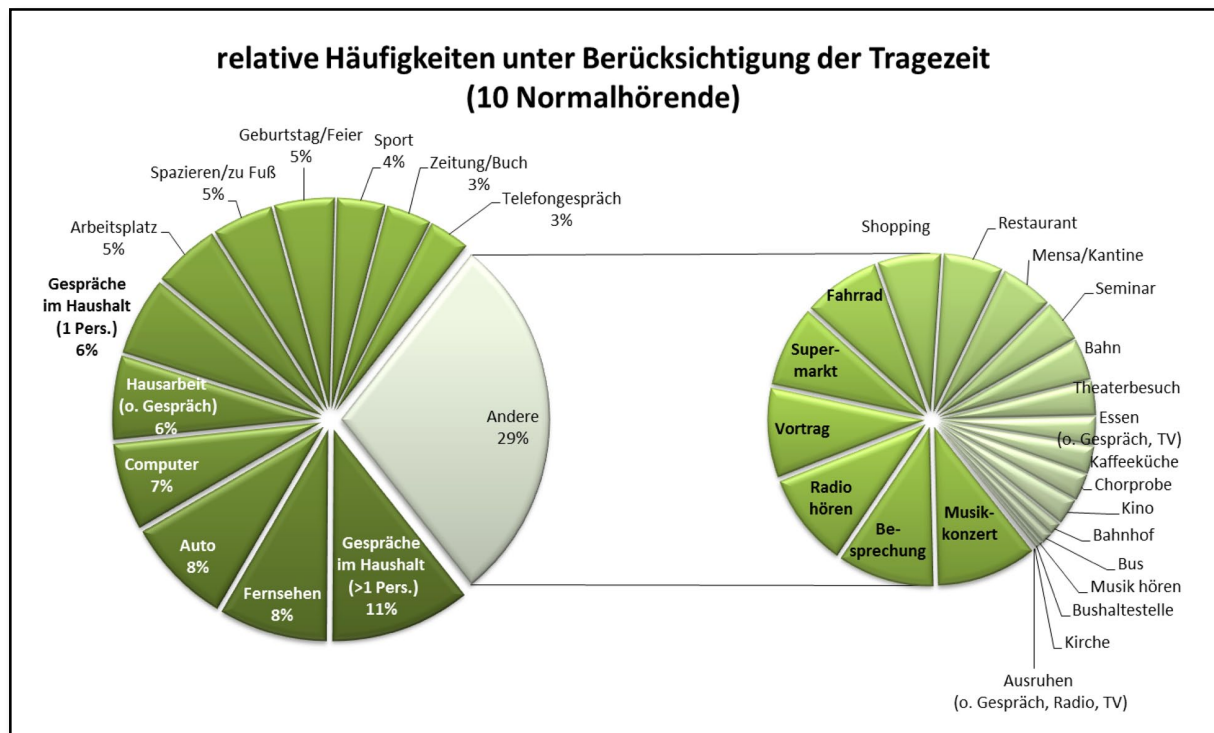


Abbildung 3.6: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von zehn normalhörenden Probanden unter Berücksichtigung der Tragezeit (Zeitdauer) für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit (Gesamtaufnahmezeit) des Aufnahmesystems.

Wird ausschließlich die relative Häufigkeitsverteilung der fünf älteren Normalhörenden herangezogen, so reduzieren sich die Alltagssituationen von 34 auf 25 (siehe Abbildung B.14 im Anhang). Die älteren Normalhörenden benutzten beispielsweise keine öffentlichen Verkehrsmittel im Gegensatz zu den jüngeren Normalhörenden. Die häufigsten Situationen der älteren Normalhörenden sind „Auto fahren“, „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ und „Fernsehen“. Werden im Vergleich die 27 Alltagssituationen der fünf jüngeren Normalhörenden näher betrachtet (siehe Abbildung B.15 im Anhang), liegt für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ die gleiche relative Häufigkeit vor wie für die älteren Normalhörenden. Die zweit- und dritthäufigsten Situationen waren „Arbeitsplatz“ und „Besprechungen“. „Auto fahren“ kam bei den jungen Normalhörenden seltener vor als „Bahn fahren“ oder „Bus fahren“.

Für die schwerhörigen Probanden ist die Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen in Abbildung 3.7 dargestellt. Am häufigsten schauten die Schwerhörigen „Fernsehen“;

am zweithäufigsten führten sie „Gespräche im Haushalt (1 Person)“ und „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“. Insgesamt hielten sich die Schwerhörigen in 26 unterschiedlichen Alltagssituationen auf.

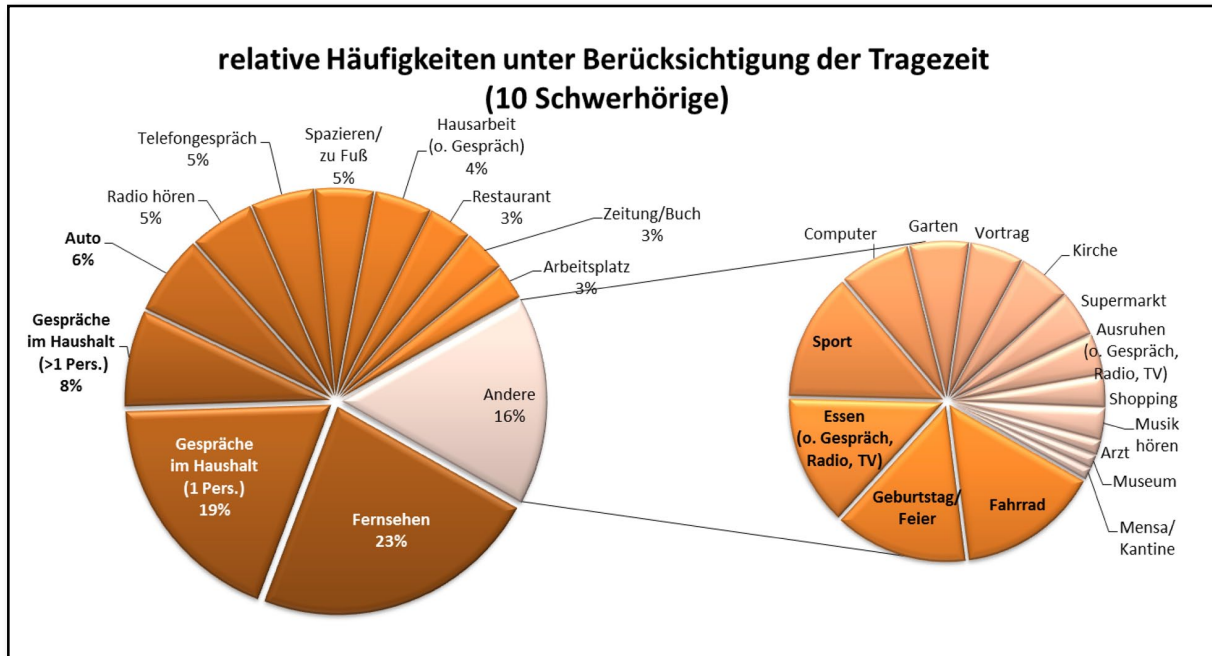


Abbildung 3.7: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von zehn schwerhörigen Probanden (Ø 67 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit (Zeitdauer) für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit (Gesamtaufnahmezeit).

Grundsätzlich kamen bei den Schwerhörigen Sprachsituationen mit einer relativen Häufigkeit von 54 % vor (siehe Abbildung B.16 im Anhang). Die Sprachsituationen bestanden zu 33 % aus Situationen, in denen Gespräche mit nur einer Person geführt wurden, und zu 22 % aus Situationen, in denen mit mehr als einer Person gesprochen wurde. Die Schwerhörigen haben häufiger und länger Fernsehen geschaut oder Radio gehört, als sich in Situationen aufgehalten, in denen keine Sprache vorkam.

Grundsätzlich unterhielten sich die Normalhörenden, selbst die fünf älteren Normalhörenden, von denen vier im Zweipersonenhaushalt lebten, am häufigsten und am längsten im Haushalt mit mehreren Personen. Im Gegensatz dazu haben die Schwerhörigen, von denen acht im Zweipersonenhaushalt lebten, über 40 % der Tragezeit vor dem Fernseher verbracht und Gespräche im Haushalt mit nur einer Person geführt. Die Verteilung der Alltagssituationen der älteren Normalhörenden ähnelt den Ergebnissen der jungen Normalhörenden eher als denen der Schwerhörigen.

3.3 Relevante und hörenstrenge Alltagssituationen

In diesem Kapitel werden die relevanten und anstrengenden Hörsituationen, in denen sich die Probanden mit dem Aufnahmesystem aufhielten, aufgelistet.

Hinsichtlich der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören, wurden für alle Situationen getrennt nach Sprache, keine Sprache und TV/Radio die relativen Häufigkeiten bestimmt. Die Häufigkeiten beziehen sich auf alle Bewertungen der Alltagssituationen, die von den Normalhörenden und den Schwerhörigen mit dem Aufnahmesystem getätigt wurden. Alle Alltagssituationen wurden in die drei Klassen „Sprachsituationen“, „keine Sprachsituationen“ und „TV/Radio“ unterteilt. Da nicht für jede Merkmalsausprägung eine Antwort aller Probanden vorlag, wurden in jeder Klasse die Merkmalsausprägungen mit der Probandenanzahl gewichtet.

In Abbildung 3.8 sind die relevanten Alltagssituationen der Normalhörenden dargestellt. „Sprachsituationen“ wurden von den Normalhörenden am häufigsten mit „wichtig“ bewertet. „Keine Sprachsituationen“ wurden überwiegend mit „eher unwichtig“ und „TV/Radio“ primär mit „eher wichtig“ beschrieben.

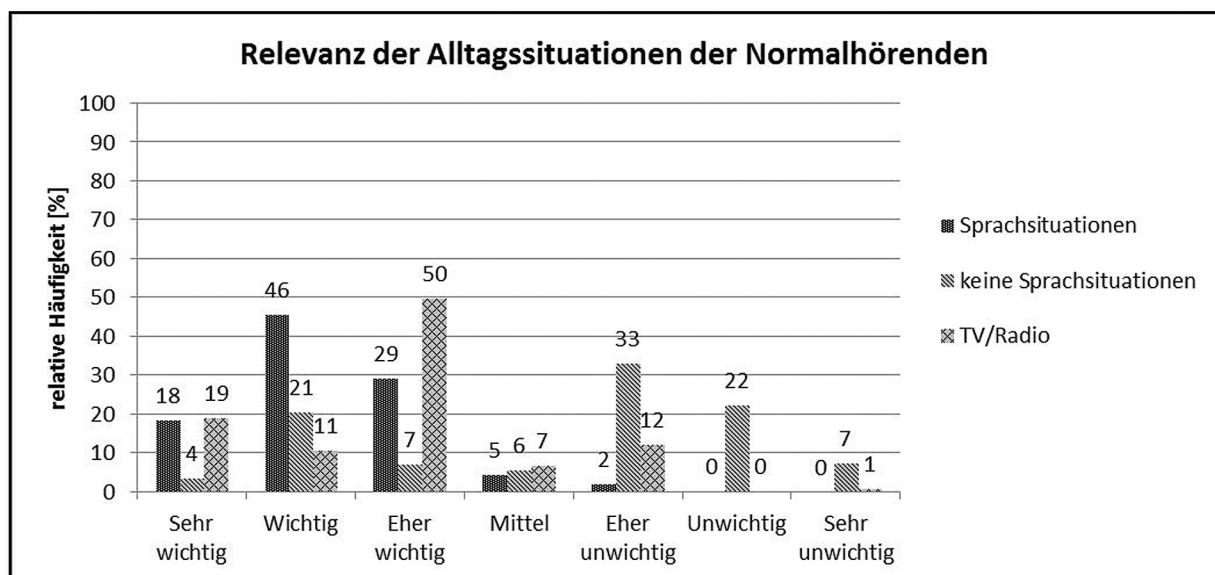


Abbildung 3.8: Relative Häufigkeiten für die subjektive Größe „Wichtigkeit“ gewichtet mit der Probandenanzahl von zehn Normalhörenden für die drei Klassen (Sprachsituationen, keine Sprachsituationen, TV/Radio).

Die Schwerhörigen stufen „Sprachsituationen“ und „TV/Radio“ primär als „wichtig“ ein. „Keine Sprachsituationen“ wurden von den Schwerhörigen überwiegend mit „unwichtig“ beurteilt (siehe Abbildung 3.9).

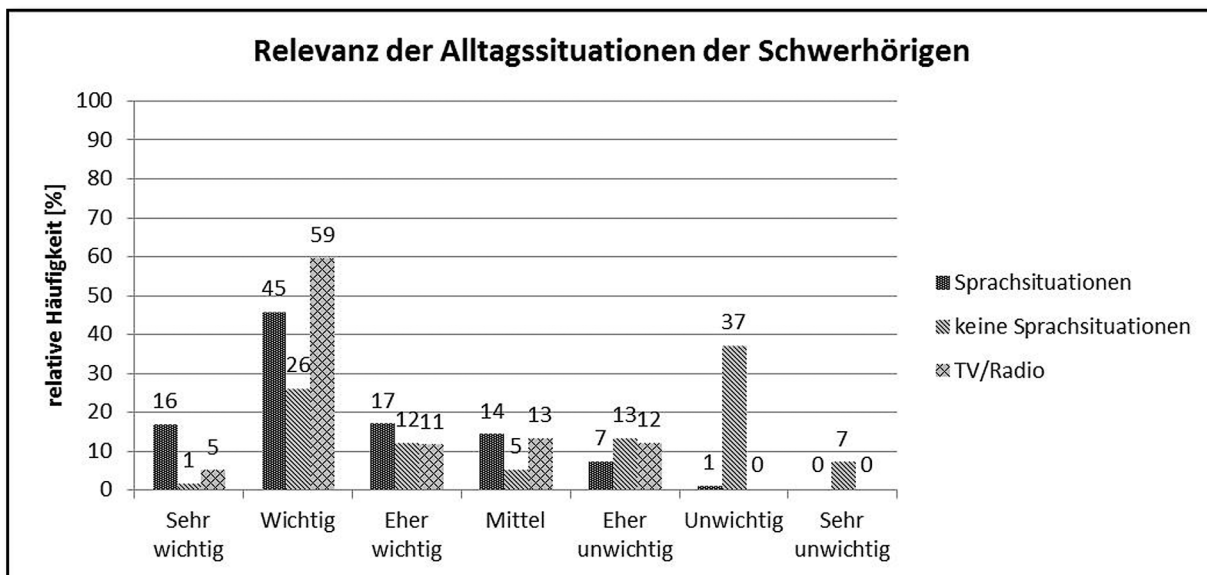


Abbildung 3.9: Relative Häufigkeiten für die subjektive Größe „Wichtigkeit“ gewichtet mit der Probandenanzahl von zehn Schwerhörigen für die drei Klassen (Sprachsituationen, keine Sprachsituationen, TV/Radio).

In Tabelle 3.2 sind in absteigender Reihenfolge die Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen aufgelistet, die am häufigsten mit „sehr wichtig“ und „wichtig“ mit dem Aufnahmesystem bewertet wurden. Bei der Bestimmung der wichtigsten Situationen wurde die Anzahl der Bewertungen für die jeweilige Situation ebenfalls mit der Probandenanzahl gewichtet. Da nur eine geringe Probandenanzahl die Kategorie „sehr wichtig“ zur Beurteilung der Alltagssituationen wählte, wird zusätzlich die Merkmalsausprägung „wichtig“ herangezogen, in die die Urteile von mehr Probanden einfließen.

| Sehr wichtig | | Wichtig | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Alltagssituationen der Normalhörenden | Alltagssituationen der Schwerhörigen | Alltagssituationen der Normalhörenden | Alltagssituationen der Schwerhörigen |
| Auto fahren | Gespräche im Haushalt (1 Person) | Gespräche im Haushalt (>1 Person) | Fernsehen |
| zu Fuß unterwegs/spazieren gehen | Fernsehen | Gespräche im Haushalt (1 Person) | Gespräche im Haushalt (1 Person) |
| Gespräche im Haushalt (> 1 Person) | Telefon | Auto fahren | Auto fahren |

Tabelle 3.2: Für die Frage „Wie wichtig ist es, in der Situation gut zu hören?“ sind für die Kategorien „sehr wichtig“ und „wichtig“ die häufigsten Alltagssituationen gewichtet mit der Probandenanzahl in absteigender Reihenfolge von den Normalhörenden und den Schwerhörigen aufgelistet. Bestimmte Situationen kommen in den Kategorien „sehr wichtig“ und „wichtig“ doppelt vor, da einige Probanden die Kategorie „sehr wichtig“ zur Beschreibung ihrer Alltagssituationen überhaupt nicht herangezogen haben.

Von Bedeutung für die Normalhörenden sind die Situationen „Auto fahren“, „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“, „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ und „Gespräche im Haushalt

(1 Person)“. Im Gegensatz dazu sind für die schwerhörigen Probanden wichtige Hörsituationen „Gespräche im Haushalt (1 Person)“, „Fernsehen“, „Telefon“ und „Auto fahren“.

Die „deutlich anstrengenden“ Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen sind in Tabelle 3.3 in absteigender Reihenfolge aufgelistet. Die anstrengenden Situationen wurden mittels der Anzahl der Bewertungen gewichtet mit der Probandenanzahl bestimmt.

| „Deutlich anstrengende“ Hörsituationen der Normalhörenden | „Deutlich anstrengende“ Hörsituationen der Schwerhörigen |
|---|--|
| Kantine/Mensa | Fernsehen |
| Besprechung | Auto fahren |
| zu Fuß unterwegs/spazieren | Geburtstag/Feier |
| Telefon | Hausarbeit |

Tabelle 3.3: Übersicht in absteigender Reihenfolge von den häufigsten Alltagssituationen gewichtet mit der Probandenanzahl, die von den Normalhörenden und den Schwerhörigen mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden.

Für die Normalhörenden sind die Situationen „Kantine/Mensa“, „Besprechung“, „zu Fuß unterwegs/spazieren“ und „Telefongespräche“ deutlich anstrengende Situationen. Für die Schwerhörigen sind die anstrengenden Alltagssituationen „Fernsehen“, „Auto fahren“, „Geburtstag“ und „Hausarbeit“.

3.4 Vergleich der Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie mit den subjektiven Urteilen der Alltagssituationen

Ein Vergleich der Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie mit den relativen Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen zeigt, dass die Situationen, die im Fragebogen mit mehrmals am Tag angegeben wurden, ebenfalls im Alltag der Probanden häufig und lange vorgekommen sind. Beispielsweise verbrachten die Normalhörenden am meisten ihre Zeit in der Situation „Gespräche im Haushalt (> 1 Person)“. Dies ist äquivalent zu den Fragebogenantworten: Die Normalhörenden unterhalten sich im Schnitt mehr als fünfmal am Tag mit Angehörigen. Die Situation „Fernsehen“ kam am häufigsten und am längsten im Alltag der Schwerhörigen vor (23 %). Im Fragebogen wurde von den Schwerhörigen ebenfalls angegeben, dass „Fernsehen“ im Schnitt mehr als zwei- bis dreimal am Tag praktiziert wird. Situationen, die im Alltag sehr selten vorgekommen sind (z. B. Kirche, Theater, Musikkonzert), wurden im Fragebogen ebenfalls mit „weniger als einmal die Woche“ beantwortet.

In Tabelle 3.4 sind die Hörsituationen, die von allen Normalhörenden und allen Schwerhörigen im Fragebogen mit „wichtig“ eingestuft wurden, den Hörsituationen, die im Alltag mit dem Aufnahmesystem als „sehr wichtig“ und „wichtig“ beschrieben wurden, gegen-

übergestellt. Für die Bestimmung der wichtigen Alltagssituationen, die mit dem Aufnahmesystem beschrieben wurden, wurde die Anzahl der Bewertungen für die Situation mit der Probandenanzahl gewichtet.

Lediglich das Fragebogenergebnis „Gespräche mit Angehörigen“ stimmt mit den relevanten Alltagssituationen „Gespräche im Haushalt (1 und >1 Person)“ bei den Normalhörenden überein. Die Situationen, die im Fragebogen von allen zehn Schwerhörigen mit „wichtig“ angegeben wurden, stimmen überwiegend mit den „wichtigen“ Hörsituationen, die im Alltag mit dem Aufnahmesystem beschrieben wurden, überein.

Anzumerken ist, dass die Tabelle nur die Alltagssituationen der meisten Probandenbewertungen und der höchsten Probandenanzahl repräsentiert; deshalb sind nicht alle relevanten Alltagssituationen aufgelistet. Beispielsweise wurde die Situation „Geburtstag/Feier“ von einem normalhörenden Probanden im Alltag mit dem Aufnahmesystem ebenfalls mit „wichtig“ eingestuft. Generell stimmen die Fragebogenergebnisse der Probanden mit den Beurteilungen der wichtigen Alltagssituationen relativ gut überein.

| Wichtige Hörsituation Normalhörende (Fragebogen) | „Sehr wichtige“ und „wichtige“ Hörsitu- ation Normalhörende (Testphase) | Wichtige Hörsituation Schwerhörige (Frage- bogen) | „Sehr wichtige“ und „wichtige“ Hörsitu- ation Schwerhörige (Testphase) |
|--|--|---|---|
| Telefon | Auto fahren | Gespräche mit Angehörigen | Gespräche im Haushalt (1 Person) |
| Gespräche mit Angehörigen | zu Fuß unterwegs/spa- zieren gehen | Telefon | Fernsehen |
| Geburtstag/Feier | Gespräche im Haushalt (1 und >1 Person) | jmd. besuchen/einladen | Telefon |
| | | Fernsehen | Auto |

Tabelle 3.4: Übersicht über die wichtigen Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen aus dem Fragebogen zu Beginn der Studie (vgl. Abbildung B.5 und Abbildung B.8). Die Situationen wurden von allen Probanden im Fragebogen mit wichtig eingestuft. Gegenübergestellt sind in absteigender Reihenfolge die Hörsituationen, die während der Testphase von den Normalhörenden und den Schwerhörigen am häufigsten mit „sehr wichtig“ und „wichtig“ bewertet wurden.

Tabelle 3.5 zeigt die Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen, die im Fragebogen im Median mit „sehr anstrengend“, „anstrengend“, „deutlich anstrengend“ und „mittel anstrengend“ beurteilt wurden. Gegenübergestellt sind in absteigender Reihenfolge die Hörsituationen, die mit dem Aufnahmesystem von den Probanden am häufigsten mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. Ebenfalls wurden die häufigsten „deutlich anstrengenden“ Hörsituationen mit der Probandenanzahl gewichtet.

| Anstrengende Hörsituationen <u>Normalhörende</u> (Fragebogen) | „Deutlich anstrengende“ Hörsituationen <u>Normalhörende</u> (Testphase) | Anstrengende Hörsituationen <u>Schwerhörige</u> (Fragebogen) | „Deutlich anstrengende“ Hörsituationen <u>Schwerhörige</u> (Testphase) |
|---|---|--|--|
| Bar/Tanzveranstaltung | Kantine/Mensa | Bar/Tanzveranstaltung | Fernsehen |
| Kantine/Mensa | Besprechung | Geburtstag/Feier | Auto fahren |
| Restaurant | zu Fuß unterwegs/spazieren | Restaurant | Geburtstag/Feier |
| Bahn fahren | Telefon | Fernsehen | Hausarbeit |

Tabelle 3.5: Übersicht über die anstrengenden Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen aus dem Fragebogen zu Beginn der Studie (vgl. Abbildung B.9 und Abbildung B.12). Gegenübergestellt sind in absteigender Reihenfolge die Hörsituationen, die während der Testphase von den Normalhörenden und Schwerhörigen am häufigsten mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden.

Bei den Normalhörenden stimmt nur die Situation „Kantine/Mensa“ mit den Fragebogenergebnissen und den Alltagsbewertungen überein. Bei den Schwerhörigen sind dies die Situationen „Geburtstag/Feier“ und „Fernsehen“. Die Situationen „Auto fahren“ und „Hausarbeit“ wurden von den Schwerhörigen im Fragebogen mit „wenig anstrengend“ bis „sehr wenig anstrengend“ eingestuft.

Zu erwähnen ist, dass während der Testphase die Situation „Bar/Tanzveranstaltung“ in keiner der beiden Probandengruppen vorkam und somit keine subjektive Beschreibung der Situation vorhanden ist.

3.5 Charakterisierung typischer Alltagssituationen mit objektiven Größen

Im Folgenden werden die häufigsten und wichtigsten Alltagssituationen, die mit dem Aufnahmesystem von den Probanden angegeben wurden, mit den objektiven Größen RMS-Pegel und Bark-Spektrum charakterisiert.

Für den gesamten Zeitabschnitt der Alltagssituationen, in denen sich die Probanden aufhielten, wurden die Mittelwerte der RMS-Pegel und die zugehörigen Standardabweichungen bestimmt. Es wurde im logarithmischen Bereich gemittelt (geometrisches Mittel), da diese Berechnung eine höhere Korrelation mit den perzeptiven Daten zeigte als die Mittelung im linearen Bereich (siehe folgenden Abschnitt 3.5).

Vor der Analyse wurde die Korrelation nach Pearson zwischen den RMS-Pegeln des rechten und des linken Kanals (Ohrseite) ermittelt, um die Datenmenge einzugrenzen. Sobald der Korrelationskoeffizient zwischen dem rechten und dem linken Kanal nicht kleiner als der festgelegte Korrelationskoeffizient von $r=0,65$ war, wurde nur ein Kanal zur Charakterisierung der Alltagssituationen mittels der objektiven Größen herangezogen. Mit dem festgelegten Wert wurde sichergestellt, dass über 50 % der Daten zwischen dem rechten und dem linken Kanal übereinstimmen. Für diesen festgelegten Korrelationskoeffizienten konnten alle aufgezeichneten Daten in der weiteren Analyse berücksichtigt werden.

Zusätzlich erfolgte eine Vorverarbeitung der Daten. Die unterschiedlichen Alltagssituationen gingen teilweise ineinander über, da die Beschreibungen der Alltagssituationen teilweise mit Zeitverzögerungen erfolgten. Dahingehend flossen Signalanteile der neuen Situation in die vorangegangene Situation ein. Aus diesem Grund wurden jeweils 10 % am Anfang und am Ende einer Situation weggeschnitten.

In Abbildung 3.10 sind für die häufigsten und die wichtigsten Alltagssituationen getrennt für die Normalhörenden und die Schwerhörigen die gemittelten Gesamt-RMS-Pegel und die entsprechenden Standardabweichungen dargestellt. Die Probandenanzahl gibt an, wie viele Probanden sich in den Situationen aufgehalten haben. Die Anzahl der Bewertungen gibt an, wie viele gleichartige Situationen von den Probanden mit dem Aufnahmesystem beschrieben wurden.

