

**Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke
der Universität Würzburg**

Direktor: Professor Dr. med. J. Helms

**Hörprüfungen mit dem HSM-Satztest modifiziert nach Bocca & Calero
und Rauschen nach CCITT bei den 30 schlechter Hörenden Probanden
einer Gruppe von 60 Normalhörenden circa 50 Jahre alt.**

**Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der**

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Christian Johann Mulfinger

aus Würzburg

Würzburg, August 2004

Referent: Prof. Dr. med. J. Helms
Korreferent: Prof. Dr. med. F. Schardt
Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 29. April 2005

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

INHALT

1. EINLEITUNG	1
1.1 Ausrichtung der modernen Audiologie	1
1.2 Hörphysiologische Grundlagen	3
1.3 Definitionen wichtiger Begriffe:.....	5
1.4 Problemstellung der vorliegenden Arbeit	6
2. MATERIAL UND METHODEN	8
2.1 Testaufbau und technische Ausrüstung.....	8
2.2 Testablauf.....	9
2.3 Eingesetzter Sprachtest	10
2.4 Eingesetztes Störgeräusch	11
2.5 Probanden	13
2.6 Auswertung der Ergebnisse	14
3. ERGEBNISSE	15
3.1 Dokumentation der Probandenaufteilung.....	15
3.2 Gesamtergebnisse	19
3.3 Ergebnisse „-30“ bei 50ms Chopperfrequenz	20
3.3.1 Gegenüberstellung Ergebnisse bei 60 und 80 dB Störlärm	21
3.3.2 Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv bei 60 dB Störlärm	25
3.3.3 Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv bei 80 dB Störlärm	26
3.4 Beziehung zwischen Alter und SNR innerhalb unseres Kollektivs	28

4. DISKUSSION	31
4.1 Diskussion der eigenen Ergebnisse	31
4.2 Vergleich der Gruppe „-30“ mit dem Gesamtkollektiv	32
4.3 Beziehung zwischen Alter und Sprachverständnis	32
4.4 Vergleich mit anderen Arbeiten	33
4.5 Besonderheiten der Modifikation nach Bocca und Calero	36
4.6 Erfahrungen mit dem HSM-Test in der verwendeten Version	38
5. ZUSAMMENFASSUNG	40
6. LITERATURVERZEICHNIS	42

1. Einleitung

1.1 Ausrichtung der modernen Audiologie

Die Komplexität des menschlichen Gehörs stellt hohe Anforderungen an adäquate audiologische Messverfahren. Obwohl heute eine Vielzahl moderner Hörtests zur Verfügung steht, erweist sich keiner davon in der praktischen Anwendung als universell einsetzbar. Vielmehr muss bei der Entscheidung für oder gegen ein Testverfahren stets der weitere Verwendungszweck des Befundes bedacht werden. So wird nach wie vor beispielsweise der Freiburger-Sprachtest trotz der Beschreibung diverser Mängeln durch verschiedene Audiologen, als Basis für sprachaudiometrische Untersuchungen angesehen [5, 18] und stellt somit bis heute, den am meisten verwendeten sprachaudiometrischen Test im deutschen Sprachraum dar [28]. Der Eingang in die Normung [11] stellt seinen entscheidenden Vorteil dar [36]. Immer wenn eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der ermittelten Ergebnisse im Vordergrund steht, wird ein genormter Test zum Einsatz kommen. Arbeitsrechtliche Untersuchungen können hier als Beispiel angeführt werden.

Innerhalb der modernen Sprachtests sind heute sehr unterschiedliche Präferenzen in der Testkonstruktion erkennbar. So steht beispielsweise beim Oldenburger Satztest [35] die höchstmögliche Homogenität der Testlisten im Vordergrund. Diesem Vorteil steht jedoch der damit verbundene synthetische Charakter der Testsätze gegenüber. Bei den noch wenig verbreiteten Logatom-Tests [12] soll der Umfang des Wortschatzes des jeweiligen Probanden ausgeklammert werden. Daher werden sinnleere Wortneubildungen eingesetzt. Integrative Fähigkeiten des Probanden werden somit bewusst nicht mit einbezogen. Um die Einschränkungen im Alltag zu erfassen sind Logatom-Tests daher weniger geeignet.

In der vorliegenden Arbeit kommt der Hochmair-Schulz-Moser Satztest (HSM-Satztest) zum Einsatz [16]. Dieser wurde ursprünglich für die Anpassung von Cochlea-Implantaten entwickelt. Ein wichtiger konzeptioneller Aspekt war dabei die Bereitstellung eines möglichst umfassenden Testmaterials, um bei der Vielzahl von notwendigen Testdurchgängen und Nachkontrollen, immer neue Testsätze zur Verfügung zu haben. Um eine möglichst natürliche Simulation einer alltäglichen Kommunikationssituation zu erreichen, wurde neben der Kombination des Sprachsignals mit einem Hintergrundgeräusch, auf eine natürliche Aussprache geachtet.

Nachdem unter anderem Schuh und Strohmaier [29, 33] die Ausgewogenheit der Satzgruppen des HSM-Satztests bestätigt haben, wurden verschiedene nicht CI-Patientengruppen mit dem HSM-Satztest untersucht [10, 40]. Dabei sollte beispielsweise ein Verlust der Fähigkeit zum Hören im Lärm mit zunehmendem Alter untersucht werden. Die Tendenz zum schlechteren Hören im Lärm mit zunehmendem Alter, wie sie in verschiedenen Arbeiten beschrieben wird, ist vermutlich nicht alleine auf die Presbyakusis zurückzuführen. So beschreibt Versfeld beispielsweise bei Untersuchungen mit zeitkomprimierter Sprache, eine über die Altersschwerhörigkeit hinausgehende Leistungsminderung bei älteren Probanden [34].

Der Einsatz eines modifizierten HSM-Tests soll nun weitere Ergebnisse zu diesem Themenkomplex beitragen und ist Gegenstand dieser Arbeit. Die Modifikation besteht in der Aufteilung des Sprachsignals zwischen zwei Lautsprechern mit einer Frequenz von 50ms. In Anlehnung an den englischen Begriff „to chop“, wird diese Aufteilung im Folgenden mit dem deutschen Äquivalent „zerhacken“ bezeichnet.

Bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts beschäftigten sich unter anderem die italienischen Mediziner Ettore Bocca und Carlo Calero mit der Modifikation von Sprachtests, um deren diagnostisches Spektrum zu erweitern [1, 2, 7, 6]. Durch die Zerhackung des Sprachsignals verlagerten sie die Testanforderungen mehr in Richtung zentraler

liegender Anteile der Sprachverarbeitung. Über die Beurteilung der Fähigkeit zur binauralen Integration sollten Erkenntnisse über die Lage möglicher Läsionen gewonnen werden. Der Schwerpunkt der Arbeiten von Bocca und Calearo lag dabei auf der Pathologie des menschlichen Gehirns.

Im Gegensatz zu Bocca und Calearo steht in der vorliegenden Arbeit das Gehör im Mittelpunkt der Betrachtung. Durch die Modifikation im Sinne nach Bocca und Calearo [6] soll aber eine Verschiebung des Testschwerpunktes von den peripheren Anteilen des Gehörs, hin zu den zentralen Anteilen vollzogen werden.

1.2 Hörphysiologische Grundlagen

An dieser Stelle soll ein kurzer Überblick über relevante, hörphysiologische Grundlagen gegeben werden [zusammengefasst nach: 4, 8, 32, 39].

Der Hörapparat wird in zwei Teile gegliedert, den peripheren und den zentralen Anteil.

Den peripheren Anteil bilden:

- das **äußere Ohr**, mit Ohrmuschel und äußerem Gehörgang,
- das **Mittelohr** mit Trommelfell, Ohrtrompete, Paukenhöhle und pneumatischen Räumen,
- das **Innenohr**,
- der **VIII. Hirnnerv**.

Den zentralen Anteil bildet:

- die **Hörbahn** mit afferentem und efferentem System.

Für das Ohr ist die Schallwelle der adäquate Reiz. Das menschliche Ohr ist in der Lage Schall mit einer Frequenz von 16 Hz bis 20000 Hz zu hören. Die obere Hörgrenze kann im Alter bis auf Werte von 5000 Hz absinken. Die Hörschwelle, also der Schalldruck der gerade noch eine

Empfindung auslöst ist frequenzabhängig. Beim Gesunden reichen beispielsweise 20 μPa Schalldruck bei 1000 Hz für eine Hörempfindung. Am empfindlichsten ist das Ohr im Frequenzbereich 2000 – 5000 Hz.

Durch die Luft des äußeren Gehörganges erreicht der Schall das Trommelfell. Die notwendige Impedanzanpassung an das Medium Flüssigkeit ist Aufgabe der Gehörknöchelchen. Im Innenohr erzeugt das Schallsignal Schwingungen der cochleären Trennwand, in der sich die Sinnenszellen des Ohres befinden. Durch Verschiebebewegungen der cochleären Trennwand, werden die Sinneshärchen der Haarzellen ausgelenkt (Deflektion). Werden die Haarzellen deflektiert, so ändert sich ihr Ruhemembranpotential. Dieses veränderte Potential wird Sensorpotential oder Rezeptorpotential genannt. Das ursprünglich mechanische Signal Schallwelle ist in ein elektrisches Signal transduziert worden. Die Potentialänderung bewirkt die Freisetzung eines Transmitters. Dieser löst schließlich die Aktionspotentiale in den zugehörigen afferenten Fasern des Hörnervs aus. Im weiteren Verlauf durchläuft der Reiz die so genannte Hörbahn. Sie umfasst alle Strukturen des Zentralnervensystems, die an der Reizverarbeitung bis hin zur Sinneswahrnehmung, dem bewussten Hören, beteiligt sind. Die transduzierten Informationen des Schallsignals werden über mindestens 5-6 hintereinander geschaltete Neurone bis zum auditorischen Cortex weitergeleitet. Innerhalb der Neurone geschieht die Signalweiterleitung durch Nervenaktionspotentiale. Der Signaltransfer an den Synapsen wird über Transmitter vermittelt. Schallfrequenz, Schallintensität, Schallrichtung und Entfernung der Schallquelle sind die Schallqualitäten, die bei der Weiterleitung kodiert werden müssen. Den Hörnervenfasern stehen dafür die Entladungsrate, die Zeitdauer der Aktivierung sowie der Anschluß an frequenzspezifische Haarzellen zur Verfügung. Die höheren Neuronen der Hörbahn sind dagegen zunehmend auf komplexe Schallmuster, wie zum Beispiel Phoneme der Sprache spezialisiert. Eine ausgedehnte neuronale Vernetzung dieses zentralauditorischen Systems

entsteht zudem durch Interneurone und Kollaterale. Über den Thalamus erreichen die Afferenzen die primäre Hörrinde, die von sekundären Hörregionen umgeben ist.

Die Hörschwelle für einen Ton steigt ganz erheblich, wenn gleichzeitig andere Töne erklingen. Der Begriff „Maskierung“ beschreibt diesen Effekt. Die Fähigkeit auch in lärmgefüllter Umgebung einen einzelnen Sprecher fokussieren zu können, wird häufig als Cocktailparty-Phänomen [9] oder Segregation [38] bezeichnet. Grundlegende Voraussetzung dafür ist das binaurale Hören. Durch Laufzeitdifferenzen und Intensitätsdifferenzen wird eine Lokalisation der Nutzschaquelle möglich. Aus der englischsprachigen Literatur stammen die entsprechenden Abkürzungen ITD und IID (*interaural time differences, interaural intensity differences*) [27].

1.3 Definitionen wichtiger Begriffe:

SNR: (*Signal / Noise Ratio*) Differenz zwischen Signalpegel und Störlärmpegel. Je niedriger der individuell ermittelte SNR Wert ist, desto besser ist die Fähigkeit zum Hören im Lärm.

SRT: (*Sprachverständlichkeitsschwelle, speech reception threshold*) Signalpegel welcher nötig ist, um 50% der eingespielten Wörter korrekt zu wiederholen.

Chopperfrequenz: (*Zerhackungsfrequenz*) Frequenz mit welcher das Sprachsignal zwischen den beiden Lautsprechern aufgespaltet wird.

Diskriminationsfunktion: (*speech recognition curve*) Zusammenhang zwischen Sprachverständlichkeit und Sprachschallpegel [5].

