



Hochschule Aalen für Technik und Wirtschaft
Fakultät Optik und Mechatronik
Studiengang Augenoptik/ Augenoptik und Hörakustik

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science in Optometry and Audiology

AALENER

SCHNELL

SATZTEST

vorgelegt von

Johannes Burkart
Hörgeräteakustikermeister
Matrikelnummer: 31802

Eingereicht am 23.07.2014

Erstgutachterin
Prof. Dr. Annette Limberger, Hochschule Aalen

Zweitgutachter
Dr. Steffen Kreikemeier, Hochschule Aalen

Abstrakt

Im Folgenden befasst sich die hier vorliegende Bachelorarbeit mit der Modifikation eines deutschsprachigen Satztests, dem HSM-Satztest, in Anlehnung an den angloamerikanischen Schnelltest QuickSIN™. Mit diesem daraus entwickelten „Aalener Schnell Satztest“ (ASS) wird eine weitere Alternative zu dem OISa und GöSa, nach den geltenden HilfsM-RL, erzielt, welcher zugleich der Norm DIN ISO 8253-3:2009-06 gerecht wird. Zu Beginn wurde der Umfang der 600 aufgesprochenen Sätze des HSM-Satztests auf drei Signalwörter, bestückt aus einem Subjekt, einem Objekt und einem Adjektiv, selektiert. Parallel dazu ist das Störsignal CCITT-Rauschen durch ein unverständliches Sprachsignal (HSMnoise), erzeugt aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests, ersetzt worden. Nach dieser Vorarbeit, wurden die 24 selektierten Sätze in einem Signal-Rausch-Abstand (SNR) von 2 dB SNR-Schritten wieder zu einem komplett modifizierten Satztest, genannt ASS, zusammengefügt. Die Diskriminationsfunktion des veränderten Sprachmaterials, wurde dieser an 22 normalhörende Probanden getestet. Gesucht war der Wert, bei dem 50 % der getesteten Worte verstanden worden sind (L_{50} -Wert), wobei das definierte Störgeräusch, das generierte HSMnoise, zur Anwendung kam. Der unveränderte HSM-Satztest erreicht einen durchschnittlichen SNR von - 7,2 dB mit einer Steilheit von 7,5 %/dB. Verglichen mit dem Aalener Schnell Satztest ergab sich ein SNR in Höhe von - 5,3 dB mit einer Steilheit von 12,1 %/dB (Testliste 1) und andernfalls ein SNR in Höhe von - 3,3 dB SNR mit einer Steigung von 11,2 % (Testliste 2). Die Dauer der Durchführung lässt sich auf ein Zeitfenster, je nach Mitarbeit des Probanden, von drei bis vier Minuten einkalkulieren. Zur Wahrung der Validität des Aalener Schnell Satztests gilt es, im Rahmen eines aufbauenden Projekts, weitere Satzgruppen anzuknüpfen.

Schlagwörter:

Satztest, Störgeräusch, SNR-Verhältnis, Aalener Schnell Satztest

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt	II
1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.2 Testverfahren	1
1.3 Aufgabe der Arbeit	3
1.4 Aufbau der Arbeit	4
2. Versuchsplanung und Methodik	5
2.1 Sprachmaterial	5
2.1.1 Signal-to-noise ratio (SNR)	5
2.1.2 Aufbau und Prinzip des QuickSIN™-Tests	5
2.1.3 Aufbau des HSM-Satztests	7
2.1.4 Modifikation des HSM-Satztests	7
2.2 Versuchspersonen	9
2.3 Versuchsdurchführung	10
2.3.1 Versuchsaufbau	11
2.3.2 Kontrollmessung mit dem modifizierten HSM-Satztest	12
2.4 Methode der Auswertung der Diskriminationsfunktion (L_{50} -Werte)	12
3. Ergebnisse	14
3.1 Listenzusammenstellung	14
3.2 Diskriminationsfunktion	15
3.3 Auswertungsdaten	17
4. Diskussion	19
4.1 Überblick	19
4.2 Durchführung	19
4.3 Listenzusammenstellung	19
4.4 Diskriminationsfunktion	20
4.5 Ausblick	20
5. Zusammenfassung	21

ANHANG	V
Literaturverzeichnis	V
Eidesstaatliche Erklärung	VII
Danksagung	VIII
Copyright	IX

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Thematik "Sprachverstehen im Störgeräusch" während einer Hörgeräteversorgung, gewinnt stetig an Bedeutung. Eine Studie der Northwestern University zeigt den technischen Fortschritt bei Verwendung einer Mehrfachmikrofontechnologie auf, welche eine Sprachverbesserung im Störgeräusch von 2,8 dB SNR ergibt (Klemp und Dhar, 2008). Nach den alten in Deutschland geltenden Hilfsmittel-Richtlinien (HilfsM-RL) der Fassung vom 16.10.2008 (GBA, 2008) gilt es, einem Versicherten mit Hilfsmitteln eine ausreichende, zweckmäßige sowie wirtschaftliche Versorgung zu gewährleisten. Mit der Neufassung der HilfsM-RL vom 21.12.2011, werden die Versorgungsziele sowie die Kontrollmessung des Sprachverstehens neu definiert. Im allgemeinen Grundsatz wird eine zeitgemäße Hilfsmittelversorgung, welche den aktuellen Stand des medizinischen und technischen Fortschritts möglichst weitgehend entspricht, festgelegt. Darüber hinaus soll „das Sprachverstehen bei Umgebungsgeräuschen und in größeren Personengruppen mit einer Hörgeräteversorgung erreicht werden“ (GBA, 2012).

Der Nutznachweis einer Hörgeräteversorgung im Störgeräusch, muss mit einem dafür validierten Sprachtest erfolgen. Grundlagen dieser bestimmten Sprachtestmaterialien liegen der Norm DIN ISO 8253-3:2009-06 zugrunde. In den Rahmenverträgen der Primärkrankenkassen, wie der AOK Baden-Württemberg, ist festgelegt: „Das gewählte Messverfahren hat den jeweils gültigen Hilfsmittel-Richtlinien zu genügen. Neue bzw. alternativen audilogische Messverfahren (z.B. Oldenburger oder Göttinger Satztest) sollen etabliert werden, sobald diese sich zum Standard der täglichen Praxis in der Diagnostik und zum Nachweis der Hörverbesserung und der Dokumentation entwickelt haben“ (BIHA, 2013).

1.2 Testverfahren

In den Hilfsmittel-Richtlinien wird der Göttinger Satztest (GöSa), entwickelt von Kollmeier und Wesselkamp aus dem Jahr 1997, aufgegriffen. Dieser Test enthält 20 Listen zu je zehn nicht randomisierten Sätzen zwischen drei und sieben Wörtern. Ermittelt wird die Sprachverständlichkeitsschwelle im Zusatzschall (speech reception threshold; SRT) und ist zudem mit dem Wert eines Normalhörenden vergleichbar (Kollmeier und Wesselkamp, 1997).

Einen festen Platz bei der Kontrollmessung in der Hörgeräteanpassung hat neben dem GöSa auch der im Jahr 1999 von Wagener entwickelte, Oldenburger Satztest (OISa). Verglichen mit dem GöSa wird ebenfalls die Sprachverständlichkeitsschwelle bestimmt. Jedoch mit dem Unterschied, dass semantisch nicht vorhersagbare Fünf-Wort-Sätze verwendet werden. Die Satzgrundstruktur besteht aus einem Namen, Verb, Zahlwort, Adjektiv und einem Objektiv. Durch diesen Aufbau wird eine starke Homogenität über alle 40 Testlisten bewirkt. Die Wortliste umfasst 50 Wörter, welche eine willkürliche Wortkombination erlaubt, die Vorhersagbarkeit und damit der Wiederholungseffekt minimiert wird. Bei stetiger Anwendung, handelt es sich bei dem OISa jedoch um einen geschlossenen Satztest (Wagener, Brand, und Kollmeier, 1999).

Der Schwierigkeitsgrad des HSM-Satztests, entwickelt von Hochmair-Desoyer, Schultz und Moser im Jahr 1997 (Hochmair-Desoyer, et. al. 1997), liegt zwischen dem GöSa und dem OISa (Kinkel, 2009). Hierbei wird das Sprachverstehen im Zusatzschall bei fest vorgeschriebenem Signal-Rausch-Abstand bestimmt. Das sprachaudiometrische Testverfahren bestehend aus drei bis acht Wort-Sätzen, bildet aus 30 Listen mit je 20 Alltagssätzen eine Messgrundlage. In den 20 Sätzen sind pro Liste 106 Wörter enthalten. Die Gesamtwortmenge aus insgesamt 600 Sätzen ist im Vergleich zum GöSa sowie OISa deutlich größer. Kritikpunkte gibt es dennoch. Müller-Deile empfiehlt mindestens ein Jahr Abstand zwischen der Testung mit derselben Satzliste zu berücksichtigen, da ansonsten ein großer Wiedererkennungseffekt beim HSM-Test bestünde (Müller-Deile, 2009). Diesem Kritikpunkt zustimmend, berichten Mrowinski und Scholz in ihrem Werk zur Anleitung für die praktische Hörprüfung über unerwünschte Wiederholungseffekte (Mrowinski und Scholz, 2006). Im Rahmen einer unveröffentlichten Dissertationsarbeit beschäftigte sich Angermüller mit der Objektivität des Testverfahrens (Brill, 2014). Der HSM-Test wird auch zu wissenschaftlichen Zwecken genutzt, in welchen es innerhalb kürzester Zeit zu Mehrfachtestungen am Probanden kommt (Angemüller, 2009). Angermüller erarbeitete eine Neuaufsprache der ursprünglichen HSM-Sätze sowie einer Aufsprache neu hinzukommender Sätze, mit dem Ziel den Schwierigkeitsgrad aufeinander abzustimmen (Brill, 2014). Im weiteren Schritt befasste sich Lenz, unter Berücksichtigung der von Wesselkamp geforderten Kriterien (Wesselkamp, Kliem und Kollmeier, 1992), mit der Evaluation der von Angermüller zugrunde gelegten erweiterten HSM-Sätze. Somit konnte eine Erweiterung des Satztestes mit einer höheren Validität erreicht werden (Lenz, 2011).

