

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

Direktor : Professor Dr. med. J. Helms

Vergleich der Mikrofonrichtcharakteristik Kugel und Niere
anhand moderner digitaler Hörgerätetechnik am
ReSound® BZ 5000 HdO (Hinter-dem-Ohr), unter Mithilfe des
Kunstkopfes von B&K; beurteilt von normalhörenden
Versuchspersonen.

Inaugural - Dissertation

Zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius - Maximilians - Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Christoph Schwab

aus Homburg / Saar

Würzburg, Juni 2002

Referent : Prof. Dr. med. J. Helms

Korreferent : Prof. Dr. med. F. Schardt

Dekan : Prof. Dr. med. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung : 06.12.2002

Der Promovend ist Arzt

1 Einleitung

Kommunikation bildet einen grundlegenden Baustein menschlichen Zusammenlebens. Teamarbeit und Diskussion sind ein wichtiger Bestandteil unseres heutigen Berufslebens, aber auch das entspannte Plaudern ist immens wichtig für die Kontaktaufnahme und um grundlegende soziale Integration zu schaffen.

In diesem Sinne ist Hören wichtiger als Sehen, so sind Fernsehzuschauer durch eine Bildstörung in der Regel in ihrem Verständnis der Sendung wesentlich weniger beeinträchtigt, als durch eine Tonstörung (1 Blauert 1980).

Viele Patienten sind aber gehandicapt, sei es durch ein traumatisches Ereignis, oder einen durch das Altern bedingten Hörverlust. Nach einer Studie ergab sich, dass etwa 2 Millionen Menschen in der Bundesrepublik Deutschland eine kommunikationshemmende Hörstörung haben (2 Niemeyer 1980).

Somit sind diese Menschen heutzutage auf das Tragen von Hörgeräten angewiesen. Sie helfen, die erlittenen Hörverluste wieder auszugleichen, damit eine Teilnahme am „akustischen Leben“ wieder möglich ist.

Oft kommt es aber aus gesellschaftlichen oder persönlichen Gründen und aus den Erfordernissen der Arbeitswelt heraus zu einer schlechten Compliance betreffend der ärztlich verordneten Hörhilfen (3 Brooks 1984).

Die heutige Hörgerätetechnik ist noch lange nicht an den Grenzen ihrer Möglichkeiten angelangt. Viele Millionen Mark werden jedes Jahr in die Anschaffung neuer Geräte investiert, die dann aus den verschiedensten Gründen nicht zum Einsatz kommen.

Gerade im Alter sind die Patienten häufig mit der Bedienungsweise der Geräte nicht mehr vertraut zu machen. Die Technik versucht jeder unterschiedlichen akustischen Situation, der wir im Alltag ausgesetzt sind, gerecht zu werden. Dadurch ergibt sich auch zwangsläufig, dass die Geräte zusehends komplizierter werden da sie mehrere Einstellungen bieten müssen.

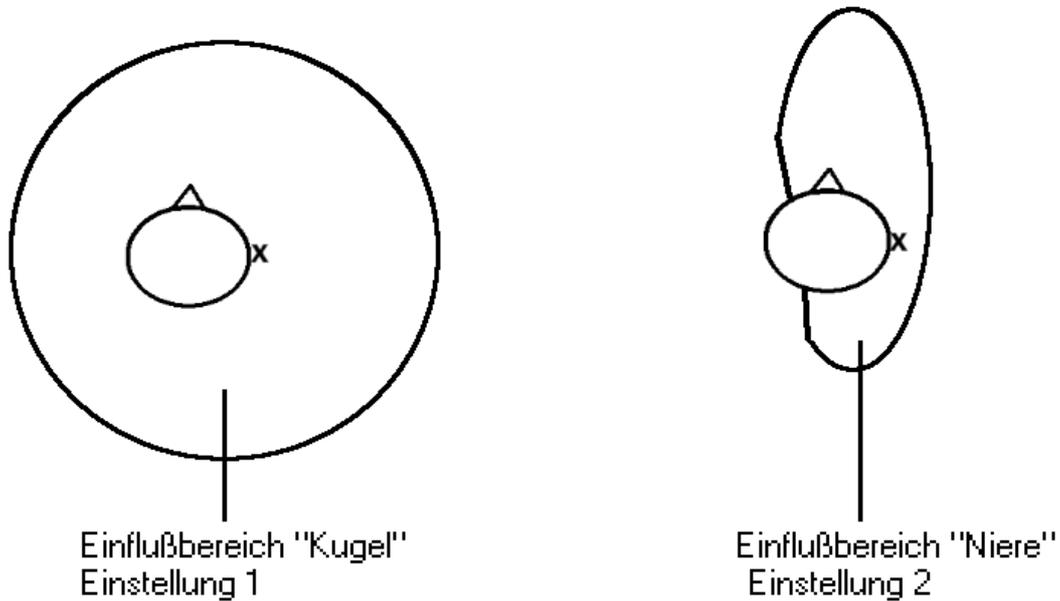
Spielten sich Gespräche stets nur zwischen zwei Teilnehmern ab und bliebe der Hintergrundlärm konstant, wäre alles viel leichter. In Wirklichkeit sind wir aber einem permanent wechselnden Umgebungslärm ausgesetzt. Dieser kann die Geräuschkulisse in einem Lokal, die Arbeitssituation in Maschinenlärm oder die ständige Beschallung aus Radio und Fernsehen darstellen, der wir täglich ausgesetzt sind.

Den beschriebenen Herausforderungen muss sich die Technik nun stellen.

2 Fragestellung der Untersuchung

Um den in 1. dargestellten Anforderungen an die Hörgeräte gerecht zu werden, hat sich die Industrie den Möglichkeiten der modernen Mikrofontechnik bedient. Man kennt hier schon lange die Unterscheidung zwischen einer Aufnahme im „Kugel“- und einer im „Niere“- Modus. Hierunter muss man sich um den Tonaufnahmekopf bei der Einstellung „Kugel“, einen solchen kugelförmigen Körper vorstellen, der alle akustischen Einflüsse die in diesem Bereich auftreten gleichermaßen verstärkt. Demgegenüber bietet die Gewichtung auf „Niere“ die Möglichkeit, die Schallaufnahme gerichtet zu einer bestimmten Quelle durchzuführen.

Schemazeichnung :



X = Ohr mit Hörgerät

In Übertragung auf die Hörgerätetechnik besteht nun die Möglichkeit, sich in einer Gruppe befindend, auf seinen unmittelbaren Gesprächspartner zu konzentrieren.

Aber - hält die Technik wirklich was sie verspricht ?

Was kann die aufwendige Technik mit zwei Mikrofonen am Hörgerät ReSound® BZ5000 HdO zum besseren Verstehen im Lärm beitragen ?