1.4 Problemstellung der vorliegenden Arbeit

Bereits 1974 wies Schultz-Coulon [30] auf unterschiedliche Ergebnisse bei Sprachtests mit und ohne Störschall hin. Ausgehend von dieser Beobachtung sind allein im deutschsprachigen Raum die verschiedensten Sprachtests mit Störlärm konzipiert worden. Bis heute ist trotz der unumstrittenen Bedeutung derartiger Tests keine allgemein akzeptierte Testanordnung definiert worden. Wichtige Variablen bleiben neben dem Sprachmaterial, das eingesetzte Störgeräusch, die gewählten Schallpegel, das Auswertungsverfahren sowie die Anordnung und Anzahl der Schallquellen. Der HSM-Satztest hat sich in einer Vielzahl von Untersuchungen als effektiver Sprachtest mit Störgeräusch erwiesen [10, 29, 33, 40]. In Zusammenarbeit mit drei weiteren Doktoranden (Lach, Richter, Scherg) werden 60 Probanden im Alter zwischen 40 und 58 Jahren mit dem HSM-Test getestet. Neben der Messung mit dem Standardtest, wird auch eine Modifikation des Tests nach Bocca und Calearo eingesetzt. Dabei wird das Sprachsignal mit einer definierten Frequenz von 50ms zwischen den beiden Lautsprechern aufgeteilt. Beide Testvarianten werden sowohl mit 60 dB als auch mit 80 dB Störlärm durchgeführt. Nach Abschluss der Messungen wird das Probandengut in besser und schlechter Hörende aufgeteilt. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der schlechter hörenden Probanden beim HSM-Test mit Modifikation nach Bocca und Calearo dargestellt und auf Besonderheiten hin untersucht. Bei dem Vergleich der Ergebnisse mit anderen Arbeiten werden auch die Untersuchungen von Lach, Richter und Scherg herangezogen. Folgenden Fragen stehen dabei im Vordergrund:

- Wie beeinflusst die Zerhackung des Sprachsignals das Sprachverständnis?
- Nimmt die Fähigkeit zum Hören im Lärm mit dem Alter ab?

- Schneiden die schlechter Hörenden des HSM-Standardtests auch beim modifizierten Test schlecht ab?
- Wie unterscheidet sich das Satzverständnis bei 60 und 80 dB Störschallpegel?

2. Material und Methoden

2.1 Testaufbau und technische Ausrüstung

Für unsere Versuche steht folgende Ausrüstung zur Verfügung:

- Hörprüfkabine der HNO-Universitätsklinik Würzburg (nach ISO 8253a [17]).
- PC von MAXdata mit Pentium Prozessor und USB-Soundkarte zur Steuerung des Tests, der automatischen Speicherung der Messdaten in einer Datenbank und zum Abspielen der WAVE-Dateien. Dieser befindet sich außerhalb der Hörprüfkabine, um durch die Betriebsgeräusche die Messergebnisse nicht zu beeinflussen.
- Steuereinheit, bestehend aus Monitor, Tastatur und Maus.
- Software: HSM-Test, Patientenverwaltungsprogramm von Westra.
- Ein Vorverstärker sowie eine Endstufe von Technics.
- Lautsprecher der Firma Manger Typ „Zerobox 109“.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Die beiden Lautsprecher über welche sowohl das Sprachsignal als auch das Rauschen eingespielt werden befinden sich in einem Winkel von 45° zur Blickrichtung des Probanden, der Abstand beträgt jeweils einen Meter. Diese Entfernung gilt in der Audiometrie als gängig, da Untersuchungen meistens über vergleichbare Strecken geführt werden [36].

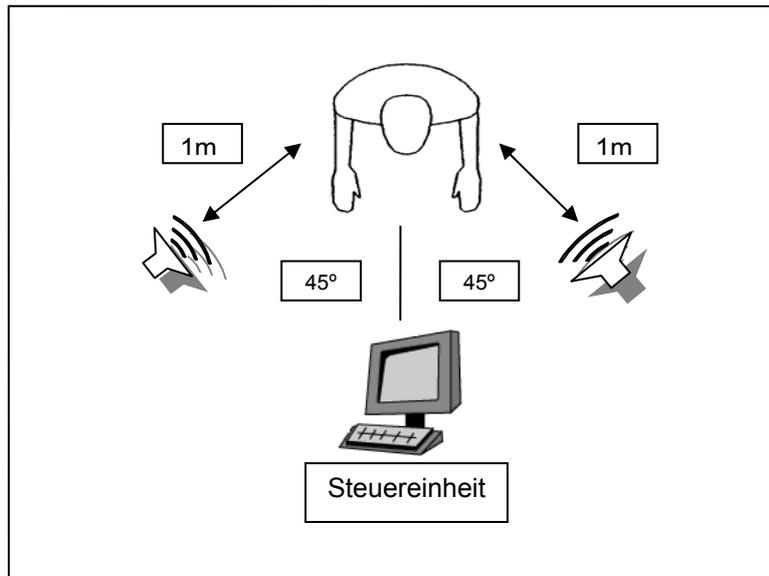


Abbildung 1: Testaufbau

2.2 Testablauf

Alle Teilnehmer wurden mit vier verschiedenen Einstellungen getestet:

- HSM-Standardtest mit 60 dB Störlärm.
- HSM-Standardtest mit 80 dB Störlärm.
- HSM-Test mit Modifikation nach Bocca und Calero, Chopperfrequenz 50ms, 60 dB Störlärm.
- HSM-Test mit Modifikation nach Bocca und Calero, Chopperfrequenz 50ms, 80 dB Störlärm.

Für jede Einstellung wird mit einer Übungsgruppe von 10 Sätzen begonnen. Diese Messergebnisse gehen nicht in die Auswertung ein. Neben der Übungsfunktion dient das Ergebnis dieses Durchgangs auch zur Festlegung des Startwertes für die eigentliche Testgruppe. Der erste Satz jeder Übungsgruppe wird mit SNR = 0 dB eingespielt. Nachdem der Testsatz eingespielt worden ist, wiederholt der Proband das Verstandene. Dabei sollen auch scheinbar unsinnige Satzteile genannt werden. Da es

sich beim HSM-Test um einen offenen Test handelt, wird dem Probanden keine Auswahl möglicher Antworten angeboten.

Der Prüfer bewertet den Anteil richtig verstandener Wörter. Die Software des HSM-Tests ermöglicht eine schnelle Auswertung der Patientenantwort, und eine automatische Anpassung der Parameter für den nächsten Testsatz an das Ergebnis des vorherigen Satzes. Dabei arbeitet das Programm nach folgendem Muster:

- 0% der Wörter korrekt wiederholt > Sprachschallpegel + 2 dB
- 33% der Wörter korrekt wiederholt > Sprachschallpegel +1 dB
- 66% der Wörter korrekt wiederholt > Sprachschallpegel -1 dB
- 100% der Wörter korrekt wiederholt > Sprachschallpegel – 2 dB

Auf diese Weise erhalten wir für die 10 Testsätze insgesamt ein Verständnis von ungefähr 50%. Die einzelnen Messergebnisse werden nach Abschluss der Testgruppe gespeichert. Durch die weitgehende Automatisierung des Testablaufs kann die Dauer eines kompletten Testprogramms auf circa 25 Minuten reduziert werden. Ermüdungserscheinungen wie sie bei längeren Testabläufen beschrieben sind [15], werden auf diese Weise weitestgehend vermieden.

2.3 Eingesetzter Sprachtest

Unsere Untersuchung wurde mit dem Hochmair-Schulz-Moser-Satztest (HSM-Satztest) in der Computerversion durchgeführt. Der deutschsprachige Test besteht aus 30 Satzgruppen zu je 10 Sätzen. Die Länge der einzelnen Sätze variiert zwischen 3 und 8 Wörtern. Die Wörter bestehen aus ein bis vier Silben. Bei der Zusammenstellung der Sätze wurde auf Alltagsnähe geachtet. Dabei wurden neben Aussagesätzen auch Frage- und Ausrufesätze mit einbezogen. Die Ausgewogenheit der Zusammenstellung der Satzgruppen wurde bestätigt [29, 40].

Ursprünglich wurden die Testsätze von CD eingespielt (Westra CD # 15). In der vorliegenden Version sind die Sätze als einzelne WAVE-Dateien auf einem PC gespeichert.

Die Auswahl des Sprechers hat maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse, die bei einem Hörtest mit Sprache ermittelt werden [20]. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit das aufgezeichnete Sprachmaterial nachzubearbeiten, um so beispielsweise eine gleichmäßig ausbalancierte Stimme zu erzeugen [35]. In Fall des HSM-Tests wurde jedoch auf die Erzeugung einer synthetischen Sprache verzichtet, um dem Probanden einen möglichst naturgetreuen Höreindruck zu vermitteln. Als Sprecher wurde ein erfahrener, nicht ausgebildeter Sprecher ausgewählt, dessen Aussprache leicht bayrisch gefärbt ist. Die Sätze wurden mit leicht reduzierter Geschwindigkeit aufgesprochen. Auf diese Weise soll das erschwerte Verständnis bedingt durch den fehlenden Kontext ausgeglichen werden.

2.4 Eingesetztes Störgeräusch

Eine entscheidende Bedeutung für die Konstruktion eines modernen Sprachtests, hat die Auswahl des Störgeräusches. Eine Auswahl an möglichen Geräuschen ist in Tabelle 1 angeführt.

Störgeräusch	Eingesetzt von	Jahreszahl	Quelle
weißes Rauschen	Morales-Garcia, Poole	1972	[24]
Störsprache	Niemeyer	1962	[25]
Rauschen nach CCITT	Schultz-Coulon	1974	[30]
Störgeräusch nach Fastl	Fastl	1987	[13]
Oldenburger Rauschen	Wagener et al.	1999	[35]
sprachsimulierendes Rauschen	Welzl-Müller	1981	[37]

Tabelle1: Auswahl verschiedener Störgeräusche

Die angegebenen Störgeräusche unterscheiden sich grundlegend in ihrem Frequenzspektrum und der zeitlichen Struktur. Diese Parameter werden in der Literatur sehr unterschiedlich bewertet. So führt Schultz-Coulon beispielsweise als Nachteil des weißen Rauschens dessen unnatürliches Frequenzspektrum an [30]. Fastl betont die Bedeutung der zeitlichen Struktur des Störgeräusches [13]. Um die Situation „ein störender Sprecher“ wiederzugeben, kombinierte er daher ein Rauschen mit dem zeitlichen Verlauf fließender Sprache. Wagener et al. [35] beschreiben als Vorteil des Oldenburger Rauschens dessen Entsprechung mit dem Langzeitspektrum des Testmaterials und eine nur geringfügige Modulation.

Bis zum heutigen Zeitpunkt gibt es kein allgemein angewandtes Störgeräusch in der Sprachaudiometrie. Eine verbindliche Norm existiert nicht. Dass das Rauschen nach CCITT zumindest als Geräusch genormt ist, stellt einen Vorteil für die Vergleichbarkeit einzelner Untersuchungen dar. Darüber hinaus entspricht die Spektralverteilung weitestgehend der von Sprache (Abbildung 2). Aus den genannten Gründen wird das Rauschen nach CCITT bei unseren Untersuchungen eingesetzt.

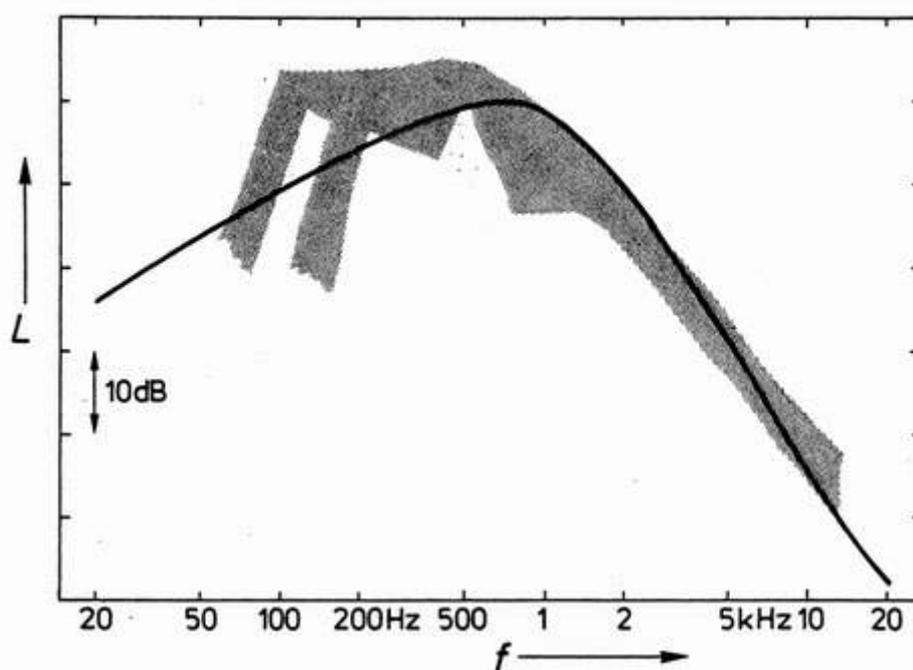


Abbildung 2: Spektralverteilung: Rauschen nach CCITT vs. Sprache

Entsprechend der Forderung nach einem geeigneten Ankündigungssignal [19] startet das Rauschen kurz vor dem Nutzsignal, um die Aufmerksamkeit des Probanden auf den Test zu lenken.