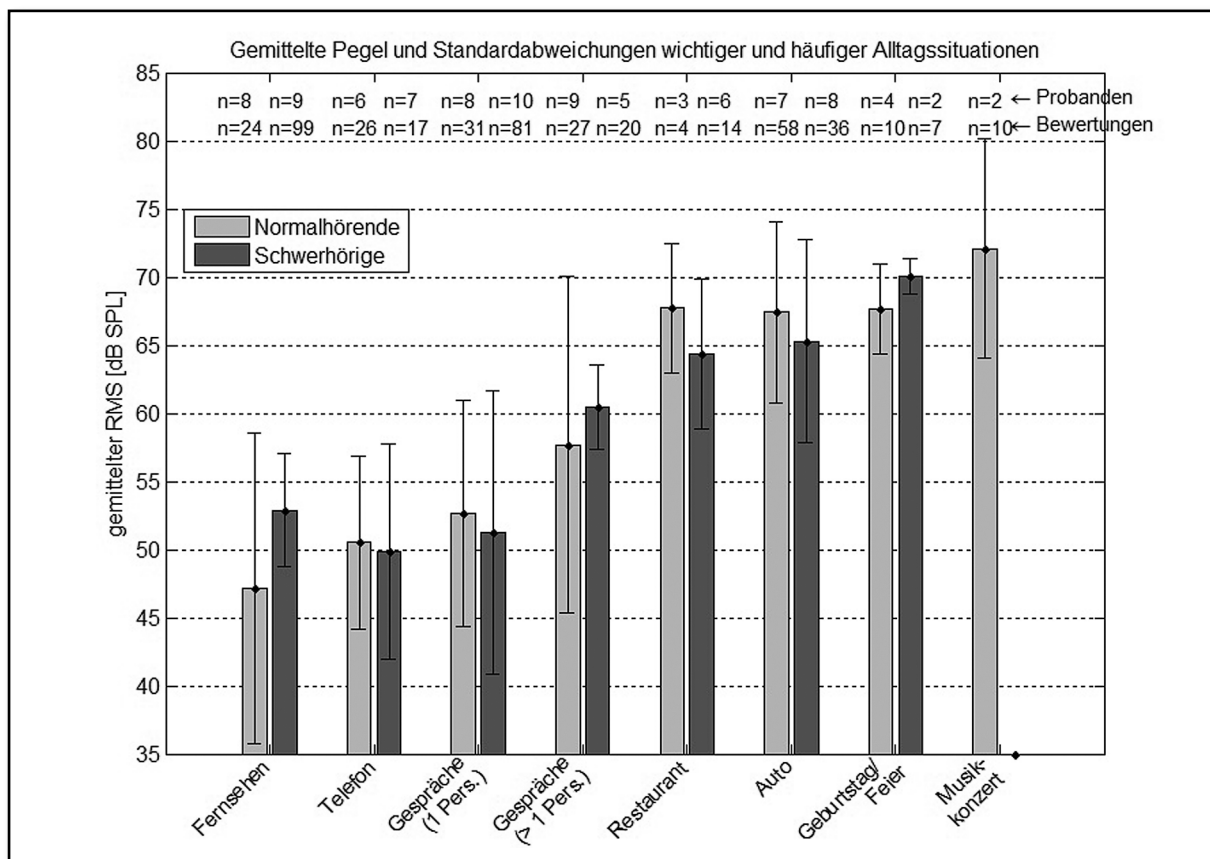


Abbildung 3.10: Gemittelte RMS-Werte in dB SPL und die zugehörigen Standardabweichungen für die häufigsten und die wichtigsten Alltagssituationen getrennt für die Normalhörenden und die Schwerhörigen. Die Probandenanzahl gibt an, wie viele Probanden sich in den Situationen aufgehalten haben. Die Anzahl der Bewertungen gibt an, wie viele gleichartige Situationen von den Probanden mit dem Aufnahmesystem beschrieben wurden.

Die Schwerhörigen haben das Fernsehen im Schnitt ca. 6 dB lauter eingestellt und sich in Restaurants aufgehalten, dessen Schalldruckpegel im Mittel 3 dB niedriger ist als der Schalldruckpegel von Restaurants, in denen sich die Normalhörenden aufgehalten haben. Für die Situation „Fernsehen“ liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gesamt-

RMS-Pegeln der Normalhörenden und der Schwerhörigen vor (U-Test, $\alpha=0,05$, $p<0,01$). Für die Situation „Restaurant“ ist kein signifikanter Unterschied zwischen den breitbandigen RMS-Pegeln der Normalhörenden und der Schwerhörigen zu verzeichnen (U-Test, $\alpha=0,05$). Geringere Pegelunterschiede zwischen den beiden Probandengruppen liegen für die anderen Alltagssituationen vor. Die lauteste Situation ist das Musikkonzert mit einem gemittelten RMS-Pegel von 72 dB SPL. In dieser Situation hielten sich ausschließlich die Normalhörenden auf. Überwiegend enthalten die Alltagssituationen der Abbildung 3.10 Sprachanteile, was an der relativ hohen Standardabweichung von ungefähr ± 10 dB insbesondere für die Situationen „Gespräche im Haushalt (1 Person)“, „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ und „Telefon“ zu erkennen ist. Die Unterschiede entstehen durch die unterschiedlichen Sprechlautstärken der Sprecher, hohen Schalldruckpegel der eigenen Stimme und die Sprachpausen, in denen verschiedene Hintergrundgeräusche der jeweiligen Situation prägnant werden. Eine Ausnahme mit einer Abweichung von nur ± 3 dB ist bei den Schwerhörigen für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ zu sehen. Eventuell wurden die Gespräche im Haushalt mit mehreren Personen in einer eher ruhigen Umgebung geführt, und die Lautstärke der Unterhaltungen schwankte nicht so stark, da die Gesprächsrunde am Tisch mit direktem Sichtkontakt stattfand. Zudem wurden in dieser Situation keine Hausarbeiten während der Unterhaltungen erledigt, wie es bei den Normalhörenden der Fall war. Für die Situation „Geburtstage/Feier“ ist die Standardabweichung ebenfalls in beiden Probandengruppen mit ± 3 dB und ± 1 dB relativ niedrig. Das konstante Babble-Noise auf einem Geburtstag oder einer Feier, auf denen viele Personen gleichzeitig mit angehobener Stimme reden, könnte der Grund dafür sein, dass sich ein bestimmter Schalldruckpegel mit einer geringen Varianz einstellt.

Um die Frage zu klären, ob die Alltagssituationen mittels der objektiven Größe RMS-Pegel eindeutig beschrieben werden können, wurden einzelne Orte und Tätigkeiten, in denen nicht gesprochen wurde, in Abbildung 3.11 aufgelistet. Die Auswahl der Situationen, in denen nicht gesprochen wurde, beruht auf den Angaben der Probanden, die sie während der Testphase tätigten. Die RMS-Pegel der Nicht-Sprachsituationen beider Probandengruppen wurden zusammengefasst, da nur für die Situation „Fernsehen“ signifikante Unterschiede der RMS-Pegel der Sprachsituationen in beiden Gruppen vorlagen.

Grundsätzlich sind Unterschiede hinsichtlich der gemittelten RMS-Pegel für die verschiedenen Alltagssituationen zu sehen. So liegt beispielsweise der mittlere RMS-Wert für die ruhige Situation „Ausruhen“ bei nur 38 dB SPL und für die laute Situation „Bahn fahren“ bei 69 dB SPL. Diese Unterschiede in den Mittelwerten leiser und lauter Situationen sind ebenfalls für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen der Abbildung 3.10 zu sehen.

Wird ausschließlich die Standardabweichung herangezogen, liegen lediglich für die Situationen „Ausruhen“, „Bus fahren“ und „Bahn fahren“ die Abweichungen bei kleiner gleich 3 dB. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass selbst für die Alltagssituationen, in

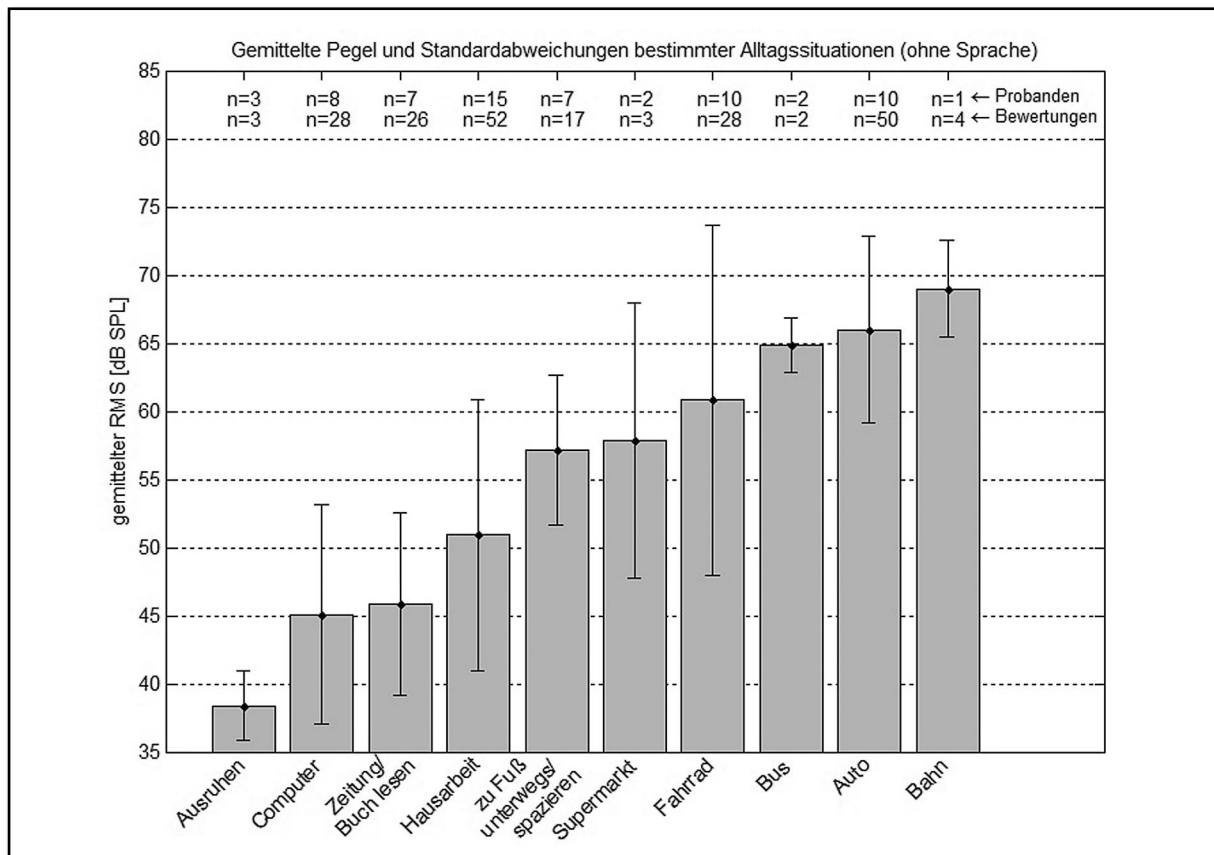


Abbildung 3.11: Gemittelte RMS-Pegel und zugehörige Standardabweichungen für Situationen und Tätigkeiten, in denen nicht gesprochen wurde. Die Aufnahmen beider Probandengruppen wurden zusammengefasst. Die Probandenanzahl gibt an, wie viele Probanden sich in den Situationen aufgehalten haben. Die Anzahl der Bewertungen gibt an, wie viele gleichartige Situationen von den Probanden mit dem Aufnahmesystem bewertet wurden.

denen nicht gesprochen wurde, die Streuungen der Schalldruckpegel relativ hoch sind ($\geq \pm 10$ dB). Beispielsweise kann die Tätigkeit „Fahrrad fahren“ an sehr vielen unterschiedlichen Orten (Hauptverkehrsstraße, Seitenstraße, Wald) stattfinden. Zudem wurden Turbulenzen, die durch den Fahrtwind an den Mikrofonen entstehen, aufgezeichnet. Des Weiteren kann eine Situation mehrere Teilsituationen umfassen (Bsp. „Auto fahren“: Fußweg zum Auto, Autotür öffnen und schließen, anschnallen, eventuell Radio einschalten, Motor starten, fahren und parken). Wie eng der Rahmen einer Alltagssituation gewählt wurde, war von den Probanden abhängig. Schalldruckpegel, die einer neuen Situation zuzuordnen sind, fließen beispielsweise mit in die vorangegangene Situation ein, obwohl am Anfang und am Ende einer Situation 10 % weggeschnitten wurden. Weiterhin sind die verschiedenen RMS-Pegel von der Probandenanzahl abhängig. Je höher die Probandenanzahl, desto stärker können die RMS-Pegel der Alltagssituationen streuen. Beispielsweise hören die Probanden während einer Autofahrt das Radio mit einer unterschiedlichen Lautstärke. Wagener et al. (2008) bestimmten dazu für jede Schallaufnahme einer bestimmten Klasse (Situation) die relative Häufigkeitsverteilung, welche wiederum eine Schätzung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist. Davon ausgehend wurden von

jeder Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion die Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen und die Extremwerte berechnet und die Lagemaße wiederum als Boxplots für jede Schallklasse dargestellt. Auf diese Weise wurden die individuellen Pegelinstellungen des Probanden in den Alltagssituationen berücksichtigt.

Für die Abbildung B.17 und die Abbildung B.18 im Anhang wurde das gleiche Berechnungsverfahren für die Mittelwerte und die Standardabweichungen der einzelnen Häufigkeitsverteilungen der häufigsten und der wichtigsten Alltagssituationen getrennt nach Normalhörenden und Schwerhörigen angewandt. Mit diesem Verfahren wird nochmals verdeutlicht, dass die Mittelwerte und die Standardabweichungen der einzelnen Häufigkeitsverteilungen in einer Klasse sehr stark variieren können. Für einige Situationen, z. B. „Auto fahren“, betragen die Interquartilsabstände der Mittelwerte mindestens 10 dB.

Für insgesamt 20 Frequenzbänder, die der Bark-Skala entsprechen, wurden ebenfalls die RMS-Pegel berechnet und gespeichert. Im Folgenden werden die Alltagssituationen anhand der Spektrogramme und der relativen Häufigkeitsverteilungen der Pegel einzelner Bark-Bänder charakterisiert. In Abbildung 3.12 sind die Spektrogramme von vier unterschiedlichen Alltagssituationen, „Gespräche im Haushalt (1 Person)“, „Auto fahren“, „Geburtstag“ und „Musikkonzert“, dargestellt. Das Spektrogramm gibt für die 20 Bark-Bänder

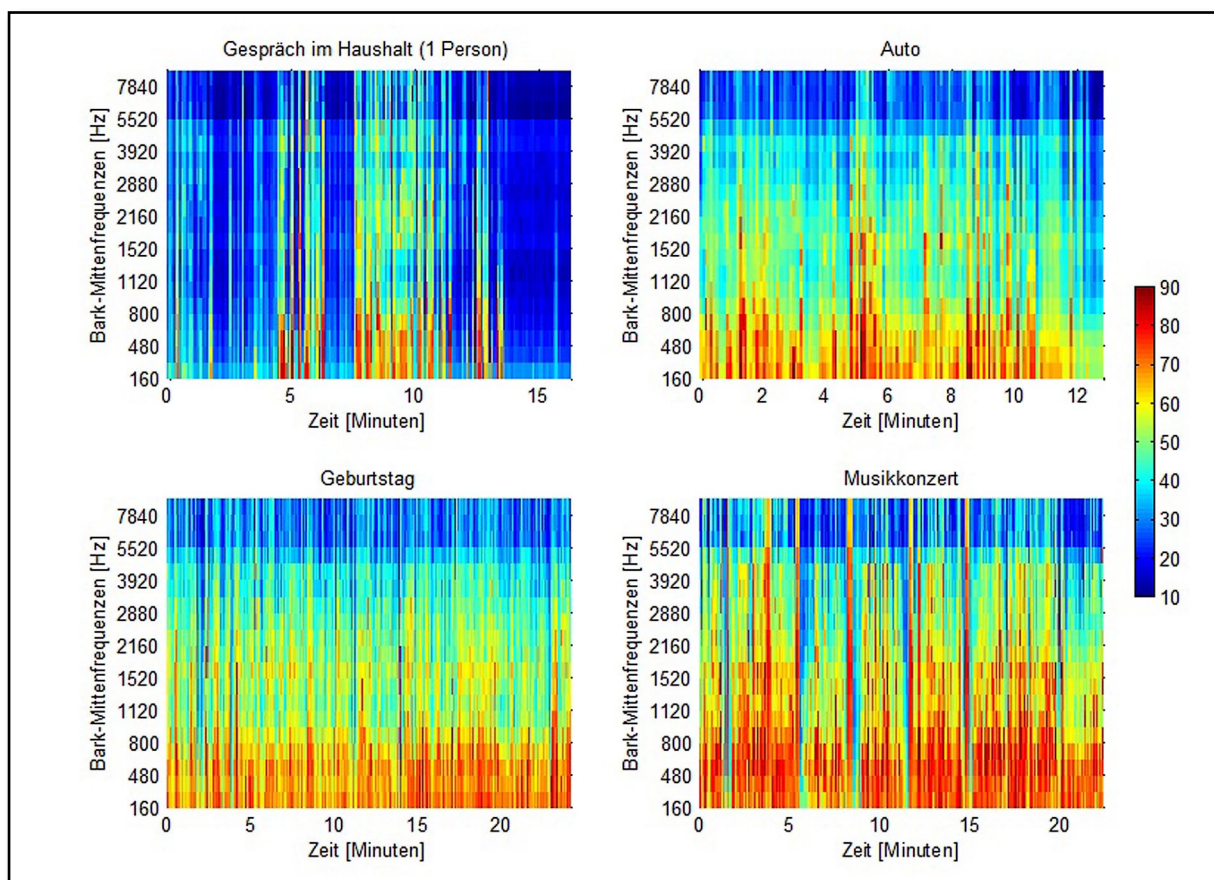


Abbildung 3.12: Spektrogramme von vier verschiedenen Alltagssituationen: „Gespräche im Haushalt (1 Person)“, „Auto fahren“, „Geburtstag“ und „Musikkonzert“.

in Abhängigkeit der Zeit die ermittelten RMS-Pegel in dB SPL wieder. Der Wertebereich umfasst 10 dB SPL (dunkelblau) bis 90 dB SPL (rot). Die vier Alltagssituationen wurden von vier verschiedenen Probanden (2 Normalhörende und 2 Schwerhörige) aufgezeichnet.

Für die Situation „Gespräche im Haushalt (1 Person)“ lagen über einen längeren Zeitraum Sprachpausen vor (blaue Flächen). Die Schalldruckpegel sind in dieser Zeit insbesondere in den hohen Frequenzbändern auf einen Wert von bis zu 15 dB SPL gesunken. Während der Gesprächsphasen ist deutlich zu erkennen, dass vor allem in den tieffrequenten Bändern von 160 Hz bis knapp 1 kHz hohe Schalldruckpegel bis zu 80 dB SPL aufgetreten sind. Die Grundfrequenz eines Sprachsignals liegt im Frequenzbereich von ca. 110 Hz bis 240 Hz und kann bis zu 40 Harmonische aufweisen, deren Amplitude gleichmäßig abnimmt. Durch die Anatomie und Stellung des Vokaltraktes entstehen charakteristische Resonanzfrequenzen im Spektrum (Wendler et al., 1996). Aus diesem Grund sind in dem Spektrogramm in den mittleren bis hohen Frequenzbändern (1-5,5 kHz) Schalldruckpegel von ungefähr 40 bis 55 dB SPL zu verzeichnen.

Für die drei anderen Alltagssituationen ist jeweils über die Zeit ein konstanter RMS-Pegel von mindestens 50 dB SPL bis in die hohen Frequenzbänder zu verzeichnen. Zudem zeigt sich bei allen drei Situationen, dass im tieffrequenten Bereich (bis 800 Hz) die Schalldruckpegel bei ungefähr 75 dB SPL oder höher liegen. Für die Situation „Auto fahren“ steigt zusätzlich zu bestimmten Zeitpunkten die Leistung in den mittleren und hohen Bändern an (ca. 75 dB SPL). Dies ist auf eine erhöhte Geschwindigkeit oder eine Beschleunigung des Autos zurückzuführen. Auf einem Geburtstag oder einer Feier sind insbesondere in den tiefen Frequenzen relativ hohe Schalldruckpegel bis knapp 1 kHz zu verzeichnen. Für die Situation „Musikkonzert“ treten im Bereich von 640 Hz Schalldruckpegel bis zu 90 dB SPL auf, und zu definierten Zeitpunkten wurden die Musikinstrumente so gespielt, dass in den hohen Frequenzbändern (bis 9 kHz) Schalldruckpegel bis über 70 dB SPL vorkamen.

Abbildung 3.13 zeigt die gemittelten RMS-Pegel und die zugehörigen Standardabweichungen in Abhängigkeit der 20 Bark-Bänder für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen zusammengefasst für beide Probandengruppen. Die Reihenfolge der leisesten und lautesten Situationen ist in Abhängigkeit der Frequenzbänder im Vergleich zu Abbildung 3.10 gleich geblieben. Für alle Situationen ist in den tieffrequenten Bändern die Leistung am höchsten, und mit ansteigender Frequenz nimmt die Leistung kontinuierlich ab (Tiefpass). Für alle Situationen liegen zwei Maxima bei den Mittenfrequenzen von 1,52 kHz und von 3,92 kHz vor. Das Maximum bei 3,92 kHz könnte durch die akustische Resonanz im Mikrofongehäuse des Hörgerätes zustande gekommen sein. Diese entsteht durch die Luft im Einlassstutzen und dem Luftvolumen vor der Membranoberfläche (Dillon, 2001).

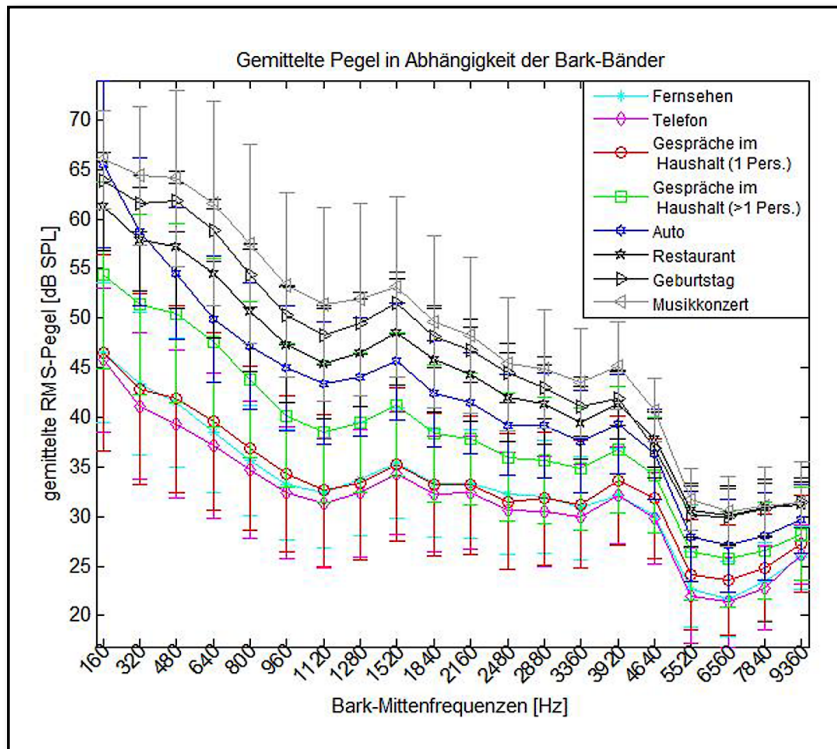


Abbildung 3.13: Gemittelte RMS-Pegel und zugehörige Standardabweichungen in dB SPL in Abhängigkeit der 20 Bark-Bänder für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen zusammengefasst von beiden Probandengruppen.

Um Situationen, in denen gesprochen oder nicht gesprochen wurde, voneinander unterscheiden zu können, kann beispielsweise die relative Häufigkeitsverteilung der RMS-Pegel herangezogen werden. In Abbildung 3.14 wurden die relativen Häufigkeitsverteilungen der Situation „Auto fahren“ getrennt nach Sprache und keiner Sprache für vier verschiedene Bark-Bänder von allen Normalhörenden, die sich in der Situation aufgehalten haben, dargestellt. Die Trennung der Situation nach Sprache und keine Sprache erfolgte mittels der Probandenangaben während der Studie.

In dem tieffrequenten Bark-Band der Mittenfrequenz von 160 Hz sind die beiden Häufigkeitsverteilungen („Auto fahren mit Sprache/ohne Sprache“) sehr ähnlich. In den restlichen drei Bark-Bändern, dessen Mittenfrequenzen im Hauptsprachbereich liegen, sind die Häufigkeitsverteilungen ebenfalls sehr ähnlich, doch treten für die Situation „Auto fahren mit Sprache“ häufiger Schalldruckpegel um die 60 dB SPL auf. Die Klassifikation der Alltagssituationen nach Sprache und keiner Sprache ist zum einen von der Zeitdauer des Gespräches in der jeweiligen Situation abhängig. Werden über einen längeren Zeitraum in einer Situation nur sehr wenige Worte miteinander gewechselt, wird es schwieriger, anhand der Häufigkeitsverteilungen der Schalldruckpegel einen Unterschied feststellen zu können, da die Häufigkeiten in dem zu erwartenden Pegel- und Frequenzbereich zu gering sein werden. Die Häufigkeiten könnten ebenso gut durch zufällige Streuungen der Pegel zustande gekommen sein. Zum anderen ist eine mögliche Klassifikation von der Verlässlichkeit der Probanden abhängig. Je enger der Rahmen einer Alltagssituation von den Probanden gesetzt wurde, desto ähnlicher sind die einzelnen Häufigkeitsverteilungen untereinander. Damit wird die Wahrscheinlichkeit höher, Sprache von keiner Sprache

unterscheiden zu können. Aus diesem Grund wurden in der Abbildung 3.14 ausschließlich die Daten der Normalhörenden verwendet. Einige schwerhörige Probanden haben in den Alltagssituationen weniger verlässliche Antworten gegeben.

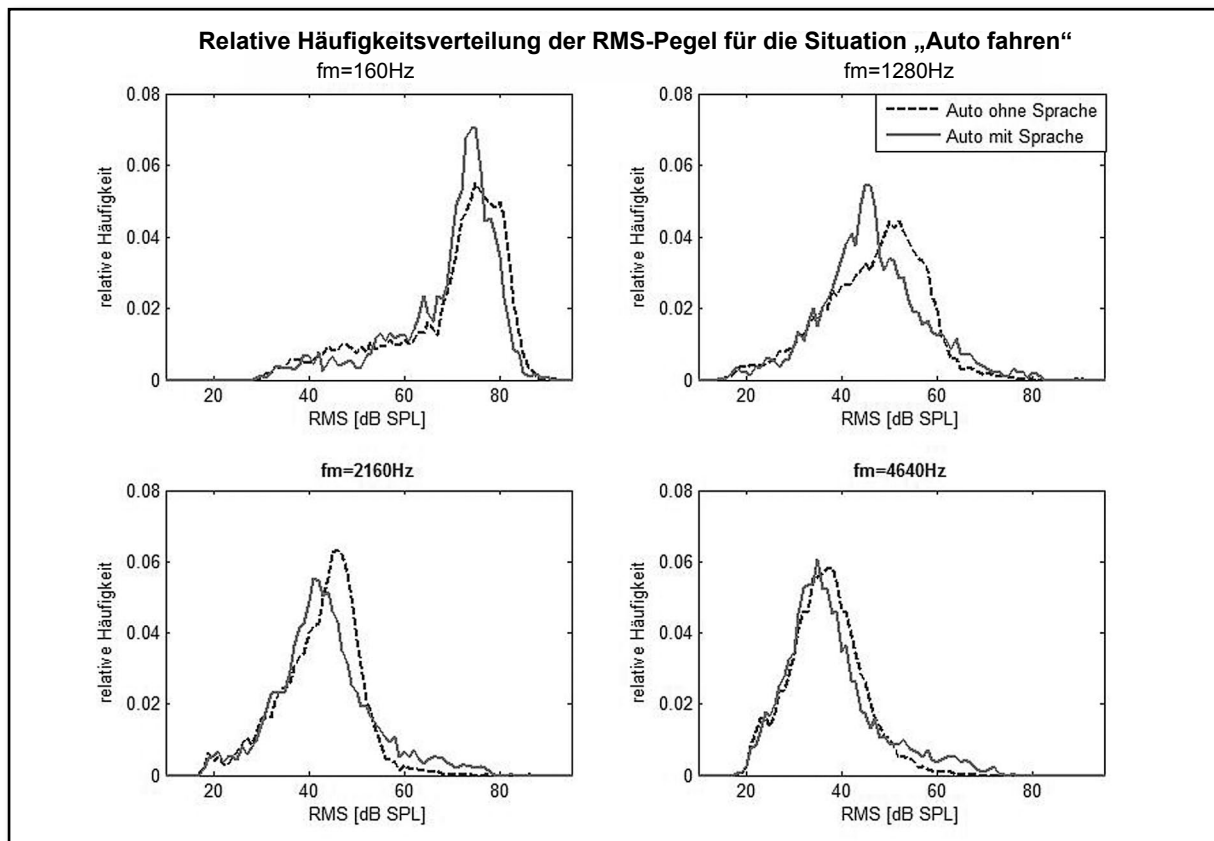


Abbildung 3.14: Relative Häufigkeitsverteilungen der RMS-Pegel in dB SPL für die Situation „Auto fahren“ getrennt nach Sprache und keiner Sprache für vier verschiedene Bark-Bänder. Die Pegelauflösung beträgt 1 dB. Es handelt sich hierbei ausschließlich um die Häufigkeitsverteilungen der zehn Normalhörenden.