Um dies zu überprüfen habe ich einem Probandenkollektiv Aufnahmen in beiden Modi vorgestellt und deren Verständlichkeit miteinander verglichen.

3 Material

3.1 Sprachmaterial

Da sich die lautsprachliche Verständigung hauptsächlich in Satzform vollzieht (4 Niemeyer 1976), erschien es sinnvoll, einen Satztest für die Messungen zu wählen. Denn Niemeyer wies bereits 1967 darauf hin, dass die Satzverständlichkeitskurve, obwohl sie stets zwischen der Verständlichkeitskurve für Zahlen und Einsilber verläuft, vor allem bei Schallempfindungsschwerhörigen, in weiten Bereichen schwanken kann (5 Niemeyer 1967).

Auch H.J. Schultz-Coulon berichtete, dass es z.B. bei Hochtonschwerhörigkeit keine lineare Beziehung zwischen Satz und Einsilbenverständnis gäbe (6 Schulz- Coulon 1974). Deshalb kann nicht von Zahlentests oder Einsilbentests auf das Satzverständnis geschlossen werden.

Diese Erkenntnis wirkt einleuchtend, wenn man sich die komplexen Zusammenhänge bewußt macht, die hinter dem Verstehen eines Satzes stehen. So spielen z.B. das Erfassen größerer Sinnzusammenhänge, die Ordnung der Einzelworte im Satzgefüge, Sprachdynamik, Sprachrhythmus, Sprachmelodie, Sprachklangfärbung und Tempoänderungen eine entscheidende Rolle (7 Beckmann 1962).

Alle diese Fakten liefern zusätzliche Informationen, die beim Verstehen von einzelnen Zahlen oder Wörtern keine Rolle spielen. Dadurch werden mit jedem Sprachtest nicht nur periphere, sondern auch zentrale Hörleistungen überprüft. Sprachwahrnehmung beruht auf diesen beiden Hörleistungen (8 Rösser 1957).

3.2 Der HSM Satztest

Der HSM Satztest, der bei den Messungen Verwendung fand, ist bewährt und erfüllt eine Reihe von Anforderungen, die Niemeyer einem Test abverlangte:

Er ist vergleichbar, reproduzierbar und beinhaltet einfache, zwanglose, natürliche Sätze, die im Alltagsleben vorstellbar sind (5 Niemeyer 1967).

Die Gesamtschwierigkeit der Satzgruppen ist, obwohl sich Unterschiede finden (9 Heid 1993, 10 Sautter 1983), in etwa gleich.

Darüber hinaus liegt der HSM- Satztest als CD- Aufnahme vor. Dies erleichtert die Versuchsdurchführung, da einzelne Gruppenanfänge schnell angesteuert werden können. Ferner ist die gleiche Wiedergabequalität an jedem Ort garantiert, da ein Verschleiß des Bandmaterials und Verschmutzung der Tonköpfe wegfallen (11 Kießling 1985, 12 Moser L. M. 1987).

Der HSM - Test beruht auf dem Marburger Satztest, der 1962 von Niemann und Beckmeyer entwickelt wurde. Er ist der älteste deutsche Sprachtest der breite Anwendung fand (13 Wedel 1985) und ist inzwischen als „ Sätze für Hörprüfung mit Sprache nach DIN 4562 Teil 2 und DIN 45626 Teil 2“ genormt.

Der ursprüngliche Test bestand aus 8 Gruppen zu je 10 Sätzen. Alle Sätze beinhalten 5 Wörter. Die Überarbeitung des Marburger Satztestes, der HSM, wurde von dem Radiomoderator Klaus Wunderlich besprochen. Er liegt in folgender Form vor:

Der Test besteht aus 30 Gruppen zu je 20 kurzen Sätzen. Jeder Satz beinhaltet 4-6 Wörter. Die Sprachgeschwindigkeit beträgt 3,6 Silben pro Sekunde und ist etwas langsamer als bei der normalen Umgangssprache.

3.3 Störgeräusch

Im täglichen Leben ist jeder Mensch ständig von Geräuschen umgeben. Diese sind sehr vielfältig und von der jeweiligen Situation abhängig, in der sich eine Person befindet. In der Stadt z.B. sind Stimmen und Verkehrslärm fast überall zu vernehmen. So weisen auch Döring und Hamacher (14 Döring 1992) darauf hin, dass in der realen Hörsituation des täglichen Lebens das Verstehen von Sprache durch den vorhandenen Störschall erschwert wird. Es scheint, dass sich Normalhörende an einen gewissen Geräuschpegel sogar schon gewöhnt haben. Erst in einem schallgeschützten Raum werden sie sich der Störgeräusche wieder bewusst. Anders verhält es sich allerdings bei den Hörgeschädigten, bei denen oft schon ein sehr leises Hintergrundgeräusch Probleme bereitet ein Gespräch verfolgen zu können. Schultz-Coulon zeigte, dass gerade bei Hochtonschwerhörigen diese Kommunikationsbehinderung in geräuschvoller Umwelt wesentlich größer sein kann als bei Routineuntersuchungen in störschallarmen Räumen (15 Schultz- Coulon, H. J. 1973). Es gibt auch Patienten mit normalem Audiogramm, die aber über ein schlechtes Verständnis bei Hintergrundgeräuschen klagen (16 Ferman, L 1993, 17 Platte, H. J. 1980).

Diese von Platte (17 Platte, H. J. 1980) als Störung der binauralen Signalverarbeitungsprozesse postulierte Schwäche, konnte auch bei entsprechenden Messungen bewiesen werden. Deshalb erscheint es einleuchtend, dass Sprachaudiometrische Messergebnisse, die unter Störschallfreien Bedingungen erhoben wurden, oft nur schlecht mit der von Patienten subjektiv im Alltag empfundenen Hörstörung übereinstimmen (18 Weinstein, B. 1984).

Daher sollen Sprachaudiometrische Untersuchungen immer unter Störschallbedingungen durchgeführt werden. In vielen Studien wurde versucht das ideale Störgeräusch zu finden. So verglich Wedel Cocktaillärm mit Strassenlärm (19 Wedel 1985). Bei anderen Versuchen wurden Brabbelgeräusche, erzeugt durch mehrfache Sprechüberlagerung, Umweltgeräusche oder sprachsimulierendes Rauschen verwendet

(20 Fastl, H. 1987, 21 Kalikow 1977, 22 Plomp 1979, 19 Wedel 1985). Da aber Kommunikationssituationen so vielfältig und unterschiedlich sind, dürfte es laut Ingold und Tschopp (23 Ingold 1992) kein ideales Störgeräusch geben, das allen Anforderungen entspricht. Auch Wedel kommt zu dem Schluß, dass es eine breite Palette von Störgeräuschen geben müsste, um verschiedene Hörsituationen nachempfinden zu können (19 Wedel 1985). Bei unseren Versuchen wurde das Umweltsimulierende Rauschen nach Niemeyer verwendet.