Eine weitere Variable in Bezug auf das Störgeräusch stellt der Schallpegel dar mit welchem es eingespielt wird. In der vorliegenden Untersuchung wird mit 60 und 80 dB Störlärmpegel gearbeitet. Um die Relevanz dieses Lärmpegels für Alltagssituationen aufzuzeigen sind in Tabelle 2 einige Beispiele angeführt.

Geräusch	Pegel
Start eines Düsenflugzeugs (100m entfernt)	125 dB
Popkonzert	110 dB
Baulärm	100 dB
Straßenverkehr	80 dB
Unterhaltung	60 dB
Wald	20 dB

Tabelle 2: Auswahl verschiedener Lärmpegel

Der Versuchsdurchgang mit 60 dB repräsentiert somit beispielsweise eine Unterhaltung innerhalb eines ruhigen Raumes, wobei als Störgeräusch eine Unterhaltung von zwei weiteren Personen auftritt. Der Durchgang mit 80 dB imitiert zum Beispiel eine Unterhaltung neben einer belebten Straße.

2.5 Probanden

Zusammen mit drei weiteren Doktoranden wurden 60 Probanden getestet. Basierend auf dem jeweiligen 50%igen Satzverständnis beim HSM-Standardtest mit 60dB Störlärm haben wir das Probandenkollektiv in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Gruppe „+30“ umfasst die 30 Probanden mit SNR

Werten besser als der Median, die Gruppe „-30“ die 30 Probanden mit SNR-Werten schlechter als der Median. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse der Gruppe „-30“ beim HSM-Test mit Modifikation nach Bocca und Calero beschrieben.

Es wurden insgesamt 30 Frauen und 30 Männer zwischen 40 und 58 Jahren getestet. Die Teilgruppe „-30“ setzt sich aus 15 Frauen und 15 Männern zwischen 45 und 58 Jahren zusammen. Der Altersdurchschnitt des Gesamtkollektivs beträgt 51,0 Jahre, das Durchschnittsalter der Gruppe „-30“, 51,8 Jahre. Als Probanden stellten sich neben Personen aus dem Bekanntenkreis der Doktoranden stationäre Patienten der Augenklinik zur Verfügung.

Bedingungen für die Teilnahme war neben dem Alter, deutsch als Muttersprache und die eigene Einschätzung als normalhörend. Die Probanden wurden nach Vorerkrankungen des Gehörs befragt, Probanden mit auffälliger Anamnese wurden nicht getestet.

2.6 Auswertung der Ergebnisse

Zur Auswertung unserer Ergebnisse werden die Programme SPSS, EXEL und ACCESS genutzt.

3. Ergebnisse

3.1 Dokumentation der Probandenaufteilung

Zunächst wurde das Probandengut in zwei Gruppen aufgeteilt. Als Basis für die Einteilung in die Gruppen „+30“ oder „-30“ diente der errechnete SRT-Wert beim HSM-Standardtest mit 60 dB. Dazu wurden die Messergebnisse in die allgemeine Gradengleichung ($y = mx + t$) eingesetzt, y gleich **50%** gesetzt und nach x aufgelöst. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Einzelergebnisse. In Tabelle 3 sind die SRT-Werte für jeden Probanden dokumentiert. In Tabelle 4 ist die Gruppe „-30“ aufgelistet.

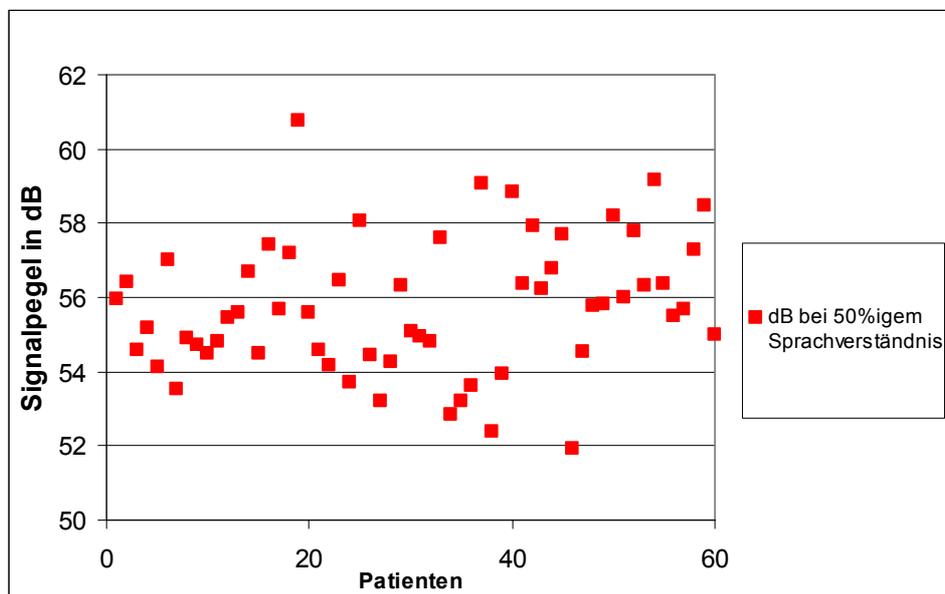


Abbildung 3: Verteilung der Messergebnisse bei HSM – Standard mit 60 dB Störlärm

Nummer	IDPATAUD	50%		Nummer	IDPATAUD	50%
1	89	56		31	246	54,9
2	90	56,4		32	247	54,8
3	106	54,6		33	248	57,6
4	107	55,2		34	249	52,9
5	117	54,1		35	250	53,2
6	118	57		36	251	53,6
7	119	53,5		37	252	59,1
8	127	54,9		38	253	52,4
9	128	54,7		39	254	53,9
10	135	54,5		40	255	58,8
11	136	54,8		41	256	56,4
12	139	55,4		42	257	57,9
13	140	55,6		43	258	56,2
14	142	56,7		44	259	56,8
15	143	54,5		45	260	57,7
16	144	57,4		46	261	51,9
17	145	55,7		47	262	54,5
18	146	57,2		48	263	55,7
19	147	60,8		49	264	55,8
20	148	55,6		50	265	58,2
21	149	54,6		51	266	56
22	198	54,1		52	267	57,8
23	199	56,5		53	268	56,3
24	205	53,7		54	269	59,2
25	206	58,1		55	271	56,4
26	217	54,4		56	272	55,5
27	242	53,2		57	273	55,7
28	243	54,3		58	274	57,3
29	244	56,3		59	275	58,5
30	245	55,1		60	276	55

Tabelle 3: Gesamtergebnisse bei HSM-Standard mit 60 dB Störlärm

Nummer	IDPATAUD	50%		Nummer	IDPATAUD	50%
1	89	56		16	257	57,9
2	90	56,4		17	258	56,2
3	118	57		18	259	56,8
4	142	56,7		19	260	57,7
5	144	57,4		20	263	55,7
6	145	55,7		21	264	55,8
7	146	57,2		22	265	58,2
8	147	60,8		23	266	56
9	199	56,5		24	267	57,8
10	206	58,1		25	268	56,3
11	244	56,3		26	269	59,2
12	248	57,6		27	271	56,4
13	252	59,1		28	273	55,7
14	255	58,8		29	274	57,3
15	256	56,4		30	275	58,5

Tabelle 4: Ergebnisse der Gruppe „-30“

Im weiteren Verlauf der Datenauswertung soll die statistische Unabhängigkeit der von uns gebildeten Gruppen belegt werden. Hierzu werden beide Gruppen mit dem Mann-Whitney-Test, einem nicht parametrischen Test der dem T-Test entspricht, für alle vier Varianten untersucht. Die mittels SPSS berechneten Werte sind in Tabelle 5a und 5b zusammengefasst.

COPPFREQ	Gruppe	NOISE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
0ms	plus 30	60	30	15.50	465.00
		80	30	45.50	1365.00
		Gesamt	60		
	minus 30	60	30	15.50	465.00
		80	30	45.50	1365.00
		Gesamt	60		
50ms	plus 30	60	30	15.50	465.00
		80	30	45.50	1365.00
		Gesamt	60		
	minus 30	60	30	15.50	465.00
		80	30	45.50	1365.00
		Gesamt	60		

Tabelle 5a: Mann-Whitney-Test: Ränge

COPPFREQ	Gruppe		dB-50
0ms	plus 30	Mann-Whitney-U	0.000
		Wilcoxon-W	465.000
		Z	-6.653
		Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0.000
	minus 30	Mann-Whitney-U	0.000
		Wilcoxon-W	465.000
		Z	-6.653
		Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0.000
50ms	plus 30	Mann-Whitney-U	0.000
		Wilcoxon-W	465.000
		Z	-6.653
		Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0.000
	minus 30	Mann-Whitney-U	0.000
		Wilcoxon-W	465.000
		Z	-6.653
		Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0.000

Tabelle 5b: Mann-Whitney-Test: Statistik

Legende:

COPPFREQ: Chopperfrequenz, 0ms entspricht HSM-Standard, 50ms entspricht modifiziertem HSM-Test.

dB-50: SNR bei 50%igem Satzverständnis

Mann-Whitney-U: Anzahl, wie oft ein Wert in der ersten Gruppe einem Wert in der zweiten Gruppe vorausgeht, wenn die Werte in aufsteigender Reihenfolge sortiert sind.

Wilcoxon-W: Ein nicht parametrischer Test für zwei verbundene Variablen zur Überprüfung der Hypothese, dass beide Variablen dieselbe Verteilung haben.

Z: Eine Teststatistik mit einer annähernden Normalverteilung.

Asymptotische Signifikanz: Die Wahrscheinlichkeit, basierend auf der asymptotischen Verteilung einer Teststatistik unter der Annahme einer großen Datenmenge, Extremwerte wie den beobachteten zu erhalten.

3.2 Gesamtergebnisse

Um die Ergebnisse der Gruppe „-30“ beim HSM-Test mit Chopperfrequenz 50ms mit den Gesamtergebnissen vergleichen zu können, werden an dieser Stelle kurz die Gesamtergebnisse dargestellt. Genauere Darstellungen, sowie die Interpretation sind den jeweiligen Arbeiten zu entnehmen. Dargestellt sind ebenfalls die berechneten SRT-Werte. Diese wurden wie in 3.1 beschrieben ermittelt.