Neben der Nutzung der Pegelhäufigkeitsverteilungen zur Klassifikation der Situationen nach Sprache und keiner Sprache können die Verteilungen Aufschluss darüber geben, welche Pegel grundsätzlich in den Alltagssituationen vorkommen. Insbesondere für „ruhige, leise“ Situationen, z. B. „Zeitung/Buch lesen“, „Büroarbeit“, zeigten Wagener et al. (2008), dass Schalldruckpegel bis zu 80 dB SPL aufgetreten sind. Selbst in ruhigen Situationen kommen impulshafte, laute Geräusche zum Beispiel durch das Schließen einer Tür oder Verschieben eines Stuhls vor, welches hier ebenfalls für die Situation „Zeitung/Buch lesen“ gezeigt werden konnte (siehe Abbildung B.19 im Anhang).

3.6 Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Größen

Während der Testphase hatten die Probanden die Aufgabe, die Situationen mit den subjektiven Größen Lautheit, Höranstrengung, Sprachverstehen und Angenehmheit zu bewerten. Die subjektiven Größen wurden in Zusammenhang mit der objektiven Größe RMS-Pegel gesetzt.

Zunächst wurde zwischen den Berechnungsmethoden geometrisch gemittelter RMS-Pegel, Mittelung der RMS-Pegel im linearen Bereich, Median der RMS-Pegel und 10 % der Spitzen-RMS-Werte die geeignetste Methode ausgewählt, die für jeden Probanden die höchste Korrelation zwischen den subjektiven Antworten und der objektiven Größe ergab. Die meisten signifikanten Korrelationen ergaben sich mit der Berechnungsmethode geometrisch gemittelter RMS-Pegel, die im Folgenden für die weitere Analyse verwendet wurde. Für einen normalhörenden Probanden sind die subjektiven Antworten der vier Größen Lautheit, Höranstrengung, Angenehmheit und Sprachverstehen in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln über alle Situationen, in denen sich der Proband aufgehalten hat, in Abbildung 3.15 exemplarisch dargestellt. Zudem wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman zwischen den subjektiven Größen und dem Gesamt-RMS-Pegel bestimmt.

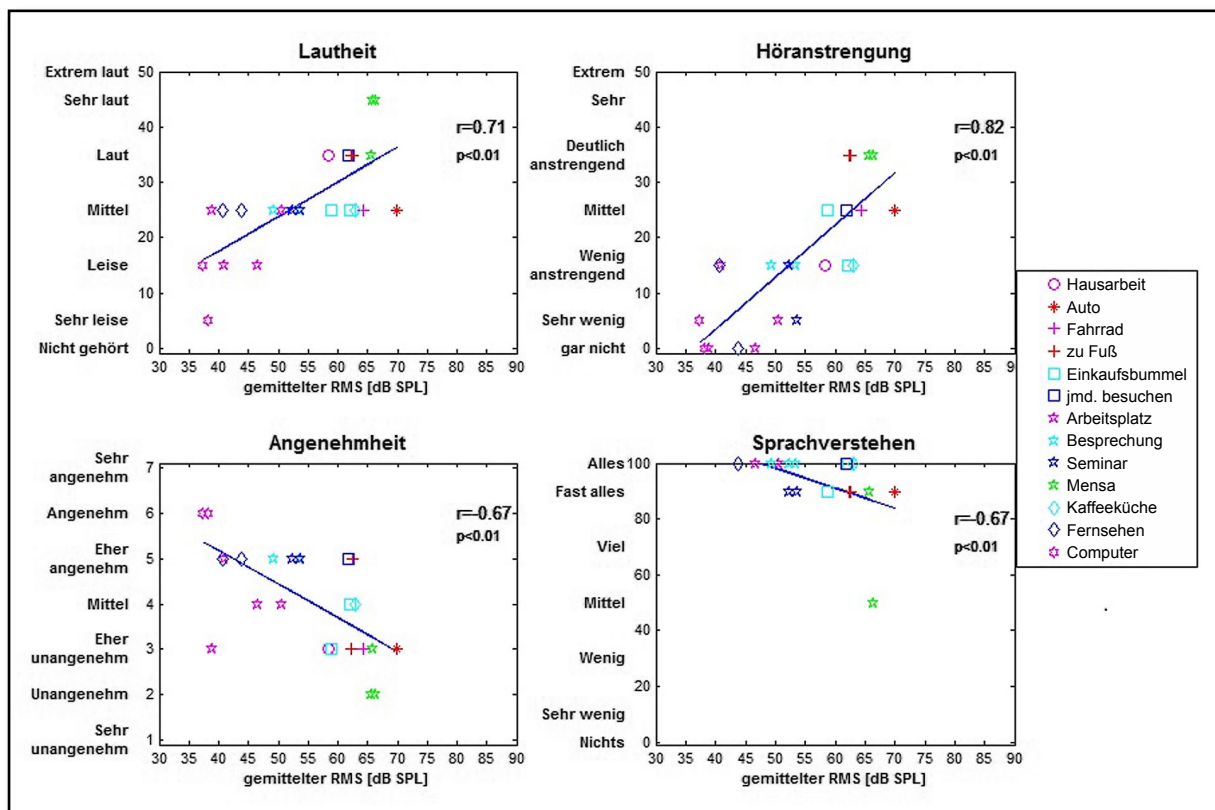


Abbildung 3.15: Skalenwerte für Lautheit, Höranstrengung, Angenehmheit und Sprachverstehen eines normalhörenden Probanden in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln in dB SPL aller Alltagssituationen, in denen sich der Proband aufgehalten hat. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach Spearman berechnet.

Alle vier subjektiven Größen korrelieren mit den gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln. Dabei wurden hohe Schalldruckpegel mit einer hohen Lautheit, einer erhöhten Höranstrengung und als unangenehmer eingestuft. Die Sprachverständlichkeit reduzierte sich leicht mit ansteigendem Schalldruckpegel. Vergleichbare signifikante Korrelationen ($p < 0,05$) zwischen den subjektiven und objektiven Größen zeigten sich lediglich bei acht von zwanzig

Probanden. Bei den restlichen Probanden lagen nur schwache bis keine Zusammenhänge vor. In Tabelle B.1 im Anhang sind die Korrelationskoeffizienten für jeden Probanden aufgelistet. Die Lautheitsurteile der Normalhörenden korrelieren am häufigsten und am stärksten mit der objektiven Größe. Für die Hälfte der Schwerhörigen ergaben sich ebenfalls die höchsten Zusammenhänge für die Lautheit.

In einem weiteren Schritt wurden die subjektiven Antworten in Abhängigkeit von den gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen für eine Situation („Gespräche im Haushalt (> 1 Person)“) miteinander verglichen. Die Korrelationen zwischen den subjektiven und der objektiven Größe beider Probandengruppen gingen gegen null. Um die Merkmalsausprägungen der einzelnen Probanden innerhalb der Gruppe zu positionieren, wurde eine lineare Testwerttransformation, die z-Transformation, der beiden Stichproben durchgeführt. Die weitere Analyse erfolgte in z-Werten.

Abbildung 3.16 zeigt die z-transformierten Probandenurteile der Normalhörenden und der Schwerhörigen für die vier subjektiven Größen in Abhängigkeit der geometrisch gemittelten Gesamt-RMS-Werte in dB SPL für die Alltagssituation „Gespräche im Haus-

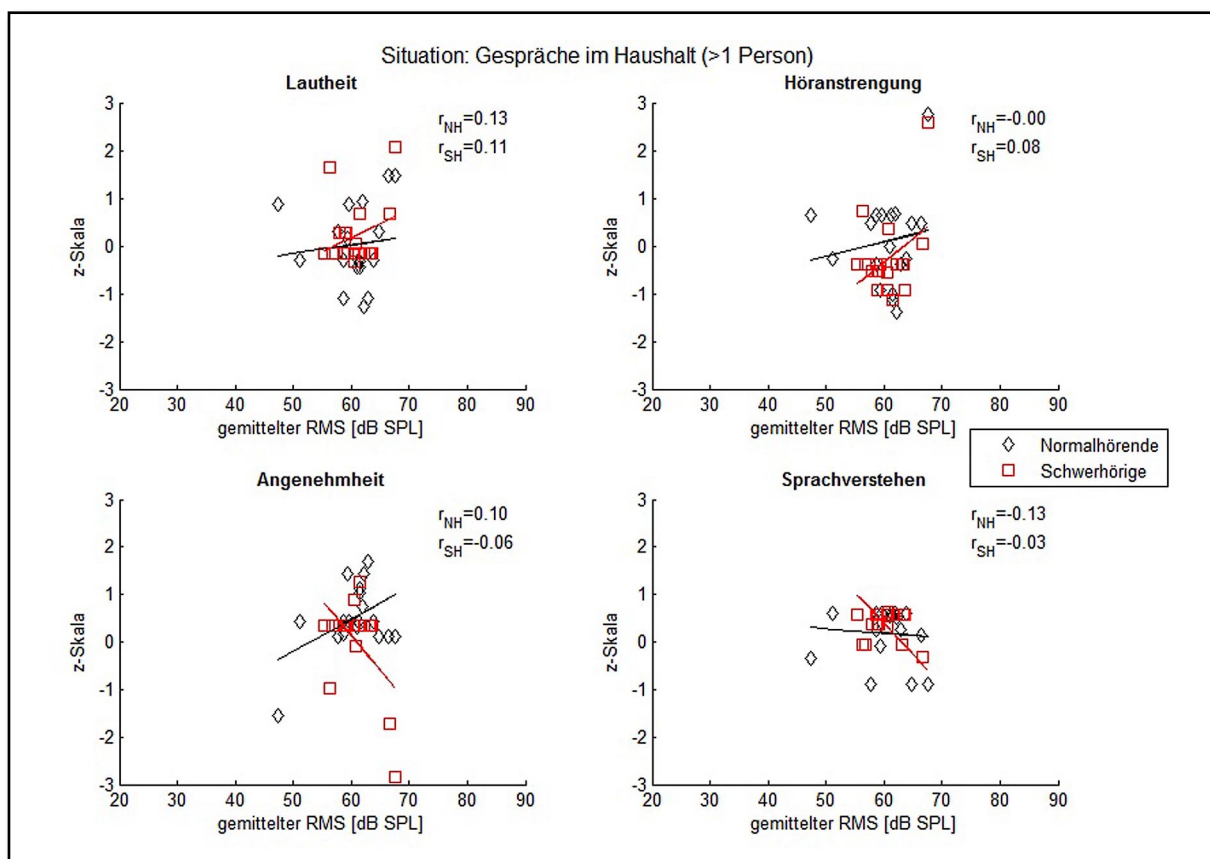


Abbildung 3.16: z-Transformierte Skalenwerte der Normalhörenden und der Schwerhörigen für die Lautheit, Höranstrengung, Angenehmheit und Sprachverstehen in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten breitbandigen RMS-Pegeln in dB SPL für die Alltagssituation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“.

halt (>1 Person)“. Hohe z-Werte stehen für ein erhöhtes Lautheitsempfinden, erhöhte Höranstrengung, angenehmeres Hören und bessere Sprachverständlichkeit. Trotz der z-Transformation ist lediglich ein schwacher bis kein Zusammenhang zwischen den subjektiven Größen und der objektiven Größe in beiden Probandengruppen für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ zu verzeichnen. Für die anderen Alltagssituationen zeigen sich ebenfalls keine Zusammenhänge. Ferner ist zu sehen, dass wider Erwarten die Höranstrengungsurteile der Schwerhörigen mit zunehmendem Gesamt-RMS-Pegel nicht ansteigen.

Die Höranstrengungsurteile der Schwerhörigen in Abhängigkeit von den Höranstrengungsurteilen der Normalhörenden in den gleichen Hörsituationen sind in Abbildung 3.17 dargestellt. Die gestrichelte Linie gibt an, dass die Höranstrengungsurteile der Normalhörenden gleich zu den Urteilen der Schwerhörigen sind. Es zeigt sich, dass eine höhere Anzahl der Höranstrengungsurteile der Schwerhörigen unterhalb der gestrichelten Linie liegt ($n_{min}=271$, $n_{max}=126$). Demnach wurden in den Alltagssituationen niedrigere Höranstrengungsurteile von den Schwerhörigen abgegeben als von den Normalhörenden.

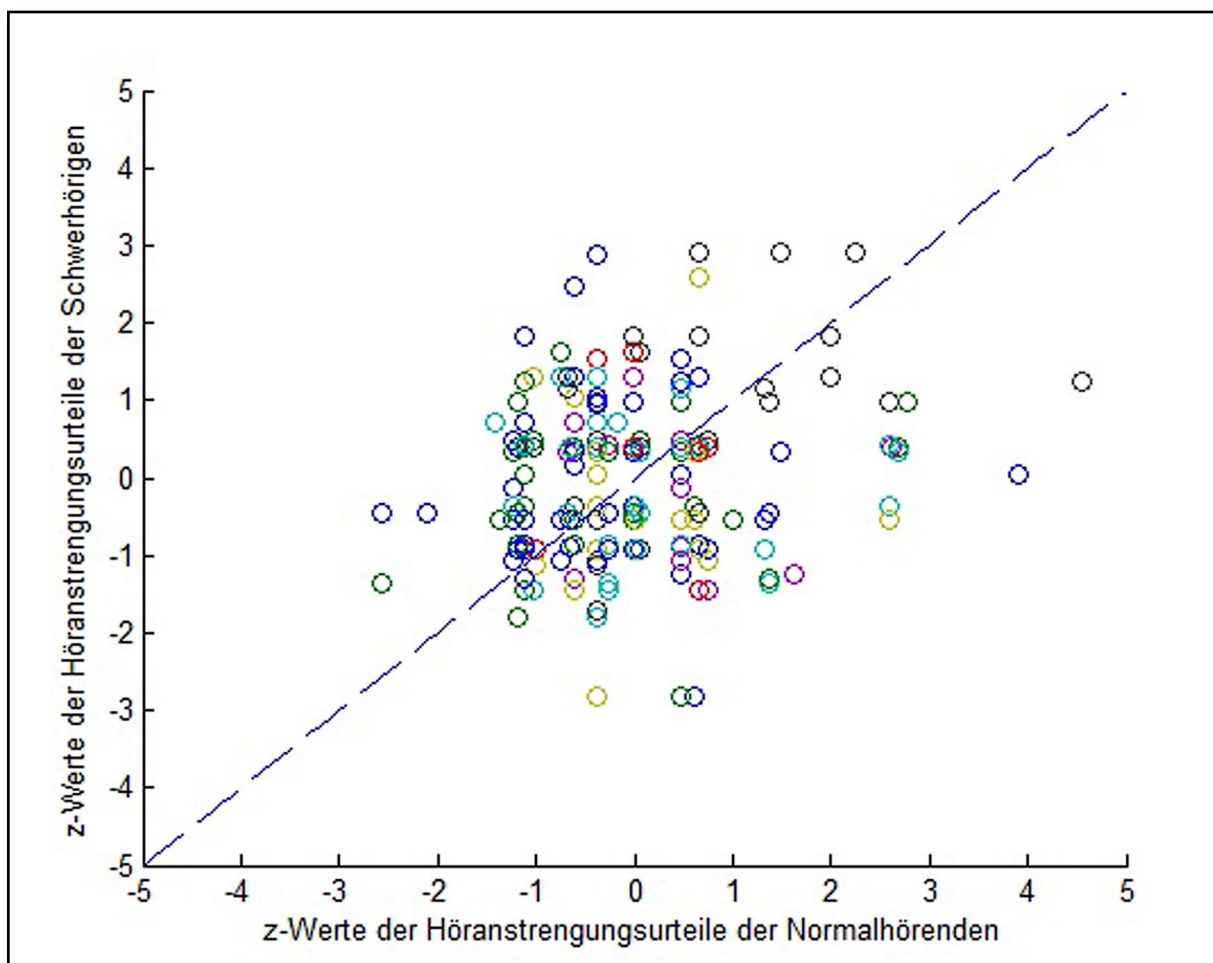


Abbildung 3.17: Höranstrengungsurteile in z-Werten der Schwerhörigen in Abhängigkeit der Höranstrengungsurteile in z-Werten der Normalhörenden in den gleichen Alltagssituationen. Die gestrichelte Linie gibt an, dass die Höranstrengungsurteile der Normalhörenden und der Schwerhörigen gleich sind.

In Abbildung 3.18 wurden getrennt für die Normalhörenden (Karo) und die Schwerhörigen (Rechtecke) alle subjektiven Antworten der einzelnen Probanden paarweise miteinander korreliert (Rangkorrelation nach Spearman). Wurde die Situation von den Normalhörenden mit einer hohen Lautheit bewertet, wurde ebenfalls die Situation mit einer erhöhten Höranstrengung eingestuft. Bei den Schwerhörigen ist nur ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen den zwei subjektiven Größen zu verzeichnen. Werden die Lautheitsurteile in Zusammenhang mit der Angenehmheit gesetzt, folgt auf hohe Lautheitsbewertungen eine Beurteilung der Hörsituation mit eher unangenehm. Die schwache negative Korrelation ist in beiden Probandengruppen zu verzeichnen. Ebenso wurden Situationen, die mit einer erhöhten Höranstrengung bewertet wurden, von beiden Probandengruppen tendenziell als eher unangenehm eingestuft. Für die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit von der Lautheit sind keine signifikanten Korrelationen in beiden Probandengruppen zu verzeichnen. Für die Höranstrengung in Abhängigkeit von der Sprachverständlichkeit liegt eine mittlere Korrelation in beiden Probandengruppen vor. Je höher die Beurteilung der Höranstrengung, desto schlechter ist die Sprachverständlichkeit. Situationen, in denen überwiegend alles verstanden wurde, wurden von den Normalhörenden und den Schwerhörigen mit angenehm eingestuft.

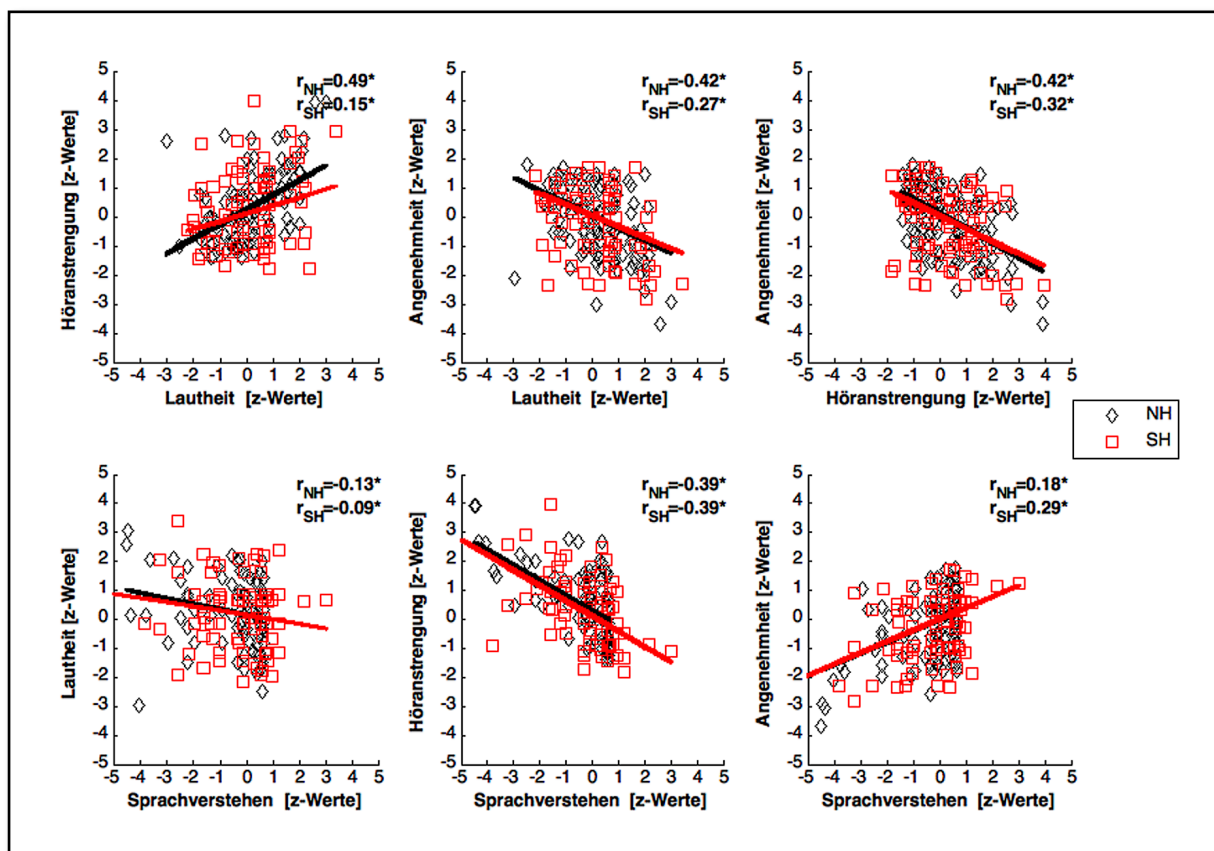


Abbildung 3.18: Korrelationen der subjektiven Bewertungen in z-Werten der vier Größen untereinander getrennt nach Normalhörenden (NH, Karo) und nach Schwerhörigen (SH, Rechteck). Die Korrelationen wurden für jeden Probanden paarweise nach Spearman durchgeführt. Für die mit Sternchen (*) gekennzeichneten Korrelationen ist $p < 0,001$.

Mittels der Regressionsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen den Bark-Bändern und den vier subjektiven Größen untersucht. Die Modellanalyse wurde getrennt für alle zehn Probanden der jeweiligen Probandengruppe über alle Bewertungen durchgeführt. Die 20 Bark-Bänder wurden zusammengefasst zu acht Bändern, um die Multikollinearität (Abhängigkeiten der unabhängigen Variablen untereinander) zu reduzieren. Dadurch wird die Schätzung der Regressionskoeffizienten genauer. Die Mittenfrequenzen der acht Bark-Bänder liegen im Bereich der Oktavfrequenzen. Die Modellgüte ist für alle subjektiven Größen, außer der abhängigen Variablen Angenehmheit und Sprachverständlichkeit, der Schwerhörigen hinreichend (siehe Anhang B.4). In Tabelle 3.6 sind die einflussreichsten Frequenzbänder und die zugehörigen Regressionskoeffizienten bezüglich der subjektiven Größen aufgelistet. Für das Lautheitsempfinden und die Höranstrengungsbewertungen der Normalhörenden und der Schwerhörigen ist das Frequenzband mit der Mittenfrequenz von 490,5 Hz die Variable mit dem größten, hochsignifikanten Einfluss ($p \leq 0,001$). Hohe Schalldruckpegel in diesem Frequenzband bewirken ein erhöhtes Lautheitsempfinden bzw. eine erhöhte Höranstrengung. Für die Angenehmheit sind für die Normalhörenden das Frequenzband mit der Mittenfrequenz von 160 Hz und für die Schwerhörigen das Frequenzband mit der Mittenfrequenz von 490,5 Hz die einflussreichsten, signifikanten Variablen. Es liegt jeweils eine negative Wirkrichtung vor: Je höher die Schalldruckpegel in dem Frequenzband, desto unangenehmer ist es. Für die Sprachverständlichkeit der Normalhörenden ist die Variable mit dem Frequenzband der Mittenfrequenz von 3167,5 Hz der bedeutendste Regressor. Je höher die Schalldruckpegel in dem Frequenzband, desto besser die Sprachverständlichkeit. Bei den Schwerhörigen bewirkt das Frequenzband der Mittenfrequenz von 1067 Hz mit Erhöhung des Schalldruckpegels eine Verschlechterung der Sprachverständlichkeit. Jedoch liegt hier keine Signifikanz vor.

| | Normalhörende | | Schwerhörige | |
|--------------------|-------------------|---|-------------------|---|
| | Frequenzband [Hz] | Regressionskoeffizient (standardisiert) | Frequenzband [Hz] | Regressionskoeffizient (standardisiert) |
| Lautheit | 490,5 (Band 2) | 1,102*** | 490,5 (Band 2) | 0,871*** |
| Höranstrengung | 490,5 (Band 2) | 1,626*** | 490,5 (Band 2) | 0,872*** |
| Angenehmheit | 160 Hz (Band 1) | -0,457** | 490,5 (Band 2) | -0,546* |
| Sprachverstehen | 3167,5 (Band 5) | 1,450* | 1067 (Band 3) | -0,633 |
| *** $p \leq 0,001$ | | ** $p \leq 0,01$ | * $p \leq 0,05$ | |

Tabelle 3.6: Regressionskoeffizienten der multivariaten Regressionsanalyse für die einflussreichsten Frequenzbänder in Abhängigkeit der vier subjektiven Größen getrennt nach Normalhörenden und Schwerhörigen.

Von besonderem Interesse der Studie ist die Höranstrengung, da die Höranstrengung Aufschluss darüber geben kann, in welchen Alltagssituationen insbesondere für leicht- bis mittelgradig Schwerhörige das Hören Schwierigkeiten bereiten kann. Werden die Spektr-

gramme der deutlich anstrengenden Alltagssituationen aus Tabelle 3.3 der Normalhörenden und der Schwerhörigen mit den Spektrogrammen der gleichen Situationen, in denen die gleichen Probanden eine niedrigere Bewertung der Höranstrengung vorgenommen haben, miteinander verglichen, zeigt sich, dass bei den anstrengenderen Alltagssituationen teilweise auf eine ruhige Phase hohe Schalldruckpegel in den tiefen bis mittleren Frequenzbändern bis 80 dB SPL über einen Zeitraum von mindestens 1 min aufgetreten sind (siehe Abbildung B.20, Abbildung B.21 und Abbildung B.22 im Anhang). Die Situationen, welche über einen kontinuierlichen Zeitraum in den tiefen Bändern Schalldruckpegel um die 70 dB SPL und in dem Frequenzbereich von 1,5 kHz bis 4 kHz Schalldruckpegel von mindestens 60 dB SPL aufweisen, wurden ebenfalls mit einer höheren Anstrengung bewertet (z. B. Mensa/Kantine, Geburtstag, Fernsehen). Treten in den tieffrequenten Bändern hohe Pegel (≥ 70 dB SPL) mit einer Zeitdauer von weniger als 1 min auf und ist in den hohen Frequenzbändern überwiegend ein Pegel von nur 40 dB SPL zu verzeichnen, werden diese Situationen als weniger anstrengend empfunden. Der Gesamt-RMS-Pegel ist teilweise für die weniger anstrengenden Situationen höher als für die deutlich anstrengenden Situationen. Der Grund dafür ist, dass die anstrengenden Hörsituationen zum Teil über einen längeren Zeitraum niedrigere Schalldruckpegel in allen Frequenzbändern (20-30 dB SPL) enthalten.