3.4 Umweltsimulierendes Rauschen nach Niemeyer

Das umweltsimulierende Rauschen nach Niemeyer ist seit 1963 erprobt und wird seitdem in unveränderter Form benutzt und als eine Art Standard empfohlen (2 Niemeyer 1980). Es entspricht dem Frequenzspektrum von Sprache, wobei der Hauptanteil im tiefen Frequenzbereich liegt. Deshalb kommt es den hauptsächlich in der Umwelt vorkommenden Geräuschen, die meist auch im Tieftonbereich liegen, sehr nahe.

3.5 Probandenauswahl

Als Versuchspersonen wurden 41 normalhörende Kommilitoninnen und Kommilitonen gewählt, die sich, ohne Vorerfahrung mit Hörtests gemacht zu haben, zur Verfügung stellten.

Alle hatten Deutsch als Muttersprache. Anamnestisch durfte kein Verdacht auf eine Hörbehinderung bestehen.

Es handelte sich dabei um ein Kollektiv von 20 weiblichen und 21 männlichen Probanden. Bei der Auswahl der Personen wurde Wert auf

motivierter Mitarbeit gelegt, denn nur dann konnte man erwarten, dass die Testteilnehmer über die gesamte Dauer der Untersuchung die nötige Konzentration aufbringen.

3.5.1. Reihenfolge der vorgestellten Tests

Um Ungenauigkeiten, die aus der Ermüdung der Probanden resultieren, auszuschließen, wurde jeweils die Reihenfolge der Einstellungen und der Sätze geändert. In der Tat schnitten die Probanden zu Beginn der 45 minütigen Testphase besser ab, als gegen Ende. Es ist anzunehmen, daß hier individuelle Konzentrationsschwankungen zu schlechteren Resultaten führten. Zunächst wurde folgendes Schema erarbeitet, nachdem jede Testperson mit einer anderen Lautstärke (A.,B oder C) und anderer Einstellung (0,1,oder 2) begann.

	0	1	2
A	1	4	7
B	2	5	8
C	3	6	9

	0	1	2
A	10	13	16
B	11	14	17
C	12	15	18

A = leise

B = mittel

C = laut

0 = ohne Hörgerät

1 = Kugel

2 = Niere

Dazu wurden ebenfalls die vorgestellten Satzgruppen durchgewechselt, so dass die sämtlichen, unterschiedlichen HSM-30 Satzgruppen zur Vorstellung kamen.

Eine Satzgruppe besteht aus 10 einfachen Alltagssätzen, mit je anderem Wortlaut.

Eventuelle besser verständliche und einfachere Sätze konnten wegen dieses Durchwechselns nicht zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen.

Nach folgendem Schema wurde die entsprechende Satzgruppe für die jeweiligen Probanden ermittelt :

VP	G										
1	1	6	6	11	1	16	6	21	1	26	6
1	11	6	16	11	11	16	16	21	11	26	16
1	21	6	26	11	21	16	26	21	21	26	26
1	2	6	7	11	2	16	7	21	2	26	7
1	12	6	17	11	12	16	17	21	12	26	17
1	22	6	27	11	22	16	27	21	22	26	27
1	3	6	8	11	3	16	8	21	3	26	8
1	13	6	18	11	13	16	18	21	13	26	18
1	23	6	28	11	23	16	28	21	23	26	28
2	4	7	9	12	4	17	9	22	4	27	9
2	14	7	19	12	14	17	19	22	14	27	19
2	24	7	29	12	24	17	29	22	24	27	29
2	5	7	10	12	5	17	10	22	5	27	10
2	15	7	20	12	15	17	20	22	15	27	20
2	25	7	30	12	25	17	30	22	25	27	30
2	6	7	1	12	6	17	1	22	6	27	1
2	16	7	11	12	16	17	11	22	16	27	11
2	26	7	21	12	26	17	21	22	26	27	21
3	7	8	2	13	7	18	2	23	7	28	2
3	17	8	12	13	17	18	12	23	17	28	12
3	27	8	22	13	27	18	22	23	27	28	22
3	8	8	3	13	8	18	3	23	8	28	3
3	18	8	13	13	18	18	13	23	18	28	13
3	28	8	23	13	28	18	23	23	28	28	23
3	9	8	4	13	9	18	4	23	9	28	4
3	19	8	14	13	19	18	14	23	19	28	14
3	29	8	24	13	29	18	24	23	29	28	24
4	10	9	5	14	10	19	5	24	10	29	5
4	20	9	15	14	20	19	15	24	20	29	15
4	30	9	25	14	30	19	25	24	30	29	25
4	1	9	6	14	1	19	6	24	1	29	6
4	11	9	16	14	11	19	16	24	11	29	16
4	21	9	26	14	21	19	26	24	21	29	26
4	2	9	7	14	2	19	7	24	2	29	7
4	12	9	17	14	12	19	17	24	12	29	17
4	22	9	27	14	22	19	27	24	22	29	27
5	3	10	8	15	3	20	8	25	3	30	8
5	13	10	18	15	13	20	18	25	13	30	18
5	23	10	28	15	23	20	28	25	23	30	28
5	4	10	9	15	4	20	9	25	4	30	9
5	14	10	19	15	14	20	19	25	14	30	19
5	24	10	29	15	24	20	29	25	24	30	29
5	5	10	10	15	5	20	10	25	5	30	10
5	15	10	20	15	15	20	20	25	15	30	20
5	25	10	30	15	25	20	30	25	25	30	30

VP = Versuchsperson

G = Satzgruppe

3.6 Technische Ausstattung

3.6.1 Räumlichkeiten

Die Aufnahmen wurden in der Camera Silens der Kopfklinik der Universität Würzburg gemacht. Die Camera Silens ist ein praktisch schalltoter Raum, der sämtliche Störgeräusche ausschaltet und durch seine aufwendige Schaumstoffdämpfung einen Nachhall verhindert (24 Müller 1986). Sein Volumen beträgt etwa 50,6 Kubikmeter. Es gilt die Forderung, dass die Aufnahmeräume bei sprachaudiometrischen Freifeldversuchen unter Störschalleinfluß, relativ groß und reflexionarm sein sollen (12 Moser 1987, 25 Güttner 1978).

Die Camera Silens der Kopfklinik Würzburg ist ein Produkt der „Industrial Acoustics Company GmbH IAC“.

Die Testbänder wurden den Probanden dann in einer angenehmeren Atmosphäre in einer Hörkabine der HNO-Klinik vorgespielt. Hier standen dem Untersucher auch die notwendigen EDV- Bedingungen zur Verfügung, um die ermittelten Daten sogleich statistisch zu verarbeiten.