COPPFREQ	NOISE	N	Mittelwert für SNR in dB	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
0ms	60	60	-4.248	18.077	0.2334
	80	60	-4.880	18.047	0.2330
50ms	60	60	1.306	22.055	0.2847
	80	60	0.992	22.830	0.2947

Tabelle 6: Gesamtergebnisse

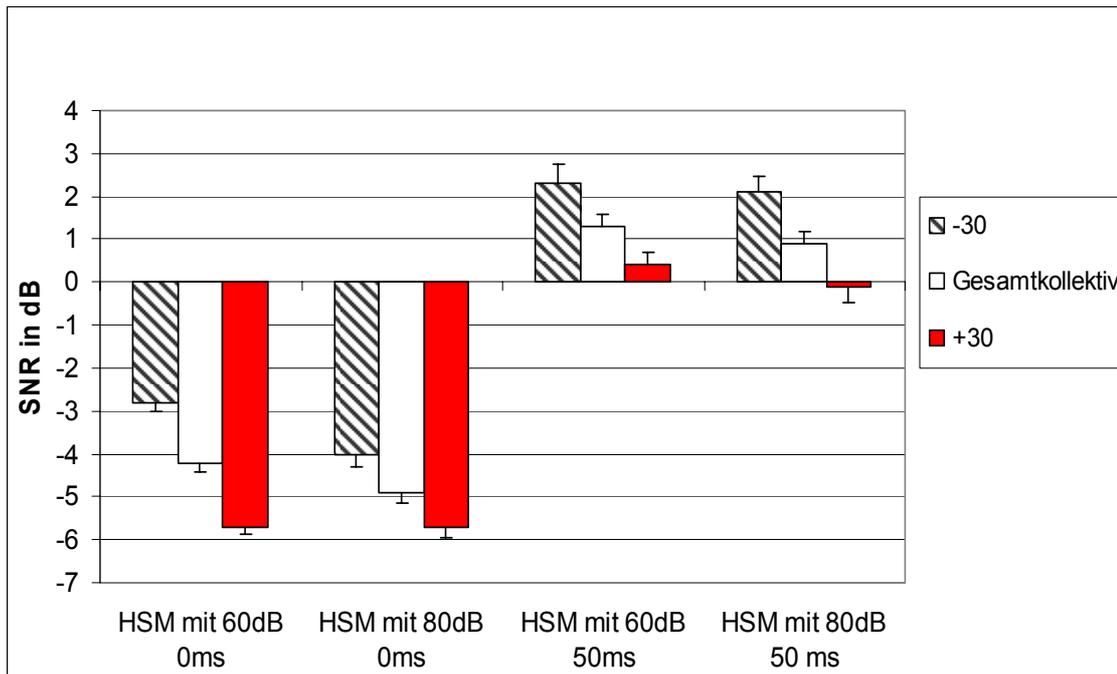


Abbildung 4: Gesamtergebnisse

3.3 Ergebnisse „-30“ bei 50ms Chopperfrequenz

Im weiteren Verlauf des Ergebnisteils dieser Arbeit, wird das Abschneiden der Gruppe „-30“ beim HSM-Test mit Chopperfrequenz 50ms beschrieben. Die folgenden Fragestellungen werden dabei graphisch umgesetzt:

- Verändert sich die Satzverständlichkeit wenn das Gesamtpegelniveau (Nutz- und Störschall) angehoben wird?
- Welche charakteristischen Merkmale zeigen die Diskriminationskurven der Gruppe „-30“?
- Worin unterscheidet sich die Gruppe „-30“ vom Gesamtkollektiv?

Abschließend werden die Gesamtergebnisse dahingehend untersucht, ob innerhalb unseres Probandenkollektivs eine Beziehung zwischen SRT und Alter besteht.

3.3.1 Gegenüberstellung Ergebnisse bei 60 und 80 dB Störlärm

Anzahl Versuchspersonen	Störlärm	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
30	60	2,2513	2,3726	0,43318
30	80	2,0526	2,1294	0,38877

Tabelle 7: Ergebnisse mit 60 und 80 dB Störlärm

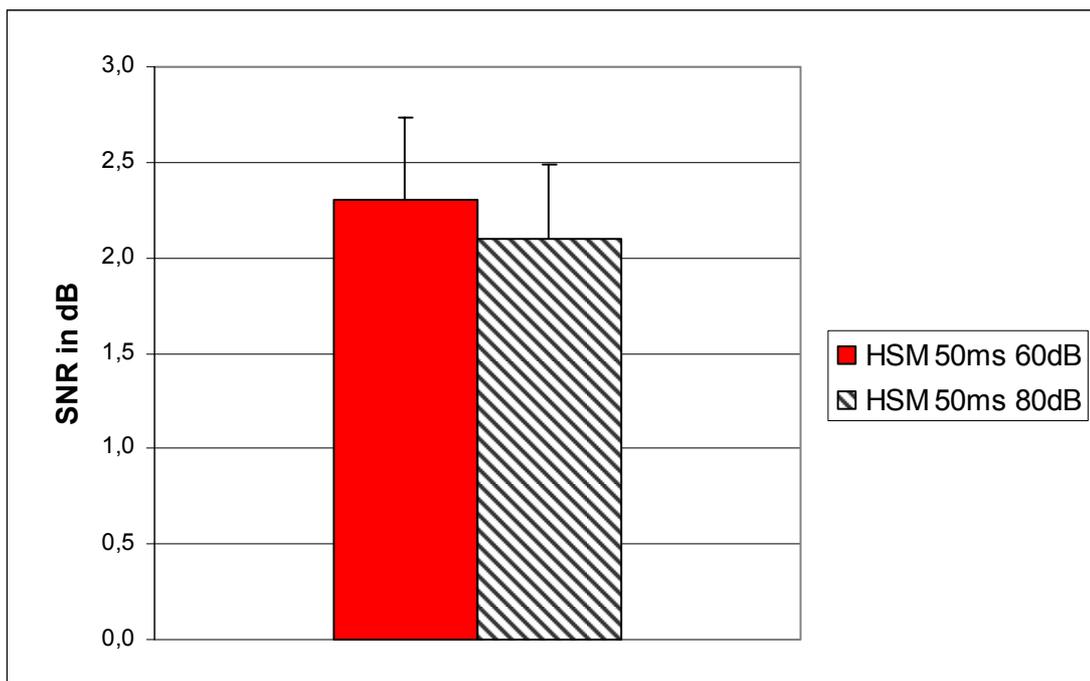


Abbildung 5: Vergleich zwischen 60 und 80 dB Störlärm

Der Vergleich der SNR-Werte für 60 und 80 dB Störlärm ergibt für die Gruppe „-30“ beim HSM-Test mit 50ms Chopperfrequenz mit einer Signifikanz von 0,734 keinen statistisch relevanten Unterschied. In Tabelle 8 sind die mittels SPSS ermittelten Werte für den Levene-Test sowie für den T-Test zusammengefasst.

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
								Untere	Obere
Varianzen gleich	0,055	0,816	0,341	58	0,734	0,199	0,58205	0,96637	1,36385
Varianzen nicht gleich			0,341	57	0,734	0,199	0,58205	0,96665	1,36413

Tabelle 8: Statistische Auswertung für HSM 50 ms / Gruppe -30

Unterschiede der Diskriminationskurven (Abbildung 6) ergeben sich vor allem im Bereich geringer SNR-Werte. So verstehen die Probanden bei einem SNR von -5 dB bei 80 dB Störlärm bereits knapp 30% der Wörter, bei identischem SNR und 60 dB Störlärm sind dagegen noch keine Wörter korrekt wiederholbar. Im weiteren Verlauf der Kurve verliert sich dieser Trend, und ist erst wieder bei einem SNR von 7 dB erkennbar. In diesem Bereich verlaufen die Graphen jedoch insgesamt recht unausgewogen, wofür die begrenzte Anzahl von Messungen verantwortlich sein dürfte.

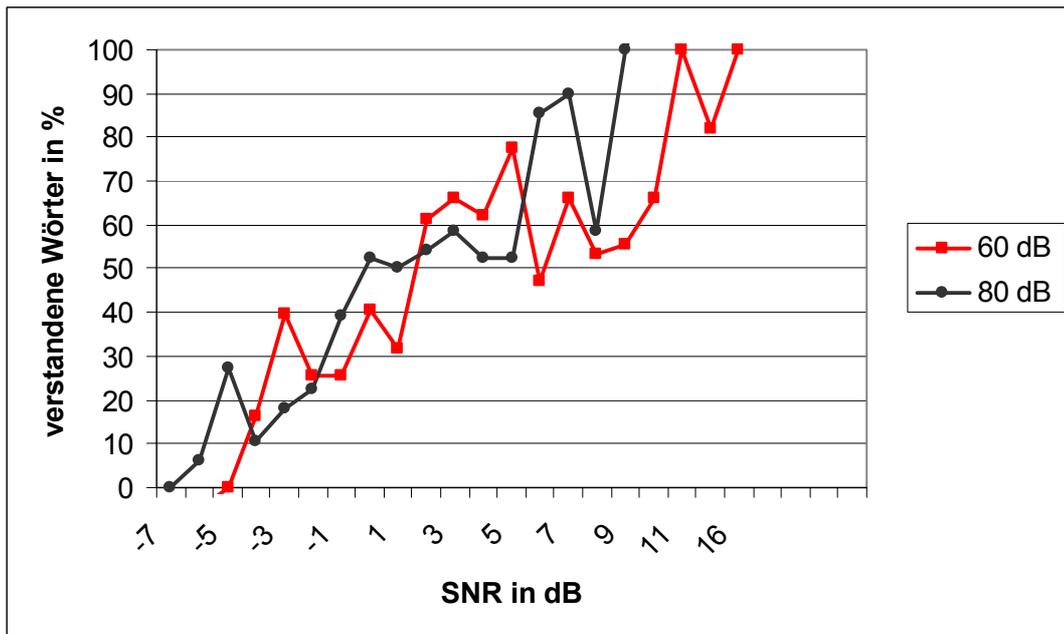


Abbildung 6: Vergleich der Diskriminationskurven bei 60 und 80 dB

Die Regressionsgeraden zeigen ebenfalls eine Tendenz zum besseren Verstehen bei 80 dB Störlärm. Wie bereits erwähnt ist diese jedoch statistisch nicht signifikant. In Abbildung 7a und 7b sind die Regressionsgeraden für 60 und 80 dB Störlärm getrennt dargestellt, in Abbildung 7c wurden die beiden Geraden übereinander gelegt.