In der angloamerikanischen Audiologie wurde von Killion im Jahr 2004 der Sprachtest „Speech-in-Noise“ zur schnellen und einfachen Durchführung (kurz QuickSIN™) entwickelt (Killion, et al. 2004). Das Sprachmaterial des QuickSIN™-Tests zur standardisierten SNR-Ermittlung setzt sich aus zwölf Testlisten von je sechs Sätzen zusammen. Die Sätze untereinander bedienen sich einer unterschiedlichen Wortzusammenstellung, wovon jeweils fünf Wörter des entsprechenden Satzes auf korrekte Diskrimination bewertet werden. Eine zufällige Kombination der Wörter ist nicht möglich. Um einen Lerneffekt vorzubeugen, muss dies bei einer wiederholten Anwendung berücksichtigt werden. Der Signal-Rausch-Abstand wird in 5 dB Schritten von 25 (sehr leicht) bis 0 (sehr schwer), mittels vordefinierten SNR-Abständen (25, 20, 15, 10, 5 und 0), ermittelt. Der Pegel des Störgeräuschs wird nach jeder Satzdarbietung, bei konstanter Lautstärke des Sprachsignals, automatisch erhöht. Diese Variante ergänzt die Liste der großen Anzahl von äquivalenten Tests, für den Einsatz in der klinischen Einrichtung und zur Forschungsarbeit (web01 Eythmotic Research, 2006).

Eine aufbauende Studie befasste sich mit der Verständlichkeit von hörgeschädigten Probanden in Bezug auf Normalhörenden. Dazu wurde der QuickSIN™-Test vergleichbaren Testmaterialien wie dem Worth-in-Noise Test (WIN), Hearing in Noise Test (HINT) und dem Bamford-Kowal-Bench speech-in-noise test (BKB-SIN) gegenübergestellt. Es hat sich dabei herausgestellt, dass mit dem QuickSIN™-Test eine Sprachverständlichkeitsschwelle mit einem größeren Signal-Rausch-Abstand erreicht wird (Wilson, 2007).

1.3 Aufgabe der Arbeit

Die Tätigkeit eines Hörgeräteakustikers erstreckt sich nicht nur auf die Abgabe von Hörsystemen und dessen Nachsorge, sondern fordert vor allem in den Fachbetrieben ein kosteneffizientes Arbeiten. Da eine Sprachverständlichkeitskontrolle im Störgeräusch und die dadurch ermittelten Korrekturhinweise bei der Hörgeräteprogrammierung einen erhöhten Zeitaufwand bedeuten, ist es unter Umständen fraglich, ob sich die investierte Zeit rentiert. Seit der Umstellung der HilfsM-RL und somit die Anforderungen an ein Sprachtestmaterial im Zusatzschall, wird eine vernachlässigte Durchführung dieser Tests in den verschiedensten Fachbetrieben, wahrgenommen. Kritikpunkte sind der erhebliche Zeitaufwand während einer Hörgeräteanpassung, die komplizierten Arbeitsschritte bei der Durchführung und die nicht unerheblichen Anschaffungskosten eines geeigneten

Sprachtests.

Mit dieser Arbeit soll ein einfaches sowie schnelles Verfahren zur Ermittlung des Sprachverstehens bei Umgebungsgeräuschen und in größeren Personengruppen entwickelt werden. Mit diesem Sprachtestmaterial wird eine weitere Alternative neben dem OISa und GöSa, nach den geltenden HilfsM-RL geschaffen, welcher zugleich der Norm DIN ISO 8253-3:2009-06 gerecht wird. Somit ließe sich in diesem Zusammenhang der Arbeitsalltag wesentlich effizienter gestalten, ohne Einschränkungen an der Reproduzierbarkeit sowie der Qualität an der Arbeit in Kauf nehmen zu müssen.

1.4 Aufbau der Arbeit

Im Folgenden befasst sich die hier vorliegende Bachelorarbeit mit der Modifikation des HSM-Satztests in Anlehnung an den angloamerikanischen Schnelltest QuickSIN™. Als erstes soll der Umfang der Satzliste auf drei Signalwörter, bestückt aus einem Subjekt, einem Objekt und einem Adjektiv, ausgewählt werden. Daraus sollen Satzlisten nach einem bestimmten Schema zusammengestellt werden, so dass diese Listen einen möglichst gleichmäßigen Schwierigkeitsgrad darstellen. Hierbei sind die von Wesselkamp (Wesselkamp, Kliem und Kollmeier, 1992) geforderten Kriterien für die Validität eines Satztests einzuhalten. Parallel dazu ist das Störsignal CCITT-Rauschen durch ein unverständliches Sprachsignal, erzeugt aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests, zu ersetzen. Nach dieser Vorarbeit, gilt es den HSM-Satztest in 2 dB SNR-Schritten wieder zu einem komplett modifizierten Satztest zusammenzufügen. Im weiteren Schritt werden die Satzreihen mit automatisch ansteigender Lautstärke hörgesunden Probanden dargeboten. Die jeweilige Testperson gibt alle verstandenen Inhalte eines jeden Satzes wieder. Daraus ergibt sich für jeden Satz, über alle Probanden gemittelt, ein Schwierigkeitswert. Durch die automatische Pegelerhöhung des Störgeräuschs nach jeder Satzdarbietung soll erreicht werden, dass ein Nutzennachweis einer Hörgeräteversorgung im Störgeräusch über einen kürzeren Zeitraum durchgeführt werden kann. Somit ist es Ziel dieser Arbeit, einen modifizierten HSM-Satztest zu kreieren, welcher dem Vorbild des angloamerikanischen Schnelltests QuickSIN™ gleichkommt.

2 Versuchsplanung und Methodik

In diesem Kapitel werden die Vorüberlegungen dargestellt, welche für die Modifikation des HSM-Satztestes notwendig sind. Grundlegend werden die Anforderungen an ein Sprachverständlichkeitstestmaterial durch die gültige Norm DIN ISO 8253-3:2009-06 definiert. Da sich der HSM-Satztest an der Durchführung des QuickSIN™-Tests orientieren soll, werden beide Testmaterialien, auf die jeweiligen Unterschiede im Aufbau, näher betrachtet. Im Anschluss sind die Kriterien zur Auswahl der geeigneten Versuchspersonen sowie einer reproduzierbaren Versuchsdurchführung festgelegt. Als Vorgabe dieser zu berücksichtigenden Punkte, dient die Neufassung der HilfsM-RL vom 21.12.2011. Abschließend wird die Vorgehensweise zur Ermittlung der Steigung der Gesamtdiskriminationsfunktion aus den L_{50} -Werten behandelt.

2.1 Sprachmaterial

2.1.1 Signal-to-noise ratio (SNR)

Die Worte eines Sprechers in geräuschvoller Umgebung zu verstehen, führt bei den meisten Schwerhörigkeiten zu Verständlichkeitsproblemen. In Situationen, in welchen viele Menschen gleichzeitig sprechen, lässt sich eine Kommunikation somit nur schwer gestalten. Messtechnisch ist diese Fehlhörigkeit mittels Sprachverständlichkeitstests im Störgeräusch verifizierbar und erlaubt eine genaue Nachbildung einer Alltagssituation. Hierzu werden Satztests im Störgeräusch verwendet, welche ein Nutzsignal in Form ganzer Sätze darbietet. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) wird in Ruhe ermittelt und ist bei einer 50 %-igen Verständlichkeit der dargebotenen Sprache erreicht. Gemessen im Störgeräusch, lässt sich der Signal-Rausch-Abstand (SNR) ableiten. Der SNR-Wert bezieht sich auf das Lautheits-/ bzw. Schalldruckverhältnis zwischen dem Nutzschaall (Signal) und dem Störschaall (Noise).

2.1.2 Aufbau und Prinzip des QuickSIN™-Tests

Das Sprachmaterial des QuickSIN™-Tests zur standardisierten SNR-Ermittlung setzt sich aus zwölf Testlisten von je sechs Sätzen zusammen. Die Sätze untereinander bedienen sich einer unterschiedlichen Wortzusammenstellung, wovon jeweils fünf Wörter des entsprechenden Satzes auf korrekte Diskrimination bewertet werden (siehe Tab. 1). Eine zufällige Kombination der Wörter ist nicht möglich. Um einen Lerneffekt vorzubeugen, muss dies bei einer wiederholten Anwendung berücksichtigt werden.

Tabelle 1: QuickSIN™ Standardtest zur SNR-Ermittlung (Trainingsliste)

TRACK 21		
Trainingsliste A		Score
1. The lake sparkled in the red hot sun.	SNR 25	5
2. Tend the sheep while the dog wanders.	SNR 20	5
3. Take two shares as a fair profit.	SNR 15	4
4. North winds bring colds and fevers.	SNR 10	5
5. A sash of gold silk will trim her dress.	SNR 5	3
6. Fake stones shine but cost little.	SNR 0	0
Total		22

Als Störschall wird ein Stimmengewirr, genannt "four-talker babble recording" (web01 Eythmotic Research, 2006), verwendet. Dieses Störsignal stellt eine Sprachüberlagerung aus einer Männer- und vier Frauenstimmen dar.

Der Signal-Rausch-Abstand wird in 5 dB Schritten von 25 (sehr leicht) bis 0 (sehr schwer), mittels vordefinierten SNR-Abständen (25, 20, 15, 10, 5 und 0), ermittelt. Der Pegel des Störgeräuschs wird nach jeder Satzdarbietung, bei konstanter Lautstärke des Sprachsignals, automatisch erhöht. Festgelegt ist, welche fünf Schlüsselwörter des Satzgebildes bewertet bzw. gezählt werden müssen. Gemäß der Antworten des Patienten, nach Durchlauf aller sechs Satzreihen einer Testliste, wird die Anzahl der verstandenen Schlüsselwörter aufsummiert. Dieser Wert wird mit folgender Formel (siehe Formel 1) gegengerechnet, um so den SNR möglichst effizient zu bestimmen:

Formel 1: Formel QuickSIN™-Test zur SNR Berechnung

$$\text{SNR LOSS} = 25.5 - (\text{Total words correct in 6 sentences})$$

$$\text{Bsp. SNR} = 25,5 - 22 = + 3,5 \text{ dB SNR}$$

Diese Formel begründet sich anhand gemessener psychometrischen Messfunktion nach Tillman-Olsen (Tillman und Olsen, 1973). Nach dieser einfachen Methode wurde auf eine 50 %-ige Verständlichkeit, der dargebotenen Sätze, getestet. Ermittelt wurde der SNR, mittels Pegelerhöhung in 2 dB Schritten, bis keine Wörter mehr nachgesprochen werden konnten. Die Auswertung ergab, bei einer schrittweisen Pegelerhöhung, ein arithmetisches Mittel von zwei Wörter pro Lautstärkeanstieg. Daraus lässt sich folgern, dass bei einer Pegelerhöhung in 5 dB Schritten, dies einer Diskrimination von fünf Wörtern entspricht. Der Startpegel von 2,5 dB muss addiert werden, da lediglich ein 50 %-iges Sprachverstehen gewünscht ist. Der höchste SNR Wert des QuickSIN™-Tests

beträgt 25 dB. Die Schrittweite beträgt fünf Wörter und 5 dB pro Schrittweite. Dies ergibt die Gleichung: $25 \text{ dB} + 2,5 \text{ dB} = 27,5 \text{ dB}$. Im Anschluss muss der Einfluss der Gesamtzahl der richtig nachgesprochenen Wörter subtrahiert werden. Bei dieser Gegenrechnung ($27,5 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 25,5 \text{ dB}$) lässt sich Wert 25,5 dB ableiten.