3.6.2 Die Aufnahme der DAT- Bänder

Zur Aufnahme der Dat –Bänder, die dem Versuchskollektiv vorgestellt wurden, kamen folgende technische Geräte zum Einsatz:

- Toshiba Satellite - Laptop
- Audiometer Westra CAD-03 + Steuerpult
- Head & Torso Simulator Type 4128 Brüel & Kjaer

- Tektronix TDS 520 D Two Channel Digital Phosphor Oscilloscope
500MHZ 2GS/s
- Panasonic sv 3900 + Remote Controller sh MK 390
- 2 x Brüel & Kjaer Measuring Amplifier Type 2636
- Sennheiser HD 50 Precision
- Dat Fuji R-60
- Modular Precision Sound level Meter „Taktmaximal“ Module BZ7102
- Brüel & Kjaer Artificial Ear Type 4152
- Unitron Sound FX +4D
- Rhode & Schwarz Audio Analyzer 2HZ-500KHZ UPI
- Manger Schallsystemboxen

3.6.3 Der Kunstkopf Head and Torso Simulator Type 4128 C

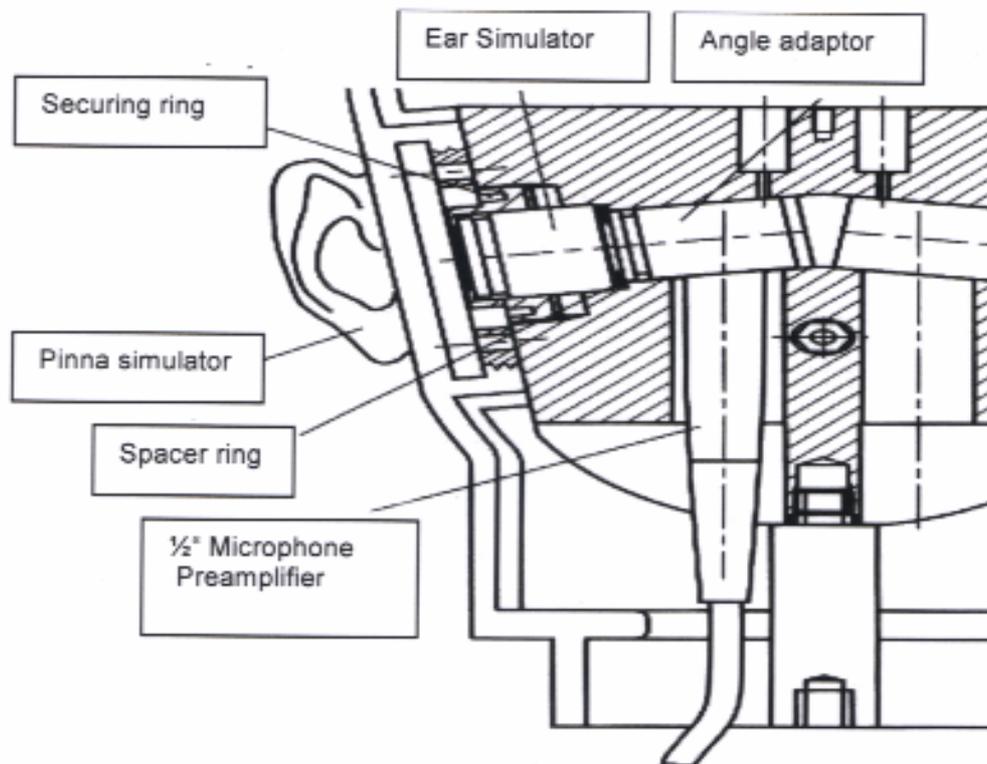
Der Head and Torso Simulator Type 4128 C ist ein Dummy mit eingebauten Ohr- und Mundsimulatoren, die eine realistische Reproduktion der akustischen Verhältnisse eines durchschnittlichen erwachsenen Kopfes und Torsos ermöglicht. Er ist somit ideal für in-situ durchgeführte elektroakustische Tests, z.B. für Mikrofone, Kopfhörer, Hörschutzvorrichtungen und Hörgeräte.

Der Ohrsimulator (type 4158 C) als zentrales Element enthält eine entfernbare Ohrmuschel aus Silikongummi, verbunden mit einem Gehörgang. Die Form und die Festigkeit der Muschel entspricht der des menschlichen Ohres. Der Gehörgang entspricht durch eingebaute Ringe in seinem Volumen, seiner Länge und den Engstellen den physiologischen Gegebenheiten.

Er endet in einem Ohrsimulator, welcher den Innenohrteil, gemäß des IEC 60701 Standarts, simuliert. Dieses Ohr enthält ein ½“ Mikrophon und ist verbunden mit einem Mikrophonvorverstärker mit Adapter.

Beides, im-Ohr- und hinter-dem Ohr – Hörgeräte können mit dem Dummy getestet werden.

Anordnungen und Lagebeziehungen werden aus folgendem Schema ersichtlich (30 B&K 1998) :



3.6.4 Der Falcon-1/2“-Mikrofonvorverstärker Typ 2669

Der 1/2“ –Mikrofonvorverstärker Typ 2669 ist ein Produkt für akustische Präzisionsmessungen mit Brüel & Kjaer Kondensatormikrofonen. Vorverstärker, Kabel und Anschlüsse erfüllen alle EMV-Anforderungen und sind nach dem CIC-Kalibrierungsverfahren überprüft. Der Vorverstärker hat eine sehr hohe Eigenimpedanz, die praktisch keine Last für das Mikrofon darstellt. Die hohe Ausgangsspannung ergibt zusammen mit dem äußerst geringen Eigenrauschen einen breiten Dynamikbereich. (32 B & K 1998)

3.6.5. Das Hörgerät und dessen Einstellung

Bei den Untersuchungen wurde eines der modernsten Hörgeräte der digitalen Generation verwendet, das ReSound® BZ 5000 HdO. Dieses verfügt über vier verschiedene, unabhängig voneinander anwählbare Grundeinstellungsprogramme:

Programm 1 : Hypercardioid

Programm 2 : Cardioid

Programm 3 : Cardioid + duale Mikrofontechnik

Programm 4 : Bidirektional

Laut Informationen des Herstellers ergibt sich bei „... hyperkardioider Richtcharakteristik die beste Richtwirkung und das beste Signal-zu-Rausch-Verhältnis.“ (31 Fa. ReSound®, 1999)

„... ReSound empfiehlt grundsätzlich die hyperkardioider Richtcharakteristik, da sie in Situationen, in denen der Störschall aus beiden Richtungen kommt, die beste Lösung darstellt.“ (31 Fa. ReSound®, 1999)