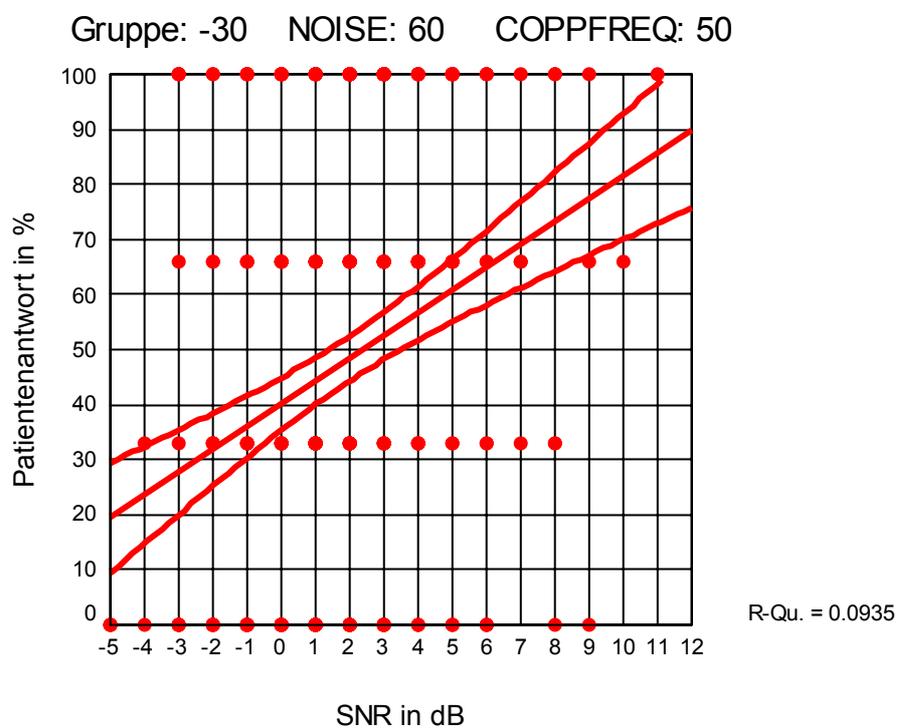


Abbildung 7a: Regressionsgerade bei 60 dB Störlärm

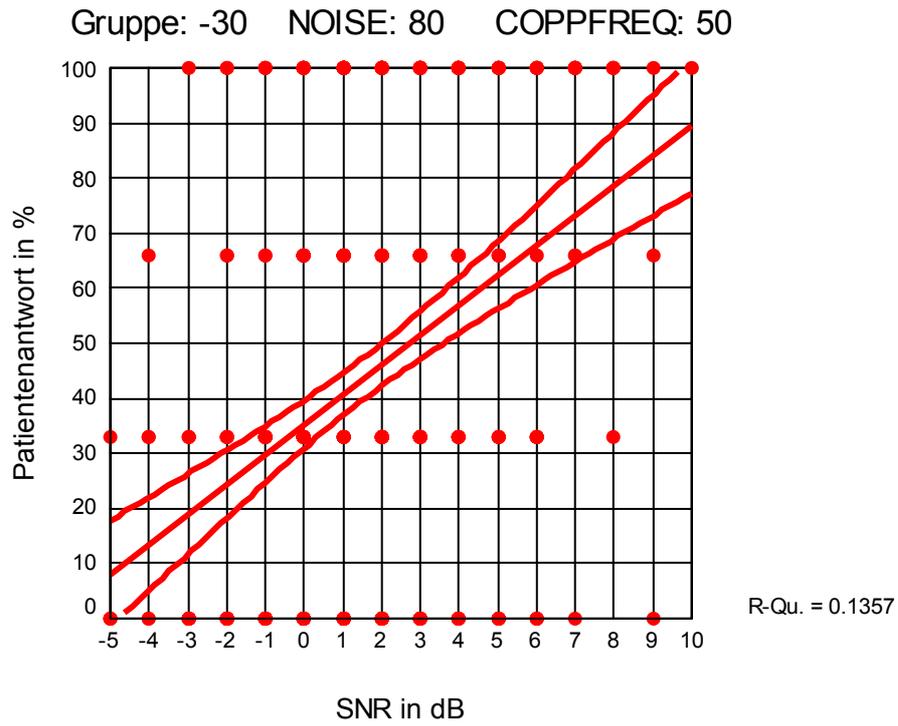


Abbildung 7b: Regressionsgerade bei 80 dB Störlärm

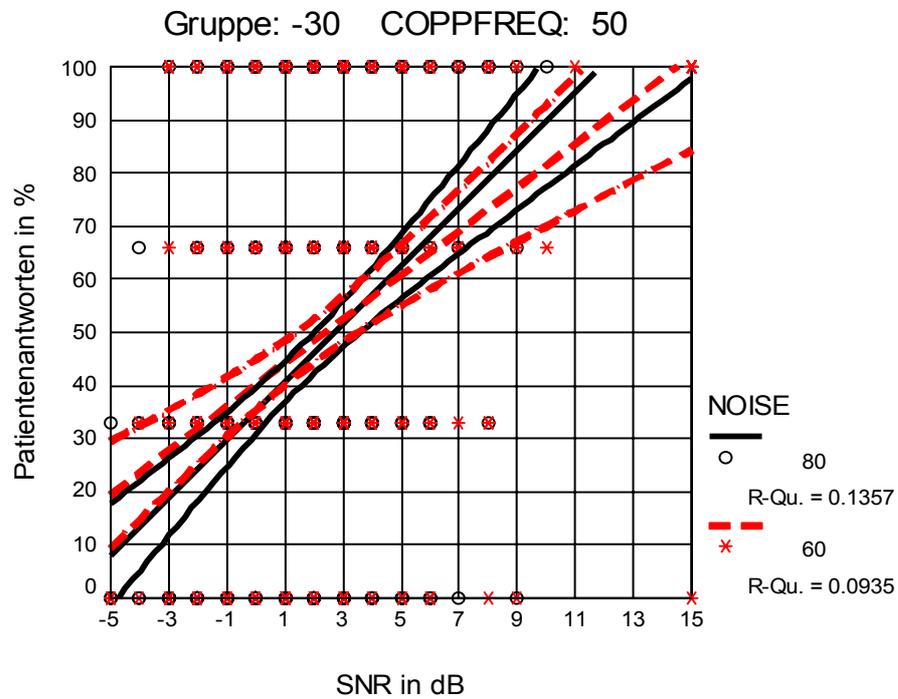


Abbildung 7c: Regressionsgeraden übereinander dargestellt

3.3.2 Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv bei 60 dB Störlärm

Der durchschnittliche SRT-Werte für den HSM-Test mit 60 dB / 50ms für die Gruppe „-30“ liegt 1,0 dB über dem des Gesamtkollektivs (Abbildung 8). Die 30 schlechter hörenden Probanden benötigen somit durchschnittlich ein um 1 dB lauterer Sprachsignal um 50 % der Wörter richtig zu verstehen.

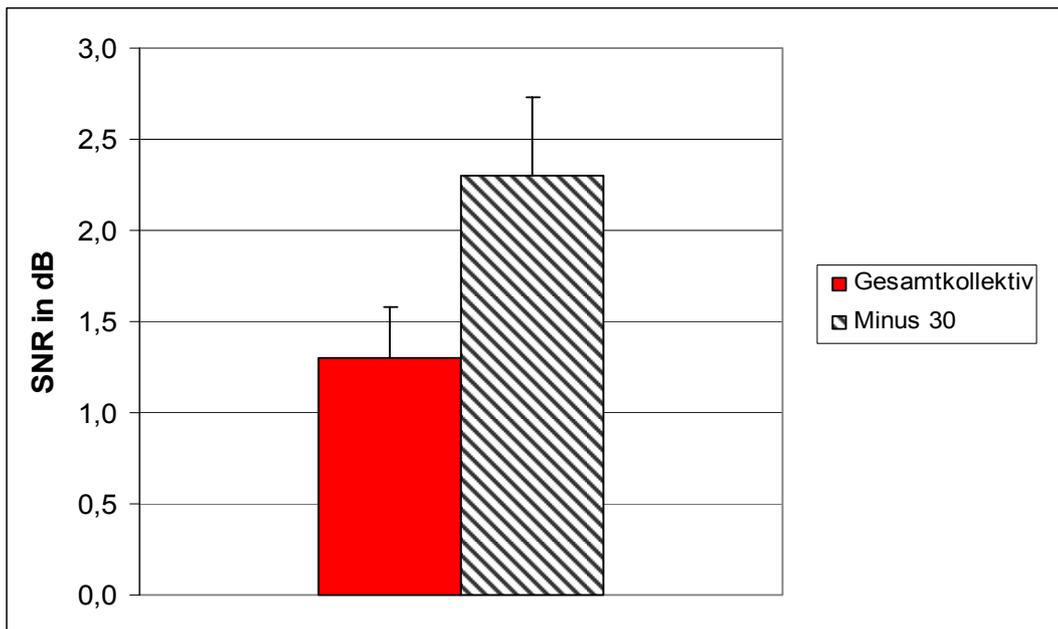


Abbildung 8: Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv für 60 dB Störlärm

Aus der Gegenüberstellung der Diskriminationskurven ergeben sich keine charakteristischen Unterschiede der beiden Gruppen (Abbildung 9). Zwar ist das Gesamtkollektiv etwas früher in der Lage einzelne Wörter korrekt zu wiederholen, doch steigt die Kurve der Gruppe „-30“ initial sogar etwas steiler an. Zu bedenken ist ferner, dass im Gegensatz zu den Regressionsgeraden aus den Abbildung 7a-c die dargestellten Diskriminationskurven nicht mathematisch gemittelt wurden. Sie repräsentieren daher zwar authentisch die tatsächlich gemessenen Ergebnisse, neigen aber bedingt durch eine begrenzte Anzahl an Messungen zu Unregelmäßigkeiten.

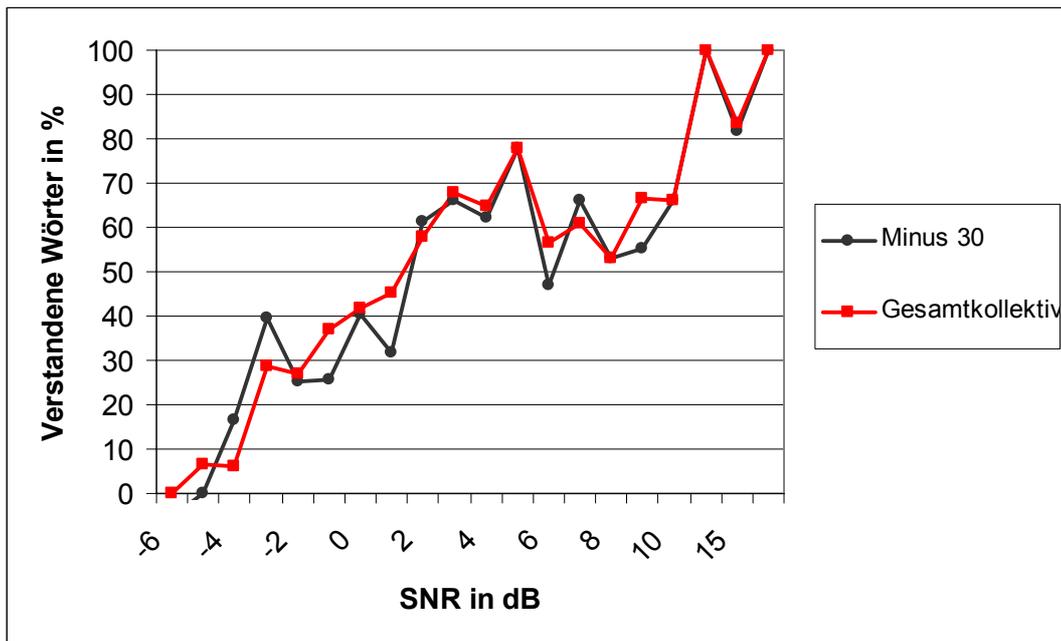


Abbildung 9: Diskriminationsgeraden „-30“ und Gesamtkollektiv für 60 dB Störlärm

3.3.3 Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv bei 80 dB Störlärm

Die SRT-Werte unterscheiden sich um 1,1 dB (Abbildung 10). Damit zeigt sich auch in Bezug zum Gesamtkollektiv nur ein geringer Unterschied zwischen den Messungen mit 60 und 80 dB. Eine statistische Überprüfung ist nicht möglich, da die Gruppe „-30“ Teil des Gesamtkollektivs ist.

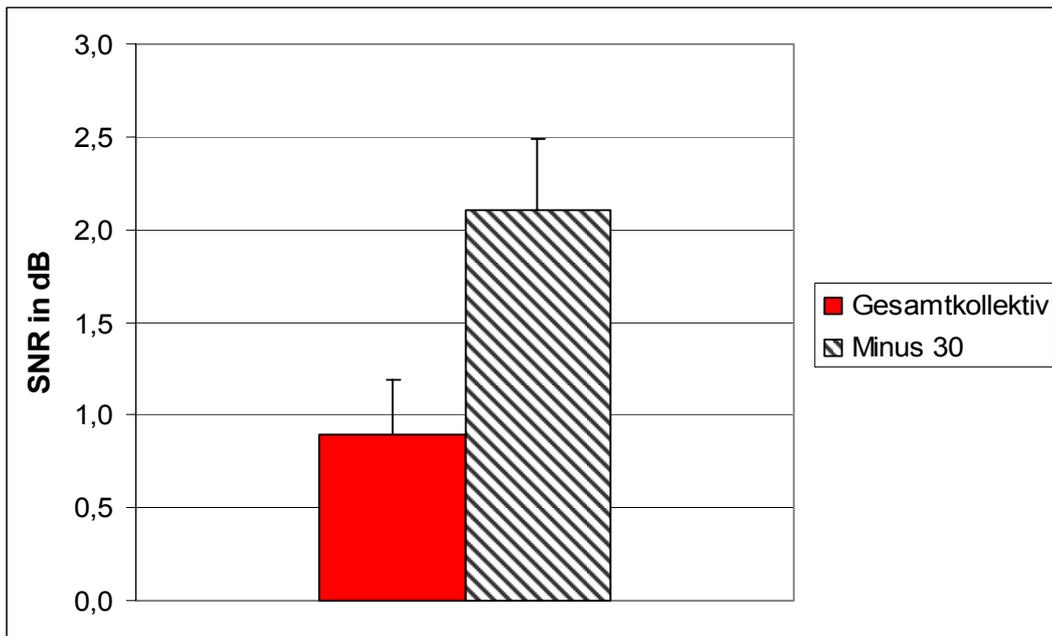


Abbildung 10: Gegenüberstellung „-30“ mit Gesamtkollektiv für 60 dB Störlärm

Die Diskriminationskurven für 80 dB erscheinen aussagekräftiger als die für 60 dB (Abbildung 11). So liegt der Graph für die Gruppe „-30“ im gesamten Bereich zwischen -8 dB und +6dB unter dem des Gesamtkollektivs. Im Bereich um -7 dB beispielsweise versteht das Kollektiv durchschnittlich knapp 20 % richtig, wohingegen die 30 schlechter Hörenden noch keine Satzteile richtig wiederholen können. Im weiteren Verlauf liegt der richtig verstandene Anteil beim Gesamtkollektiv um maximal 10 % über dem der Gruppe „-30“.