2.1.3 Aufbau des HSM-Satztests

Das sprachaudiometrische Testverfahren bestehend aus drei und acht Wörtern bildet aus 30 Listen mit je 20 Alltagssätzen eine Messgrundlage. In den 20 Sätzen sind pro Liste 106 Wörter enthalten. Dem HSM-Satztest wurde auf dem zweiten Kanal ein CCITT-Rauschen aufgespielt. Somit ist dieser ein „realitätsnaher Sprachverständnistest“ (web02 o. V., 2014). Dieses Störgeräusch „stellt ein international genormtes Rauschen da, dessen Spektrum an die mittlere Häufigkeitsverteilung mehrerer Sprachen angepasst ist“ (Lenz, 2011). Im hochdeutschen mit tendenzieller Färbung aus dem Bayrischen wurde die Test-CD (WESTRA CD #15) durch den erfahrenen sowie bekannten Sprecher des Bayrischen Rundfunks, Fabian von Klitzing aufgesprochen. Die sich aus einer Studie mit 40 normalhörenden Versuchspersonen gewonnenen Testdaten, ergeben bei 50 %-iger Verständlichkeit und bei linearer Skalierung einen SNR von -7,2 dB (L_{50} -Werte). An diesem Punkt hat die Diskriminationsfunktion eine Steilheit von 7,5 %/dB (Schmidt, 1997).

2.1.4 Modifikation des HSM-Satztests

Selektion verwertbarer Sätze

In der hier vorliegenden Arbeit wurden anfangs alle Sätze auf drei Signalwörter bestückt, welche ein Subjekt, ein Objekt und ein Adjektiv enthalten, selektiert. Inhaltlich sowie phonetisch fragwürdige Sätze wurden komplett aus dem Satzpool gestrichen. Daraus wurden Satzlisten, unter Berücksichtigung der von Wesselkamp geforderten Kriterien für die Validität eines Satztests, zusammengestellt.

Erzeugnis eines unverständlichen Sprachsignals (Störgeräusch)

Das Störsignal CCITT-Rauschen wurde durch ein unverständliches Sprachsignal (bezeichnet als „HSMnoise“), erzeugt aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests, ersetzt. Verwendet wurde die „freie, plattformunabhängige quelloffene Software für die Aufnahme und Bearbeitung von Audio Audacity® (Version 2.0.5)“ (web03 Mazzoni, 2014). Im ersten Schritt wurden alle 24 selektierten Sätze in je eine mono Tonspur untereinander aufgeteilt und sämtliche Sprachpausen beschnitten. Um ein Knacken in den Tonspuren zu

vermeiden, wurden die Übergänge mit „fade in“ sowie „fade out“ geglättet. Diese beiden Effekte sind auch bekannt als Einblenden (aus Null-Level) und Ausblenden (nach Null-Level). Im zweiten Schritt ließen sich alle Tonspuren zu einer mono Spur zusammenführen. Dabei können Gleichspannungen entstehen, welche beim Wiedergeben oder Bearbeiten Klicks durch Überlagerung der einzelnen Wörter, nach dem Superpositionsprinzip, verursachen. Dazu musste anschließend die Aussteuerung (Lautstärke) abgeglichen werden. Mittels zentrieren der Wellenform auf dem 0.0 Aussteuerungslevel, ließ sich jegliche Gleichspannung entfernen und die Aussteuerungsreserve reduzieren. Anschließend durchlief die Tonspur eine Normalisierung auf - 1,8 dB, um den Gesamtpegel mit dem des CCITT-Rauschens anzugleichen (siehe Abb. 1).

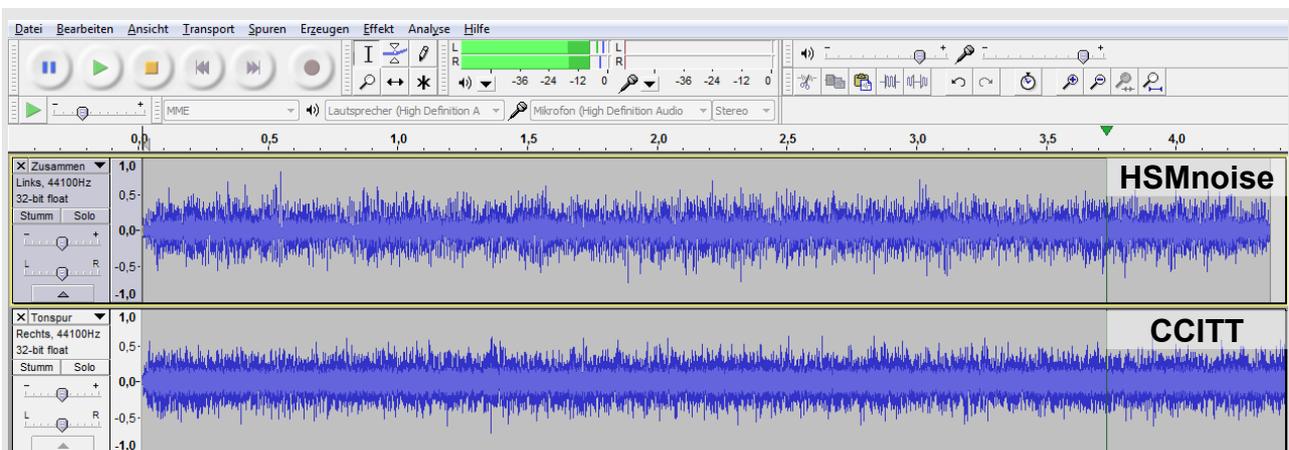


Abbildung 1: Signale im Vergleich (HSMnoise oben vs. CCITT unten)

Die Aussteuerungsanzeige (dargestellt in grün) bezieht sich auf den Eingangspegel. Der helle Teil des jeweiligen Balkens zeigt den geometrischen Mittelwert, der dunkle Teil des Balkens den Spitzenwert (kurz Peak). Der dünne Strich rechts vom Balken im Anzeigefeld zeigt den höchsten auftretenden Spitzenwert der letzten drei Sekunden. Zum Abgleich des Gesamtpegels vom erzeugten HSMnoise auf den des CCITT-Rauschens, wurden beide Signale auf jeweils einen Kanal einer stereo Spur gelegt. Die obere Tonspur zeigt das HSMnoise (linker Kanal) und die untere Tonspur zeigt das CCITT-Rauschen (rechter Kanal).

Schlussendlich war nach diesen Teilschritten das unverständliche Sprachsignal (benannt als „HSMnoise“) erzeugt und konnte abschließend auf eine Länge von 4,35 sec gekürzt werden (siehe Abb. 2).

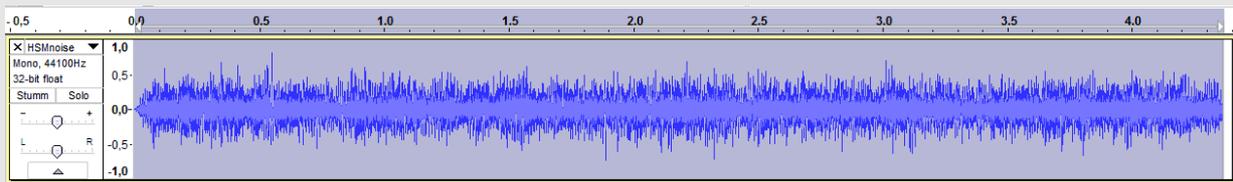


Abbildung 2: HSMnoise

Das Störgeräusch wurde aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests generiert. Durch mehrfache, zugleich zeitlich versetzter Überlagerung der Wörter, lässt sich ein Rauschen mit gleichem Langzeitspektrum des Sprachmaterials erzeugen. Resultierend soll sich eine hohe Messgenauigkeit, als auch eine steile Diskriminationsfunktion ergeben.

Modifizierter HSM-Satztest

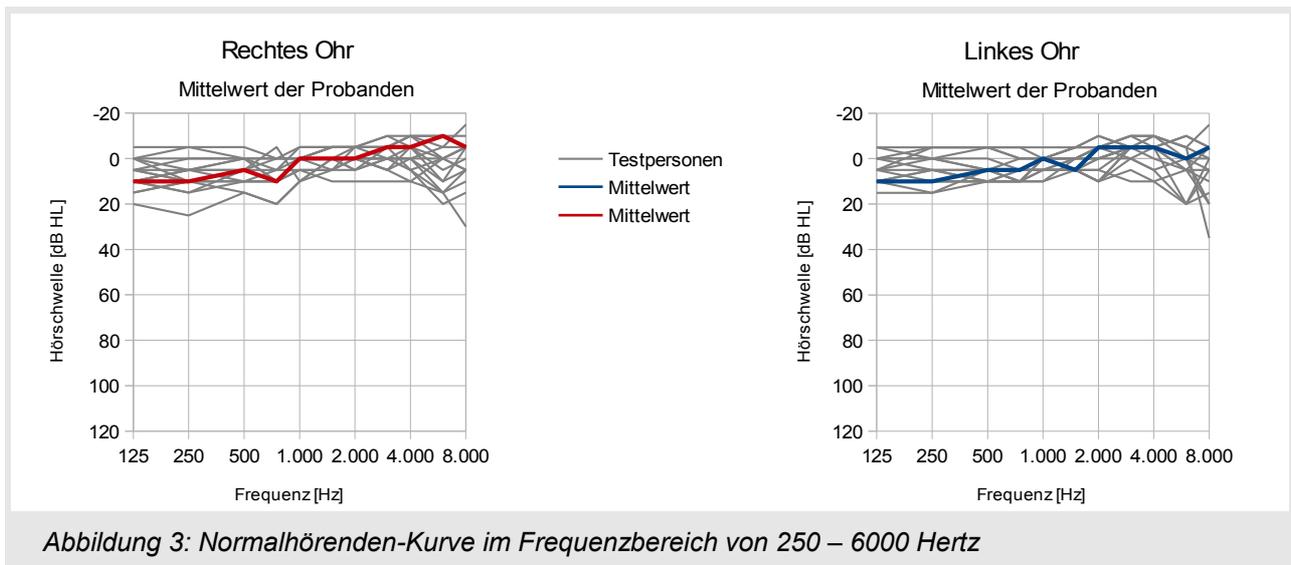
Nach Zusammenfügen des HSM-Satztests in 2 dB SNR-Schritten war das Sprachmaterial komplett modifiziert und beinhaltet schlussendlich vier Satzgruppen mit jeweils sechs Sätzen mit automatisch ansteigender Lautstärke (genannt „Aalener Schnell Satztest“, kurz „ASS“). Der Umfang der Satzgruppen wird zur Trainingseinheit unterteilt in zwei Übungslisten A und B sowie zwei Testgruppen 1 und 2 mit ausschließlich kurzen Fünf-Wort-Sätzen.