In den folgenden beiden Modi fanden die durchgeführten Tests statt

Versuchsbezeichnung 1 = Programm 4 = „Kugel“

Versuchsbezeichnung 2 = Programm 1 = „Niere“

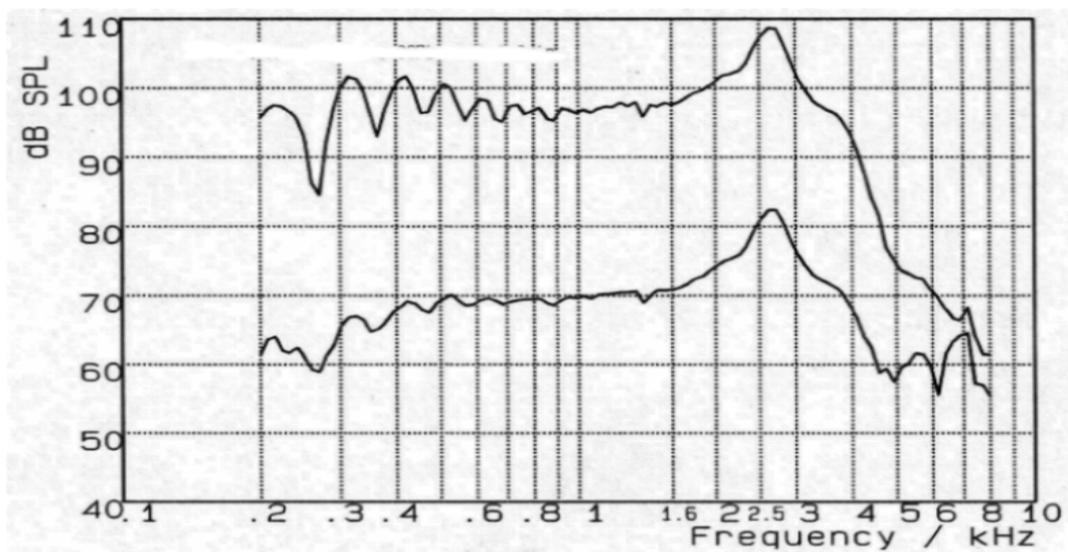
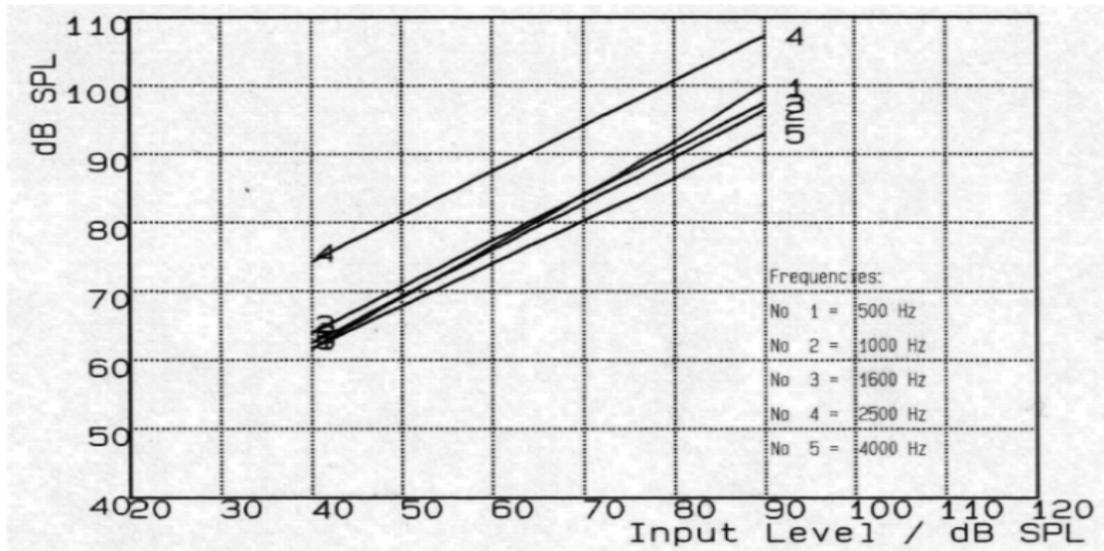
Anhand der dazugehörigen Software wurde die Leistung des ReSound® Bz5000 HdO für sämtliche Modi (1 und 2) identisch eingestellt :

- Die maximale Verstärkung wird bei 3 K auf + 20dB gewählt
- maximaler Outputlevel ist + 110dB.
- die Verstärkung ist linear.

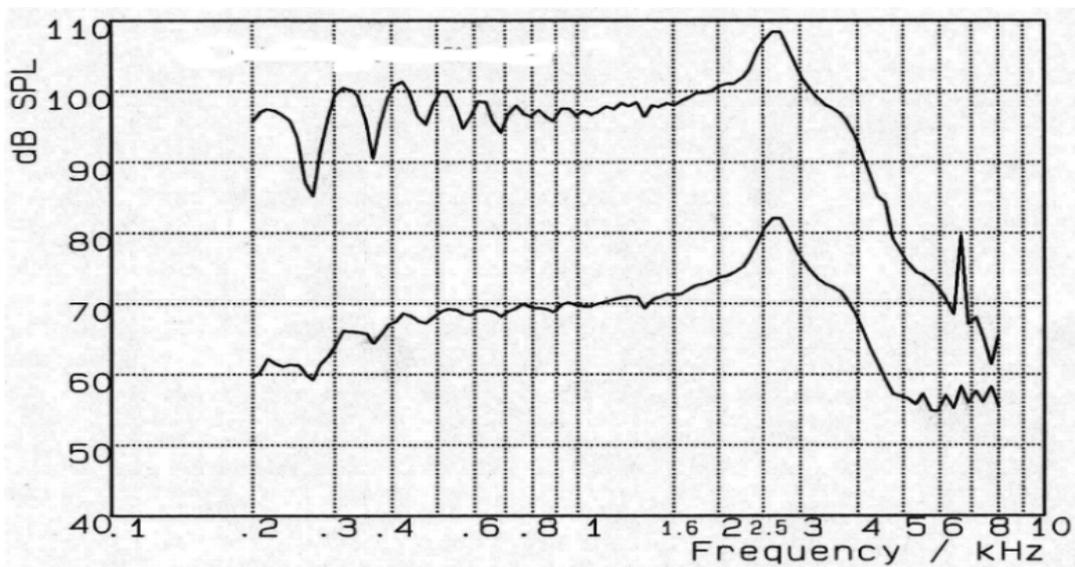
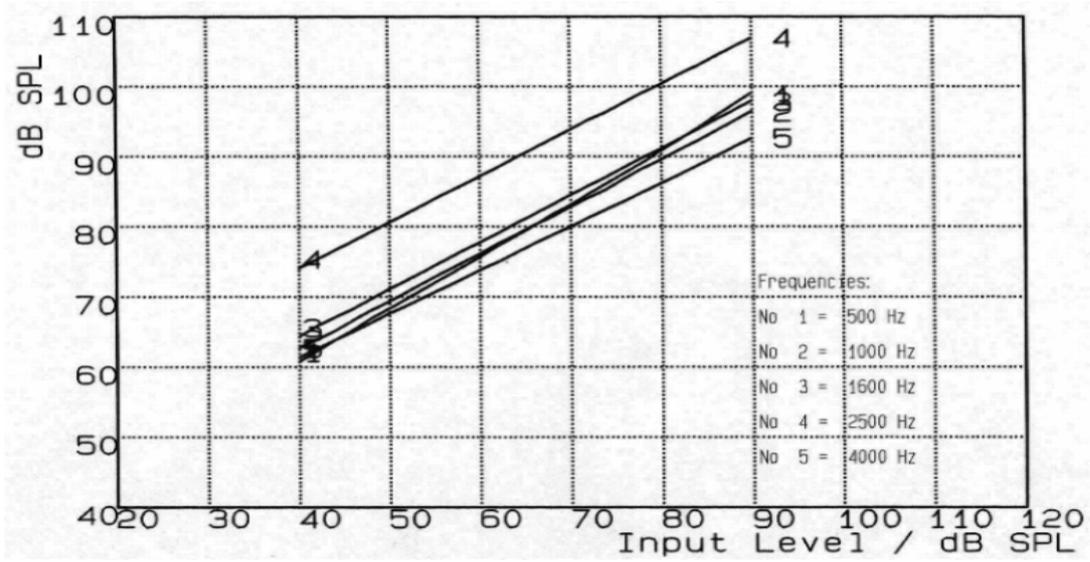
Wir unternahmen eine Verifizierung der Einstellungen unter Mithilfe des Rhode & Schwarz Audio Analyzers 2HZ-500KHZ UPI.