3.7 Zusammenhang zwischen Höranstrengungsurteilen und kognitiven Testergebnissen

Die Hypothese, ob die Probanden beispielsweise mit einem niedrigen kognitiven Testergebnis höhere Höranstrengungsurteile im Alltag abgeben (oder umgekehrt), wurde zunächst mittels eines Scatterplots überprüft. In Abbildung 3.19 sind die Höranstrengungsurteile der Normalhörenden in Abhängigkeit der Leistungswerte der vier kognitiven Tests über alle Alltagssituationen zu sehen. Anhand der Abbildung wird deutlich, dass

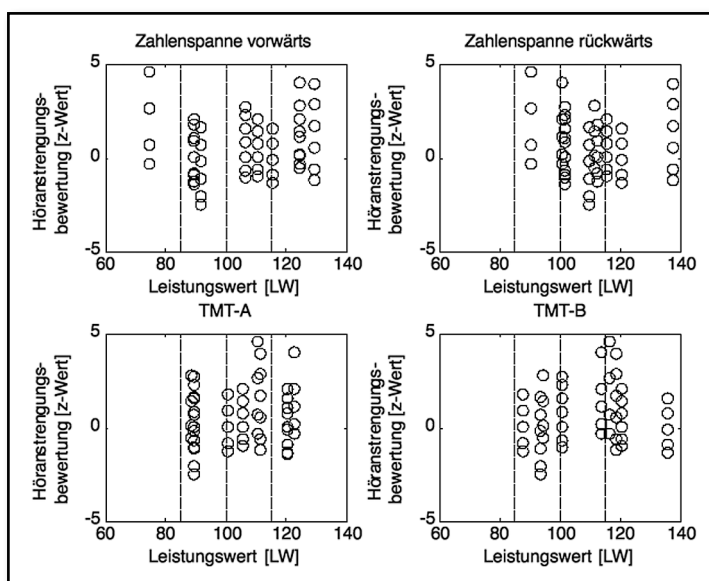


Abbildung 3.19: Höranstrengungsbewertungen in z-Werten der Normalhörenden in Abhängigkeit der Leistungswerte der vier kognitiven Tests über alle Alltagssituationen. Die gestrichelten Linien geben den Normbereich der Tests an.

kein Zusammenhang bzw. keine Tendenz zwischen den kognitiven Testergebnissen und den Höranstrengungsurteilen über alle Alltagssituationen besteht. Die Probanden mit niedrigen Leistungswerten haben ebenso hohe Höranstrengungsurteile abgegeben wie die Probanden mit hohen Leistungswerten.

Für die Schwerhörigen sind die Höranstrengungsbewertungen in Abhängigkeit von den Leistungswerten der kognitiven Tests über alle Alltagssituationen in Abbildung 3.20 dargestellt. Ebenfalls zeigt sich hier kein Trend, dass beispielsweise hohe Höranstrengungsurteile mit einer hohen oder niedrigen kognitiven Leistung in Zusammenhang gebracht werden können.

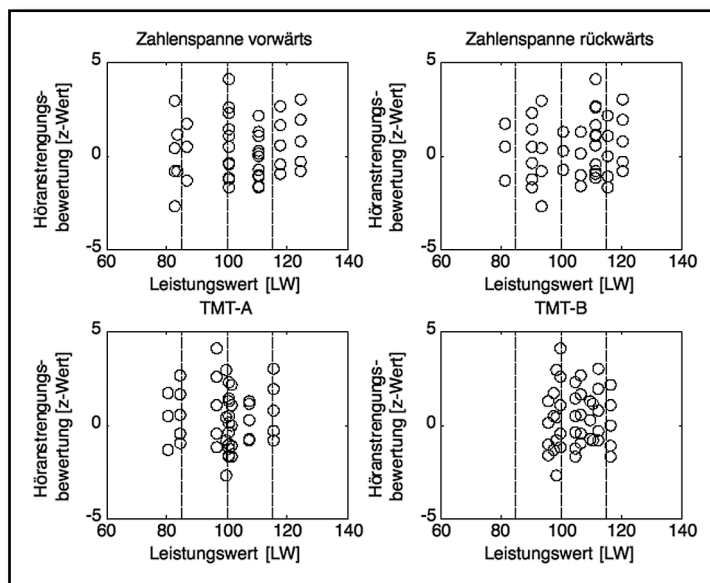


Abbildung 3.20: Höranstrengungsbewertungen in z-Werten der Schwerhörigen in Abhängigkeit der Leistungswerte der vier kognitiven Tests über alle Alltagssituationen. Die gestrichelten Linien geben den Normbereich der Tests an.

4. Diskussion

4.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie und der Vergleich mit den subjektiven Urteilen der Alltagssituationen

Die Erhebung der Daten mittels eines Fragebogens lieferte bereits erste Erkenntnisse über typische Alltagssituationen. Zwischen den Angaben der Normalhörenden und der Schwerhörigen zeigten sich im Fragebogen hinsichtlich des wöchentlichen Vorkommens und der Relevanz über alle 30 Situationen keine statistischen Unterschiede. Ebenfalls deckten sich die Fragebogenangaben relativ gut mit den relativen Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen und der Bewertungen der Wichtigkeit, die mit dem Aufnahmesystem getätigt wurden. Interessanterweise zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Höranstrengungsurteile zwischen den Normalhörenden und den Schwerhörigen in dem Fragebogen. Die Schwerhörigen haben im Fragebogen doppelt so viele Situationen im Median mit „deutlich anstrengend“ und „mittel anstrengend“ bewertet wie die Normalhörenden (vgl. Abbildung B.9 und Abbildung B.12). Zudem zeigten sich

Unterschiede der Normalhörenden und der Schwerhörigen zwischen den anstrengenden Alltagssituationen, die im Fragebogen zu Beginn der Studie ermittelt wurden, und den Daten, die mit dem Aufnahmesystem erhoben wurden (siehe Tabelle 3.5).

Im Fragebogen, der zu Beginn der Studie vorgelegt wurde, wurden bestimmte Situationen vorgeschlagen, die von den Probanden mit einer ihnen bekannten, erlebten Situation assoziiert wurden und dementsprechend das Urteil gefällt wurde. So repräsentieren die Fragebogenergebnisse ausschließlich die Situationen, an die der Proband während des Ausfüllens des Fragebogens dachte. Selbstständig im Alltag die Situationen zu bewerten, ist von weitreichenderen Faktoren abhängig. Es stellt sich die Frage, wie gut die Probanden den Begriff Höranstrengung und die entsprechende Skala auf ihre Alltagssituationen projizieren konnten. Werden die Urteile, die während der Testphase getätigt wurden, zwischen den Normalhörenden und den Schwerhörigen miteinander verglichen, tätigten die Normalhörenden wider Erwarten höhere Höranstrengungsurteile als die Schwerhörigen. Dahingehend könnte gemutmaßt werden, dass die Normalhörenden den Begriff und die Skala der Höranstrengung besser in ihrem Alltag anwenden konnten als die Schwerhörigen oder der Begriff und dessen Bedeutung den Schwerhörigen bis dato unbekannt war. Wiederum hielten sich die Probanden während der Testphase nicht unbedingt in Situationen (Bsp. „Bar/Tanzveranstaltung“) auf, die sie im Fragebogen mit einer hohen Anstrengung bewerteten. Zudem erfolgte die Analyse der anstrengendsten Situationen der Testphase anhand der Anzahl der Bewertungen, die vorgenommen wurden, gewichtet mit der Probandenanzahl, sodass insbesondere die Situationen mit entsprechend vielen Bewertungen und hoher Probandenanzahl an oberster Stelle stehen. Weiterhin werden plötzlich im Alltag bestimmte Situationen als anstrengend empfunden, die in einem Fragebogen nicht unmittelbar mit einer Höranstrengung assoziiert werden (Bsp. Hausarbeit oder Auto fahren), da bestimmte Faktoren (z. B. psychische und physische Faktoren sowie akustische Eigenschaften des Signals) zu diesem besonderem Zeitpunkt die Perzeption auslösen.

In dem Vergleich der Interviewergebnisse und der Antworten der nachträglichen Befragung hinsichtlich des wöchentlichen Vorkommens zeigte sich, dass die Alltagssituationen in der nachträglichen Befragung in der Woche bzw. am Tag häufiger vorkommen, als im Fragebogen angegeben wurde. Es stellt sich die Frage, ob die Probanden präzisere, verlässlichere Antworten geben, wenn sie in einem definierten Zeitraum ihren Alltag hinsichtlich ihrer persönlichen Hörerfahrungen bewerten sollen und bedingt dadurch ihren Alltag bewusster wahrnehmen. Zu erwähnen ist jedoch, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der Erhebung der Daten mit dem Fragebogen und der Daten der nachträglichen Befragung vorliegen. Die Differenzen unterscheiden sich vor allem dahingehend, ob das Ereignis einmal am Tag oder vier- bis sechsmal in der Woche stattfindet.

4.2 Häufigkeit und subjektive Urteile der Alltagssituationen

Die Schwerhörigen haben sich während der Testphase am häufigsten mit einer Person unterhalten und Fernsehen geschaut. Da Unterhaltungen mit einer Person weniger komplex und anspruchsvoll sind als Unterhaltungen mit mehreren Personen sowie die Lautstärke des Fernsehprogramms selbstständig reguliert werden kann, lässt sich die Frage formulieren, ob eine Schwerhörigkeit zu einer Umgehung komplexer, anspruchsvoller Sprach- bzw. Alltagssituationen führen kann. Die relativen Häufigkeiten gesellschaftlicher Alltagssituationen oder schwieriger Sprachsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen verdeutlichen, dass die Schwerhörigen diese Situationen nicht mieden, sondern sich wie die Normalhörenden ebenfalls in komplexen Hörsituationen aufhielten. So haben beispielsweise die Schwerhörigen in der Testphase öfter bzw. länger telefoniert und mehr Zeit in einem Restaurant/Café verbracht als die Normalhörenden. Geburtstage, der Einkaufsbummel und der Einkauf im Supermarkt kamen bei den Schwerhörigen seltener vor als bei den Normalhörenden, doch wurden diese Situationen nicht gemieden. Allerdings waren die Schwerhörigen während der Testphase nicht im Theater, auf einem Musikkonzert oder in einer Besprechung, wie es bei den älteren Normalhörenden der Fall war. Bedingt durch die kurze Tragedauer ergab sich für die Schwerhörigen nicht die Gelegenheit, Zeit in diesen Situationen zu verbringen, oder aber diese Situationen wurden aufgrund der Hörminderung umgangen.

Deutlich wird mit der Beurteilung der Alltagssituationen hinsichtlich der Wichtigkeit, dass für die Normalhörenden und die Schwerhörigen Sprachsituationen eine hohe Priorität haben, vor allem Telefongespräche und Gespräche im Haushalt mit einer und mehreren Personen. Insgesamt kamen mit über 50 % Alltagssituationen in beiden Probandengruppen vor, in denen gesprochen wurde. In anderen Studien, die eine ähnliche Untersuchung durchführten, wurde dies ebenfalls festgestellt (Jensen & Nielsen, 2006; Wagener et al., 2008). Zudem ist das Hören in Situationen, in denen es um die eigene Sicherheit und die Sicherheit von anderen geht (z. B. Auto fahren, zu Fuß unterwegs) sowie die Qualität des Hörereignisses (z. B. Musikkonzert, Fernsehen) vor allem für die Schwerhörigen besonders wichtig. Interessanterweise können die hörrelevanten Alltagssituationen für die Normalhörenden und die Schwerhörigen zugleich anstrengende Hörsituationen sein. Um in einer hörrelevanten Situation alles hören/verstehen zu können, sollten optimale akustische Bedingungen vorherrschen. Sobald Störgeräusche, zu laute, als unangenehm empfundene Signale oder eine Hörminderung die hörrelevanten Signale beeinträchtigen, wird eine höhere Konzentration vorausgesetzt, welche wiederum als anstrengend empfunden werden kann.

Beispielsweise ist das Fernsehen für die Schwerhörigen eine wichtige und häufige Tätigkeit, die wiederum in manchen Situationen mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurde. So kann die Lautstärke in Spielfilmen sehr stark schwanken: Musikunterlegte Passagen sind sehr laut und Dialoge wiederum relativ leise. Des Weiteren haben die Schwerhörigen

oftmals nicht die Möglichkeit oder die notwendigen Kenntnisse, den Frequenzgang des Gerätes anzupassen. Diese Hürden und die unterschiedlichen akustischen Bedingungen in Sprachsituationen sowie im Straßenverkehr sollten von den Hörgeräteherstellern optimal gelöst werden, damit die auditorische Wahrnehmung der Schwerhörigen bestmöglich rehabilitiert wird. Wagener et al. (2008) stellten zudem fest, dass ca. 50 % des Tages Situationen ohne Sprachanteile bei Schwerhörigen vorkommen und diese eine wichtige Rolle spielen. Laut Wagener et al. (2008) sollten ebenfalls optimale Verstärkungseinstellungen der Hörgeräte in Nicht-Sprachsituationen vorliegen. In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass der Anteil der Situationen ohne Sprache bei den Schwerhörigen lediglich bei 13 % mit einer durchschnittlichen Tragezeit von acht Stunden am Tag und zu unterschiedlichen Tageszeiten beträgt. Überdies wurden diese Situationen überwiegend mit „unwichtig“ eingestuft, sodass die Schwerpunkte in erster Linie bei Sprachsituationen und TV/Radio-Situationen liegen. Jedoch sollte der Komfort mit Hörgeräten auch in Situationen ohne Sprache für Schwerhörige möglichst optimal sein. Der Alltag der Probanden wurde mit dem Tragen des Aufnahmesystems von mindestens acht Stunden am Tag repräsentativer abgebildet als in der Studie von Wagener et al. (2008), in der die Probanden selbstständig kleine Aufnahmen ihres Alltages tätigen sollten.

Der Alltag ist komplex und vielfältig, und es besteht Bedarf, den Alltag möglichst präzise mit objektiven und subjektiven Parametern zu charakterisieren. Die begrenzte Probandenanzahl der Studie kann nicht als repräsentativ für die generelle Bevölkerung der jungen und älteren Normalhörenden und der leicht- bis mittelgradig Schwerhörigen angesehen werden. Des Weiteren sind die jungen Normalhörenden nicht repräsentativ, da lediglich Studenten teilgenommen haben. Die Schwerhörigen und die älteren Normalhörenden haben sich freiwillig zu der Teilnahme an der Studie entschieden und bestanden aus einem besonders aktiven, aufgeschlossenen Personenkreis. In zukünftigen Untersuchungen des Forschungsschwerpunktes „Hören im Alltag in Oldenburg (HALLO)“ soll die Probandenanzahl erhöht werden. So würden sich die empirischen Daten vermutlich mit der Erhöhung der Probandenanzahl ändern. Beispielsweise fuhr ein älterer normalhörender Proband mit dem Aufnahmesystem für eine längere Zeit Auto, welches sich überdurchschnittlich auf die relative Häufigkeitsverteilung der älteren Normalhörenden auswirkte (siehe Abbildung B.14 im Anhang). Weiterhin wäre es interessant, zu sehen, welche Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten sich ergeben, wenn die Untersuchung mit anderen Probandengruppen (z. B. Hörgeräteträgern) durchgeführt werden würde.

4.3 Charakterisierung der Situationen mit objektiven Größen und der Zusammenhang mit den subjektiven Größen

Mit der Analyse der Alltagssituationen anhand der gemittelten Gesamt-RMS-Pegel und der Standardabweichungen lassen sich die Situationen nicht eindeutig charakterisieren. Es besteht die Notwendigkeit, weitere physikalische Größen zur Beschreibung der Situa-

tionen heranzuziehen. Dies könnte wiederum bewirken, dass die Korrelationen zwischen den subjektiven Größen und den neuen objektiven Maßen ansteigen. Morimoto et al. (2004) und Schulte et al. (2008) konnten zeigen, dass Zusammenhänge zwischen der Höranstrengung und der Nachhallzeit, dem Speech-Transmission-Index (STI) und dem SNR vorliegen.

Hinsichtlich der gemittelten Gesamt-RMS-Pegel und der subjektiven Größen konnte lediglich für einzelne Probanden ein Zusammenhang gezeigt werden. In der jeweiligen Gruppe schwinden trotz Normierung die Zusammenhänge. Zum einen scheint der individuelle Bezugsrahmen der Probanden hinsichtlich der Alltagsgeräusche sehr verschieden zu sein. Zum anderen konnte lediglich für die Lautheit eine höhere Probandanzahl die alltäglichen Hörsituationen in Verbindung mit ihrer Wahrnehmung bringen, sodass die Validität der Kategorienunterteilungen der drei anderen subjektiven Größen für die Beurteilung von Alltagsgeräuschen überprüft werden sollte. So könnten die Kategorien von sieben auf fünf reduziert werden, um die Differenzierung zwischen den einzelnen Merkmalsausprägungen für die Probanden zu erleichtern. Eine Validität der subjektiven Größen untereinander für die Alltagssituationen ist gegeben, da sich signifikante lineare Zusammenhänge in beiden Probandengruppen zeigen (siehe Abbildung 3.18). Zudem werden der Kommunikationserfolg, die Hörbeanspruchung und die Befindlichkeit der Probanden mit der Auswahl der subjektiven Größen weitestgehend abgedeckt.

Neben der spektralen Analyse wurden für einzelne Frequenzbänder die relativen Häufigkeitsverteilungen der RMS-Pegel berechnet, um die Situationen in Sprach- und Nicht-Sprachsituationen zu klassifizieren. Die Klassifikation sowie die Charakterisierung der Situationen anhand der RMS-Pegel sind unter anderem stark von der Verlässlichkeit der Probandenangaben abhängig. Es wäre möglich, anhand des Hörgeräteklassifikationsalgorithmus, welcher die Alltagssituationen nach Sprache, Sprache im Störgeräusch, Störgeräusch und Musik unterschieden hat, nachträglich die Alltagssituationen anhand der vier Schallklassen eindeutiger einzugrenzen. Die objektiv klassifizierten Situationen könnten Aufschluss darüber geben, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass der Proband eine falsche oder unpräzise Antwort gegeben hat. Dieses Ergebnis könnte in Zusammenhang mit dem Ergebnis des kognitiven Tests gesetzt werden, um in zukünftigen Studien zu Beginn festzustellen, ob der Proband geeignet ist oder nicht. Jedoch wurde diese Analyse in der vorliegenden Studie nicht näher betrachtet, da zunächst eine Evaluation des Hörgeräteklassifikationsalgorithmus durchgeführt werden müsste.

Mit der Regressionsanalyse wird deutlich, dass das Frequenzband der Mittenfrequenz von 490,5 Hz den größten, hochsignifikanten Einfluss auf die Lautheits- und Höranstrengungsurteile der Normalhörenden und der Schwerhörigen hat. Somit sind die Höranstrengungsurteile und die Lautheitsurteile positiv linear voneinander abhängig. Erwartet wurde, dass ein Frequenzband der Sprachverständlichkeitsempfindung die Höranstrengungsurteile am stärksten beeinflusst, welches jedoch mit der Regressionsanalyse nicht aufgezeigt

werden konnte. Gleichwohl besteht ein linearer, signifikanter Zusammenhang zwischen den Sprachverständlichkeitsbewertungen und den Höranstrengungsurteilen, welches mit der Korrelation der subjektiven Größen untereinander in Abbildung 3.18 gezeigt werden konnte. Der Regressionskoeffizient in dem Frequenzband der Mittenfrequenz von 490,5 Hz ist bei den Normalhörenden höher als bei den Schwerhörigen. Die Normalhörenden gaben in diesem Frequenzband mit 2,6 % höhere Höranstrengungsurteile ab als die Schwerhörigen. Werden die Lautheits- und Höranstrengungsurteile der Normalhörenden und der Schwerhörigen für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“ in Abhängigkeit von den gemittelten RMS-Pegeln des Frequenzbandes von 490,5 Hz aufgetragen, erhöhen sich die Korrelationskoeffizienten leicht (außer für die Lautheit bei den Schwerhörigen, siehe Tabelle B.2). Jedoch ist der Zusammenhang zwischen den subjektiven Urteilen und den objektiven Größen stets sehr schwach.

Die Modellgüte der Regressionsanalyse ist für die subjektiven Größen Angenehmheit und Sprachverständlichkeit der Schwerhörigen nicht hinreichend, welches verdeutlicht, dass die Skalen modifiziert werden sollten oder der Einsatz von weiteren objektiven Maßen zur Charakterisierung der Alltagssituationen notwendig ist.

5. Fazit

In der Studie wurden typische Alltagssituationen von Normalhörenden und leicht- bis mittelgradig Schwerhörigen erfasst und diese mit objektiven und subjektiven Größen näher charakterisiert. Ein Viertel der Tragezeit des Messsystems verbrachten die Schwerhörigen vor dem Fernseher. Es liegt die Vermutung nahe, dass durch die Hörminderung komplexe, anspruchsvolle Sprach- bzw. Alltagssituationen im Störgeräusch gemieden werden. Die relativen Häufigkeiten schwieriger Alltagssituationen (z. B. Restaurantbesuch) verdeutlichen, dass die Schwerhörigen diese Situationen nicht gemieden haben, sondern sich mindestens gleich häufig in den komplexen Hörsituationen aufhielten wie die Normalhörenden. Insgesamt kamen in beiden Probandengruppen über 50 % Sprachsituationen vor, in denen es besonders wichtig ist, gut zu hören. Zudem sind die Situationen, in denen es um die eigene Sicherheit oder die Sicherheit von anderen geht, z. B. Auto fahren, wichtige Hörsituationen. Den Schwerhörigen ist es vor allem wichtig, TV-Sendungen gut zu hören und zu verstehen.

Anhand der Mittelwerte der RMS-Pegel lassen sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Alltagssituationen erkennen, jedoch sind die Pegelvariationen relativ hoch. Dabei spielt es keine wesentliche Rolle, ob in den Situationen Sprache oder keine Sprache enthalten ist. Der Alltag der Probanden ist hinsichtlich der vorkommenden Schalldruckpegel sehr unterschiedlich. So lassen sich die Alltagssituationen mittels der RMS-Pegel nicht eindeutig charakterisieren, sodass die Bestimmung weiterer objektiver Maße notwendig wird (z. B. SNR, Nachhallzeit). Mit der Berechnung der objektiven Größen und einer resultie-

renden Analyse der Alltagssituationen in Hörgeräten könnten die Hörgerätealgorithmen idealer an die jeweiligen Alltagssituationen angepasst werden. Zudem könnten mittels der Charakterisierung der Alltagssituationen Sprachverständlichkeitstests in Zukunft mit realistischeren Testsignalen durchgeführt werden.

Mit der Bestimmung der relativen Häufigkeitsverteilungen der Schalldruckpegel in definierten Frequenzbändern lässt sich erkennen, ob in der Situation Sprache oder keine Sprache enthalten ist. Jedoch können erst allgemeingültigere Aussagen getroffen werden, wenn empirische Daten einer repräsentativen Stichprobe erhoben wurden. Mit der Gewinnung von eindeutigeren Ergebnissen über die verschiedenen subjektiven Wahrnehmungen in den Alltagssituationen könnten in Zukunft Klassifikationsalgorithmen entwickelt werden, die zwischen den subjektiven Wahrnehmungen in den jeweiligen Situationen unterscheiden können. Dies ermöglicht es wiederum, psychoakustische Modelle weiterzuentwickeln, die z. B. die subjektive Wahrnehmung in der jeweiligen Alltagssituation vorhersagen.

Für die subjektiven Bewertungen in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln über alle Alltagssituationen ist lediglich für einzelne Probanden ein signifikanter linearer Zusammenhang festzustellen. Für die Urteile aller Probanden in Abhängigkeit von den Gesamt-RMS-Pegeln für einzelne Alltagssituationen gehen die Korrelationen gegen null. Es wird deutlich, dass der Alltag extrem vielfältig ist und individuelle psychische und physische Faktoren mit in die Bewertung der Alltagssituationen einfließen. Der individuelle Bezugsrahmen für Alltagssituationen mit den dargebotenen Kategorienskalen ist nur bedingt gegeben. Für zukünftige Studien sollten die Kategorienskalen modifiziert werden, indem die Bezeichnungen abgeändert und die Anzahl der Kategorien reduziert werden. Der Einfluss der psychischen Faktoren könnte überprüft werden, indem bei Darbietung der Alltagssignale im Labor ein zugehöriges Video abgespielt wird. Mit kognitiven Tests und Fragebögen könnte ein Vergleich zwischen den Testbedingungen mit/ohne Video durchgeführt werden und psychische Faktoren könnten abgeleitet werden.

Mit den Spektrogrammen bestimmter Alltagssituationen wird eine Tendenz darüber erhalten, in welchen Frequenzbändern und mit welcher Höhe des Schalldruckpegels die subjektiven Wahrnehmungen ausgelöst werden. Beispielsweise wurden Situationen, in denen zu Beginn in allen Frequenzbändern niedrige Schalldruckpegel auftraten und plötzlich ein langandauernder, hoher Schalldruckpegel bis in die hohen Frequenzbänder vorkam, mit anstrengend, eher unangenehm und laut bewertet. In Zukunft könnten Labormessungen durchgeführt werden, die den Einfluss z. B. des On- und Offsets von Sprache und von Störgeräuschen sowie die Zeitdauer der Störsignale und die tonalen Anteile eines breitbandigen Signals auf die Höranstrengung untersuchen. So könnte der Schallexpositionspiegel bestimmt werden, welcher über einen Beobachtungszeitraum den einwirkenden Lärmgehalt berechnet. Weiterhin könnte der Einfluss der Klanghaftigkeit eines Signals auf das Lautheitsempfinden und die Höranstrengung unter Berücksichti-

gung der tonalen und rauschhaften Anteile, des Leistungsdichtespektrums und der Verdeckungseffekte untersucht werden.

Mit der Regressionsanalyse wird deutlich, dass die Lautheits- und die Höranstrengungsurteile vom gleichen tieffrequenten Frequenzband signifikant beeinflusst werden. So ist die Höranstrengung unmittelbar mit der Lautheit positiv korreliert.

Grundsätzlich lässt sich mit der Erhebung der Daten und deren subjektiven und objektiven Analyse nur ein Teil des Alltages erklären, welches wiederum verdeutlicht, wie komplex, vielfältig und unterschiedlich der Alltag sein kann, und dass in Zukunft weitere verbesserte Methoden zum Einsatz kommen sollten.