2.2 Versuchspersonen

Als Voraussetzungen galt es eine möglichst homogene Versuchspersonengruppe zu erfüllen. Aus diesem Grund wurden die Testpersonen nach folgenden Kriterien ausgesucht:

- Alter zwischen 20 und 30 Jahren
- Student/in (bspw. an der Hochschule Aalen)
- deutsch als Muttersprache
- hörgesund (nach Selbsteinschätzung)
- Normalhörigkeit (nach tonaudiometrischer Untersuchung)

Bei den Messungen der Tonaudiometrie mit der ACAM 5 (Acousticon GmbH, Reinheim), ergaben sich beidseitig symmetrische Hörschwellenverläufe. Die Knochenleitungs- und Luftleitungshörschwellen waren deckungsgleich und verliefen bei den jeweiligen Probanden beidseitig im Mittel bei + 5 dB HL (siehe Abb. 3).



Dabei galten Probanden mit einem Hörverlust bis maximal 15 dB HL als normalhörend. In der Sprachaudiometrie, gemessenen an der ACAM 5, wurde der Freiburger Sprachtest mit Zahlen und Einsilbern nach DIN 45621 durchgeführt. Die Darbietung der Wörter erfolgte über Flachkopfhörer (TDH 39). Die Diskrimination, auf beiden Seiten der jeweiligen Probanden, entsprach 100 % bereits bei 65 dB_{SPL}. Bei den subjektiven Angaben der angenehmsten Sprachlautstärkepegeln (Comfortable Speech Level; CSL), konnte der CSL bei 65 dB_{SPL} der entsprechenden Seiten eingepegelt werden. Diese Werte ergaben sowohl für die rechte, als auch für die linke Seite ein Diskriminationsverlust von jeweils 0 %. Der Punkt des optimalen Verstehens (dB_{opt}) sowie der CSL sind Basis für die Auswertung der Sprachverständlichkeit. Außerdem wurden, für die Möglichkeit einer detaillierteren Datenauswertung, zusätzliche Kriterien, wie Name, Geschlecht, Alter, Tester und Datum, in den entsprechenden Rubriken vermerkt.

2.3 Versuchsdurchführung

In der Messkabine wurde den jeweiligen Probanden eine Anzahl von Satzgruppen des modifizierten HSM-Satztests, unter definierter Lautsprecheranordnung (S₀N₉₀), dargeboten. Aufgabe der Testpersonen bestand darin, die gehörten Wörter so gut wie möglich nach zu sprechen. Anhand dessen wurde jedes richtige Wort als korrekt und jedes falsch bzw. nicht verstandene Wort als nicht korrekt gewertet.

2.3.1 Versuchsaufbau

Die Hörprüfungen fanden in einer der Hörkabinen der Hochschule Aalen statt. Es handelte sich um einen schallisolierten Messraum mit einer Grundfläche von 3,20 m mal 3,80 m und einer Höhe von 2,50 m. Daraus ergibt sich ein Gesamtvolumen von 30,4 m³. Die Wände und der Boden der Kabine bestehen nicht aus schallabsorbierenden Materialien. In der Tür, der gegenüberliegenden verglasten Wand, befindet sich ein langes Fenster. Die Tür ist eine nichtschallisolierte Holztür. Die Voraussetzungen für die Freifeldtests mit dem modifizierten HSM-Satztest waren dadurch nach Norm DIN EN ISO 8352 gegeben. Zur technischen Ausrüstung zählten (siehe Tab. 2):

Tabelle 2: verwendetes Equipment

Equipment	Version
Computersystem	Microsoft Window XP, Professional, Service Pack 3
Audiometer	ACAM 5 Acousticon GmbH, Reinheim
Softwareversion	5.11.13.3562 (Stand 14.04.2014)
Sprachmaterial	HSM-Satztest (WESTRA CD #15, Westra Elektroakustik GmbH, Binswangen)

Grundlegend legt die Norm DIN EN ISO 8352-3 fest, mit Sprache von vorne (LS₁ bei 0°) kombiniert mit nicht kohärenten Rauschen aus zwei Lautsprechern (LS₂ und LS₃) aus jeweils ± 45° rechts und links darzubieten. Aus Gründen der räumlichen Ausstattung von lediglich zwei Lautsprecherboxen (LS₁ = Sprachsignal/ LS₂ = Störschall) und der vorgeschriebenen Lautsprecherpositionierung nach den gültigen HilfsM-RL (Stand 04/ 2013), wird wie in Abb. 4 grafisch dargestellt, folgender Messaufbau vorgenommen.

Die zwei Lautsprecher (LS₁-LS₂) sind so angeordnet, dass sie nicht senkrecht zu einer der vier Wände stehen, um stehende Wellen zu vermeiden. Ein Lautsprecher (LS₁) ist in der Höhe von 0,87 m (gemessen vom Boden bis zur Mitte des Lautsprechers) auf dem Tisch positioniert. Auf diesem

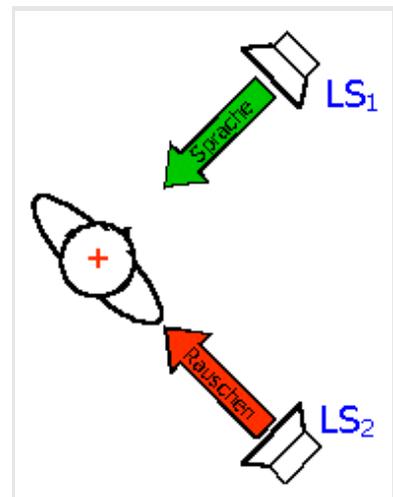


Abbildung 4: Messanordnung

Die Darbietung der Sprache erfolgt von vorne und das zum Satztest gehörende Störgeräusch im Winkel von 90° (S₀N₉₀).

Autor: Rohweder Reimer,
<http://www.dhi-online.de/DhiNeu/Harten/abb/A4a.gif>

Tisch befinden sich auch das Steuerpult (control panel) des Audiometers, der Monitor, die Tastatur und die Maus des Computers. Der PC steht unter dem Tisch und ist mit einer schallisierenden Haube abgedeckt, die den Geräuschpegel des Rechners dämpft. Bei laufendem Computer beträgt das Störgeräusch in der Messkabine 32,5 dB (A), was noch unterhalb der vorgeschriebenen 40 dB (A) liegt. Der Prüfer sitzt an diesem Tisch, steuert von dort das Audiometer und protokolliert die Messergebnisse. LS_2 ist gleicher Bauart wie LS_1 und befindet sich in gleicher Höhe wie LS_1 . Beide Lautsprecher haben einen Abstand von 1,50 m und stehen im Winkel von 90° zueinander.

Die Testperson sitzt genau zwischen den beiden Lautsprechern, so dass die Lautsprecher gleichermaßen 1,0 m von seiner senkrechten Körperachse entfernt sind. Er blickt in die Richtung des LS_1 .

Im Falle einer Hörgerätekontrolle richtet sich die Seite, auf der der monaurale Test durchgeführt wird, danach, welches das besser hörende Ohr ist. Dies lässt sich anhand des Tonaudiogramms beurteilen. Diese "mögliche Alternativenordnung mit Sprache von vorne und Störschall aus 90° von der monaural versorgten Seite (Findet Anwendung beim BIRD-Test und beim ILD- bzw. BILD-Test)" (web04 Rohweder, 2013).

2.3.2 Kontrollmessung mit dem modifizierten HSM-Satztest

Nach einer kurzen Einweisung der jeweiligen Probanden, wurde einer Hälfte der Testgruppe das linke Ohr verschlossen und der anderen das rechte. Die Darbietung der Sprache erfolgte von vorne und das zum Satztest gehörende Störgeräusch von 90° (S_0N_{90}). Zu Beginn betrug der Schalldruckpegel im Freifeld für die Testsätze sowie des Zusatzschalls 65 dB (A) ($S_{65\text{ dB}}N_{65\text{ dB}}$). Mit den nachfolgenden Sätzen stieg der Schalldruckpegel für den Zusatzschall automatisch in jeweils 5 dB SNR-Schritten auf einen maximalen SNR von -25 dB SNR an ($S_{65\text{ dB}}N_{90\text{ dB}}$). Voraussetzung zur genauen Ermittlung der individuellen L_{50} -Werte, der sogenannten Verständlichkeitsschwelle beim modifizierten HSM-Satztest, war es einen möglichen „Trainingseffekt“, welcher durch vorhergehender Testdurchläufe bei den Probanden bewirkt werden kann, auszuschließen. Jener „Trainingseffekt“ verbessert die Verständlichkeit erheblich, weshalb die ersten Testreihen (Übungsliste A und B) nicht mit in die Endbewertung mit einbezogen wurden. Die jeweilige Testperson gab alle verstandenen Inhalte eines jeden Satzes wieder. Vom Prüfer wurden die wiedergegebenen Satzfragmente mit dem Originalsatz verglichen. Als

Hilfestellung zur Dokumentation der korrekten Wörter diene eine Strichliste. Daraus ergibt sich für jeden Satz, über alle Probanden gemittelt, ein identischer Schwierigkeitswert. Im Durchschnitt verlief der Testdurchlauf im Zeitrahmen von vier Minuten, welcher sich als angemessen herausstellt. Bei der Endbefragung der Probanden über dessen subjektive Empfinden gaben diese im Schnitt an, dass eine längere Testdauer ihre Konzentration negativ beeinflussen könnte.