Das graphische Ergebnis der Kontrollskalierung sei hier aufgeführt:

Einstellung 1 („Niere“):



Einstellung 4 („Kugel“):



4 Methodik

Die Methodik der Untersuchung sah vor, zunächst in der Camera Silens DAT-Bänder zu erstellen, auf denen HSM Aufnahmen „ohne Hörgerät“, mit der Richtcharakteristik „Kugel“ und „Niere“ sind.

Es sollten jeweils drei Lautstärken (leise, mittel und laut) erstellt werden.

Dies geschah um mindestens einmal das Verstehen von über 50 % der Wörter und einmal unter 50 % der Wörter zu erreichen.

Als Vergleichsperzentile dient die S/N Einstellung, bei der genau 50 % der Wörter verstanden werden. Sie soll in Annahme der Linearität errechnet werden.

Mit Rücksichtnahme auf individuell unterschiedliche Hörleistungen der Testpersonen wurden drei verschiedene Lautstärken geboten, um also wenigstens einmal darunter und einmal darüber zu liegen.

Für die Probanden werden somit vergleichbare Signal-to-noise–Abstände erhalten.

Die persönliche Hörstärke beeinflusst in Relation das Verständnis bei 0, 1, oder 2 zu gleichen Teilen, spielt somit keine Rolle.

Ein Direktvergleich bei gleicher Verständnisperzentile ist also möglich.

Hierfür dient die bereits angesprochene 50% - Verständnisperzentile. Diese sogenannte „Speech Reception Threashold“ ist der Signal/Noise-Abstand bei der die Testpersonen also die Hälfte der Wörter korrekt verstehen.

Anhand dieser SRT soll in der eigentlichen Studie ein Vergleich des S/N - Rauschabstandes der Einstellungen 0, 1, und 2 vorgenommen werden.

Für diese Aufnahmen wurden nun jeweils zehn Satzgruppen mit + 2 dB S/N (laut), zehn weitere etwa bei der SRT (siehe 4.4) und zehn mit –2 dB S/N (leise) aufgenommen.

Diese DAT-Strecken wurden bei 60 dB und bei 80 dB Lautstärke aufgenommen (siehe 4.2).

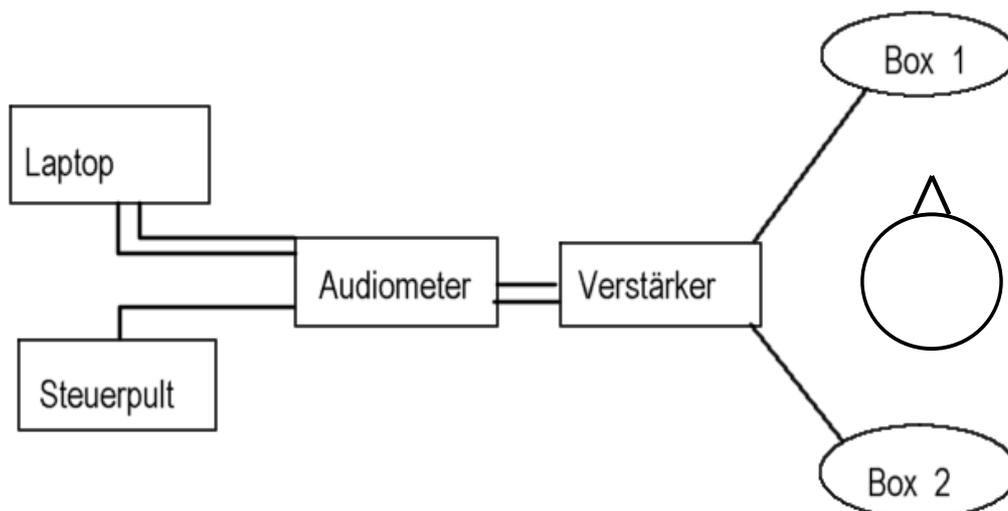
4.1 Aufnahmeschema

Nach den folgenden Aufnahmeschemata wurde verfahren :

-Output

Das akustische Signal wurde vom Computer mittels CD-ROM zum Audiometer (Audiometer Westra CAD-03 + Steuerpult) gespeist, dessen Pult eine unabhängige Einzelregulierung von linkem und rechtem Signal zuließ. Das Steuerpult dient als dB - Teiler.

Hierbei handelte es sich einerseits um HSM-Satzreihe und andererseits um Niemeyer'sches Rauschen. Über den nun geschalteten Verstärker, der eine genaue Kalibrierung zuließ, folgten Manger Schallsystemboxen.