6. Anhang A: Methoden

6.1 Tonaudiogramm der Normalhörenden

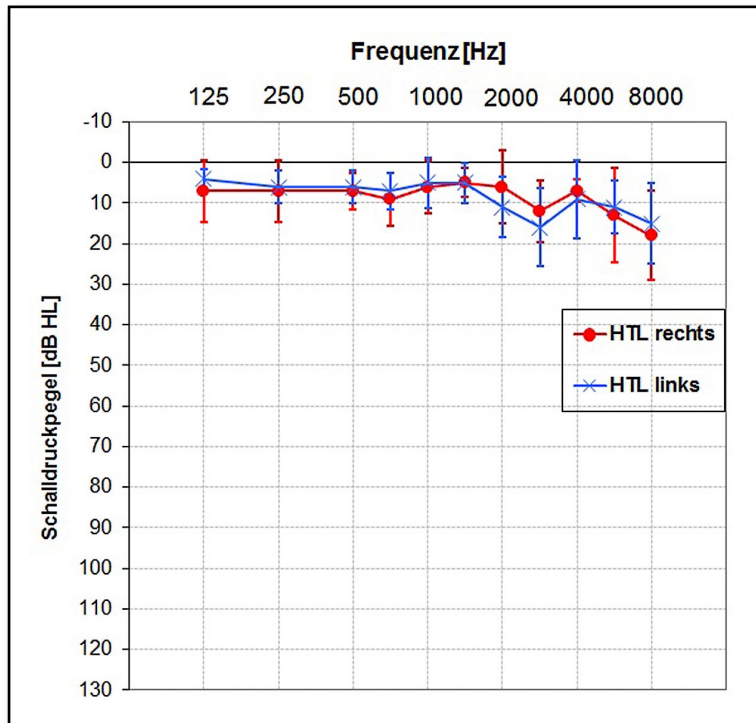


Abbildung A.1: Gemitteltetes Tonaudiogramm der fünf älteren Normalhörenden. Zu sehen sind die gemittelte linke Ohrseite [dB HL] (blau) einschließlich der Standardabweichungen und die gemittelte rechte Ohrseite [dB HL] (rot) einschließlich der Standardabweichungen.

6.2 Ergebnisse des Göttinger Satztests

| Normalhörende | | Schwerhörige | |
|--|-----------------|--|-----------------|
| Versuchsperson | L50 [dB SNR] | Versuchsperson | L50 [dB SNR] |
| VP1 | -4,3 | VP1 | -1,7 |
| VP2 | -4,3 | VP2 | -2,2 |
| VP3 | -4,5 | VP3 | -1,3 |
| VP4 | -4,1 | VP4 | -2,2 |
| VP5 | -3,3 | VP5 | -2,4 |
| VP6 | -4,7 | VP6 | -2,4 |
| VP7 | -5,2 | VP7 | -2,5 |
| VP8 | -4,8 | VP8 | -2,2 |
| VP9 | -5,1 | VP9 | 2,5 |
| VP10 | -4,6 | VP10 | -2,4 |
| Mittelwert und Standardabweichung | -4,5±0,5 | Mittelwert und Standardabweichung | -1,7±1,4 |

Tabelle A.1: Sprachpegel in dB SNR bei einer Sprachverständlichkeit von 50 % mit dem Göttinger Satztest im Freifeld der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder sind die Testergebnisse der fünf jungen Normalhörenden.

6.3 Ergebnisse der kognitiven Tests

| Normalhörende | | | Schwerhörige | | |
|--|---------------|---------------|--|---------------|--------------|
| Versuchsperson | TMT-A [LW] | TMT-B [LW] | Versuchsperson | TMT-A [LW] | TMT-B [LW] |
| VP1 | 106 | 121 | VP1 | 101 | 105 |
| VP2 | 123 | 114 | VP2 | 100 | 99 |
| VP3 | 89 | 95 | VP3 | 97 | 100 |
| VP4 | 112 | 119 | VP4 | 85 | 107 |
| VP5 | 111 | 117 | VP5 | 102 | 117 |
| VP6 | 101 | 88 | VP6 | 81 | 98 |
| VP7 | 90 | 101 | VP7 | 108 | 111 |
| VP8 | 90 | 94 | VP8 | 116 | 113 |
| (VP9) | (121) | (136) | VP9 | 108 | 110 |
| (VP10) | (121) | (144) | VP10 | 101 | 96 |
| Mittelwert und Standardabweichung | 103±12 | 106±12 | Mittelwert und Standardabweichung | 100±10 | 106±7 |

Tabelle A.2: Ergebnisse des Trail-Making-Tests (TMT) A/B der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder repräsentieren die Ergebnisse der fünf jungen Normalhörenden. Die Ergebnisse der Probanden (VP9 und VP10) wurden bei der Mittelung nicht berücksichtigt, da diese den Test zum zweiten Mal durchführten und dadurch überdurchschnittliche Leistungen erzielten.

| Normalhörende | | | Schwerhörige | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| Versuchsperson | Zahlenspanne vorwärts [LW] | Zahlenspanne rückwärts [LW] | Versuchsperson | Zahlenspanne vorwärts [LW] | Zahlenspanne rückwärts [LW] |
| VP1 | 111 | 116 | VP1 | 101 | 91 |
| VP2 | 125 | 101 | VP2 | 83 | 94 |
| VP3 | 125 | 112 | VP3 | 101 | 112 |
| VP4 | 130 | 138 | VP4 | 118 | 112 |
| VP5 | 75 | 91 | VP5 | 111 | 116 |
| VP6 | 90 | 113 | VP6 | 87 | 82 |
| VP7 | 92 | 110 | VP7 | 84 | 112 |
| VP8 | 107 | 102 | VP8 | 125 | 121 |
| VP9 | 116 | 121 | VP9 | 111 | 101 |
| VP10 | 90 | 102 | VP10 | 111 | 107 |
| Mittelwert und Standardabweichung | 106±18 | 111±12 | Mittelwert und Standardabweichung | 103±14 | 105±12 |

Tabelle A.3: Ergebnisse des Zahlenspanne-Tests vorwärts/rückwärts der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder repräsentieren die Ergebnisse der fünf jungen Normalhörenden.

6.4 Fragebogen zu Beginn der Studie

Persönliche Daten

Name, Vorname: _____

Anschrift: _____

Telefonnummer: _____

Geburtsdatum: _____

Wie viele Personen (einschließlich Ihnen) wohnen in Ihrem Haushalt? _____

Berufstätigkeit: _____

Wohnort:

| | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Stadt | <input type="checkbox"/> Land |
| <input type="checkbox"/> Hauptverkehrsstraßen/ lautere Gegend | <input type="checkbox"/> Ruhige Gegend |

Befragung alltägliche Hörsituationen

Bitte kreuzen Sie die Situationen/Tätigkeiten an, die Sie im Alltag ausüben:

| | Auswahl |
|---|--------------------------|
| Hausarbeit | <input type="checkbox"/> |
| Gespräch mit Familienangehörigen/Mitbewohnern | <input type="checkbox"/> |
| Ausruhen | <input type="checkbox"/> |
| Garten/Terrasse/Balkon | <input type="checkbox"/> |
| Lebensmittel einkaufen | <input type="checkbox"/> |
| Fernsehen | <input type="checkbox"/> |
| Radio hören | <input type="checkbox"/> |
| Zeitung/Buch lesen | <input type="checkbox"/> |
| Telefongespräch | <input type="checkbox"/> |
| Computer | <input type="checkbox"/> |
| Musik hören | <input type="checkbox"/> |
| Auto fahren | <input type="checkbox"/> |

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Bus fahren | <input type="checkbox"/> |
| Bahn fahren | <input type="checkbox"/> |
| Fahrrad fahren | <input type="checkbox"/> |
| Spazieren gehen | <input type="checkbox"/> |
| Sport | <input type="checkbox"/> |
| Theaterbesuch | <input type="checkbox"/> |
| Musikkonzert | <input type="checkbox"/> |
| Restaurant | <input type="checkbox"/> |
| Bar/Tanzveranstaltung | <input type="checkbox"/> |
| Vortrag | <input type="checkbox"/> |
| Einkaufsbummel (Shopping) | <input type="checkbox"/> |
| Freunde/Nachbarn besuchen/einladen | <input type="checkbox"/> |
| Geburtstage/Feier | <input type="checkbox"/> |
| Kirche (Gottesdienst) | <input type="checkbox"/> |
| Arbeitsplatz | <input type="checkbox"/> |
| Besprechung | <input type="checkbox"/> |
| Seminar | <input type="checkbox"/> |
| Kantine/Mensa | <input type="checkbox"/> |

Falls es weitere Situationen gibt, die in Frage 1 nicht auflistet sind, bitte hier eintragen:

Wie anstrengend ist das Hören in der Situation? Bitte bewerten Sie die Hörsituationen von „extrem anstrengend bis gar nicht“:

| | Extrem anstrengend | Sehr anstrengend | Deutlich anstrengend | Mittel | Wenig anstrengend | Sehr wenig anstrengend | Gar nicht |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Hausarbeit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Gespräch mit Familienangehörigen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausruhen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Garten/Terrasse/Balkon | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lebensmittel einkaufen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fernsehen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Radio | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zeitung/Buch lesen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Telefongespräch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Musik hören | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bus fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bahn fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fahrrad fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Spazieren gehen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sport | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Theaterbesuch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Musikkonzert | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Restaurant | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bar/Tanzveranstaltung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vortrag | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Einkaufsbummel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Freunde/Nachbarn | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Geburtstage/Feier | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kirche (Gottesdienst) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Arbeitsplatz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Besprechung (Meeting) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Seminar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kantine/Mensa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Wie wichtig ist es, in der Situation gut zu hören? Bitte bewerten Sie die Situationen von „sehr wichtig bis sehr unwichtig“:

| | Sehr wichtig | Wichtig | Eher wichtig | Mittel | Eher unwichtig | Unwichtig | Sehr unwichtig |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Hausarbeit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Gespräch mit Familienangehörigen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausruhen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Garten/Terrasse/Balkon | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lebensmittel einkaufen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fernsehen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Radio | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zeitung/Buch lesen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Telefongespräch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Computer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Musik hören | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bus fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bahn fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fahrrad fahren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Spazieren gehen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sport | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Theaterbesuch | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Musikkonzert | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Restaurant | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bar/Tanzveranstaltung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vortrag | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Einkaufsbummel | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Freunde/Nachbarn | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Geburtstage/Feier | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kirche (Gottesdienst) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Arbeitsplatz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Besprechung (Meeting) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Seminar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Kantine/Mensa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6.5 Das Fragebogenprogramm

| In welcher Situation befinden Sie sich? | |
|--|---|
| zu Hause/Haushalt | <input type="checkbox"/> Hausarbeit |
| | <input type="checkbox"/> Essen |
| | <input type="checkbox"/> Ausruhen |
| | <input type="checkbox"/> Gespräch mit Angehörigen |
| | <input type="checkbox"/> Garten/Terasse/Balkon |
| | <input type="checkbox"/> Telefongespräch |
| | <input type="checkbox"/> Einkaufen |
| Unterwegs | <input type="checkbox"/> Auto fahren |
| | <input type="checkbox"/> Bushaltestelle |
| | <input type="checkbox"/> Bus fahren |
| | <input type="checkbox"/> Bahnhof |
| | <input type="checkbox"/> Bahn fahren |
| | <input type="checkbox"/> Fahrrad fahren |
| | <input type="checkbox"/> zu Fuß/spazieren gehen |
| Freizeit | <input type="checkbox"/> Sport |
| | <input type="checkbox"/> Restaurant |
| | <input type="checkbox"/> Theaterbesuch |
| | <input type="checkbox"/> Musikkonzert |
| | <input type="checkbox"/> Bar/Tanzveranstaltung |
| | <input type="checkbox"/> Vortrag |
| | <input type="checkbox"/> Einkaufsbummel |
| Gesellschaft | <input type="checkbox"/> jmd. besuchen/einladen |
| | <input type="checkbox"/> Geburtstag/Feier |
| | <input type="checkbox"/> Kirche (Gottesdienst) |
| Arbeit | <input type="checkbox"/> Arbeitsplatz |
| | <input type="checkbox"/> Telefongespräch |
| | <input type="checkbox"/> Besprechung |
| | <input type="checkbox"/> Seminar |
| | <input type="checkbox"/> Vortrag |
| | <input type="checkbox"/> Kantine/Mensa |
| | <input type="checkbox"/> Restaurant |
| | <input type="checkbox"/> Kaffeeküche |
| Keine Situation trifft zu | Beschreibung der Situation: |

Gleichzeitig nutze ich:

- Fernsehen
- Radio
- Zeitung/Buch lesen
- Musik
- Computer
- Handy
- Nichts

Sprachverstehen

- Alles
- Fast alles
- Viel
- Mittel
- Wenig
- Sehr wenig
- Gar nichts
- Kein Gespräch

Wie viele Personen und wer sind am Gespräch/Hören von Sprache beteiligt?

- 1 Person
- Mehr als 1 Person
- Sprecher vom Radio/Fernsehen
- Lautsprecherdurchsage

Lautstärke der Gesamtsituation

- Extrem laut
- Sehr laut
- Laut
- Mittel
- Leise
- Sehr leise
- Nicht gehört

Höranstrengung

- Extrem anstrengend
- Sehr anstrengend
- Deutlich anstrengend
- Mittel
- Wenig anstrengend
- Sehr wenig anstrengend
- Gar nicht

Angenehmheit der Geräusche/Klänge

- Sehr angenehm
- Angenehm
- Eher angenehm
- Mittel
- Eher unangenehm
- Unangenehm
- Sehr unangenehm

Wie wichtig ist es, in der Situation gut zu hören?

- Sehr wichtig
- Wichtig
- Eher wichtig
- Mittel
- Eher unwichtig
- Unwichtig
- Sehr unwichtig

Um wie viel Minuten liegt das bewertete Ereignis zurück?

- ≤ 1
- 5
- 10
- 15
- 20
- 30
- > 30

6.6 Bark-Mittenfrequenzen

| Bark-Band | Mittenfrequenz [Hz] |
|-----------|---------------------|
| 1 | 160 |
| 2 | 320 |
| 3 | 480 |
| 4 | 640 |
| 5 | 800 |
| 6 | 960 |
| 7 | 1120 |
| 8 | 1280 |
| 9 | 1520 |
| 10 | 1840 |
| 11 | 2160 |
| 12 | 2480 |
| 13 | 2880 |
| 14 | 3360 |
| 15 | 3920 |
| 16 | 4640 |
| 17 | 5520 |
| 18 | 6560 |
| 19 | 7840 |
| 20 | 9360 |

Tabelle A.4: Bark-Mittenfrequenzen der 20 Bark-Bänder, die in den Hörgeräten verwendet werden.

6.7 Korrekturwerte des breitbandigen RMS-Pegels

| Bark-Band | Korrekturwert [dB] |
|-----------|--------------------|
| 1 | 2,7 |
| 2 | 0,0 |
| 3 | 1,1 |
| 4 | 0,9 |
| 5 | 0,9 |
| 6 | 0,4 |
| 7 | 0,5 |
| 8 | 1,2 |
| 9 | 2,0 |
| 10 | 2,8 |
| 11 | 2,9 |
| 12 | 2,9 |
| 13 | 1,4 |
| 14 | 1,7 |
| 15 | 1,9 |
| 16 | 0,0 |
| 17 | 0,5 |
| 18 | 1,0 |
| 19 | 1,3 |
| 20 | 0,0 |

Tabelle A.5: Korrekturwerte zur Bestimmung des breitbandigen RMS-Pegels. Die Werte wurden zu den einzelnen frequenzabhängigen Bark-Bändern addiert.

7. Anhang B: Ergebnisse

7.1 Fragebogenergebnisse zu Beginn der Studie

7.1.1 Wöchentliches Vorkommen

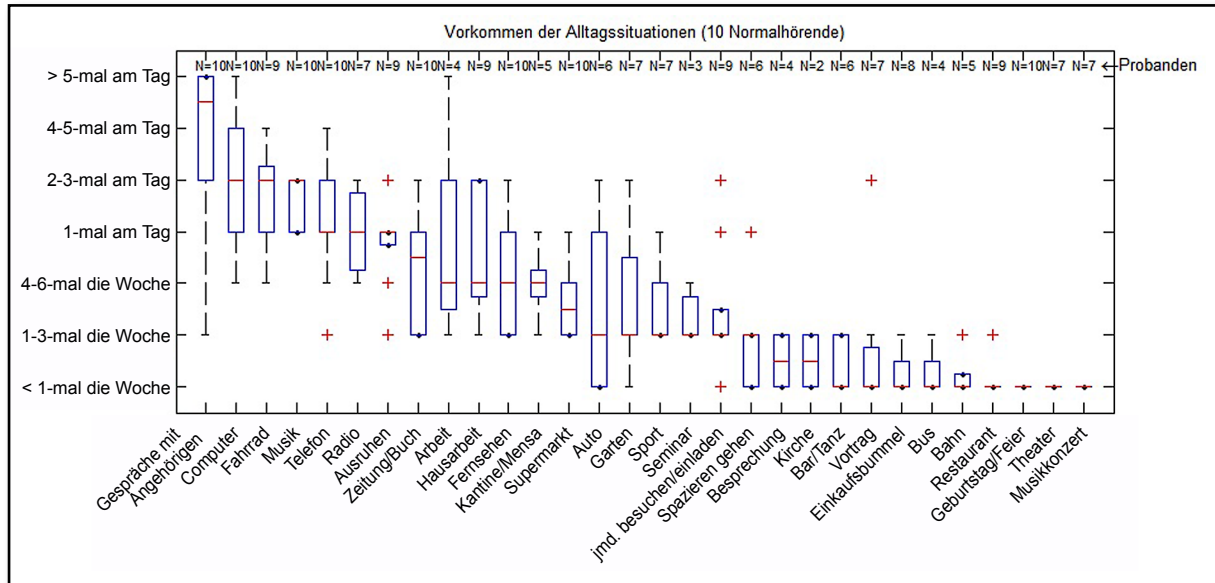


Abbildung B.1: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden.

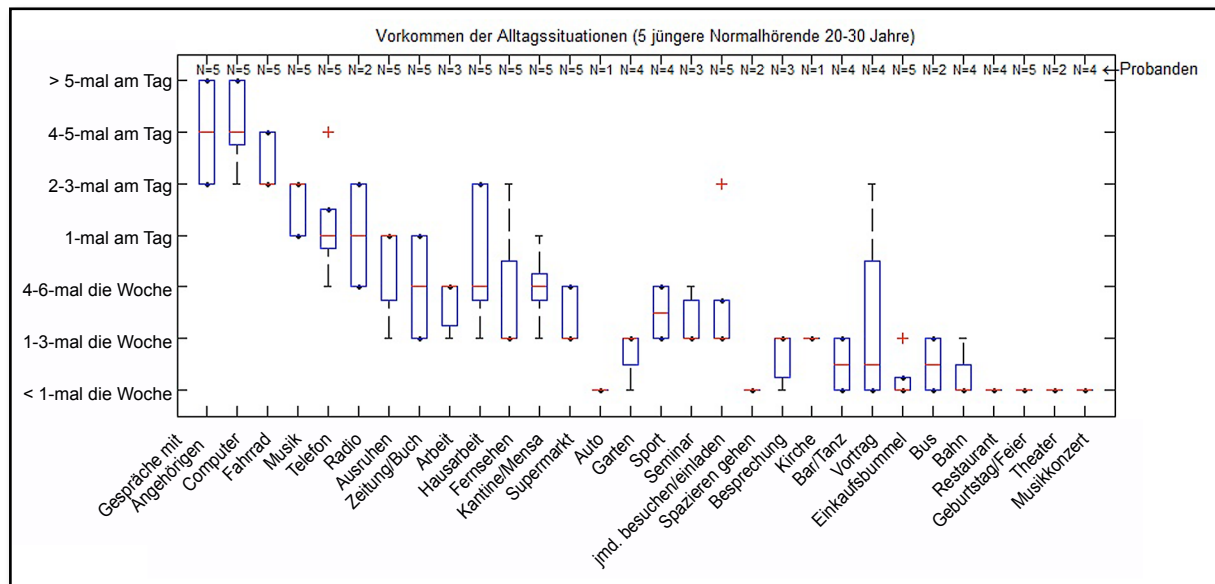


Abbildung B.2: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jüngeren normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre).

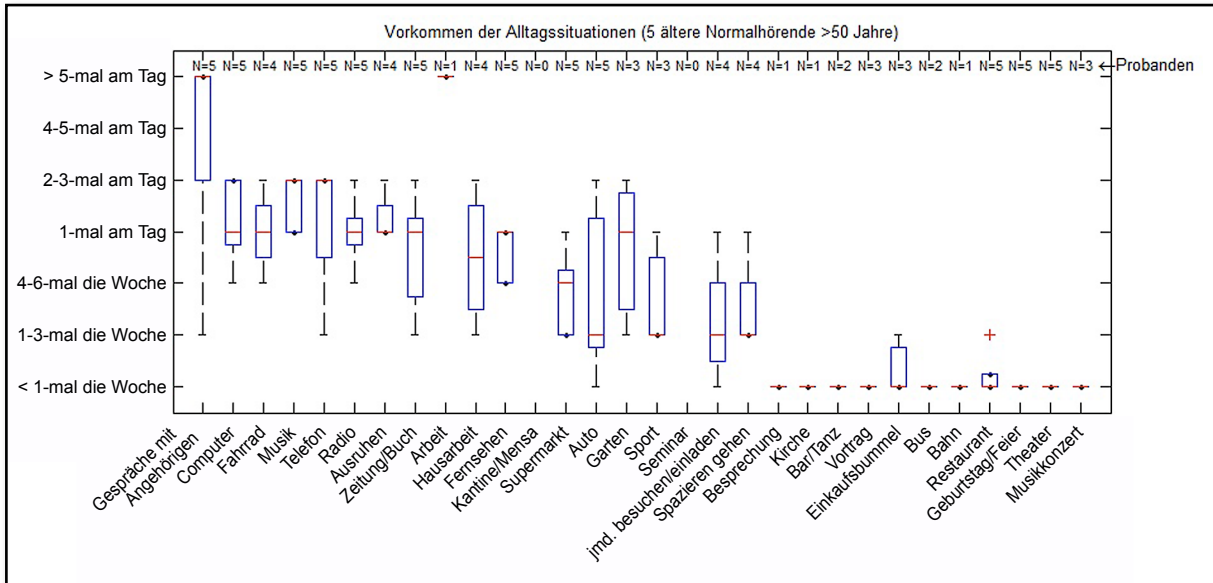


Abbildung B.3: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre).

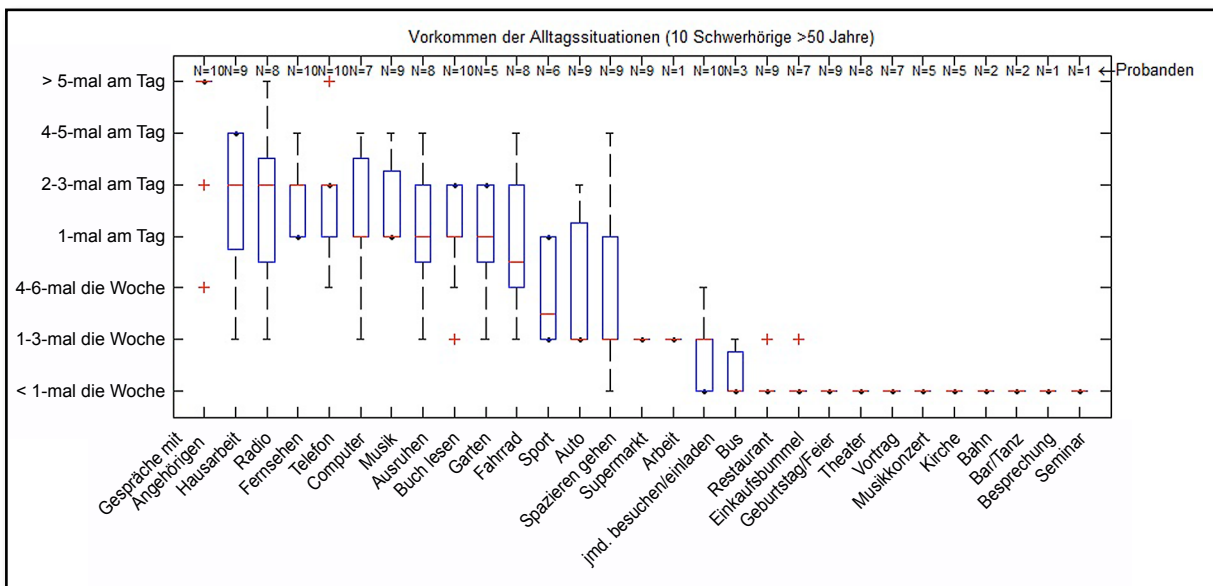


Abbildung B.4: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn schwerhörigen Probanden.

7.1.2 Relevanz

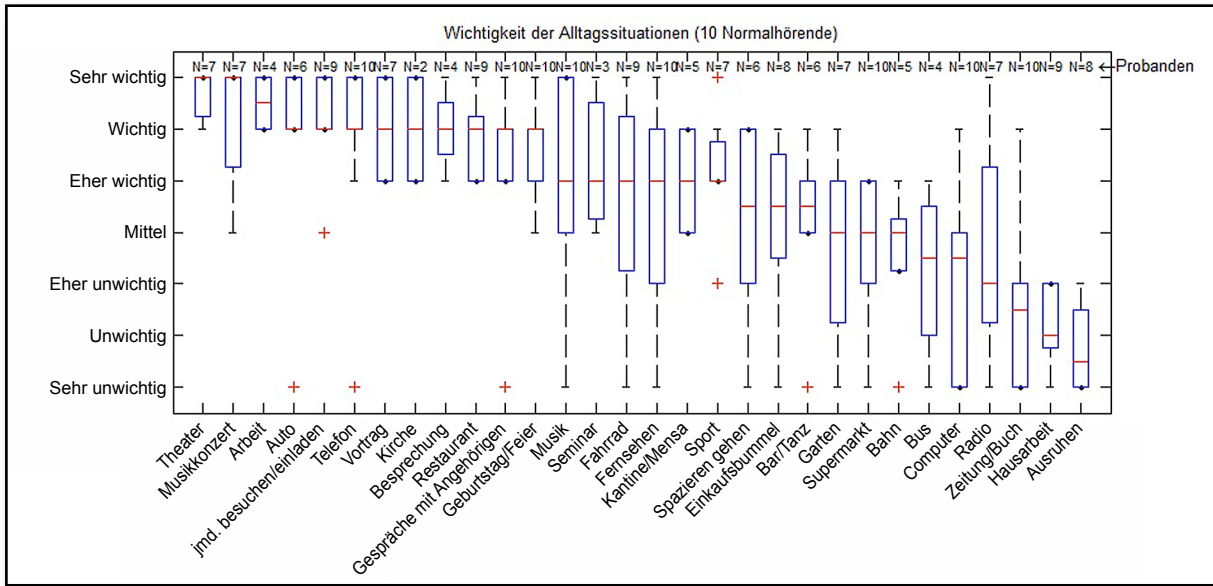


Abbildung B.5: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden.