2.4 Methode der Auswertung der Diskriminationsfunktion (L_{50} -Wert)

Aus dem Bezug zwischen Verständlichkeit (in %) und dem SNR (in dB) lässt sich eine sogenannte Diskriminationsfunktion, den sogenannten L_{50} -Wert, bilden. Dabei ist die Steilheit der Funktionskurve bezeichnend für den Verständlichkeitsgrad eines Wortes. Daraus lässt sich folgern: Je höher der Steigungsgrad, desto höher die Verständlichkeit. Mathematisch wird die Steigung mit dieser Gleichung $y = mx + b$ definiert. Ein weiteres Kriterium zum Vergleich der Verständlichkeit mehrerer Worte ist der sogenannte " L_{50} -Wert". Er stellt in der Bewertung audiologischer Untersuchungen eine feste Größe dar und beschreibt den SNR, bei dem im Mittel 50 % eines Wortes verstanden werden. Mathematisch wird der Nulldurchgang durch die Gleichung zur Ermittlung der Steigung $y = mx + b$ auf der x-Achse beschrieben. Daraus lässt sich ableiten, dass $y = 0$ ist. Die resultierende Formel $0 = mx + b$ nach x umgestellt, welches nun dem L_{50} -Wert entspricht, so erhält man folgende Formel (siehe Formel 2):

Formel 2: Berechnung des L_{50} -Wertes

$$L_{50} = x = -\frac{b}{m}$$

Die Diskriminationskurve von allen Testlisten gilt als ermittelt, wenn der Schwellenpegel für das Sprachverstehen mit einer Unsicherheit nicht mehr als 1 dB aufweist. Die Breite des 95 %-Konfidenzintervalls darf 2 dB nicht überschreiten.

Um diese Vorgabe zu erreichen, sind Messungen des Verstehens von Sprache bei verschiedenen Signal-Rausch-Verhältnissen an einer „angemessenen Anzahl otologischer normaler Personen“ (DIN ISO 8253-3:2009-06) durchzuführen.

3 Ergebnisse

3.1 Listenzusammenstellung

Bei dieser Arbeit war das Ziel, aus dem Satzpool des HSM-Satztests feste Satzgruppen nach den Schlüsselwörtern bestehend aus einem Objektiv, einem Subjektiv und einem Adjektiv zusammenzustellen. Zu berücksichtigen galt, dass die Satzgruppierung untereinander gleich schwierig ist. Zum Trainingsdurchlauf wurden fünf-Wort-Sätze bis sieben-Wort-Sätze miteinander gemischt (siehe Tab. 3 und 4). Die eigentlichen Testgruppen bestehen, zur optimalen Homogenität, nur aus fünf-Wort-Sätzen (siehe Tab. 5 und 6).

Tabelle 3: Übungsliste A

Übungsgruppe A Tracks 3, 6, 9, 11, 13, 15	SNR in dB (Speech 50 dB)	Anzahl richtiger Wörter
1. Er ist ein sehr schlechter Verlierer.	0	_____
2. Ein bisschen Bewegung schadet Dir nicht.	-2	_____
3. Das kleine Mädchen fährt mit dem Rad.	-4	_____
4. Der Hund hat den schönen Vorhang heruntergerissen.	-6	_____
5. Der Frühling ist für mich die schönste Zeit.	-8	_____
6. Die Fotos von unserem Ausflug sind gut geworden.	-10	_____
Summe		_____

Tabelle 4: Übungsliste B

Übungsgruppe B Tracks 16, 17, 19, 29, 30, 33	SNR in dB (Speech 50 dB)	Anzahl richtiger Wörter
1. Ich danke Dir für das wertvolle Geschenk.	0	_____
2. Ich kann es Ihnen in wenigen Minuten sagen.	-2	_____
3. Meine Mutter kann gut Geige spielen.	-4	_____
4. Er will einen neuen Rekord aufstellen.	-6	_____
5. Er hat seit gestern große Schmerzen.	-8	_____
6. Diese Kirche ist ein berühmtes Bauwerk.	-10	_____
Summe		_____

Tabelle 5: Testgruppe 1

Testgruppe 1 Tracks 5, 6, 8, 11, 14	SNR in dB (Speech 50 dB)	Anzahl richtiger Wörter
1. Macht Dich diese Musik nervös?	0	_____
2. Steht mir diese Farbe gut?	-2	_____
3. Der Mann hat graue Haare.	-4	_____
4. Der Patient hat hohes Fieber.	-6	_____
5. Du hast eine schöne Handtasche.	-8	_____
6. Er ist ein guter Handwerker.	-10	_____
Summe		_____

Tabelle 6: Testgruppe 2

Testgruppe 2 Tracks 19, 21, 31, 32, 33	SNR in dB (Speech 50 dB)	Anzahl richtiger Wörter
1. Halten Sie das Schild hoch!	0	_____
2. Kann Sie gut Klavier spielen?	-2	_____
3. Die Frau hat schöne Naturlocken.	-4	_____
4. Der Künstler hat großen Erfolg.	-6	_____
5. Die Mädchen haben reiche Eltern.	-8	_____
6. Die Oma hat neue Zähne.	-10	_____
Summe		_____

3.2 Diskriminationsfunktion

Die Diskriminationsfunktion wurde an 22 normalhörenden Probanden ermittelt. Das Sprachsignal wurde bei 50 dB (A) konstant gehalten. Das Störgeräusch wurde bei sechs SNR-Stufen: 0 dB, - 2 dB, - 4 dB, - 6 dB, - 8 dB und - 10 dB getestet. Beide Testlisten wurden mit den Probanden getestet. Jeder Versuchsperson wurde die jeweilige Testliste nur einmal dargeboten. Die sich aus dieser Arbeit ergebende jeweilige Diskriminationsfunktion, wird in Abbildung 5 bis 8 dargestellt, wobei die Ordinate den abfallenden Zusatzschall in 2 dB SNR Schritten und die Abszisse die daraus resultierend ansteigende Sprachdiskrimination in Prozent aufzeigt.

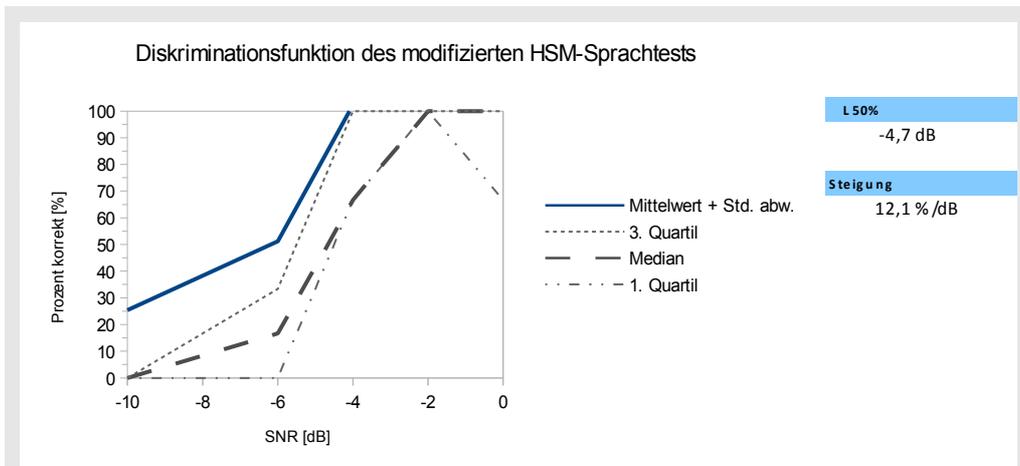


Abbildung 5: Diskriminationsfunktion Übungsliste A

Anhand des Medians lässt sich die 50 %-ige Verständlichkeitsschwelle (L50 %) auf - 4,7 dB mit einer Steigung von 12,1 %/dB beziffern.

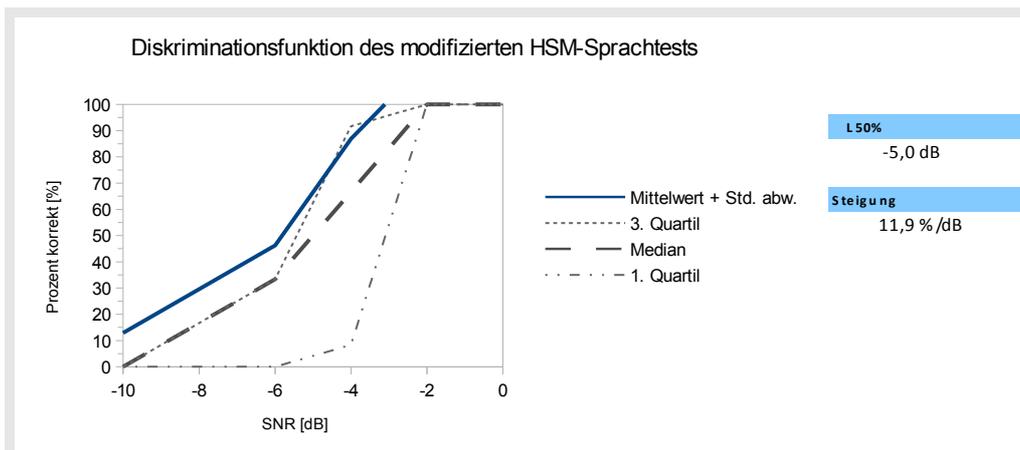


Abbildung 6: Diskriminationsfunktion Übungsliste B

Anhand des Medians lässt sich die 50 %-ige Verständlichkeitsschwelle (L50 %) auf - 5,0 dB mit einer Steigung von 11,9 %/dB beziffern.