- Input

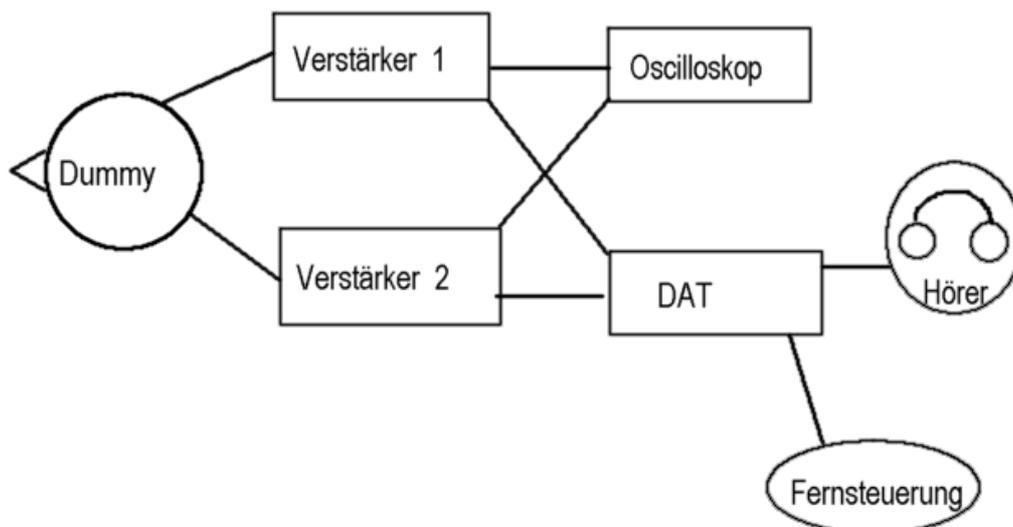
Zentrales Element stellte der Kunstkopf (Head & Torso simulator Type 4128 Brüel & Kjaer) dar, mit dessen künstlichem Ohr (Ear simulator w. ½ Mikrophone IEC Coupler ITU-T Type –2), ein genaues „Hören“ möglich war.

Die Ohrmuschel des Kunstkopfes (Pinna Simulator ITU-T Type 3.3), ließ eine realitätsnahe Modifizierung des Signals mit Hörgerätetechnik zu.

Verstärker (2 x Brüel & Kjaer Measuring Amplifier Type 2636)

und ein Oszilloskop (Tektronix TDS 520 D Two Channel Digital Phosphor Oscilloscope 500MHZ 2GS/s) ermöglichten eine Lautstärkebestimmung des Eingangssignals.

Auch hier erfolgte eine genaue Kalibrierung. Als Tonträger wurde ein DAT Band bespielt (Panasonic sv 3900 + Remote Controller sh MK 390).



4.2 Aufnahmen bei 60 und 80 dB

Der wahrnehmbare Intensitätsbereich von Schallwellen erstreckt sich je nach Frequenz von 0 dB (Hörschwelle) bis 130 dB (Schmerzschwelle) und überspannt somit einen Bereich von sieben Zehnerpotenzen. Dieser Bereich wird Intensitätsbreite genannt (26 Lehnhardt 1987).

Für den normalen Hörvorgang ist der Hauptsprachbereich (250Hz – 4000Hz und 45 dB bis 80 dB) am bedeutendsten. Dabei liegt die most comfortable loudness (MCL) bei etwa 65 dB.

Um eine möglichst realitätsnahe Einschätzung der Hörgeräteleistung zu bekommen, wurde der Bereich von 60 dB und 80 dB gewählt.

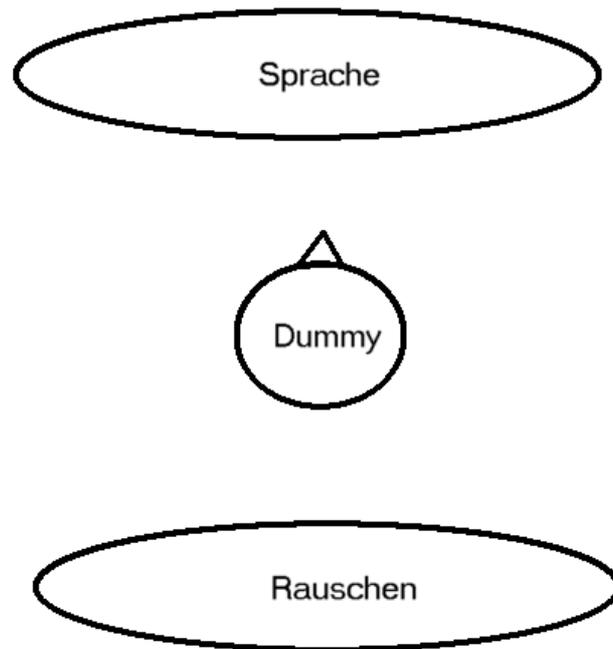
Er entspricht etwa der Sprachdynamik einer dezenten Unterhaltung, bis zu einem angeregten Gespräch. In diesen Lautstärken ist eine Verbesserung der Hörleistung durch Hörhilfen also besonders wünschenswert.

Beim Vergleich mit anderen Sprachverständlichkeitstests findet man, dass fast überall ähnliche Lautstärken für Störgeräusche gewählt wurden. So z.B. Hirsh (27 Hirsh 1950), der bei 80 dB Geräuschpegel, Platte/ Hövel (28 Platte 1980), die bei 65 dB und Sauer (28 Sauer 1982) der bei 70 dB untersuchte.

4.3 Die Anordnungen den Boxen

Um die Verbesserung der Sprachverständlichkeit unter Mithilfe eines Richtmikrofones am wirkungsvollsten zu testen, haben wir uns für einen Aufbau mit Beschallung des Kunstkopfes von vorne und von hinten entschieden, die Boxen stehen also in 180 Grad zueinander.

Bei den Aufnahmen kam, wie bei einem Gespräch bei dem man dem Partner normalerweise zugewandt ist, das Sprachsignal von vorne, das Rauschen von hinten.



4.4 Voruntersuchungen

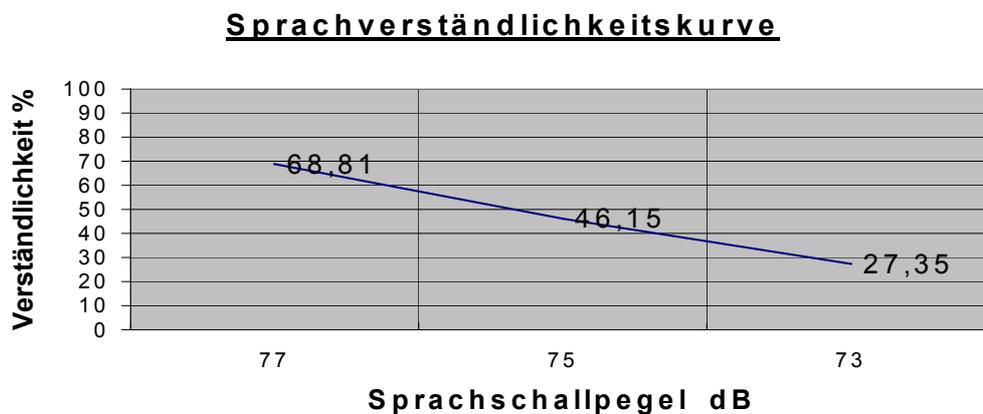
Anhand eines 8-Köpfigen Probandenkollektives wurden bei den Voruntersuchungen in der Camera Silens die Signal to Noise- Abstände der Bänder für die benötigte 50 % Verstehensgrenze (Speech Reception Threshold), bei den Einstellungen 0,1 und 2 ermittelt.