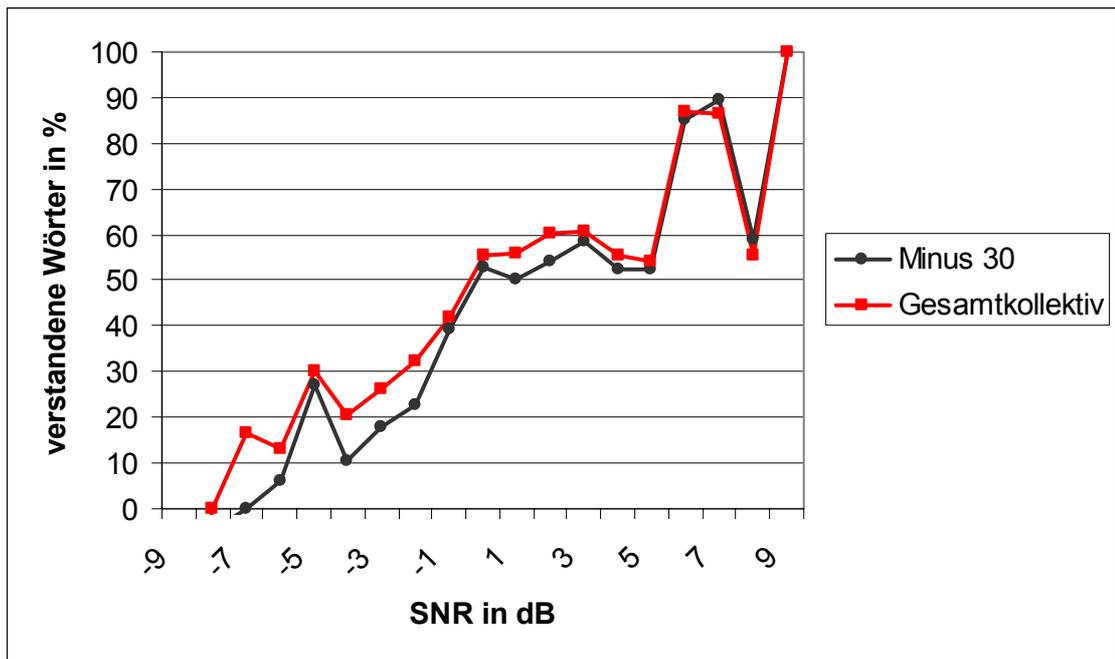


Abbildung 11: Diskriminationsgeraden „-30“ und Gesamtkollektiv für 80 dB Störlärm

3.4 Beziehung zwischen Alter und SNR innerhalb unseres Kollektivs

Im Folgenden soll eine mögliche Beziehung zwischen Alter und Fähigkeit zum Hören im Lärm innerhalb unserer Testteilnehmer überprüft werden. Dazu sind in Abbildung 12 Patientenalter und SNR-Wert für 50 %iges Satzverständnis in Abhängigkeit vom Probandenalter dargestellt. Aus der ermittelten Geraden ergeben sich keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Alter und Fähigkeit zum Hören im Lärm innerhalb unseres Probandenkollektivs.

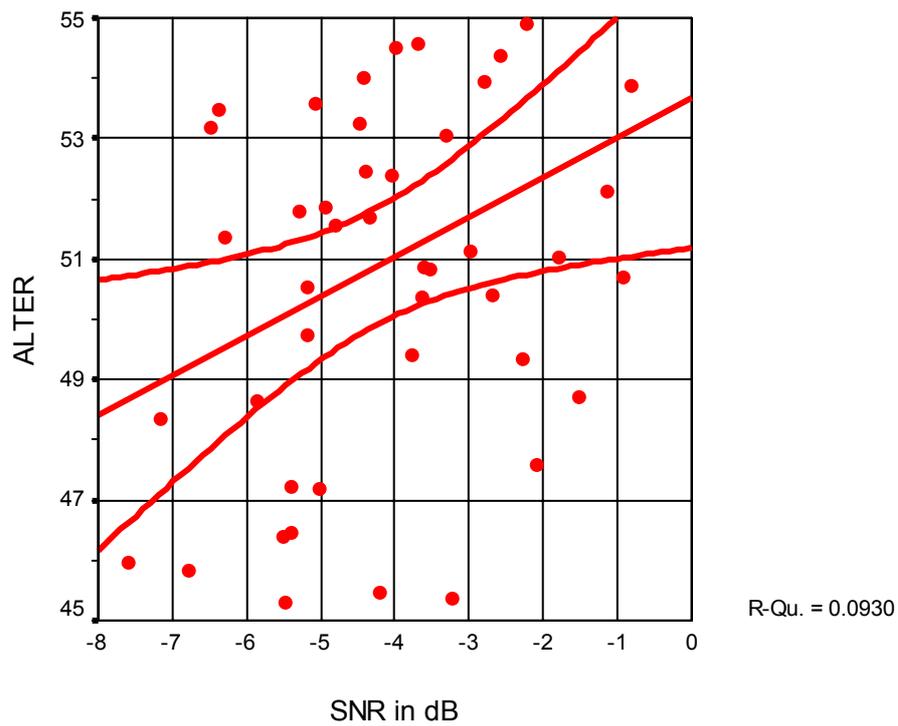


Abbildung 12: Verhältnis Alter zu SNR-Wert

Auch nach der Trennung der Testteilnehmer in die 30 besser und 30 schlechter Hörenden, welche in Abbildung 13 umgesetzt ist, ergibt sich kein fassbarer Zusammenhang.

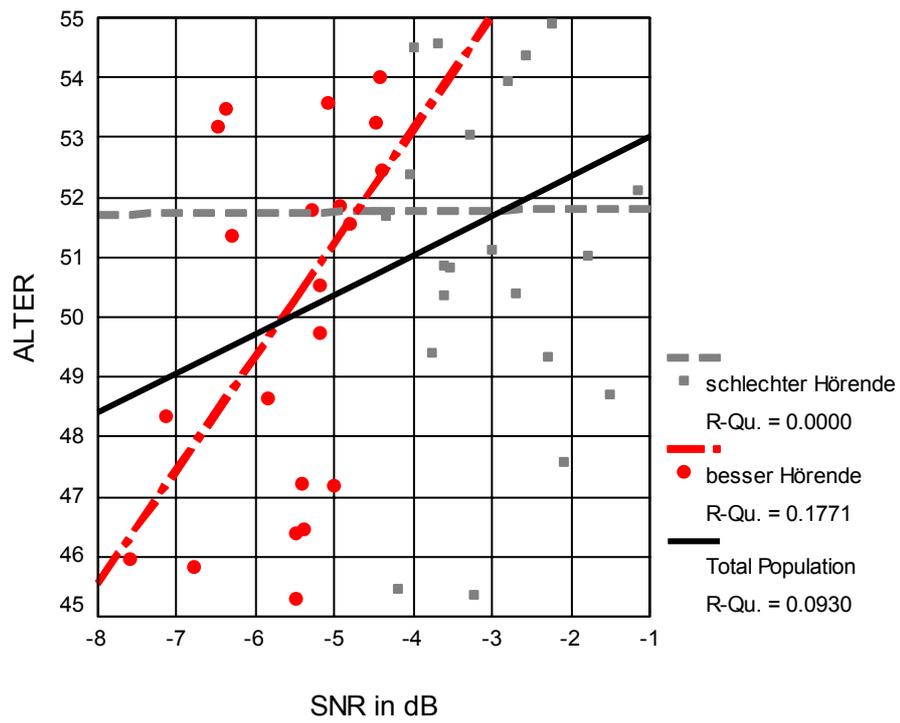


Abbildung 13: Alter zu SNR-Wert nach Gruppen aufgeteilt

4. Diskussion

An dieser Stelle soll zunächst nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Erhebung der Daten, welche in der vorliegenden Arbeit dargestellt sind, in Teamarbeit mit den Doktoranden Lach, Richter und Scherg erhoben wurden. Die 60 Probanden der Gesamtgruppe wurden jeweils mit dem HSM-Test in der Standardversion und mit der Modifikation nach Bocca und Calero getestet.

4.1 Diskussion der eigenen Ergebnisse

Nach der Erfassung der Messdaten, wurde zunächst wie in 3.1 dokumentiert, das Probandengut bestehend aus 60 Testpersonen in besser und schlechter Hörende aufgeteilt. Dazu musste eine Vergleichsgrundlage geschaffen werden. Ein üblicher Parameter ist bei einer Vielzahl von ähnlichen Arbeiten [10, 23] die Sprechverständnisschwelle (SRT). Für jeden getesteten Satz wurde, wie in 2.2 beschrieben, ein Verständnisanteil in % (0, 33, 66, 100) bestimmt. Neben dem Prozentwert wurde der dazugehörige SNR, also die Differenz zwischen Nutz- und Störsignal in dB, aufgezeichnet. Aus der Summe aller Messergebnisse eines Probanden wurde dann für jeden Probanden über die allgemeine Gradengleichung der SNR berechnet, welcher für 50%iges Verständnis notwendig ist. Da wir jeweils vier Varianten des HSM-Tests getestet haben, ergeben sich für jeden Probanden vier SRT-Werte. Zur Aufteilung des Probandenguts in besser und schlechter Hörende diene ausschließlich der SRT-Wert für den HSM-Standardtest mit 60 dB und 0ms. Die 30 Probanden mit SRT-Werten schlechter als der Median bilden die Gruppe „-30“.

Der SRT-Wert wird insbesondere daher häufig als Vergleichsgrundlage gewählt, weil der Graph aus „SNR“ und „Prozent richtig verstandene

Wörter“ um 50 % am steilsten ist. Dadurch bedingt ist der Vergleich ermittelter Verständnismerte in diesem Punkt ideal.

Für die Gruppe „-30“ ergibt sich als Durchschnitt aus den 30 ermittelten SRT-Werten ein SNR-Wert von 2,3 dB für den HSM-Test mit 60 dB und 50 ms Chopperfrequenz, für den Test mit 80 dB ein SNR von 2,1 dB. Ein statistisch relevanter Unterschied zwischen den beiden Pegelniveaus besteht somit nicht. Das Probandenkollektiv „-30“ kann also weder durch eine Erhöhung noch durch eine Absenkung des Störschalls, bei jeweils angepasstem Nutzschall, für den HSM-Test (50ms) eine signifikante Verbesserung des Satzverständnisses erreichen.

4.2 Vergleich der Gruppe „-30“ mit dem Gesamtkollektiv

Beim Vergleich der Gruppe „-30“ mit dem Gesamtkollektiv ergibt sich für den HSM-Test mit 60 dB (50ms) ein um 1 dB höherer SRT-Wert, bei 80 dB (50ms) ist dieser um 1,1 dB höher. Die Gruppe „-30“ benötigt somit ein um 1,0 bzw. 1,1 dB höheres Nutzsignal um 50% der Wörter richtig zu verstehen.

Bei der Betrachtung der Diskriminationskurven ergeben sich kaum verwertbare Unterschiede zwischen den Graphen für die Gruppe „-30“ und Gesamtkollektiv (Abbildungen 9 und 11). Lediglich bei 80 dB ist im Bereich niedriger SNR-Werte zwischen -8 und -3 dB ein deutlicher Vorteil für das Gesamtkollektiv ablesbar. Weitere Aussagen erscheinen auch wegen des recht unregelmäßigen Verlaufs der Graphen schwierig. Dieser ist vor allem in der begrenzten Anzahl von Messungen begründet.

4.3 Beziehung zwischen Alter und Sprachverständnis

In Abschnitt 3.4 des Ergebnisteils ist ein Zusammenhang zwischen Alter und Fähigkeit zum Hören im Lärm für das Gesamtkollektiv untersucht worden. Dazu wurden die SRT-Werte in Abhängigkeit zum

Probandenalter dargestellt. Innerhalb unseres Gesamtkollektivs ergeben sich aus der Geraden keine Hinweise auf einen bestehenden Zusammenhang. Das untersuchte Alterspektrum zwischen 40 und 58 ist somit offensichtlich nicht breit genug, um bereits innerhalb dieser Gruppe vom Probandenalter auf das zu erwartende Leistungsniveau schließen zu können. Von größerem Interesse ist daher der Vergleich mit wesentlich jüngeren Menschen.

4.4 Vergleich mit anderen Arbeiten

An dieser Stelle sollen nun die vorgestellten Ergebnisse mit anderen Arbeiten verglichen werden. Zunächst soll der Unterschied zwischen dem Sprachverständnis bei 60 und 80 dB betrachtet werden. Für die Gruppe „-30“ ermittelten wir einen nicht signifikanten Unterschied von 0,2 dB zugunsten des höheren Schallpegelniveaus. Schuh [29] und Delle [10] geben bei Untersuchungen mit dem HSM-Satztest (0ms) eine tendenzielle Verständlichkeitssteigerung bei Erhöhung des Pegelniveaus von 60 auf 80 dB an. Welzl-Müller beschreibt einen Vorteil in der Größenordnung um 1 dB zugunsten eines gesteigerten Pegelniveaus [37]. Die Untersuchung wurde allerdings nicht mit dem HSM-Test sondern dem Marburger-Satztest durchgeführt. Schulze-Thüsing ermittelte dagegen, ebenfalls mit dem Marburger Satztest, einen Verständnisverlust bei gesteigertem Pegelniveau [31]. Otto untersuchte 30 Probanden im Alter zwischen 20 und 25 Jahren mit dem HSM-Test mit 50ms Chopperfrequenz. Sie ermittelte eine Differenz von 0,34 dB zugunsten des niedrigeren Pegelniveaus [26].