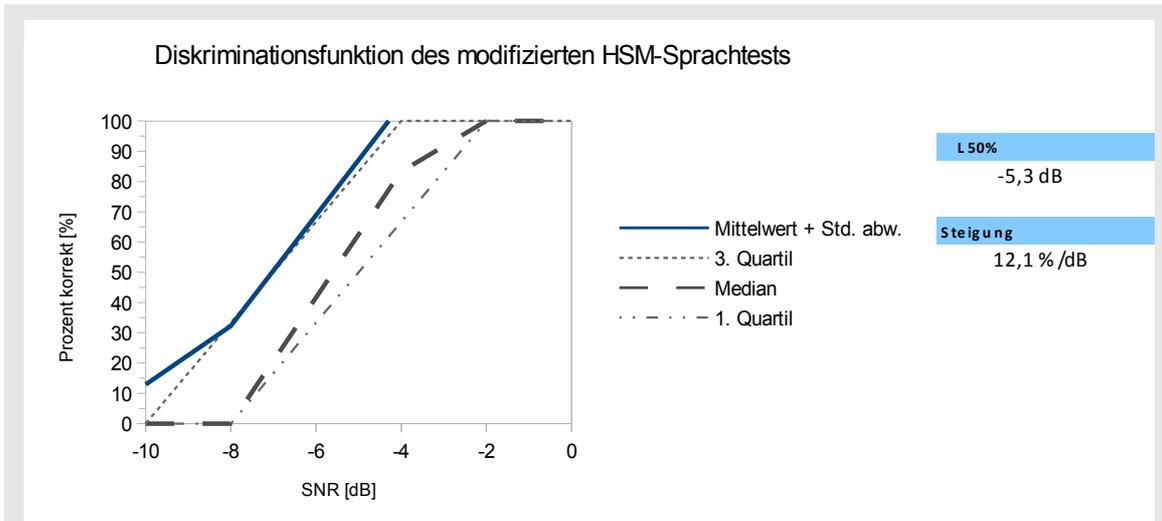


Abbildung 7: Diskriminationsfunktion Testgruppe 1

Anhand des Medians lässt sich die 50 %-ige Verständlichkeitsschwelle (L50 %) auf - 5,3 dB mit einer Steigung von 12,1 %/dB beziffern.

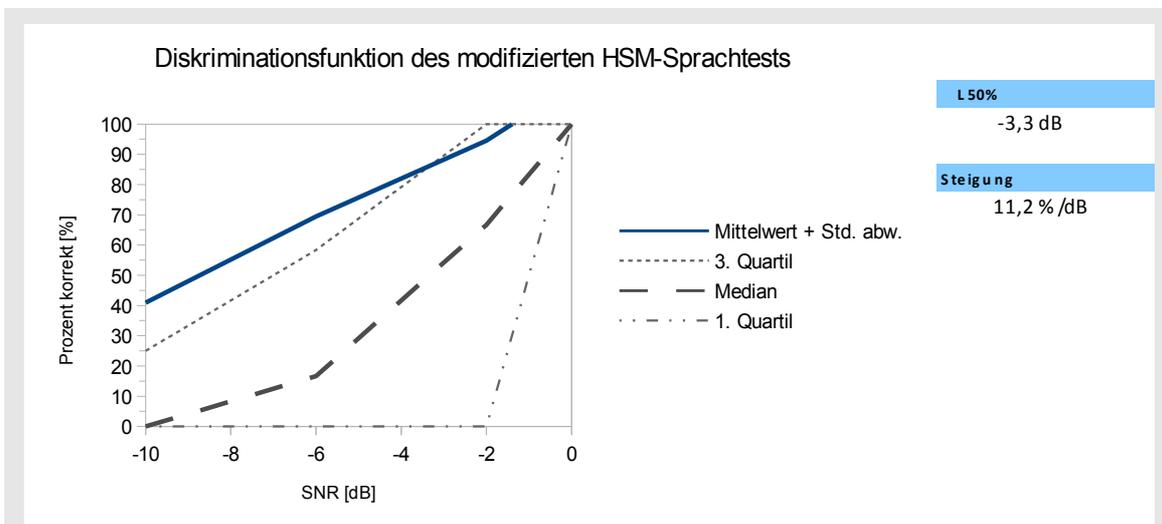
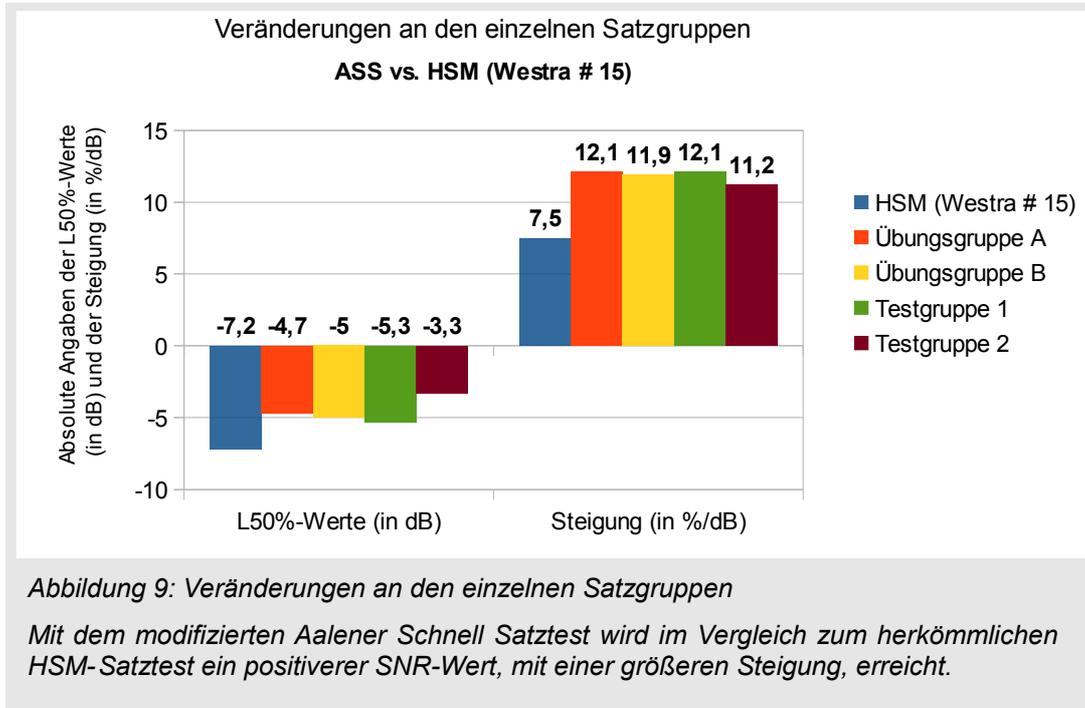


Abbildung 8: Diskriminationsfunktion Testgruppe 2

Anhand des Medians lässt sich die 50 %-ige Verständlichkeitsschwelle (L50 %) auf - 3,3 dB mit einer Steigung von 11,2 %/dB beziffern.

3.3 Auswertungsdaten

Das modifizierte Sprachmaterial des HSM-Tests zur zügigen SNR-Ermittlung setzt sich aus vier Testlisten von je sechs Sätzen zusammen. Die Validierung lässt erkennen, dass sich in Bezug auf dem Steigungscharakter und dem 50 %-igen Schwellenwert, Veränderungen an den einzelnen Satzgruppen ergeben haben (siehe Abb. 9).



Die Sätze untereinander bedienen sich einer unterschiedlichen Wortzusammenstellung, wovon jeweils drei Wörter des entsprechenden Satzes auf korrekte Diskrimination bewertet werden (siehe Tab. 7). Eine zufällige Kombination der Wörter ist nicht möglich. Um einen Lerneffekt vorzubeugen, muss dies bei einer wiederholten Anwendung berücksichtigt werden.

Tabelle 7: Testgruppe 1 zur SNR-Ermittlung

Testgruppe 1 Tracks 5, 6, 8, 11, 14	SNR in dB (Speech 50 dB)	Anzahl richtiger Wörter
1. Macht <u>Dich</u> diese <u>Musik</u> <u>nervös</u> ?	0	3
2. Steht <u>mir</u> diese <u>Farbe</u> gut?	-2	3
3. Der <u>Mann</u> hat <u>graue</u> <u>Haare</u> .	-4	2
4. Der <u>Patient</u> hat <u>hohes</u> <u>Fieber</u> .	-6	3
5. <u>Du</u> hast eine <u>schöne</u> <u>Handtasche</u> .	-8	2
6. <u>Er</u> ist ein <u>guter</u> <u>Handwerker</u> .	-10	0
Summe		13

Der Signal-Rausch-Abstand wird in 2 dB SNR Schritten von 0 (sehr leicht) bis - 10 (sehr schwer), mittels vordefinierten SNR-Abständen (0, - 2, - 4, - 6, - 8 und - 10), ermittelt. Der

Pegel des Störgeräuschs wird nach jeder Satzdarbietung, bei konstanter Lautstärke des Sprachsignals (50 dB (A)), automatisch erhöht. Festgelegt ist, welche drei Schlüsselwörter des Satzgebildes bewertet bzw. gezählt gehören. Gemäß der Antworten des Patienten, nach Durchlauf aller sechs Satzreihen einer Testliste, wird die Anzahl der verstandenen Schlüsselwörter aufsummiert.

Dieser Wert wird mit folgender Formel (siehe Formel 3) gegengerechnet, um so den SNR möglichst effizient zu bestimmen:

Formel 3: Formel modifizierter HSM-Test zur SNR Berechnung

$$\text{SNR LOSS} = 9.5 - (\text{Total words correct in 6 sentences})$$

$$\text{Bsp. SNR} = 9,5 - 13 = -3,5 \text{ dB SNR}$$

Diese Formel begründet sich anhand der gemessenen Diskriminationsfunktion. Dabei wurde auf eine 50 %-ige Verständlichkeit, der dargebotenen Sprache, getestet. Ermittelt wurde der SNR, mittels Pegelerhöhung in 2 dB Schritten, bis keine Wörter mehr korrekt nachgesprochen werden konnten. Die Auswertung ergab, bei einer schrittweisen Pegelerhöhung, ein arithmetisches Mittel von eineinhalb Wörtern pro Lautstärkeanstieg. Daraus lässt sich folgern, dass bei einer Pegelerhöhung in 2 dB Schritten, dies einer Diskrimination von drei Wörtern entspricht. Der Startpegel von 1,5 dB muss addiert werden, da lediglich ein 50 %-iges Sprachverstehen gewünscht ist. Der höchste SNR Wert des modifizierten HSM-Tests beträgt 10 dB. Die Schrittweite beträgt drei Wörter und 2 dB pro Schritt. Dies ergibt die Gleichung: 10 dB + 1,5 dB = 11,5 dB. Im Anschluss muss der Einfluss der Gesamtzahl der richtig nachgesprochenen Wörter subtrahiert werden. Bei dieser Gegenrechnung (11,5 dB - 2 dB = 9,5 dB) lässt sich der Wert 9,5 dB ableiten. Anhand dieser Berechnung lassen sich folgende Kategorien des Diskriminationsverlusts im Störgeräusch ableiten (siehe Tabelle 8):