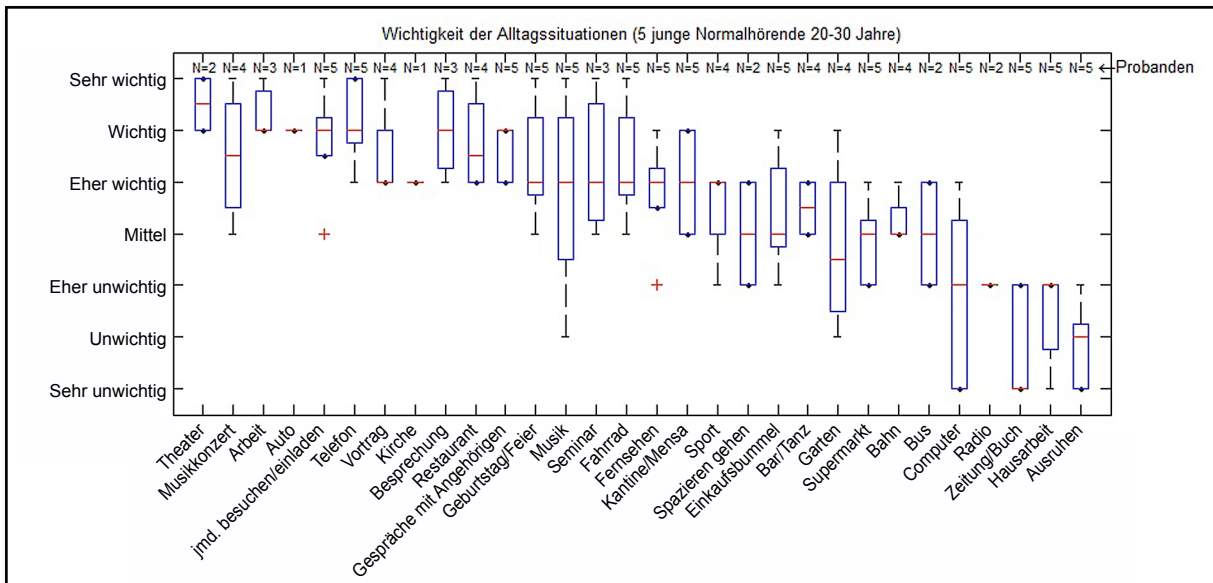


Abbildung B.6: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre).

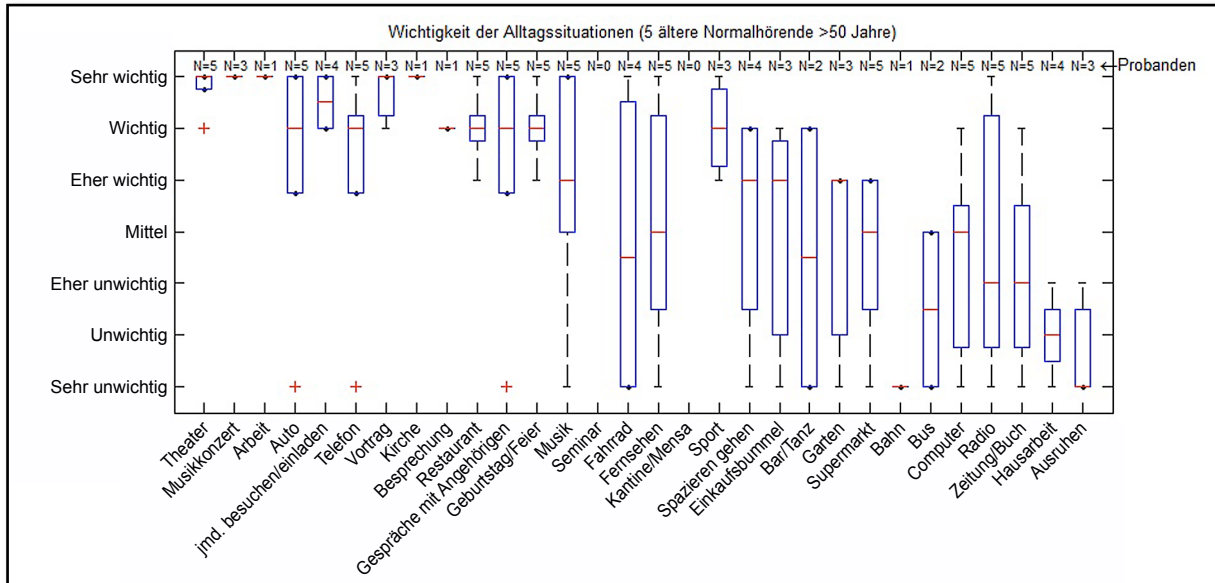


Abbildung B.7: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jüngeren normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre).

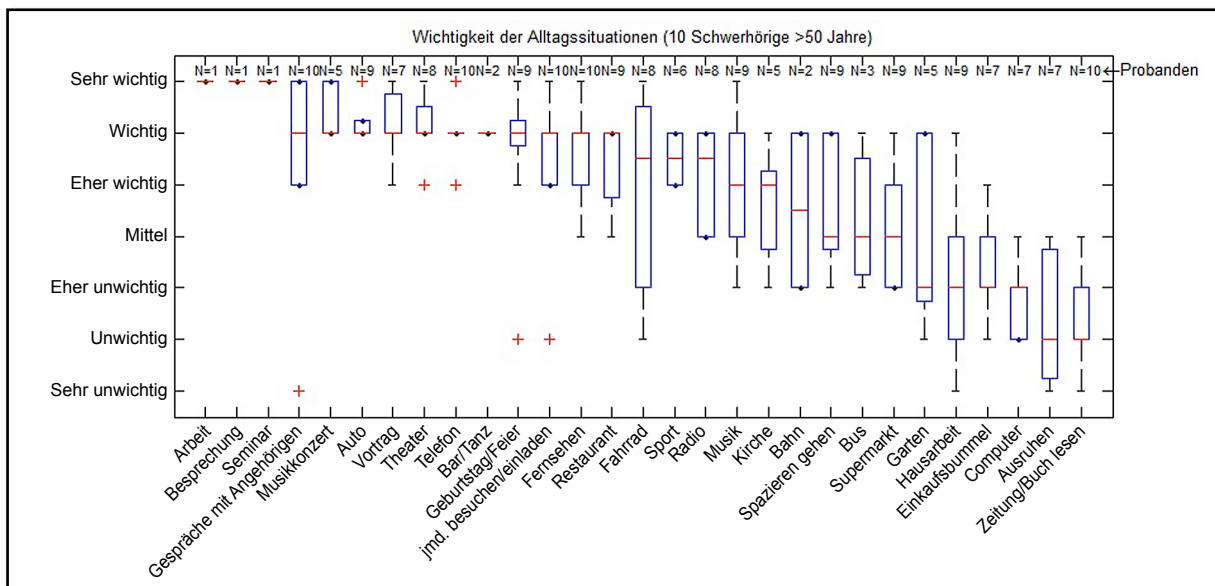


Abbildung B.8: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn Schwerhörigen (Ø 67 Jahre).

7.1.3 Höranstrengung

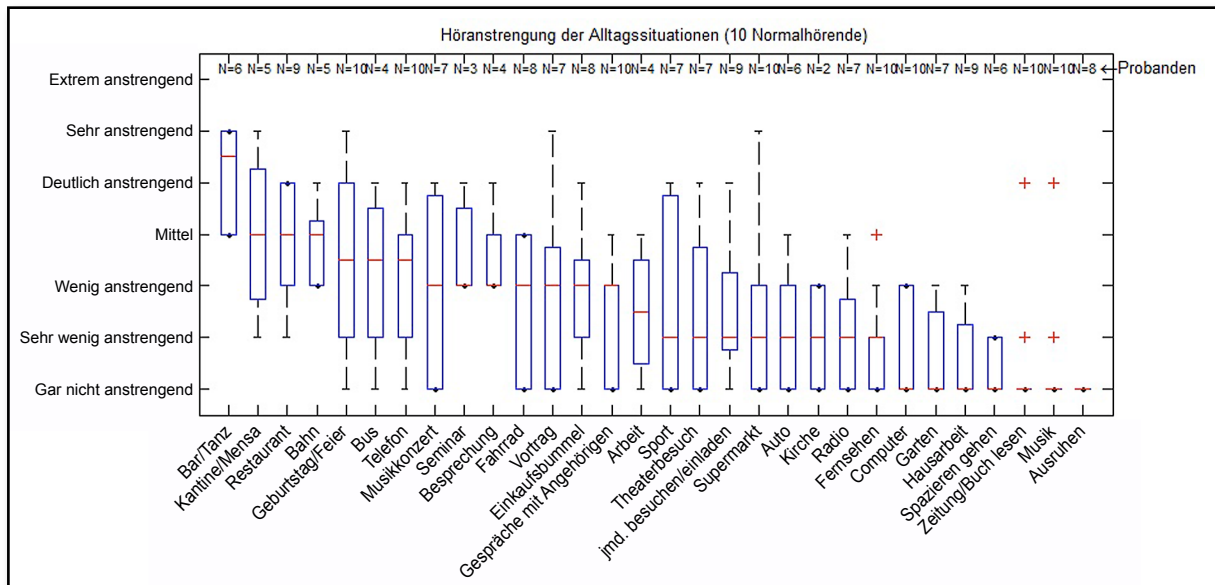


Abbildung B.9: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden.

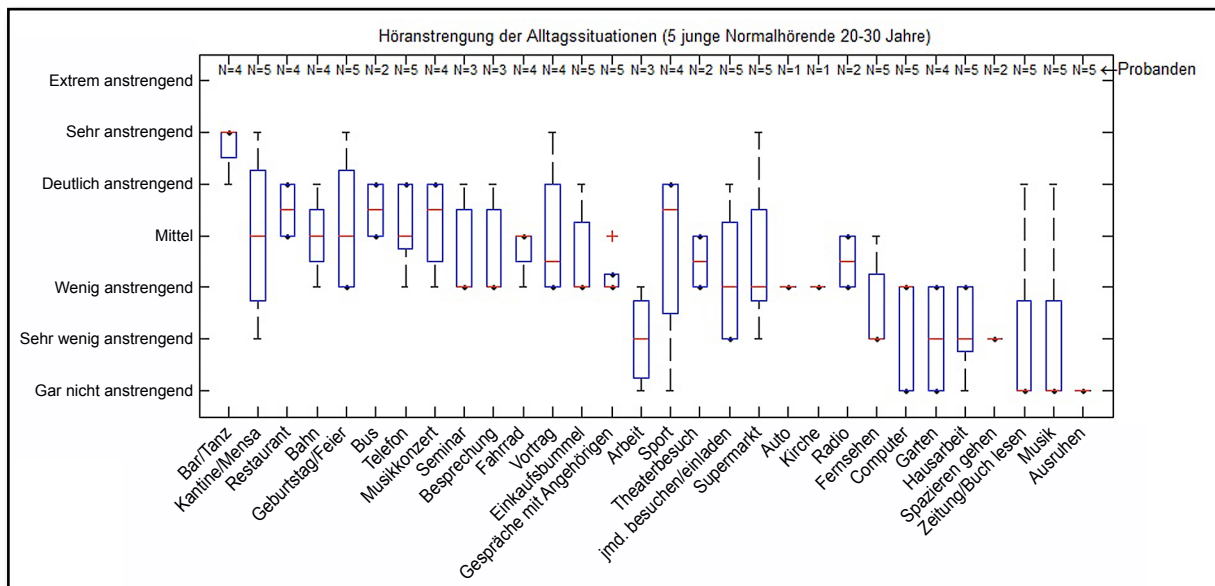


Abbildung B.10: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre).

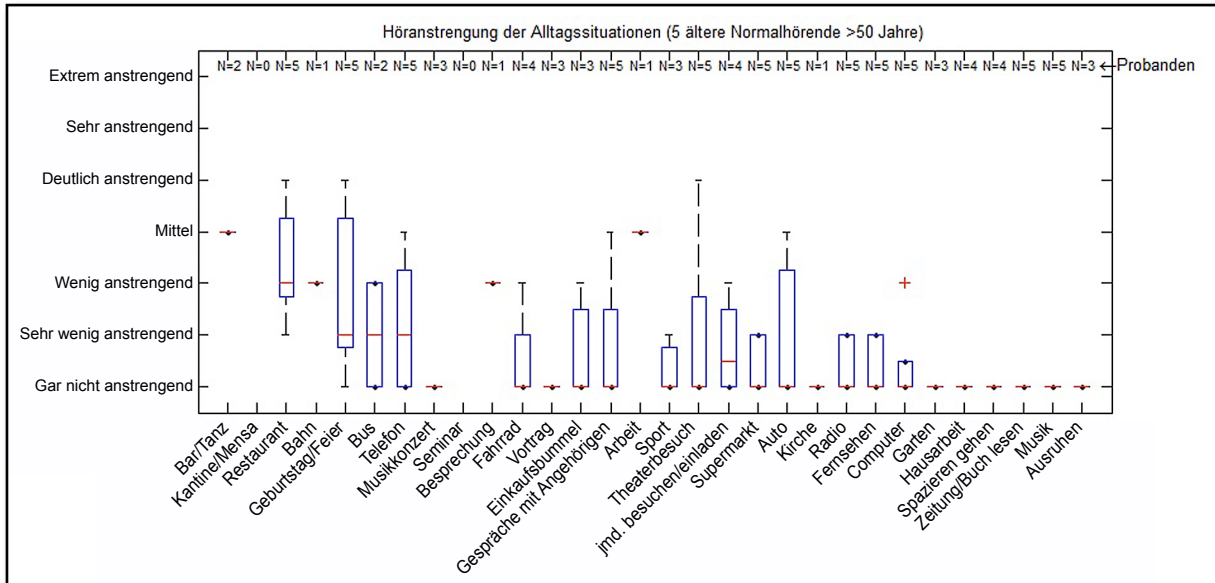


Abbildung B.11: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jungen normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre).

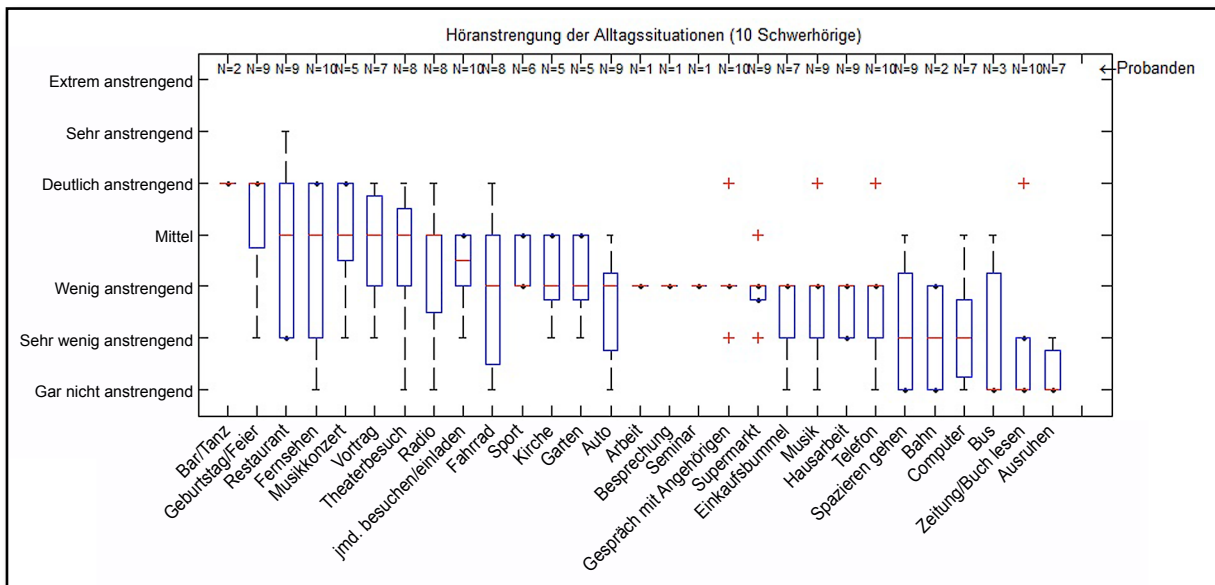


Abbildung B.12: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn schwerhörigen Probanden.

7.2 Häufigkeiten der bewerteten Alltagssituationen

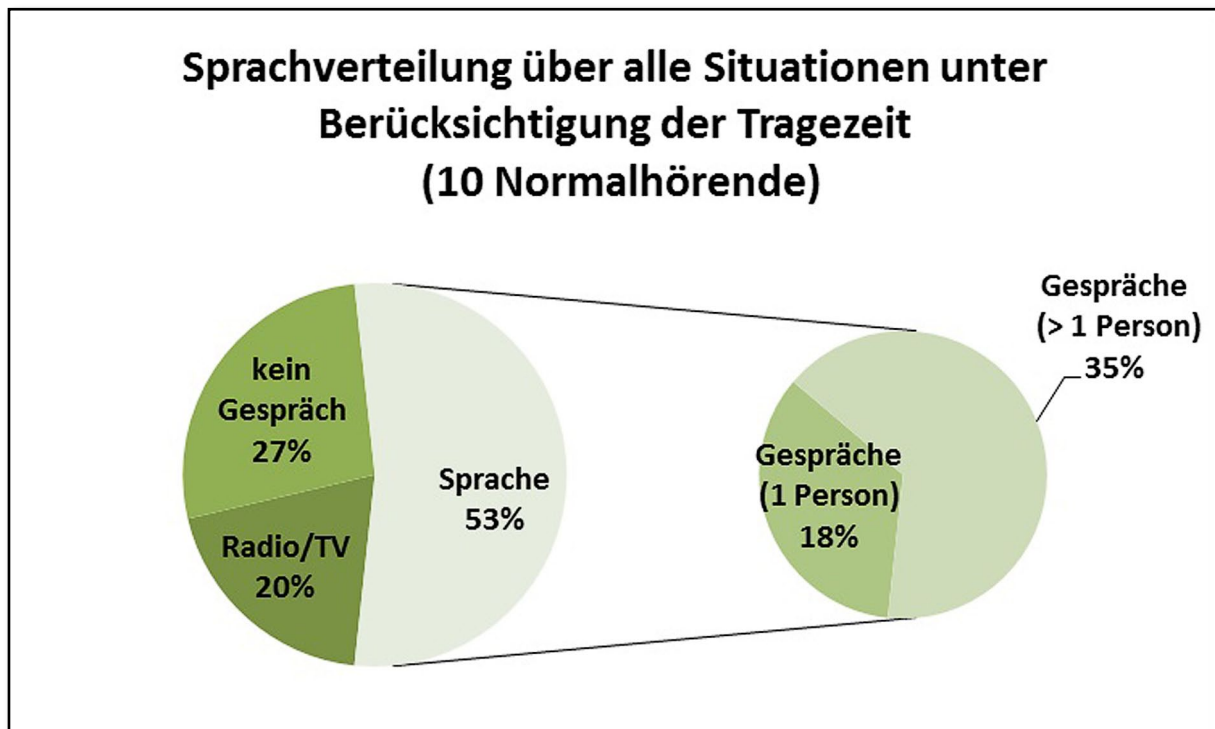


Abbildung B.13: Sprachverteilung über alle Situationen unter Berücksichtigung der Tragezeit von zehn normalhörenden Probanden bezogen auf die Gesamttragezeit.

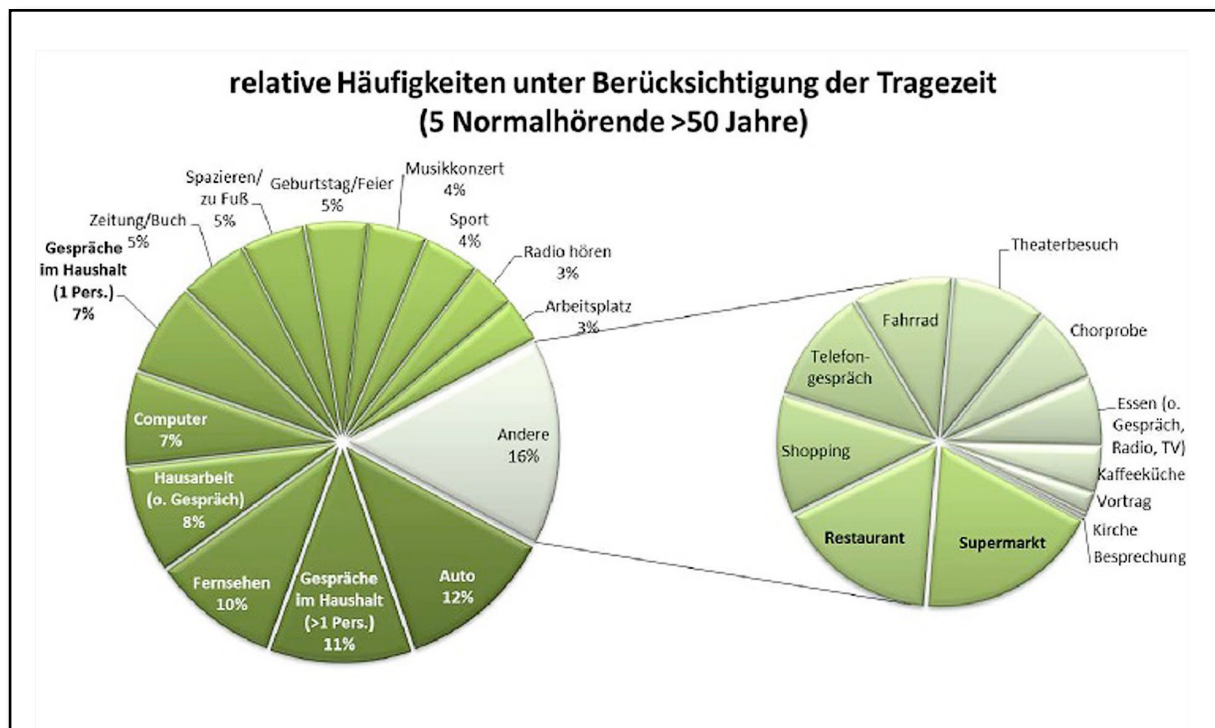


Abbildung B.14: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit.

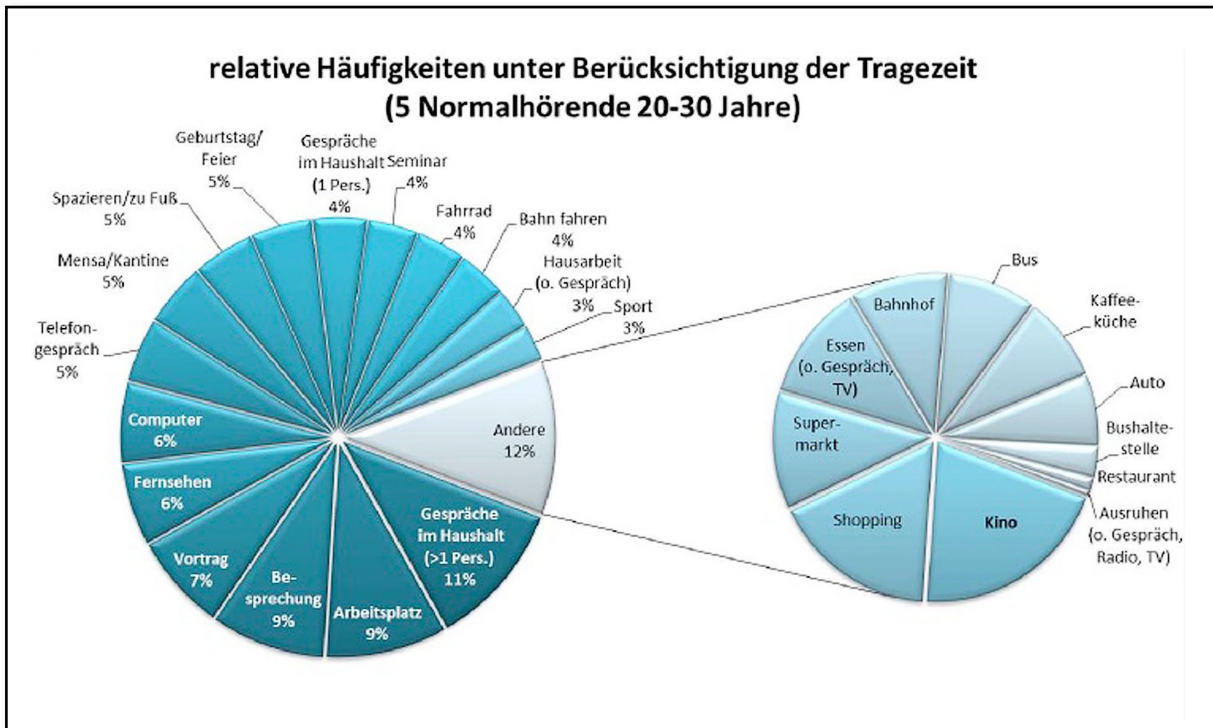


Abbildung B.15: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von fünf jungen normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit.

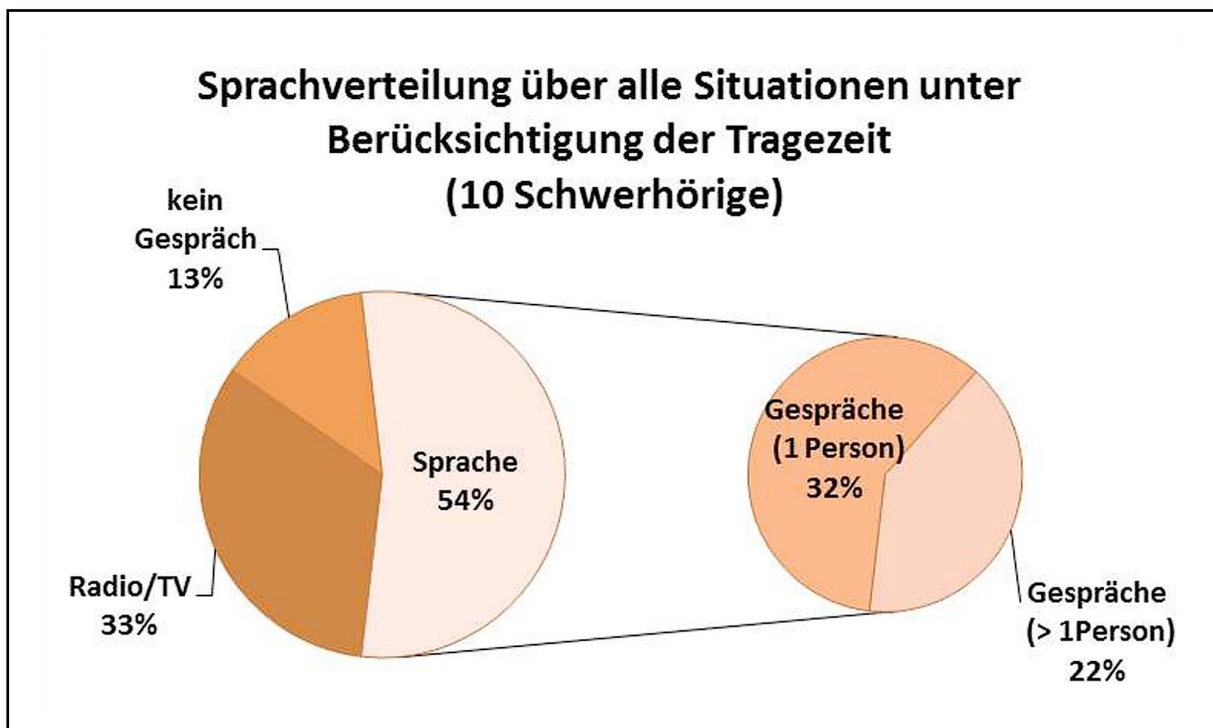


Abbildung B.16: Sprachverteilung über alle Situationen unter Berücksichtigung der Tragezeit von zehn schwerhörigen Probanden bezogen auf die Gesamttragezeit.