Auch innerhalb unserer Gesamtergebnisse ergibt sich kein klarer Trend. Richter und Lach ermittelten keinen signifikanten Unterschied zwischen 60 und 80 dB, wohingegen Scherg, welcher ebenfalls die Gruppe „-30“ untersuchte, für den HSM-Standardtest einen hochsignifikanten Verständnisk Gewinn zugunsten von 80 dB angibt.

Aufgrund dieses uneinheitlichen Bildes kommen wir zu der Vermutung, dass die Hörleistung bei unterschiedlichen Schallpegelniveaus von mehreren Faktoren beeinflusst wird. Die Annahme, dass eine Anhebung des Schallpegelniveaus besonders den weniger gut Hörenden zu einer Verbesserung des Sprachverständnisses verhilft ist nur tendenziell erkennbar. Neben den probandenabhängigen Parametern, wie Alter und Hörvermögen der Gruppe, scheinen noch weitere Variablen Einfluss auf diese Gegenüberstellung zu haben. Neben dem verwendeten Sprachmaterial müssen auch bauliche Unterschiede des Prüfraumes, insbesondere in Bezug auf die Schallisolierung bedacht werden. Ein fehlendes Ankündigungssignal [18] könnte besonders bei höherem Schallpegel negativ wirken, da ein plötzliches Einsetzen eines Geräusches von 80 dB durchaus zunächst ein Erschrecken des Probanden verursachen wird.

Neben dem Vergleich der unterschiedlichen Pegelniveaus ist für uns insbesondere ein Zusammenhang zwischen Hörfähigkeit und Probandenalter von Interesse.

Mit der Arbeit von Otto [26] liegt eine sehr gute Vergleichsgrundlage für die von uns ermittelten Ergebnisse vor. Die Probanden, 30 Normalhörende im Alter zwischen 20 und 25 Jahren, wurden ebenfalls mit dem HSM-Test mit der Modifikation nach Bocca und Calero getestet. Der Versuchsaufbau entsprach dabei weitestgehend dem unseren. Im Vordergrund stand dabei die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Chopperfrequenzen. Für 60 dB und 50ms ermittelte Otto einen SRT-Wert von -2,28 dB, für 80 dB gibt sie -1,94 dB an. Daraus ergibt sich ein Unterschied von 4,53 dB und 3,99 dB zur Gruppe „-30“. Der ermittelte Unterschied fällt somit sehr deutlich aus. Zu bedenken ist hierbei jedoch, dass die Gruppe „-30“ im Gegensatz zu den Probanden von Otto nicht den Durchschnitt ihrer Altersgruppe repräsentiert. Im Vergleich mit unserem Gesamtkollektiv reduziert sich die Differenz auf 3,58 dB bei 60 dB und 2,93 dB bei 80 dB. Für uns stellt sich nun die Frage, ob dieser Unterschied auch für den HSM-Standardtest in einer

vergleichbaren Größenordnung liegt, oder ob sich ein höheres Alter auf beide Testvarianten unterschiedlich auswirkt.

Scherg untersuchte für unser Probandenkollektiv den altersbedingten Verlust der Fähigkeit zum Hören im Störlärm für den HSM-Standardtest. Da keine exakt vergleichbare Untersuchung für jüngere Probanden vorliegt, errechnete er näherungsweise einen Wert in dem er die Arbeiten von Schuh [29] und Strohmaier [33] in Relation setzte. Für eine genauere Beschreibung der Vorgehensweise sei auf die entsprechende Arbeit verwiesen.

Für das exakt gleiche Probandenkollektiv wie in der vorliegenden Arbeit ermittelte Scherg auf diese Weise eine Differenz von 2,7 dB im Vergleich zu einem Probandenkollektiv im Alter zwischen 20 und 30 Jahren. Die jüngeren Probanden erreichten somit bei 2,7 dB leiserem Nutzsignal die gleichen Verständniswerte wie unsere Probanden.

Im Vergleich zu dem von Scherg ermitteltem Wert von 2,7 dB bei 60 dB Störlärm ist die Differenz in unserem Fall um 1,83 dB größer. Das gleiche Probandengut hat also offensichtlich erheblich mehr Schwierigkeiten damit, unter modifizierten Bedingungen ein Nutzsignal von einem Störsignal zu unterscheiden.

An dieser Stelle sollen die wichtigsten Ergebnisse noch einmal kompakt wiederholt werden:

- Für den HSM-Test mit 60 dB (50ms) ergibt sich für die Gruppe „-30“ ein durchschnittlicher SRT-Wert von 2,3 dB, für 80 dB ein Wert von 2,1 dB.
- Für die Gruppe „-30“ zeigt sich somit kein signifikanter Unterschied zwischen 60 und 80 dB Pegelniveau.
- Im Vergleich mit dem Gesamtkollektiv, ergibt sich ein Nachteil von 1,0 dB bzw. 1,1 dB für die Gruppe „-30“ bei 60 dB (50ms) bzw. 80 dB (50ms). Die Diskriminationskurven zeigen nur wenig aussagekräftige Unterschiede.

- Innerhalb unseres Gesamtkollektivs ergibt sich kein Zusammenhang zwischen Alter und Fähigkeit zum Hören im Lärm.
- Probanden zwischen 20 und 30 Jahren erreichen bei gleichem Testaufbau einen Vorteil in der Größenordnung zwischen 4 und 4,5 dB. Damit erscheint der altersbedingte Verlust der Fähigkeit zum Hören im Lärm für den modifizierten HSM-Test deutlich größer als für den HSM-Standardtest.

4.5 Besonderheiten der Modifikation nach Bocca und Calero

Das überproportional schlechte Abschneiden der Gruppe „-30“ beim modifizierten HSM-Test im Vergleich zu den Untersuchungen mit jüngeren Probanden, soll an dieser Stelle ausführlicher diskutiert werden. Während die Gruppe „-30“ beim HSM-Standardtest um 2,7 dB schlechter abschneidet als die jüngere Vergleichsgruppe, fällt der Nachteil beim HSM mit 50ms Chopperfrequenz um 1,83 dB größer aus.

Auf der Suche nach einer möglichen Erklärungen könnten die Ausführungen von Bocca und Calero zum Konzeption ihres Tests helfen [3, 6].

In der Mitte des letzten Jahrhunderts standen für die Tumordiagnose bei weitem nicht die bildgebenden diagnostischen Hilfsmittel zur Verfügung wie heute. Bocca und Calero suchten daher nach alternativen Wegen zur Erkennung von raumfordernden Veränderungen und Läsionen im Bereich des ZNS [2]. Bei ihren Untersuchungen arbeiteten sie dabei mit verschiedenartig modifizierten Sprachtests, unter anderem mit dem so genannten „*Switched Speech Test*“ [1, 6] und unterschiedlichen Tiefpassfiltern. Das Ziel dieser Veränderungen war dabei eine Verlagerung des Testschwerpunktes auf zentraler gelegene Anteile der Hörwahrnehmung. Neben kurzen, sinnhaltigen Sätzen arbeiteten sie auch mit Logatomen als Testmaterial. Dabei stellten sie unter anderem fest, dass Patienten mit bekannten pathologischen Veränderungen im Bereich temporaler Cortexanteile, bei den Logatomtests unauffällige

Testergebnisse erreichten, wohingegen ihr Leistungsniveau bei Tests mit sinnhaltigen Kurzsätzen signifikant schlechter war als das von gesunden Probanden. Bocca und Calero vermuteten daher eine Beeinträchtigung insbesondere der Integration von Sprachwahrnehmungen [1].

In unserer Untersuchung wird somit im Sinne von Bocca und Calero, der Schwerpunkt des Tests durch die Zerhackung des Sprachsignals weiter zentral gelegt. Zwar ist eine Leistungsminderung durch das choppen für alle Altersgruppen erkennbar, die Probanden um 50 verlieren jedoch überproportional stark, vergleicht man ihr Abschneiden mit dem beim HSM-Standardtest. Das Zerhacken des Sprachsignals stellt ältere Probanden somit vor deutlich größere Schwierigkeiten als jüngere.

Unsere Ergebnisse sprechen darüber hinaus für die Vermutung, dass die Ursachen für diesen altersbedingten Verlust der Fähigkeit zum Hören im Störlärm zumindest nicht ausschließlich im Bereich der peripheren Anteile des menschlichen Gehörs zu suchen sind. Bereits mehrfach wurden Hinweise beschrieben, dass ältere Menschen besonders unter erschwerten Hörbedingungen mehr Verständnisschwierigkeiten haben als jüngere [14, 21]. Ausgehend von dieser Beobachtung entwickelten Versfeld und Dreschler die Hypothese, dass die Ursachen hierfür nicht ausschließlich mit einer Presbyakusis zu erklären seien [34]. Beispielsweise sei auch die Fähigkeit Sprache zeitlich zu verarbeiten, ebenfalls altersabhängig. Um diese Annahme zu bestätigen, kombinierten sie Teile des Tests von Plomp und Mimpen mit dem von Smoorenburg und variierten bei ihren Versuchen die Geschwindigkeit mit der die Testsätze eingespielt wurden [34]. Auf diese Weise sollte, vergleichbar mit der von uns durchgeführten Modifikation nach Bocca und Calero, der Testschwerpunkt auf zentraler gelegene Anteile der Sprachverarbeitung gelegt werden. Die Untersuchungen zeigten ein überproportional schlechtes Abschneiden der älteren Probanden nach einer Erhöhung Sprachgeschwindigkeit.

4.6 Erfahrungen mit dem HSM-Test in der verwendeten Version

Der HSM-Test bietet in der von uns verwendeten Computerversion einen geeigneten Aufbau zur Erhebung von sprachaudiometrischen Testergebnissen. Im Gegensatz zu früher verwendeten Versionen ermöglicht die vollständig computergestützte Durchführung vor allem eine Zeitoptimierung. Auf diese Weise können relativ viele Einzelmessungen durchgeführt werden. Es ergab sich innerhalb der Tests kein Anhalt auf Ermüdungserscheinungen der Probanden. Das automatische, probandengebundene Abspeichern der Testergebnisse erleichtert die Auswertung entscheidend.

Beim Testaufbau ist insbesondere der Einsatz von zwei Schallquellen zur Wiedergabe von Nutz- und Störsignal zu erwähnen. Zwar fordert Lehnhardt [22] für einen möglichst naturgetreuen Testaufbau die Trennung von Nutz- und Störsignal, dies widerspräche jedoch der Konzeption der Testmodifikation nach Bocca und Calero. Die Zerhackung macht zwei Lautsprecher für das Nutzsinal notwendig. Für audiologische Tests ohne Zerhackung hat sich dagegen der Einsatz von einem Lautsprecher zur Wiedergabe des Nutzsinal und zwei weiteren Lautsprechern zur Wiedergabe des Störsinal bewährt. Ziel der Modifikation nach Bocca und Calero ist es jedoch nicht möglichst realitätsnah zu testen, alleine das Zerhacken als solches widerspricht dieser Forderung, sondern vielmehr die Verschiebung des Testschwerpunktes auf weiter zentral gelegene Anteile der Sprachwahrnehmung.

Ein weiterer Unterscheid der uns im Zusammenhang mit Sprachtests unter Störlärm erwähnenswert erscheint, ist das Fehlen von diversen Hilfsmitteln, die im Alltag zum besseren Verständnis dienen und in unserem Testaufbau nicht wiedergegeben werden können. Cherry beschrieb 1953 einige Effekte die in einer Cocktail-Party Situation genutzt werden [9]:

- Stimmen kommen aus unterschiedlichen Richtungen

- Lippenlesen und Gesten
- unterschiedliche Sprechstimmen, Tonhöhen, Geschwindigkeiten
- unterschiedliche Akzente

Die Testergebnisse beziehen somit nicht alle individuellen Fähigkeiten der Probanden ein, die ihnen im Alltag zur Verfügung stehen. Kann ein Proband eine unterdurchschnittliche auditive Wahrnehmung in einem realen Gespräch zum Beispiel durch sehr gutes Lippenlesen kompensieren, wird dies bei Sprachtests nicht berücksichtigt. Eine gute Kombinationsfähigkeit hat sich dagegen bei einigen Probanden deutlich bemerkbar gemacht.