Tabelle 8: Kategorien des Diskriminationsverlusts im Störgeräusch

Grad des Diskriminationsverlusts	ermittelter SNR	Wörter total	in Prozent
überdurchschnittlich	- 8,5 bis - 6,5	18 bis 16	100 % bis 89 %
normalhörend	- 5,5 bis - 3,5	15 bis 13	83 % bis 72 %
geringgradig	- 2,5 bis - 0,5	12 bis 10	67 % bis 56 %
mittelgradig	+ 0,5 bis + 2,5	9 bis 7	50 % bis 39 %
hochgradig	+ 3,5 bis + 9,5	6 bis 0	33 % bis 0 %

4 Diskussion

4.1 Überblick

Ziel der Arbeit war es, ein deutschsprachigen Sprachtest zur Ermittlung des SNR-Werts in Anlehnung an den angloamerikanischen QuickSIN™-Test zu modifizieren. Dem audiologischen Anwender soll ermöglicht werden, in kürzester Zeit einen reproduzierbaren SNR-Wert zu ermitteln. Mit der Modifikation des HSM-Sprachmaterials, auch benannt als Aalener Schnell Satztest (ASS), ist dies gelungen. In 1 dB SNR-Abständen kann der Signal-Rausch-Abstand in kurzen Arbeitsabläufen ermittelt werden. Die Messdauer lässt sich auf ein Zeitfenster, je nach Mitarbeit des Probanden, von drei bis vier Minuten kalkulieren. Die zu vermessende Probandengruppe bestand aus Studenten mit ausschließlich deutscher Muttersprache. Diese wiesen eine gute Belastbarkeit, eine günstige intellektuelle Fähigkeit, als auch hohe Sprachkompetenz vor. Die Prozedur eines Sprachverständlichkeitstests war den überwiegenden Teilnehmern durch das Studium bereits bekannt. Es ist anzunehmen, dass aus diesem Grund eine geringe Streuung der Ergebnisse erreicht wurde. Dies könnte die Durchführung einer anschließenden Evaluation begünstigen.

4.2 Durchführung

Für diese Arbeit ist der ASS vorerst speziell für das ACAM 5 System der Firma Acousticon implementiert worden. Bei der Durchführung ist zu berücksichtigen, dass das erzeugte Störgeräusch (HSMnoise) in Repeat-Funktion in Endlosschleife dargeboten wird. Bei jeder automatischen Wiederholung wird ein sogenanntes Knacken verursacht, welches zeitgleich auf eine Silbe eines abgespielten Satzes fallen kann. Dies wiederum würde zu einer Fehlinterpretation der Signalwörter führen. Um diese Fehlerquote vorzubeugen, muss darauf geachtet werden, dass das Störgeräusch eine Länge von 4,35 sec hat und erst danach ein weiterer Satz manuell abgespielt werden darf.

4.3 Listenzusammenstellung

Es galt einen bereits verwendeten Sprachtest zu modifizieren. Mit dieser Vorgabe sind mögliche Kritikpunkte an einem Sprachmaterial bekannt und beugen verglichen mit einem Neuentwurf eines Sprachtests noch unbekannt Schwachstellen vor. Durch die Auswahlkriterien bzw. Festlegung der Schlüsselwörter, wurde der HSM-Satztest auf wenige Sätze, der ursprünglichen 600, deutlich reduziert. Dies hat zur Folge, dass die

Kritikpunkte des unerwünschten Wiederholungseffekts, der mangelnden Objektivität, der unausgeglichene Schwierigkeitsgrad sowie die instabile Validität umso mehr zu tragen kommen können.

4.4 Diskriminationsfunktion

Mit dem Austausch des Störsignals CCITT-Rauschen durch ein unverständliches Sprachsignal (bezeichnet als „HSMnoise“), erzeugt aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests, soll sich eine steilere Diskriminationsfunktion ergeben. Der unveränderte HSM-Satztest erreicht einen durchschnittlichen Signal-Rausch-Abstand von - 7,2 dB mit einer Steilheit von 7,5 %/dB. Verglichen mit dem ASS ergab sich bestenfalls ein SNR in Höhe von - 5,3 dB mit einer Steilheit von 12,1 %/dB (Testliste 1) und andernfalls ein SNR in Höhe von - 3,3 dB SNR mit einer Steigung von 11,2 % (Testliste 2). Somit wird mit der Modifizierung des HSM-Satztests die Steilheit merklich erhöht.

4.5 Ausblick

Mit dieser Arbeit ist es gelungen, ein bereits verwendetes deutschsprachiges Sprachmaterial in Anlehnung an den angloamerikanischen QuickSIN™-Test zu modifizieren. Wenn auch die Kritikpunkte des verwendeten Sprachtests (HSM) bestehen bleiben, ist die Methodik der komprimierten Zusammenstellung unabhängig davon zu betrachten. Denn diese Ausarbeitung kann zukünftig als Grundlage weiterer Überarbeitungen dienen.

Es ist denkbar im Rahmen einer aufbauenden Arbeit, dass zur Wahrung der Validität des Aalener Schnell Satztests, weitere Satzgruppen anzuknüpfen. Diese könnten aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests erstellt werden. Des Weiteren ließe sich dieser modifizierte Sprachtest an schwerhörigen Probanden messen und in Bezug zu normalhörenden Personen auswerten.

5 Zusammenfassung

Zielsetzung

Im Folgenden befasst sich die hier vorliegende Bachelorarbeit mit der Modifikation eines deutschsprachigen Satztest, dem HSM-Satztests, in Anlehnung an den angloamerikanischen Schnelltest QuickSIN™. Mit diesem daraus entwickelten ASS wird eine weitere Alternative zu dem OISa und GöSa, nach den geltenden HilfsM-RL, erzielt, welcher zugleich der Norm DIN ISO 8253-3:2009-06 gerecht wird. Somit ließe sich in diesem Zusammenhang der Arbeitsalltag wesentlich effizienter gestalten, ohne Einschränkungen an der Reproduzierbarkeit sowie der Qualität der Arbeit in Kauf nehmen zu müssen.

Methodik

Zu Beginn wurde der Umfang der 600 Sätze auf drei Signalwörter, bestückt aus einem Subjekt, einem Objekt und einem Adjektiv, selektiert. Daraus konnten Satzlisten nach einem bestimmten Schema zusammengestellt werden, so dass diese Listen möglichst gleich schwierig sind. Hierbei sind die von Wesselkamp (Wesselkamp, Kliem und Kollmeier, 1992) geforderten Kriterien für die Validität eines Satztests einzuhalten gewesen. Parallel dazu ist das Störsignal CCITT-Rauschen durch ein unverständliches Sprachsignal, erzeugt aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests, ersetzt worden. Nach dieser Vorarbeit, galt es den HSM-Satztest in 2 dB SNR-Schritten wieder zu einem komplett modifizierten Satztest zusammenzufügen. In einem weiteren Schritt wurden die Satzreihen mit automatisch ansteigender Lautstärke an 20 hörgesunden Probanden dargeboten. Die jeweilige Testperson gab alle verstandenen Inhalte eines jeden Satzes wieder. Daraus ergab sich für jeden Satz, über alle Probanden gemittelt, ein identischer Schwierigkeitswert. Durch die automatische Pegelerhöhung des Störgeräuschs nach jeder Satzdarbietung wurde erreicht, dass ein Nutznachweis einer möglichen Hörgeräteversorgung im Störgeräusch über einen kürzeren Zeitraum durchgeführt werden kann.

Ergebnisse

Der unveränderte HSM-Satztest erreicht einen durchschnittlichen SNR von - 7,2 dB mit einer Steilheit von 7,5 %/dB. Verglichen mit dem ASS ergab sich bestenfalls ein SNR in Höhe von - 5,3 dB mit einer Steilheit von 12,1 %/dB (Testliste 1) und andernfalls ein SNR

in Höhe von - 3,3 dB SNR mit einer Steigung von 11,2 % (Testliste 2). Somit wird mit Modifizierung des HSM-Satztests die Steilheit merklich erhöht. Zusätzlich lässt sich die Messdauer auf ein Zeitfenster von drei bis vier Minuten verkürzen.

Schlussfolgerung

Ziel der Arbeit war es, ein deutschsprachigen Sprachtest zur Ermittlung des SNR-Werts in Anlehnung an den angloamerikanischen QuickSIN™-Test zu modifizieren. Dem audiologischen Anwender soll ermöglicht werden, in kürzester Zeit einen reproduzierbaren SNR-Wert zu ermitteln. Mit dem ASS ist dies gelungen.

Es ist denkbar im Rahmen eines aufbauenden Projekts, dass zur Wahrung der Validität des ASS, weitere Satzgruppen anzuknüpfen. Diese könnten aus dem Sprachmaterial des HSM-Satztests erstellt werden. Des Weiteren ließe sich dieser modifizierte Sprachtest an schwerhörigen Probanden messen und in Bezug zu normalhörenden Personen auswerten.