7.3 Charakterisierung typischer Alltagssituationen mit objektiven Größen

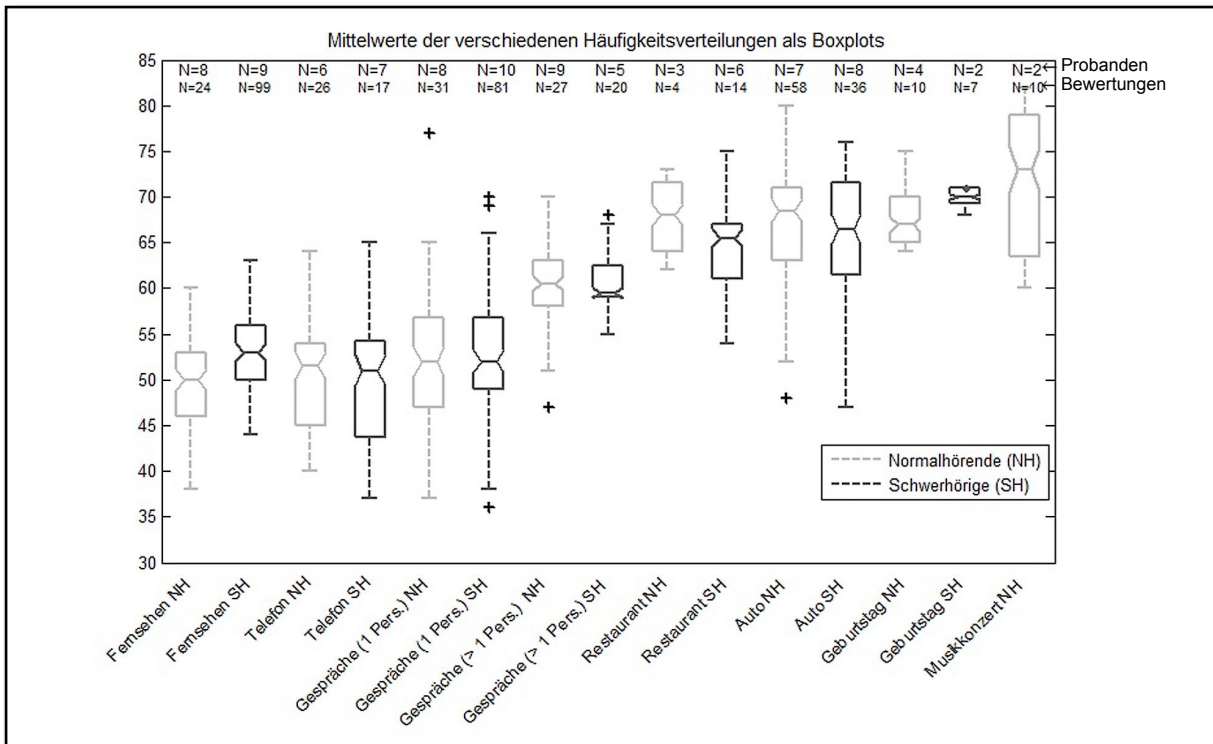


Abbildung B.17: Verteilung der Mittelwerte von jeder Häufigkeitsverteilung der aufgezeichneten Daten für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen getrennt nach Normalhörenden (NH) und Schwerhörigen (SH).

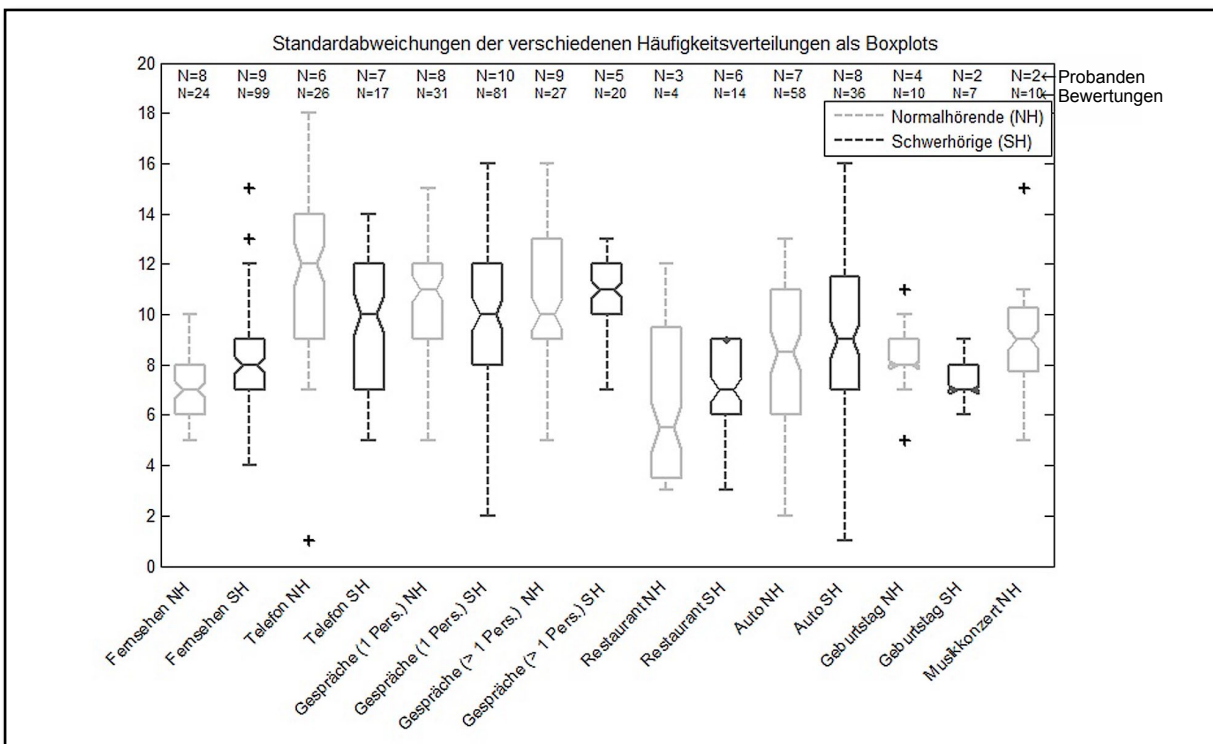


Abbildung B.18: Verteilung der Standardabweichungen von jeder Häufigkeitsverteilung der aufgezeichneten Daten für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen getrennt nach Normalhörenden (NH) und Schwerhörigen (SH).

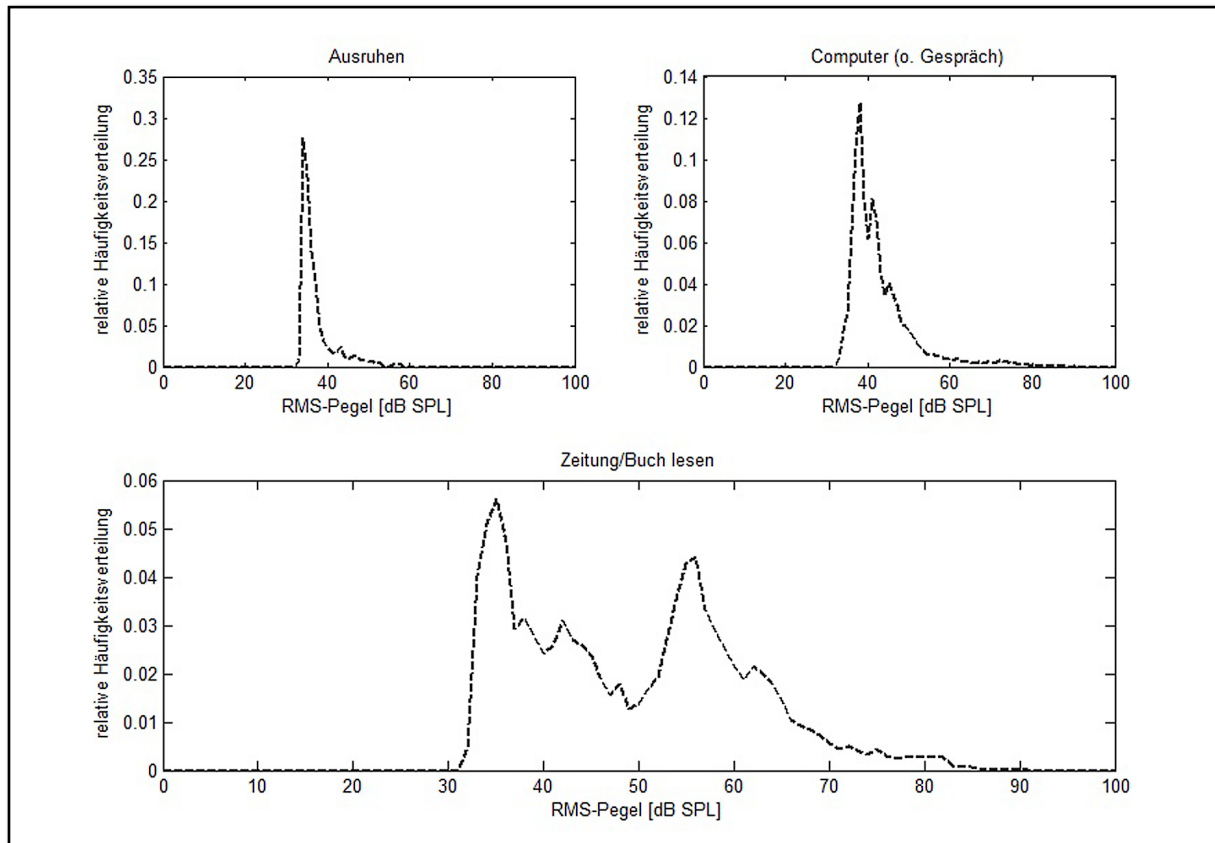


Abbildung B.19: Relative Häufigkeitsverteilung der Gesamt-RMS-Pegel von drei ruhigen Alltagssituationen von allen Normalhörenden und Schwerhörigen.

7.4 Zusammenhang zwischen objektiven und subjektiven Größen

| | Korrelationskoeffizienten Normalhörende | | | | Korrelationskoeffizienten Schwerhörige | | | |
|------|---|----------------|----------------|------------------------|--|----------------|----------------|------------------------|
| | Lautheit | Höranstrengung | Annehmlichkeit | Sprachverständlichkeit | Lautheit | Höranstrengung | Annehmlichkeit | Sprachverständlichkeit |
| VP1 | 0,36** | 0,03 | -0,08 | -0,22 | 0,39* | 0,31 | -0,21 | -0,16 |
| VP2 | 0,59*** | 0,56*** | -0,55*** | -0,42** | 0,13 | 0,06 | 0,60* | -0,36 |
| VP3 | 0,60*** | 0,36 | -0,35 | 0,20 | 0,26 | 0,00 | -0,03 | -0,09 |
| VP4 | 0,71*** | 0,82*** | -0,67*** | -0,64** | 0,53*** | 0,15 | -0,06 | -0,04 |
| VP5 | 0,70*** | 0,50** | -0,34 | -0,24 | 0,39** | 0,23 | -0,31* | -0,30 |
| VP6 | 0,29 | 0,16 | 0,02 | -0,18 | 0,53*** | 0,02 | -0,25** | -0,10 |
| VP7 | 0,60*** | 0,44*** | -0,20 | -0,08 | -0,34 | 0,58 | -0,37 | -0,15 |
| VP8 | 0,22 | 0,08 | -0,26* | - | -0,20 | -0,31 | -0,09 | -0,10 |
| VP9 | 0,61*** | 0,50*** | -0,27* | -0,01 | 0,38** | 0,38** | -0,21 | -0,08 |
| VP10 | 0,22 | 0,07 | -0,28 | 0,02 | -0,02 | 0,41 | -0,26 | -0,49* |

***p≤0,001 **p≤0,01 *p≤0,05

Tabelle B.1: Korrelationskoeffizienten für die vier skalierten Größen in Abhängigkeit von den RMS-Pegeln getrennt für die zehn Normalhörenden und die zehn Schwerhörigen. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach Spearman berechnet.

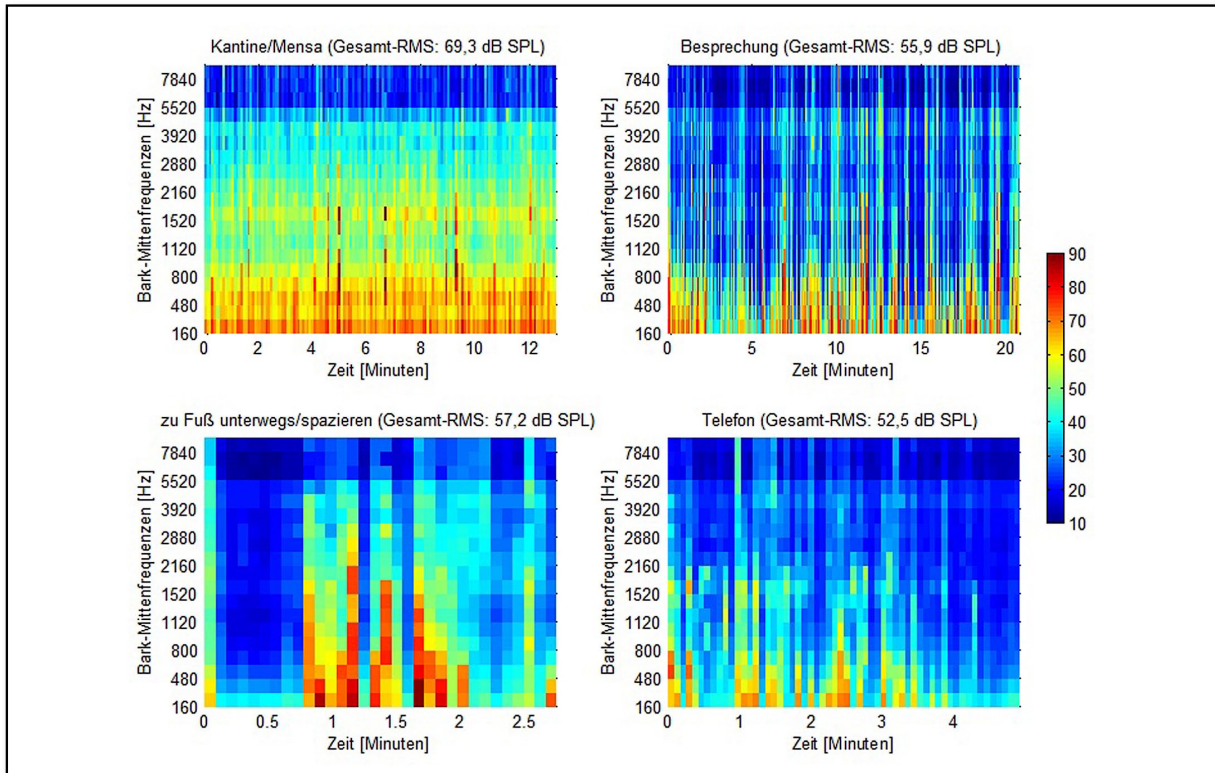


Abbildung B.20: Spektrum der vier Situationen, die während der Testphase von den Normalhörenden mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. Hier sind jeweils von einem normalhörenden Probanden die RMS-Pegel in jedem Bark-Band in Abhängigkeit von der Zeit in Minuten dargestellt.

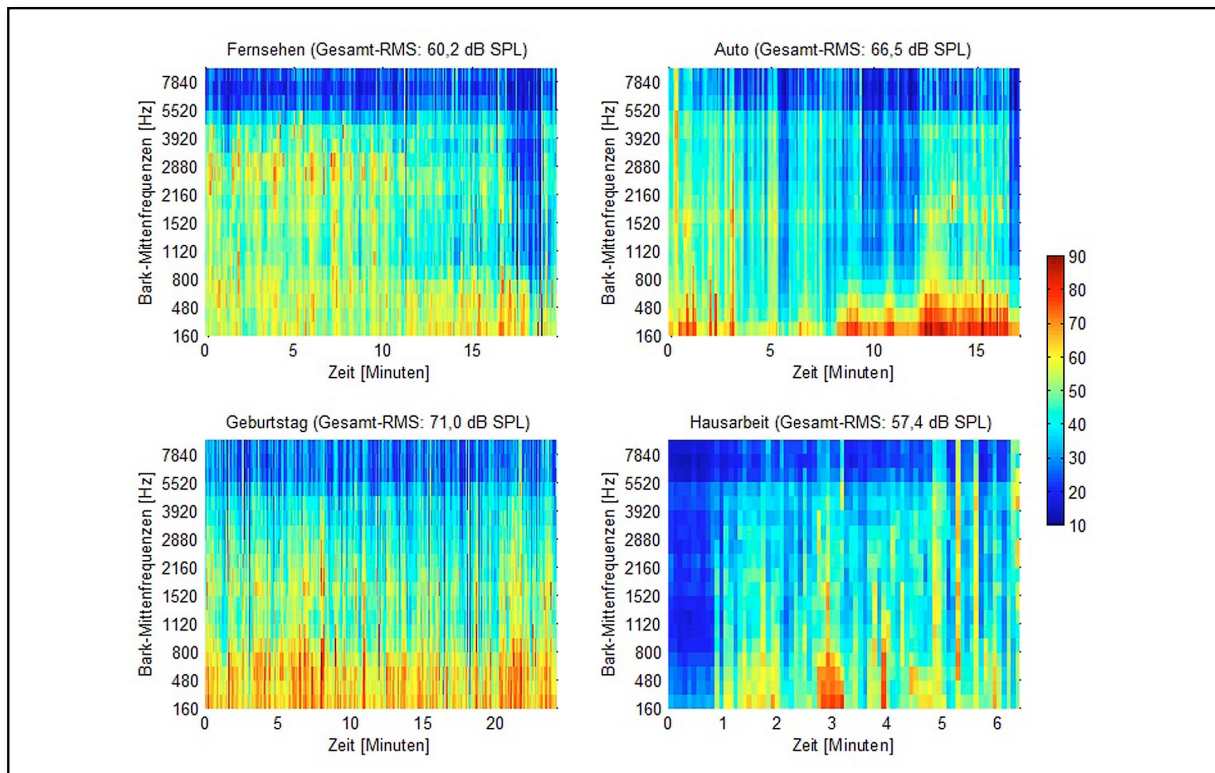


Abbildung B.21: Spektrum der vier Situationen, die während der Testphase von den Schwerhörigen mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. Hier sind jeweils von einem schwerhörigen Probanden die RMS-Pegel in jedem Bark-Band in Abhängigkeit von der Zeit in Minuten dargestellt.

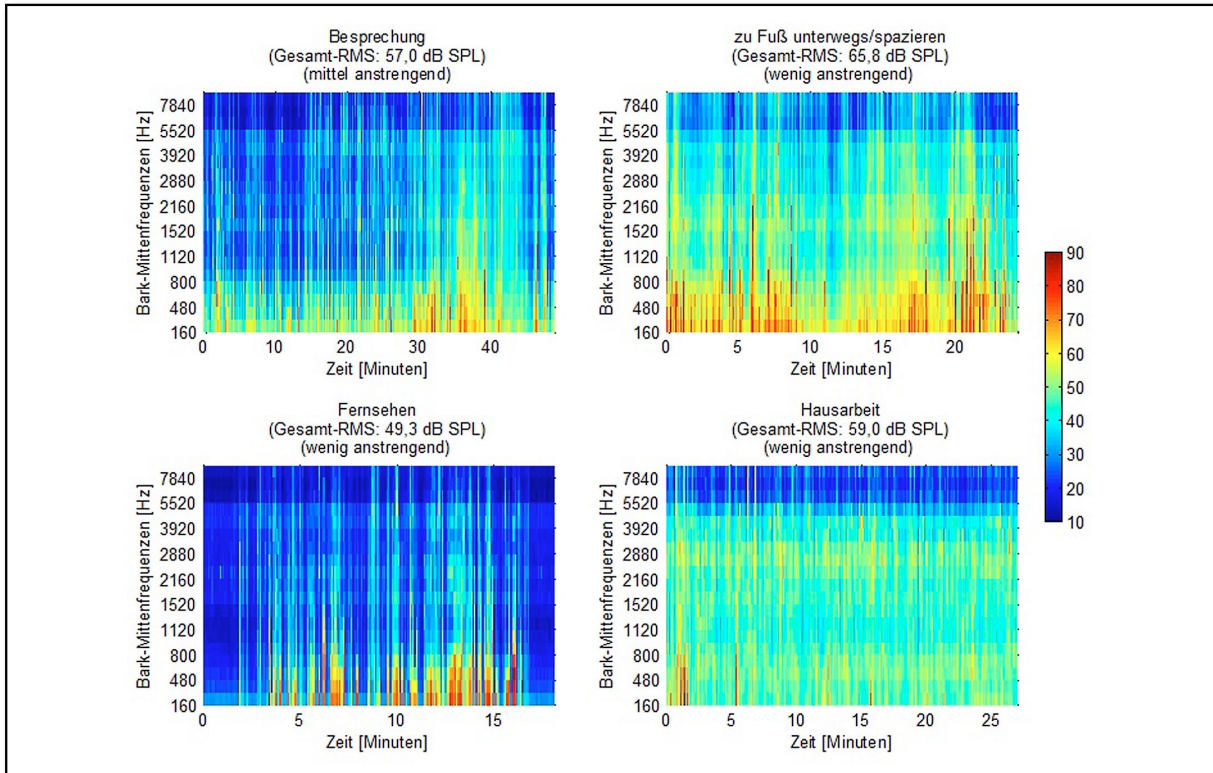


Abbildung B.22: Spektrogramme derselben Alltagssituationen aus Abbildung B.20 und Abbildung B.21, die die gleichen Probanden mit einer niedrigeren Höranstrengung bewerteten.

Modellzusammenfassung

| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers |
|--------|-------------------|-----------|------------------------|------------------------------|
| 1 | ,530 ^a | ,280 | ,268 | ,84524 |

a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band4, Band6, Band2, Band7, Band3, Band5

Koeffizienten^a

| Modell | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
|---------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------|
| | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 (Konstante) | -3,201 | ,562 | | -5,694 | ,000 | -4,306 | -2,096 | | |
| Band1 | -,049 | ,014 | -,535 | -3,558 | ,000 | -,076 | -,022 | ,069 | 14,498 |
| Band2 | ,102 | ,023 | 1,102 | 4,461 | ,000 | ,057 | ,148 | ,026 | 39,071 |
| Band3 | -,058 | ,035 | -,552 | -1,648 | ,100 | -,126 | ,011 | ,014 | 71,992 |
| Band4 | ,069 | ,043 | ,605 | 1,621 | ,106 | -,015 | ,153 | ,011 | 89,168 |
| Band5 | -,017 | ,053 | -,133 | -,326 | ,745 | -,122 | ,088 | ,009 | 106,325 |
| Band6 | ,011 | ,055 | ,073 | ,196 | ,844 | -,098 | ,120 | ,011 | 88,189 |
| Band7 | -,062 | ,049 | -,385 | -1,258 | ,209 | -,158 | ,035 | ,017 | 59,894 |
| Band8 | ,067 | ,038 | ,330 | 1,742 | ,082 | -,009 | ,142 | ,043 | 23,004 |

a. Abhängige Variable: Lautheit

Abbildung B.23: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Lautheitsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittelfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

| Modellzusammenfassung | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|--------|
| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers | | | | | | |
| 1 | ,393 ^a | ,154 | ,137 | ,91972 | | | | | | |
| a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band5, Band2, Band6, Band3, Band7, Band4 | | | | | | | | | | |
| Koeffizienten ^a | | | | | | | | | | |
| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
| | | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 | (Konstante) | -1,416 | ,718 | | -1,973 | ,049 | -2,827 | -,005 | | |
| | Band1 | -,057 | ,019 | -,552 | -3,082 | ,002 | -,094 | -,021 | ,067 | 14,983 |
| | Band2 | ,097 | ,026 | ,871 | 3,688 | ,000 | ,045 | ,149 | ,038 | 26,037 |
| | Band3 | -,084 | ,041 | -,665 | -2,041 | ,042 | -,165 | -,003 | ,020 | 49,625 |
| | Band4 | ,130 | ,050 | ,944 | 2,621 | ,009 | ,033 | ,228 | ,017 | 60,580 |
| | Band5 | -,030 | ,047 | -,178 | -,637 | ,525 | -,121 | ,062 | ,027 | 36,581 |
| | Band6 | -,003 | ,046 | -,017 | -,075 | ,940 | -,093 | ,086 | ,042 | 23,988 |
| | Band7 | ,029 | ,061 | ,132 | ,473 | ,637 | -,091 | ,149 | ,028 | 36,303 |
| | Band8 | -,067 | ,053 | -,240 | -1,275 | ,203 | -,170 | ,036 | ,060 | 16,580 |

a. Abhängige Variable: Lautheit

Abbildung B.24: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Lautheitsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

| Modellzusammenfassung | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------|
| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers | | | | | | |
| 1 | ,447 ^a | ,200 | ,186 | ,89165 | | | | | | |
| a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band4, Band6, Band2, Band7, Band3, Band5 | | | | | | | | | | |
| Koeffizienten ^a | | | | | | | | | | |
| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
| | | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 | (Konstante) | -2,283 | ,593 | | -3,849 | ,000 | -3,448 | -1,117 | | |
| | Band1 | -,065 | ,015 | -,708 | -4,464 | ,000 | -,094 | -,036 | ,069 | 14,498 |
| | Band2 | ,151 | ,024 | 1,626 | 6,246 | ,000 | ,104 | ,199 | ,026 | 39,071 |
| | Band3 | -,133 | ,037 | -1,273 | -3,601 | ,000 | -,205 | -,060 | ,014 | 71,992 |
| | Band4 | ,149 | ,045 | 1,297 | 3,296 | ,001 | ,060 | ,237 | ,011 | 89,168 |
| | Band5 | -,095 | ,056 | -,720 | -1,676 | ,094 | -,205 | ,016 | ,009 | 106,325 |
| | Band6 | -,044 | ,058 | -,292 | -,746 | ,456 | -,158 | ,071 | ,011 | 88,189 |
| | Band7 | ,002 | ,052 | ,010 | ,032 | ,974 | -,100 | ,103 | ,017 | 59,894 |
| | Band8 | ,083 | ,040 | ,414 | 2,071 | ,039 | ,004 | ,163 | ,043 | 23,004 |

a. Abhängige Variable: Hoeranstrengung

Abbildung B.25: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Höranstrengungsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

Modellzusammenfassung

| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers |
|--------|-------------------|-----------|------------------------|------------------------------|
| 1 | ,268 ^a | ,072 | ,053 | ,96450 |

a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band5, Band2, Band6, Band3, Band7, Band4

Koeffizienten^a

| Modell | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
|---------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|--------|
| | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 (Konstante) | -1,570 | ,753 | | -2,086 | ,038 | -3,050 | -,090 | | |
| Band1 | -,067 | ,020 | -,647 | -3,448 | ,001 | -,106 | -,029 | ,067 | 14,983 |
| Band2 | ,097 | ,028 | ,872 | 3,525 | ,000 | ,043 | ,152 | ,038 | 26,037 |
| Band3 | -,023 | ,043 | -,183 | -,536 | ,592 | -,108 | ,062 | ,020 | 49,625 |
| Band4 | ,080 | ,052 | ,577 | 1,529 | ,127 | -,023 | ,182 | ,017 | 60,580 |
| Band5 | -,084 | ,049 | -,508 | -1,732 | ,084 | -,180 | ,011 | ,027 | 36,581 |
| Band6 | ,005 | ,048 | ,023 | ,098 | ,922 | -,089 | ,098 | ,042 | 23,988 |
| Band7 | -,039 | ,064 | -,178 | -,609 | ,543 | -,165 | ,087 | ,028 | 36,303 |
| Band8 | ,058 | ,055 | ,207 | 1,049 | ,295 | -,051 | ,166 | ,060 | 16,580 |

a. Abhängige Variable: Hoeranstrengung

Abbildung B.26: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Höranstrengungsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