5. Zusammenfassung

Obwohl die moderne Audiologie eine Vielzahl von Hörtests anbietet, erweist sich keiner davon in der praktischen Anwendung als universell einsetzbar. Bei der Entscheidung für oder gegen ein Testverfahren muss stets der weitere Verwendungszweck des Befundes bedacht werden. So gilt der Freiburger-Sprachtest trotz der Beschreibung diverser Mängel durch verschiedene Audiologen auch heute noch als Basis für sprachaudiometrische Untersuchungen, da er aufgrund seines Eingangs in die Normung eine Sonderstellung einnimmt.

Innerhalb der modernen Sprachtest sind heute sehr unterschiedliche Präferenzen in der Testkonstruktion erkennbar. Die unterschiedlichen Tests stellen beispielsweise die höchst mögliche Homogenität der Testlisten, einen naturgetreuen Testaufbau, oder eine große Anzahl von Testsätzen in den Vordergrund.

In der vorliegenden Arbeit kommt der Hochmair-Schulz-Moser Satztest (HSM-Satztest) zum Einsatz. Dieser wurde ursprünglich für die Anpassung von Cochlea-Implantaten entwickelt. Um eine möglichst natürliche Simulation einer alltäglichen Kommunikationssituation zu erreichen, wurde bei der Entwicklung dieses Sprachtests neben der Kombination des Sprachsignals mit einem Hintergrundgeräusch (Rauschen nach CCITT) auf eine natürliche Aufsprache geachtet.

Nachdem in früheren Arbeiten die Ausgewogenheit der Satzgruppen des HSM-Satztests untersucht wurde, wurden auch bereits verschiedene nicht CI-Patientengruppen mit dem HSM-Satztest getestet. Dabei sollte beispielsweise ein Verlust der Fähigkeit zum Hören im Lärm mit zunehmendem Alter untersucht werden. Die Tendenz zum schlechteren Hören im Lärm mit zunehmendem Alter, wie sie von verschiedenen Autoren beschrieben wird, ist vermutlich nicht alleine auf eine Presbyakusis zurückzuführen.

Ein modifizierter HSM-Test sollte nun weitere Ergebnisse zu diesem Themenkomplex beitragen. Die Modifikation besteht in der Aufteilung des

Sprachsignals zwischen zwei Lautsprechern mit einer Frequenz von 50ms.

Die italienischen Mediziner Ettore Bocca und Carlo Calearo haben bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts Hörtest auf ähnliche Art modifiziert. Durch die Modifikation im Sinne nach Bocca und Calearo soll eine Verschiebung des Testschwerpunktes von den peripheren Anteilen des Gehörs hin zu den zentralen Anteilen vollzogen werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden aus einem Kollektiv bestehend aus 60 normalhörenden Probanden zwischen 40 und 58 Jahren, die 30 schlechter Hörenden („-30“) ausgewählt. Die dazugehörigen Testergebnisse für den HSM-Test mit 50ms Chopperfrequenz wurden für einen Testdurchgang mit 60 und 80 dB ausgewertet. Der SNR für 50%iges Satzverständnis wurde dabei jeweils ermittelt. Im Durchschnitt lag er für den Test mit 60 dB Störlärm bei 2,3 dB, mit 80 dB bei 2,1 dB. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Pegelniveaus ergab sich somit nicht. Bei dem Vergleich dieses Ergebnisses mit ähnlichen Arbeiten ergab sich ein uneinheitliches Bild.

Im Vergleich mit dem Gesamtkollektiv (alle 60 Probanden), ergab sich ein Nachteil von 1,0 dB bzw. 1,1 dB für die Gruppe „-30“ bei 60 dB (50ms) bzw. 80 dB (50ms). Die Diskriminationskurven zeigen nur wenig aussagekräftige Unterschiede.

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit denen von Probanden zwischen 20 und 30 Jahren ergab einen Vorteil in der Größenordnung zwischen 4 und 4,5 dB. Damit erscheint der altersbedingte Verlust der Fähigkeit zum Hören im Lärm für den modifizierten HSM-Test deutlich größer als für den HSM-Standardtest.

Darüberhinaus wurden die erhobenen Daten für das Gesamtkollektiv nach einem Zusammenhang zwischen Alter und Fähigkeit zum Hören im Lärm untersucht. Eine entsprechende Beziehung bestand nicht.

6. Literaturverzeichnis

- 1) Bocca, E.: Factors influencing binaural integration of periodically switched messages. *Acta Otolaryngol* 53: 142-144, 1961.
- 2) Bocca, E., Calearo, C., Cassinari, V.: A new method for testing hearing in temporal lobe tumours. *Acta Otolaryngol* 44: 219 – 221, 1954.
- 3) Bocca, E., Calearo, C., Cassinari, V., Migliavacca, F.: Testing “cortical” hearing in temporal lobe tumours. *Acta Otolaryngol* 45: 289-303, 1955.
- 4) Boenninghaus H.-G., Lenarz, T.: *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. 11. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2000.
- 5) Böhme, G., Welzl-Müller, K.: *Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter*. 4. Auflage. Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 1998.
- 6) Calearo, C.: Detection of malingering by periodically switched speech. *Laryngoscope* 67: 130-136, 1956.
- 7) Calearo, C., Lazzaroni, A.: Speech intelligibility in relation to the speed of the message. *Laryngoscope* 67: 410, 1957.
- 8) Casseday, J., Covey, E.: Central auditory pathways in directional hearing: 109-145. In: Yost, W., Gourevitch, G.: *Directional hearing*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1987
- 9) Cherry, E.: Some experiments on the recognition of speech with one and with two ears. *J Acoust Soc Am* 25: 975-979, 1953.

- 10) Delle, D.: Sprachverstehen bei Störlärm von 60dB und 80dB gemessen mit dem HSM-Satztest bei normalhörenden Erwachsenen zur Untersuchung der Ausgewogenheit der Satzgruppen. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 2002.
- 11) DIN 45 621, Teil 1: Sätze für Gehörprüfung mit Sprache. Deutsche Elektrotechnische Kommission. Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DIN und VDE (DKE), 1973.
- 12) Dölp, U.: Entwicklung eines offenen Logatomtests zur Beurteilung des Sprachverlustes – erste Ergebnisse einer exemplarischen Untersuchung. In: Kollmeier, B. (Hrsg.): Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie: 330-343. Median Verlag von Killisch-Horn GmbH, Heidelberg, 1992.
- 13) Fastl, H.: Ein Störgeräusch für die Sprachaudiometrie. Audiologische Akustik 26: 2-13, 1987.
- 14) Gordon-Salant, S., Fitzgibbons, P.: Selected cognitive factors and speech recognition performance among young and elderly listeners. J Speech Lang. Hear. Res. 40: 423-431, 1997.
- 15) Grebe, H.: Untersuchungen mit dem HSM-Satztest zum Sprachverständnis im Lärm bei Normalhörenden um 50 Jahre. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 2000.
- 16) Hochmair, J., Schulze, E., Moser, L., Schmidt, M.: The HSM test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. Am J Otol 18, Suppl 83, 1997.

- 17) International Organisation for Standardisation (ISO): Acoustics – audiometric test methods – Part 3: Speech audiometry. ISO 8253 – 3, 1994.
- 18) Kießling, J.: Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie. Laryngo-rhino-otologie 79: 633-635, 2000.
- 19) Kießling, J., Schubert, M., Wagner, I.: Sprachverständlichkeitsmessungen an Normalhörenden und Schallempfindungsschwerhörigen – fünf Sprachtests im Vergleich. Teil 1. Audiologische Akustik 33 (1): 6-19, 1994.
- 20) Kollmeier, B.: Editorial. In: Kollmeier, B. (Hrsg.): Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie: 7-10. Median Verlag von Killisch-Horn GmbH, Heidelberg, 1992.
- 21) Konkle, D., Beasley, D., Bess, F.: Intelligibility of time – altered speech in relation to chronological aging. J Speech Hear. Res. 20: 108-115, 1977.
- 22) Lehnhardt, E., Laszig, R., (Hrsg.): Praxis der Audiometrie. 8. Auflage, Thieme, Stuttgart, New York, 2001.
- 23) Morcinek, C.: Der Einfluß des Störschallpegels im Bezug zum Nutzschaall auf das Sprachverständnis von Normalhörenden im Marburger Satztest auf CD unter dreiseitigem Störlärm, Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 1997.
- 24) Morales-Garcia, C., Poole, J.P.: Masked speech audiometry in central deafness. Acta Otolaryngol 74: 307-316, 1972.

- 25) Niemeyer, W., Beckmann, G.: Ein sprachaudiometrischer Satztest. Arch. Ohr., Nas. – u. Kehlk. – Heilk. 180: 742 – 748, 1962.
- 26) Otto, C: noch nicht veröffentlichte medizinische Dissertation, Universität Würzburg.
- 27) Roman, N., DeLiang, W., Brown, G.: Speech segregation based on sound localisation. J Acoust Soc Am 114 (4), Pt. 1: 2236-2252, 2003.
- 28) Schorn, K.: Stand der audiologischen Diagnostik. Deutsche Gesellschaft für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Verhandlungsbericht 1997, Referate: 131-176. Springer, Berlin, 1997.
- 29) Schuh, H.: Ausgewogenheit des Hochmair-, Schulz-, Moser-Satztest bei normalhörenden Personen zwischen 40 und 60 Jahren. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 1999.
- 30) Schultz-Coulon, H.-J.: Sprachaudiometrie mit Sätzen und Geräuschen. Z. Laryng. Rhinol. 53: 734-749, 1974.
- 31) Schulze-Thüsing, R.: Sprachverstehen im Störlärm mit dem Marburger Satztest auf Compact Disc bei Normalhörenden. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 1991.
- 32) Silbernagl, S., Despopoulos, A.: Taschenatlas der Physiologie. 4. Auflage. Thieme, Stuttgart, New York. 1991.

- 33) Strohmaier, C.: Sprachverstehen im Störlärm mit dem Innsbrucker Satztest in der HSM-Edition auf Compact-Disc bei Normalhörenden. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 1998.
- 34) Versfeld, N., Dreschler, W.: The relationship between the intelligibility of time-compressed speech and speech in noise in young and elderly listeners.
J Acoust Soc Am. 111,(1 Pt 1): 401-408, 2002.
- 35) Wagener, K., Kühnel, V., Kollmeier, B.: Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache, Teil 1: Design des Oldenburger Satztests. Z. für Audiologie, 1: 4-15, 2001.
- 36) Wedel, H. v.: Fehlermöglichkeiten in der Ton- und Sprachaudiometrie. HNO 11: 939-956, 2001.
- 37) Welzl-Müller, K.: Der Einfluss des Störlärms auf die Sprachverständlichkeit. Laryngo-rhino-otologie 60: 117-120, 1981.
- 38) Yost, W.: The cocktail party problem: Forty years later. In: Gilkey R., Anderson T. (Hrsg.): Binaural and spatial hearing in real and virtual environments: 329-347, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey, 1997.
- 39) Zenner, H.-P.: Hören. In: Schmidt, R. (Hrsg.): Neuro- und Sinnesphysiologie.
3. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1998.

- 40) Zimmermann, A.: Sprachverstehen im Störlärm mit HSM-Satztest bei Hörgeräteträgern zum Vergleich der Satzgruppen. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg, 2000.

Danksagung

Für die Überlassung des Themas, die Unterstützung bei dessen Bearbeitung und die Erstellung des Referates schulde ich Herrn Prof. Dr. med. J. Helms meinen aufrichtigen Dank. Herrn Prof. Dr. med. F. Schardt danke ich für die Erstellung des Korreferates auf das herzlichste.

Für die freundliche Unterstützung der Mitarbeiter der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten der Universität Würzburg möchte ich mich herzlich bedanken.

Lebenslauf

Name: Christian Johann Mulfinger
Geburtsdatum: 15.04.1976
Geburtsort: Würzburg
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1982-1986: Grundschule Arnstein
1986-1996: Johann-Schöner-Gymnasium Karlstadt
28. Juni 1996: Allgemeine Hochschulreife

Bundeswehr:

01.09.1996 - 30.04.1997: Horb am Neckar und Ingolstadt

Hochschulausbildung:

01.05.1997: Beginn des Studiums der Zahnmedizin an der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
27.04.1998: Naturwissenschaftliche Vorprüfung
19.10.1999: Zahnärztliche Vorprüfung
13.06.2002: Zahnärztliche Prüfung
28.06.2002: Approbation als Zahnarzt

Beruflicher Werdegang:

01.09.2002 Vorbereitungsassistent in Würzburg