nicht bedruckt

ANHANG

Literaturverzeichnis

- Angermüller, I. (2009):** Neuentwurf und Aufsprache eines Satzverständnistests, unveröff. Dissertation, Universität Würzburg.
- BIHA (2013):** Auszug aus dem Rahmenvertrag zwischen der AOK Baden-Württemberg und der Bundesinnung der Hörgeräteakustiker, Stand 01.03.2013.
- Brill, S. (Universitätsklinikum für Hals-Nasen-Ohrenkrankheiten, Würzburg):** mündliche Mitteilung vom 30.06.2014
- DIN EN ISO 8253-3:2009-06 (2009):** Akustik-Audiometrische Prüfverfahren-Teil3: Sprachaudiometrie, (ISO/CD 8253-3:2009), DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Nr. 16.2, S. 25.
- Gemeinsamer Bundesausschuss (GBA):** Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie/Hilfsm-RL), Neufassung 16. Oktober 2008, veröffentlicht im Bundesanzeiger 2009, Nr. 61, S. 462
- Gemeinsamer Bundesausschuss (GBA):** Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über die Verordnung von Hilfsmitteln in der vertragsärztlichen Versorgung (Hilfsmittel-Richtlinie/Hilfsm-RL), Neufassung 21. Dezember 2011, veröffentlicht im Bundesanzeiger 2012, BAnz AT 10.04.2012 B2
- Hochmair-Desoyer, I. , Schulz, E. , Moser, L. , Schmidt, M. (1997):** The HSM sentence test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. American Journal of Otology, 18 (6 Suppl), S. 83.
- Killion, M. , Niquette, P. , Gudmundsen, G. , Revit, L. , Banerjee, S. (2004):** Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners, J Acoust Soc Am 116(4): 2395-2405.
- Kinkel, M. (2009):** Hörgeräte in Lehnhardt, E. , Laszig, R. (Hrsg): Praxis der Audiometrie, Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart, S. 175 ff.
- Klemp, E. , Dhar, S. (2008):** Speech perception in noise using directional microphones in open-canal hearing aids, J Am Acad Audiol 19(7), 571-8
- Kollmeier, B. , Wesselkamp, M. (1997):** Development and evaluation of the german sentence test for objective und subjective speech intelligibility assessment, Journal of the Acoustical Society of America (JASA), S. 102, 2412 – 2421.
- Lenz, N. (2011):** Evaluation des erweiterten HSM-Satztestmaterials und Entwicklung einer Methode für die Zusammenstellung gleichwertiger Listen, Universität Würzburg, Dissertation.
- Mrowinski, D. , Scholz, G. (2006):** Audiometrie: eine Anleitung für die praktische Hörprüfung, Thieme-Verlag, Stuttgart, 3. Ausgabe, S. 59 ff.
- Müller-Deile, J. (2009):** Sprachverständlichkeitsuntersuchungen bei Cochleaimplantatpatienten, HNO 2009; 57, S. 580 – 591.
- Schmidt, M. (1997):** Der HSM-Satztest, Fortschritte der Akustik, Kolloquien, Plenarvorträge und Fachbeiträge der DAGA 97.
- Tillman, T. , Olsen, W. (1973):** Speech Audiometry, In: Modern Developments in Audiology, 2. Auflage, Academic Press, New York, S. 37 – 74.
- Wagener, K. , Brand, T. , Kollmeier, B. (1999):** Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache III: Evaluation des Oldenburger Satztests. Zeitschrift für Audiologie, S. 38, 86 – 95.

- web01 Eythmotic Research (2006):** QuickSIN™ Speech-in-Noise Test Version 1.3.
Abfrage am 24.07.2013 von www.etymotic.com: <http://www.etymotic.com/pdf/quicksin-manual.pdf>
- web02 o.V. (2014):** CD 15 - HSM-Satztest im Störgeräusch – moderner, einfacher Satztest für stärker schwerhörige Patienten und CI-Patienten. Abfrage am 15.02.2014 von www.evident-shop.de:
http://evident-shop.de/shop/article_438/CD-15---HSM-Satztest-im-St%C3%B6rger%C3%A4usch-%E2%80%93-moderner,-einfacher-Satztest-f%C3%BCr-st%C3%A4rker-schwerh%C3%B6rige-Patienten-und-CI-Patienten.html?shop_param=cid%3D114%26aid%3D438%26
- web03 Rohweder, R. (2013):** Aufbau des Testmaterials und der Messkabine. Abfrage am 26.04.2014 von www.dhi-online.de: http://www.dhi-online.de/DhiNeu/Harten/doku/3.htm#tab_3_02
- web04 Mazzoni, D. (2014):** Über Audacity. Abfrage am 04.04.2014 von www.sourceforge.net:
<http://audacity.sourceforge.net/?lang=de>
- Wesselkamp, M. , Kliem, K. , Kollmeier, B. (1992):** Erstellung eines optimierten Satztestes in deutscher Sprache. Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie, Band 1, Median Verlag von Killisch-Horn GmbH, Heidelberg, S. 330 – 343.
- Wilson R., McArdle R., Smith S. (2007):** An Evaluation of the BKB-SIN, HINT, QuickSIN, and WIN Materials on Listeners With Normal Hearing and Listeners With Hearing Loss. J Speech Lang Hear Res. 2007 Aug;50(4):844-56.

Eidesstaatliche Erklärung

Hiermit versichere ich,
dass ich die Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe verfasst habe.
Bei der Abfassung der Arbeit sind nur die angegebenen Quellen benutzt worden. Wörtlich
oder dem Sinn nach entnommene Stellen sind als solche gekennzeichnet.

Johannes Burkart

Hörgeräteakustikermeister
Dipl. Pädakustiker (AHAkl)
Gutachter (BDSH)

Würzburg den 23.07.2014

Ort, Datum

Ich erkläre mich mit der Veröffentlichung dieser Arbeit unter der Berücksichtigung des auf
der letzten Seite erläuterten Copyrights einverstanden.

Johannes Burkart

Hörgeräteakustikermeister
Dipl. Pädakustiker (AHAkl)
Gutachter (BDSH)

Würzburg den 23.07.2014

Ort, Datum

Danksagung

Das Verfassen der Bachelorarbeit ist mit anderem die interessanteste Zeit des Studiums. So kann ich sehen, dass sich die Zeit des Studierens gelohnt hat. Allerdings wäre es niemals so weit gekommen, wenn mich folgende Personen nicht, im Zusammenhang mit der Erstellung dieser Bachelorarbeit, unterstützt hätten. Daher möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei Ihnen bedanken.

- Den Studenten, die an den Messung teilnahmen.
- Meinen besonderen Dank gilt an dieser Stelle **Frau Prof. Dr. Annette Limberger** und **Herrn Dr. Steffen Kreikemeier** vom Lehrstuhl HörAkustik der Hochschule Aalen für die Betreuung und Unterstützung während dieser Bachelorarbeit.
- Außerdem bedanke ich mich herzlich bei **Herrn Harald Bonsel** für dessen Betreuung und den daraus resultierenden zahlreichen fachlichen Diskussionen, Ratschlägen und Hilfestellungen bei Problemfällen, und für die Bereitstellung von Messgeräten und Analysemitteln.
- Auch gilt mein Dank **Herrn Dipl.-Ing. Jens Ulrich** für dessen spontane Hilfe bei der Suche nach Lösungswegen bei den unterschiedlichen Problemen.
- Für die grammatikalische und syntaktische Durchsicht sowie für die fachliche Hilfestellung, Ratschläge und weiteren technischen Mitteln bedanke ich mich herzlich bei **Herrn Dipl. Europaakustiker Martin Böttcher (A.E.A.)**.
- Ebenso möchte ich mich bei **Herrn Prof. Lukas Moser** für die fachliche Hilfestellung und Ratschläge bedanken, und auch ein Dankeschön an **Herrn Martin Blecker** von ProAkustik richten, für die Einwilligung zur Modifizierung des HSM-Satztests.

Copyright

- Bei den Zitaten und den im Abbildungsverzeichnis mit Quellenangaben gekennzeichneten Abbildungen ist das Copyright des jeweiligen Autors zu beachten. Der Autor dieser Arbeit haftet nicht bei Missachtung der Copyrightbestimmungen des jeweiligen Quellenmaterials.
- Das Kopieren und Weitergeben des Dokuments ist erlaubt.
- Das Veröffentlichen auf Internet-Servern, Online-Diensten oder Mailboxen ist erlaubt.
- Das Veröffentlichen auf Datenträgern wie CD-ROMs ist erlaubt
- Das Ändern des Dokuments ist nicht erlaubt. Das gilt sowohl für den Inhalt als auch für das Dateiformat. Auch das Entfernen unliebsamer Passagen ist nicht erlaubt.
- Das wörtliche Übernehmen von einzelnen Textpassagen aus diesem Dokument in eigene Abhandlungen ist in Form eines Zitats erlaubt. Das Zitat muss die Quelle des Dokuments eindeutig benennen.
- Das Dokument muss stets in der vorliegenden Form und vollständig kopiert weitergegeben oder anderweitig veröffentlicht werden - das Kopieren, Weitergeben oder Veröffentlichen von Teilen des Dokuments ist nicht erlaubt.
- Es ist eine feine Geste, den Autor wissen zu lassen, wenn man aus dem Dokument für eigene Projekte zitiert, es weiter gibt oder anderweitig veröffentlicht. Mitteilungen hierüber bitte an: info@gutachter-hoerakustik.de
- Für weitere Fragen, Anregungen oder Kritik mailen Sie mir bitte: info@gutachter-hoerakustik.de

Aalener Schnell Satztest (ASS)

modifizierter HSM Satztest nach Johannes Burkart



Track 1 bis 24; Kanal 1 (Speech) | Kanal 2 (HSMnoise)

Übungsliste A

- Track 1 SNR 0: Er ist ein sehr schlechter Verlierer.
- Track 2 SNR -2: Ein bisschen Bewegung schadet Dir nicht.
- Track 3 SNR -4: Das kleine Mädchen fährt mit dem Rad.
- Track 4 SNR -6: Der Hund hat den schönen Vorhang heruntergerissen.
- Track 5 SNR -8: Der Frühling ist für mich die schönste Zeit.
- Track 6 SNR -10: Die Fotos von unserem Ausflug sind gut geworden.

Übungsliste B

- Track 7 SNR 0: Ich danke Dir für das wertvolle Geschenk.
- Track 8 SNR -2: Ich kann es Ihnen in wenigen Minuten sagen.
- Track 9 SNR -4: Meine Mutter kann gut Geige spielen.
- Track 10 SNR -6: Er will einen neuen Rekkord aufstellen.
- Track 11 SNR -8: Er hat seit gestern große Schmerzen.
- Track 12 SNR -10: Diese Kirche ist ein berühmtes Bauwerk.

Testgruppe 1

- Track 13 SNR 0: Macht Dich diese Musik nervös?
- Track 14 SNR -2: Steht mir diese Farbe gut?
- Track 15 SNR -4: Der Mann hat graue Haare.
- Track 16 SNR -6: Der Patient hat hohes Fieber.
- Track 17 SNR -8: Du hast eine schöne Handtasche.
- Track 18 SNR -10: Er ist ein guter Handwerker.

Testgruppe 2

- Track 19 SNR 0: Halten Sie das Schild hoch!
- Track 20 SNR -2: Kann Sie gut Klavier spielen?
- Track 21 SNR -4: Die Frau hat schöne Naturlocken.
- Track 22 SNR -6: Der Künstler hat großen Erfolg.
- Track 23 SNR -8: Die Mädchen haben reiche Eltern.
- Track 24 SNR -10: Die Oma hat neue Zähne.

- Track 25 HSMnoise (mono)
- Track 26 CCITT (mono)