Modellzusammenfassung

| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers |
|--------|-------------------|-----------|------------------------|------------------------------|
| 1 | ,414 ^a | ,171 | ,157 | ,91148 |

a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band4, Band6, Band2, Band7, Band3, Band5

Koeffizienten^a

| Modell | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
|---------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------|
| | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 (Konstante) | 1,817 | ,606 | | 2,998 | ,003 | ,626 | 3,009 | | |
| Band1 | -,042 | ,015 | -,457 | -2,828 | ,005 | -,071 | -,013 | ,069 | 14,498 |
| Band2 | ,043 | ,025 | ,461 | 1,739 | ,083 | -,006 | ,092 | ,026 | 39,071 |
| Band3 | ,014 | ,038 | ,134 | ,372 | ,710 | -,060 | ,088 | ,014 | 71,992 |
| Band4 | -,016 | ,046 | -,142 | -,355 | ,723 | -,107 | ,074 | ,011 | 89,168 |
| Band5 | -,016 | ,058 | -,122 | -,280 | ,780 | -,129 | ,097 | ,009 | 106,325 |
| Band6 | ,060 | ,060 | ,403 | 1,013 | ,312 | -,057 | ,178 | ,011 | 88,189 |
| Band7 | -,081 | ,053 | -,503 | -1,533 | ,126 | -,185 | ,023 | ,017 | 59,894 |
| Band8 | -,035 | ,041 | -,174 | -,857 | ,392 | -,116 | ,046 | ,043 | 23,004 |

a. Abhängige Variable: Angenehmheit

Abbildung B.27: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Angenehmheitsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

| Modellzusammenfassung | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|--------|
| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers | | | | | | |
| 1 | ,221 ^a | ,049 | ,030 | ,97474 | | | | | | |
| a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band5, Band2, Band6, Band3, Band7, Band4 | | | | | | | | | | |
| Koeffizienten ^a | | | | | | | | | | |
| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
| | | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 | (Konstante) | ,934 | ,761 | | 1,227 | ,220 | -,562 | 2,430 | | |
| | Band1 | ,043 | ,020 | ,417 | 2,196 | ,029 | ,005 | ,082 | ,067 | 14,983 |
| | Band2 | -,061 | ,028 | -,546 | -2,181 | ,030 | -,116 | -,006 | ,038 | 26,037 |
| | Band3 | -,001 | ,044 | -,012 | -,034 | ,973 | -,087 | ,084 | ,020 | 49,625 |
| | Band4 | -,034 | ,053 | -,246 | -,645 | ,519 | -,138 | ,070 | ,017 | 60,580 |
| | Band5 | ,050 | ,049 | ,303 | 1,023 | ,307 | -,047 | ,147 | ,027 | 36,581 |
| | Band6 | -,014 | ,048 | -,070 | -,290 | ,772 | -,109 | ,081 | ,042 | 23,988 |
| | Band7 | -,011 | ,065 | -,051 | -,172 | ,864 | -,138 | ,116 | ,028 | 36,303 |
| | Band8 | ,014 | ,056 | ,049 | ,247 | ,805 | -,096 | ,123 | ,060 | 16,580 |
| a. Abhängige Variable: Angenehmheit | | | | | | | | | | |

Abbildung B.28: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Angenehmheitsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

| Modellzusammenfassung | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|---------|
| Modell | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers | | | | | | |
| 1 | ,371 ^a | ,138 | ,112 | ,93219 | | | | | | |
| a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band4, Band2, Band6, Band7, Band3, Band5 | | | | | | | | | | |
| Koeffizienten ^a | | | | | | | | | | |
| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
| | | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 | (Konstante) | 2,604 | ,808 | | 3,225 | ,001 | 1,014 | 4,194 | | |
| | Band1 | ,051 | ,021 | ,532 | 2,398 | ,017 | ,009 | ,093 | ,065 | 15,272 |
| | Band2 | -,033 | ,035 | -,336 | -,937 | ,350 | -,102 | ,036 | ,025 | 39,958 |
| | Band3 | -,023 | ,054 | -,217 | -,434 | ,664 | -,129 | ,082 | ,013 | 77,706 |
| | Band4 | -,084 | ,060 | -,708 | -1,389 | ,166 | -,203 | ,035 | ,012 | 80,760 |
| | Band5 | ,195 | ,079 | 1,450 | 2,478 | ,014 | ,040 | ,350 | ,009 | 106,404 |
| | Band6 | -,105 | ,081 | -,692 | -1,291 | ,198 | -,265 | ,055 | ,011 | 89,436 |
| | Band7 | ,091 | ,072 | ,583 | 1,276 | ,203 | -,050 | ,232 | ,015 | 64,800 |
| | Band8 | -,158 | ,054 | -,837 | -2,913 | ,004 | -,265 | -,051 | ,039 | 25,637 |
| a. Abhängige Variable: Sprachverstehen_NH | | | | | | | | | | |

Abbildung B.29: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Sprachverstehensbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,046$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{kor.}$).

| Modellzusammenfassung | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------|---------------------------------|------------|-------------------------|--------|
| Modell | | R | R-Quadrat | Korrigiertes R-Quadrat | Standardfehler des Schätzers | | | | | |
| 1 | | ,218 ^a | ,047 | ,024 | ,97310 | | | | | |
| a. Einflussvariablen: (Konstante), Band8, Band1, Band5, Band2, Band6, Band3, Band7, Band4 | | | | | | | | | | |
| Koeffizienten ^a | | | | | | | | | | |
| Modell | | Nicht standardisierte Koeffizienten | | Standardisierte Koeffizienten | T | Sig. | 95,0% Konfidenzintervalle für B | | Kollinearitätsstatistik | |
| | | Regressionskoeffizient B | Standardfehler | Beta | | | Untergrenze | Obergrenze | Toleranz | VIF |
| 1 | (Konstante) | ,319 | ,826 | | ,386 | ,699 | -1,305 | 1,943 | | |
| | Band1 | -,005 | ,022 | -,049 | -,241 | ,810 | -,049 | ,038 | ,068 | 14,730 |
| | Band2 | ,019 | ,033 | ,163 | ,576 | ,565 | -,046 | ,084 | ,036 | 27,945 |
| | Band3 | -,086 | ,051 | -,633 | -1,681 | ,094 | -,186 | ,015 | ,020 | 49,480 |
| | Band4 | ,024 | ,059 | ,160 | ,396 | ,692 | -,093 | ,141 | ,017 | 57,281 |
| | Band5 | ,020 | ,055 | ,115 | ,365 | ,716 | -,089 | ,129 | ,029 | 34,887 |
| | Band6 | ,053 | ,055 | ,254 | ,954 | ,341 | -,056 | ,162 | ,040 | 24,698 |
| | Band7 | -,049 | ,072 | -,210 | -,687 | ,493 | -,190 | ,092 | ,031 | 32,542 |
| | Band8 | ,014 | ,060 | ,046 | ,227 | ,821 | -,105 | ,132 | ,069 | 14,406 |
| a. Abhängige Variable: Sprachverstehen_SH | | | | | | | | | | |

Abbildung B.30: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Sprachverstehensbewertungen** der **Schwerhörigen** in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,046$. Das Modell hat keine hinreichende Güte ($r_{crit.} > r_{kor.}$).

| | Normalhörende | | Schwerhörige | |
|----------------|---|---|---|---|
| | Korrelationskoeffizienten gemittelte breitbandige RMS-Pegel | Korrelationskoeffizienten gemittelte RMS-Pegel fm= 490,5 Hz | Korrelationskoeffizienten gemittelte breitbandige RMS-Pegel | Korrelationskoeffizienten gemittelte RMS-Pegel fm= 490,5 Hz |
| Lautheit | 0,13 | 0,17 | 0,11 | 0,09 |
| Höranstrengung | 0,00 | 0,14 | 0,08 | 0,14 |

Tabelle B.2: Korrelationskoeffizienten der subjektiven Urteile (Lautheit und Höranstrengung) in Abhängigkeit von den gemittelten breitbandigen RMS-Pegeln und von den gemittelten RMS-Pegeln des Frequenzbandes 490,5 Hz für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“.

8. Verzeichnisse

8.1 Literaturverzeichnis

- Army Individual Test Battery, 1944. *Manual of Directions and Scoring*. Washington, D.C.: War Department.
- Dillon, H., 2001. *Hearing Aids*. Stuttgart: Thieme.
- DIN-ISO-16832, 2007. *Akustik: Lautheitsskalierung mit Hilfe von Kategorien*. Deutsches Institut für Normung.
- Fastl, H. & Zwicker, E., 2007. *Psychoacoustics-Facts and Models*. 2. Aufl. München: Springer-Verlag.
- Gatehouse, S., Elberling, C. & Naylor, G., 1999. Aspects of auditory ecology and psychoacoustic function as determinants of benefits from and candidature for non-linear processing in hearing aids., 1999. Auditory models and nonlinear hearing instruments. 18th Danavox Symposium.
- Härting, C., Markowitsch, H.J., Neufeld, H., Calabrese, P., Deisinger, K. & Kessler, J., 2000. *WMS-R Wechsler Gedächtnistest – Revidierte Fassung*. Bern: Hans Huber.
- Jensen, N.S. & Nielsen, C., 2006. Auditory ecology in a group of experienced hearing-aid users: Can knowledge about the hearing-aid users' auditory ecology improve their rehabilitation? Kolding, 2006. Hgg. Norby, A., Rasmussen, T., Paulsen, T., Anderson C., Brenner, L. 21th Danavox Symposium.
- Meis, M. & Gabriel, B., 2001. Entwicklung, Psychometrie und erste Ergebnisse eines Fragebogens zur Höranstrengung. *Zeitschrift für Audiologie, Supplementum IV*, 97-99.
- Morimoto, M., Sato, H. & Kobayashi, M., 2004. Listening difficulty as a subjective measure for evaluation of speech transmission performance in public spaces. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(3), 1607-13.
- Olsen, W.O., 1998. Average speech levels and spectra in various speaking/listening conditions: A summary of the Pearson, Bennett, and Fidell (1977) report. *American Journal of Audiology*, 7, 21-25.
- Pearsons, K.S., Bennett, R.L. & Fidell, S., 1977. *Speech Levels in Various Environments*. EPA-600/1-77-025. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Schulte, M., Wagener, K.C. & Vormann, M., 2008. *Hearing in the Communication Society*, D-7-4: Report tests for listening effort. Oldenburg: Puplic Report of the HearCom Project.
- Wagener, K.C., Hansen, M. & Ludvigsen, C., 2008. Recording and classification of the acoustic environment of hearing aid users. *Journal of the American Academy of Audiology*, 19, 348-70.
- Wechsler, D. & Matarazzo, J.D., 1972. *Wechsler's Measurement and Appraisal of Adult Intelligence*. 5. Aufl. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Wendler, J., Seidner, W., Kittel, G. & Eysholdt, U., 1996. *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

8.2 Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 2.1: Gemittelttes Tonaudiogramm der zehn Schwerhörigen. Es sind die gemittelte linke Ohrseite in dB HL (blau) einschließlich der Standardabweichungen und die gemittelte rechte Ohrseite in dB HL (rot) einschließlich der Standardabweichungen zu sehen. | 4 |
| Abbildung 2.2: Aufnahmesystem zur Erfassung der Alltagssituationen mit objektiven und subjektiven Größen. Das System besteht aus vier Komponenten: 1. Zwei Hinterdem-Ohr-Hörgeräte (Phonak Ambra Micro P), 2. Schnittstelle zwischen Hörgeräten und Smartphone (Phonak iCube), 3. Smartphone (HTC P3600). | 6 |
| Abbildung 3.1: Fragebogenantworten der häufigen Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben. | 9 |
| Abbildung 3.2: Fragebogenantworten der wichtigen Alltagssituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben. | 11 |
| Abbildung 3.3: Fragebogenantworten der anstrengenden Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Fragebogenantworten wurden als Boxplots dargestellt. „N“ gibt an, wie viele Probanden eine Antwort für die jeweilige Situation gegeben haben. | 12 |
| Abbildung 3.4: Absolute Häufigkeiten der Differenzen zwischen den Fragebogenantworten und der nachträglichen Befragung für das wöchentliche Vorkommen aller Alltagssituationen von zehn Normalhörenden (außer der Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“). Negative Werte geben an, dass die Alltagssituation bei der nachträglichen Befragung häufiger vorkam, als im Fragebogen angegeben wurde. | 13 |
| Abbildung 3.5: Absolute Häufigkeiten der Differenzen zwischen den Fragebogenantworten und der nachträglichen Befragung für das wöchentliche Vorkommen aller Alltagssituationen von zehn Schwerhörigen (außer der Situation „zu Fuß unterwegs/spazieren gehen“). Negative Werte geben an, dass die Alltagssituation bei der nachträglichen Befragung häufiger vorkam, als im Fragebogen angegeben wurde. | 14 |
| Abbildung 3.6: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von zehn normalhörenden Probanden unter Berücksichtigung der Tragezeit (Zeitdauer) für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit (Gesamtaufnahmezeit) des Aufnahmesystems. | 15 |
| Abbildung 3.7: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von zehn schwerhörigen Probanden (Ø 67 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit (Zeitdauer) für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit (Gesamtaufnahmezeit). | 16 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 3.8: Relative Häufigkeiten für die subjektive Größe „Wichtigkeit“ gewichtet mit der Probandenanzahl von zehn Normalhörenden für die drei Klassen (Sprachsituationen, keine Sprachsituationen, TV/Radio). | 17 |
| Abbildung 3.9: Relative Häufigkeiten für die subjektive Größe „Wichtigkeit“ gewichtet mit der Probandenanzahl von zehn Schwerhörigen für die drei Klassen (Sprachsituationen, keine Sprachsituationen, TV/Radio). | 18 |
| Abbildung 3.10: Gemittelte RMS-Werte in dB SPL und die zugehörigen Standardabweichungen für die häufigsten und die wichtigsten Alltagssituationen getrennt für die Normalhörenden und die Schwerhörigen. Die Probandenanzahl gibt an, wie viele Probanden sich in den Situationen aufgehalten haben. Die Anzahl der Bewertungen gibt an, wie viele gleichartige Situationen von den Probanden mit dem Aufnahmesystem beschrieben wurden. | 22 |
| Abbildung 3.11: Gemittelte RMS-Pegel und zugehörige Standardabweichungen für Situationen und Tätigkeiten, in denen nicht gesprochen wurde. Die Aufnahmen beider Probandengruppen wurden zusammengefasst. Die Probandenanzahl gibt an, wie viele Probanden sich in den Situationen aufgehalten haben. Die Anzahl der Bewertungen gibt an, wie viele gleichartige Situationen von den Probanden mit dem Aufnahmesystem bewertet wurden. | 24 |
| Abbildung 3.12: Spektrogramme von vier verschiedenen Alltagssituationen: „Gespräche im Haushalt (1 Person)“, „Auto fahren“, „Geburtstag“ und „Musikkonzert“. | 25 |
| Abbildung 3.13: Gemittelte RMS-Pegel und zugehörige Standardabweichungen in dB SPL in Abhängigkeit der 20 Bark-Bänder für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen zusammengefasst von beiden Probandengruppen. | 27 |
| Abbildung 3.14: Relative Häufigkeitsverteilungen der RMS-Pegel in dB SPL für die Situation „Auto fahren“ getrennt nach Sprache und keiner Sprache für vier verschiedene Bark-Bänder. Die Pegelauflösung beträgt 1 dB. Es handelt sich hierbei ausschließlich um die Häufigkeitsverteilungen der zehn Normalhörenden. | 28 |
| Abbildung 3.15: Skalenwerte für Lautheit, Höranstrengung, Angenehmheit und Sprachverstehen eines normalhörenden Probanden in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten Gesamt-RMS-Pegeln in dB SPL aller Alltagssituationen, in denen sich der Proband aufgehalten hat. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach Spearman berechnet. | 29 |
| Abbildung 3.16: z-Transformierte Skalenwerte der Normalhörenden und der Schwerhörigen für die Lautheit, Höranstrengung, Angenehmheit und Sprachverstehen in Abhängigkeit von den geometrisch gemittelten breitbandigen RMS-Pegeln in dB SPL für die Alltagssituation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“. | 30 |
| Abbildung 3.17: Höranstrengungsurteile in z-Werten der Schwerhörigen in Abhängigkeit der Höranstrengungsurteile in z-Werten der Normalhörenden in den gleichen Alltagssituationen. Die gestrichelte Linie gibt an, dass die Höranstrengungsurteile der Normalhörenden und der Schwerhörigen gleich sind. | 31 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 3.18: Korrelationen der subjektiven Bewertungen in z-Werten der vier Größen untereinander getrennt nach Normalhörenden (NH, Karo) und nach Schwerhörigen (SH, Rechteck). Die Korrelationen wurden für jeden Probanden paarweise nach Spearman durchgeführt. Für die mit Sternchen (*) gekennzeichneten Korrelationen ist $p < 0,001$. | 32 |
| Abbildung 3.19: Höranstrengungsbewertungen in z-Werten der <u>Normalhörenden</u> in Abhängigkeit der Leistungswerte der vier kognitiven Tests über alle Alltagssituationen. Die gestrichelten Linien geben den Normbereich der Tests an. | 34 |
| Abbildung 3.20: Höranstrengungsbewertungen in z-Werten der <u>Schwerhörigen</u> in Abhängigkeit der Leistungswerte der vier kognitiven Tests über alle Alltagssituationen. Die gestrichelten Linien geben den Normbereich der Tests an. | 35 |
| Abbildung A.1: Gemittelttes Tonaudiogramm der fünf älteren Normalhörenden. Zu sehen sind die gemittelte linke Ohrseite [dB HL] (blau) einschließlich der Standardabweichungen und die gemittelte rechte Ohrseite [dB HL] (rot) einschließlich der Standardabweichungen. | 43 |
| Abbildung B.1: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden. | 53 |
| Abbildung B.2: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jüngeren normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre). | 53 |
| Abbildung B.3: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre). | 54 |
| Abbildung B.4: Vorkommen der Alltagssituationen. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn schwerhörigen Probanden. | 54 |
| Abbildung B.5: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden. | 55 |
| Abbildung B.6: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre). | 55 |
| Abbildung B.7: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jüngeren normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre). | 56 |
| Abbildung B.8: Ergebnisse der Frage, wie wichtig es ist, in der Situation gut zu hören. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn Schwerhörigen (Ø 67 Jahre). | 56 |
| Abbildung B.9: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn normalhörenden Probanden. | 57 |

| | |
|--|----|
| Abbildung B.10: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre). | 57 |
| Abbildung B.11: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der fünf jungen normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre). | 58 |
| Abbildung B.12: Fragebogenergebnisse der Frage „Wie anstrengend ist das Hören in der jeweiligen Alltagssituation?“. Die Boxplots beziehen sich auf die Fragebogenantworten der zehn schwerhörigen Probanden. | 58 |
| Abbildung B.13: Sprachverteilung über alle Situationen unter Berücksichtigung der Tragezeit von zehn normalhörenden Probanden bezogen auf die Gesamttragezeit. | 59 |
| Abbildung B.14: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von fünf älteren normalhörenden Probanden (Ø 65 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit. | 59 |
| Abbildung B.15: Relative Häufigkeitsverteilung der Alltagssituationen von fünf jungen normalhörenden Probanden (Ø 26 Jahre) unter Berücksichtigung der Tragezeit für die jeweilige Situation bezogen auf die Gesamttragezeit. | 60 |
| Abbildung B.16: Sprachverteilung über alle Situationen unter Berücksichtigung der Tragezeit von zehn schwerhörigen Probanden bezogen auf die Gesamttragezeit. | 60 |
| Abbildung B.17: Verteilung der Mittelwerte von jeder Häufigkeitsverteilung der aufgezzeichneten Daten für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen getrennt nach Normalhörenden (NH) und Schwerhörigen (SH). | 61 |
| Abbildung B.18: Verteilung der Standardabweichungen von jeder Häufigkeitsverteilung der aufgezzeichneten Daten für die wichtigsten und die häufigsten Alltagssituationen getrennt nach Normalhörenden (NH) und Schwerhörigen (SH). | 61 |
| Abbildung B.19: Relative Häufigkeitsverteilung der Gesamt-RMS-Pegel von drei ruhigen Alltagssituationen von allen Normalhörenden und Schwerhörigen. | 62 |
| Abbildung B.20: Spektrum der vier Situationen, die während der Testphase von den Normalhörenden mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. Hier sind jeweils von einem normalhörenden Probanden die RMS-Pegel in jedem Bark-Band in Abhängigkeit von der Zeit in Minuten dargestellt. | 63 |
| Abbildung B.21: Spektrum der vier Situationen, die während der Testphase von den Schwerhörigen mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. Hier sind jeweils von einem schwerhörigen Probanden die RMS-Pegel in jedem Bark-Band in Abhängigkeit von der Zeit in Minuten dargestellt. | 63 |
| Abbildung B.22: Spektrogramme derselben Alltagssituationen aus Abbildung B.20 und Abbildung B.21, die die gleichen Probanden mit einer niedrigeren Höranstrengung bewerteten. | 64 |

- Abbildung B.23: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Lautheitsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 64
- Abbildung B.24: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Lautheitsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 65
- Abbildung B.25: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Höranstrengungsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 65
- Abbildung B.26: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Höranstrengungsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 66
- Abbildung B.27: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Angenehmheitsbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,033$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 66
- Abbildung B.28: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Angenehmheitsbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,038$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 67
- Abbildung B.29: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Sprachverstehensbewertungen** der Normalhörenden in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,046$. Das Modell hat eine hinreichende Güte ($r_{crit.} < r_{korr.}$). 67

Abbildung B.30: Modellzusammenfassung der Regressionsanalyse und Regressionskoeffizienten für die **Sprachverstehensbewertungen** der Schwerhörigen in Abhängigkeit der acht Frequenzbänder (Mittenfrequenzen: Band1: 160 Hz, Band2: 490,5 Hz, Band3: 1067 Hz, Band4: 2077 Hz, Band5: 3167,5 Hz, Band6: 4360,5 Hz, Band7: 6173,5 Hz, Band8: 8824 Hz). Das kritische Bestimmtheitsmaß ist $r_{crit.} = 0,046$. Das Modell hat keine hinreichende Güte ($r_{crit.} > r_{korr.}$).

68

8.3 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 3.1: Anstrengendste Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen. Die Zahl in Klammern ist die Anzahl der Probanden, die diese Situationen angegeben haben. | 12 |
| Tabelle 3.2: Für die Frage „Wie wichtig ist es, in der Situation gut zu hören?“ sind für die Kategorien „sehr wichtig“ und „wichtig“ die häufigsten Alltagssituationen gewichtet mit der Probandenanzahl in absteigender Reihenfolge von den Normalhörenden und den Schwerhörigen aufgelistet. Bestimmte Situationen kommen in den Kategorien „sehr wichtig“ und „wichtig“ doppelt vor, da einige Probanden die Kategorie „sehr wichtig“ zur Beschreibung ihrer Alltagssituationen überhaupt nicht herangezogen haben. | 18 |
| Tabelle 3.3: Übersicht in absteigender Reihenfolge von den häufigsten Alltagssituationen gewichtet mit der Probandenanzahl, die von den Normalhörenden und den Schwerhörigen mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. | 19 |
| Tabelle 3.4: Übersicht über die wichtigen Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen aus dem Fragebogen zu Beginn der Studie (vgl. Abbildung B.5 und Abbildung B.8). Die Situationen wurden von allen Probanden im Fragebogen mit wichtig eingestuft. Gegenübergestellt sind in absteigender Reihenfolge die Hörsituationen, die während der Testphase von den Normalhörenden und den Schwerhörigen am häufigsten mit „sehr wichtig“ und „wichtig“ bewertet wurden. | 20 |
| Tabelle 3.5: Übersicht über die anstrengenden Hörsituationen der Normalhörenden und der Schwerhörigen aus dem Fragebogen zu Beginn der Studie (vgl. Abbildung B.9 und Abbildung B.12). Gegenübergestellt sind in absteigender Reihenfolge die Hörsituationen, die während der Testphase von den Normalhörenden und Schwerhörigen am häufigsten mit „deutlich anstrengend“ bewertet wurden. | 21 |
| Tabelle 3.6: Regressionskoeffizienten der multivariaten Regressionsanalyse für die einflussreichsten Frequenzbänder in Abhängigkeit der vier subjektiven Größen getrennt nach Normalhörenden und Schwerhörigen. | 33 |
| Tabelle A.1: Sprachpegel in dB SNR bei einer Sprachverständlichkeit von 50 % mit dem Göttinger Satztest im Freifeld der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder sind die Testergebnisse der fünf jungen Normalhörenden. | 43 |
| Tabelle A.2: Ergebnisse des Trail-Making-Tests (TMT) A/B der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder repräsentieren die Ergebnisse der fünf jungen Normalhörenden. Die Ergebnisse der Probanden (VP9 und VP10) wurden bei der Mittelung nicht berücksichtigt, da diese den Test zum zweiten Mal durchführten und dadurch überdurchschnittliche Leistungen erzielten. | 44 |
| Tabelle A.3: Ergebnisse des Zahlenspanne-Tests vorwärts/rückwärts der zehn Normalhörenden und der zehn Schwerhörigen. Die grau unterlegten Felder repräsentieren die Ergebnisse der fünf jungen Normalhörenden. | 44 |

| | |
|---|----|
| Tabelle A.4: Bark-Mittenfrequenzen der 20 Bark-Bänder, die in den Hörgeräten verwendet werden. | 52 |
| Tabelle A.5: Korrekturwerte zur Bestimmung des breitbandigen RMS-Pegels. Die Werte wurden zu den einzelnen frequenzabhängigen Bark-Bändern addiert. | 52 |
| Tabelle B.1: Korrelationskoeffizienten für die vier skalierten Größen in Abhängigkeit von den RMS-Pegeln getrennt für die zehn Normalhörenden und die zehn Schwerhörigen. Die Korrelationskoeffizienten wurden nach Spearman berechnet. | 62 |
| Tabelle B.2: Korrelationskoeffizienten der subjektiven Urteile (Lautheit und Höranstrengung) in Abhängigkeit von den gemittelten breitbandigen RMS-Pegeln und von den gemittelten RMS-Pegeln des Frequenzbandes 490,5 Hz für die Situation „Gespräche im Haushalt (>1 Person)“. | 68 |

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Zuerst möchte ich Prof. Dr. Inga Holube für die gute Unterstützung, regelmäßige Betreuung und die fabelhaften Ideen für die Umsetzung der Arbeit danken. Weiterhin gilt mein Dank Prof. Dr. Steven van de Par für die Ideen und die Beantwortung meiner Fragen.

Ohne die Zusammenarbeit mit Elmar Fichtl und Vincent Meyer von der Firma Phonak hätte ich die Arbeit in diesem Sinne nicht umsetzen können. Vielen Dank für das Testequipment, für die Beantwortung meiner zahlreichen Fragen, die Hilfsbereitschaft und die guten Ideen und Anregungen.

Weiterhin gilt mein Dank Prof. Dr. Friedrich Müller für die Mitgestaltung des Fragebogens und guten Verbesserungsvorschläge.

In guter Erinnerung bleiben mir die freundliche Atmosphäre und die hilfsbereiten Mitarbeiter des Instituts für Hörtechnik und Audiologie der Jade Hochschule. Insbesondere gilt mein Dank den Projektmitgliedern des Forschungsschwerpunktes „Hören im Alltag in Oldenburg (HALLO)“ und meinen Bürokollegen Jens-Alrik Adrian und Diana Herzog.

Vielen Dank an die geduldigen und hilfsbereiten Probanden.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die durch ihre finanzielle Unterstützung das Studium erst ermöglicht haben.