5 Ergebnisse

5.1 Berechnung

Nachdem die Einzelergebnisse der Testpersonen erhoben worden waren, galt es nun die gewonnenen Prozentergebnisse an verstandenen Wörtern zueinander in Beziehung zu setzen, um diese für jede der verschiedenen Einstellungen miteinander vergleichbar zu machen. Zunächst wurde also der genaue S/N Abstand errechnet, bei dem 50 % der Wörter verstanden wurden.

Betrachtet man dazu eine Sprachverständlichkeitskurve, so kann der mittlere Teil als linear angenommen werden.



Voraussetzung dafür war, dass die Einstellungen unterschiedlich laut gewählt wurden, damit mindestens einmal unter 50% und mindestens einmal über 50% der Wörter verstanden wurden.

Dies geschah durch Variation der S/N- Abstände von -2 , 0 , und $+2$ dB (siehe Kap. 4), also z.B. bei Rauschen von 80 dB, war die Lautstärke der Sprache 77, 75 und 73 dB.

Durch Berechnung des Achsenabschnittes der drei Ergebnisse und darauffolgender Betrachtung der Steigung, in Bezugnahme des S/N-Abstandes, erhielt man also die geforderte Lautstärke für das Verstehen der Hälfte der Wörter.

Mit Hilfe der Steigung $m = dy : dx$, dieser Geraden der Sprachverständlichkeitskurve, kann damit für jeden Punkt innerhalb des linearen Bereiches, von seinem x- auf seinen y-Wert geschlossen werden. Diese Rechenprozedur sei hier anhand eines Beispielles verdeutlicht :

VP	G	0	DB	S/N	N
1	1	68,81	77	-3	80
1	11	46,15	75	-5	80
1	21	27,35	73	-7	80

Versuchsperson 1 hat nach Anhörung von Gruppe 1, 11 und 21, in jeweils unterschiedlicher Lautstärke der Sprache (77,75 und 73 dB) und daraus resultierendem anderen S/N- Abstand einmal 68,81 , einmal 46,15 ,und einmal 27,35 Prozent der vorgestellten Wörter verstanden. Die Lautstärke des Störrauschens nach Niemeyer betrug dabei konstant 80 dB.

Nun folgt die weiterführende Berechnung:

VP	% verst.	S/N	Achsenabschnitt	Steigung	50%
1	68,81	-3			
1	46,15	-5			
1	27,35	-7	99,261	10,365	4,752

Wobei 99,262 = Achsenabschnitt , 10,365 = Steigung und $4,753 = (50 - 99) / 10$ entspricht, also galt für Proband Nr. 1 ein S/N-Abstand von 4,753 dB um die Hälfte der Wörter zu verstehen.

Damit konnte für alle 30 Probanden ausgehend vom jeweiligen Meßwert der S/N- Wert bei 50 % Sprachverständlichkeit ermittelt werden. Die Berechnung geschah mit Hilfe der Gleichung $y = mx + b$.

Die Berechnungen dieser Daten wurden in Microsoft - Excel erhoben.

5.2 Ergebnisse bei 60 dB Störschall

Bei der Versuchsreihe mit 60 dB Störlärm ergaben sich folgende Daten für S/N bei 50%:

VP	0	1	2
1	-2,79	0,11	0,15
2	-4,04	0,60	0,99
3	-4,11	1,47	0,76
4	-4,42	0,89	-1,23
5	-4,06	1,44	-0,14
6	-1,82	0,54	0,37
7	-2,46	0,84	0,22
8	-2,99	1,45	0,66
9	-2,98	0,26	0,83
10	-3,45	1,18	0,87
11	-3,45	1,76	0,56
12	-3,27	0,32	-0,39
13	-4,18	0,42	0,37
14	-2,42	1,31	0,88
15	-4,02	1,16	-0,43

Die Mittelwerte aller S/N- Werte für 50 % betragen:

Für 0= ohne Hörgerät : **- 3,36 dB**

Für 1= Kugel : **0,92 dB**

Für 2= Niere : **0.30 dB**

5.3 Ergebnisse bei 80 dB Störschall

Bei der Versuchsreihe mit 80 dB Störlärm ergaben sich folgende Daten für S/N bei 50%:

VP	0	1	2
1	-4,75	-1,23	-1,46
2	-5,13	-0,51	-2,17
3	-4,53	-1,47	-1,87
4	-5,35	-0,17	-0,74
5	-3,74	-0,50	-0,93
6	-4,54	-0,36	-3,32
7	-5,25	-0,41	-1,97
8	-5,62	-0,52	-2,73
9	-3,78	0,72	-0,04
10	-5,21	-1,68	-1,59
11	-5,51	-1,41	-2,55
12	-4,69	-0,44	-1,12
13	-5,88	-0,89	-1,68
14	-4,39	0,37	-0,89
15	-4,71	-0,31	-1,38

Die Mittelwerte aller S/N- Werte für 50 % betragen:

Für 0= ohne Hörgerät : **-4.87 dB**

Für 1= Kugel : **-0,59 dB**

Für 2= Niere : **-1,63 dB**

6 Diskussion

6.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Einstellungen 0,1 und 2

Die in 5.2 und 5.3 errechneten Ergebnisse sollen hier einander gegenübergestellt werden.

S/N für 50 %

	0	1	2	Diff zw. 1 & 2
60 dB	-3,36	0,92	0,30	-0,62
80 dB	-4,87	-0,59	-1,63	-1,04

Wie zu erwarten war, ist die Sprachverständlichkeit ohne ein geschaltetes digitales Hörgerät am besten, da somit eine Signalveränderung von analog zu digital zu analog wegfällt, das Sprachsignal also stets analog bleibt. Bei jeder Umwandlung von Signalen gehen Informationen verloren, diesen Effekt muß man hier nicht in Kauf nehmen. Daraus erklären sich die vergleichsweise hohen S/N- Abstände bei Einstellung 0, dies sowohl bei 60dB, als auch bei 80 dB.

Im Einstellungsmodus „Kugel“ und „Niere“ sind die S/N-Abstände deutlich geringer.

Bei 60 dB, sowie bei 80 dB konnte bei der gewählten Beschallung, mit Sprache von vorne und Rauschen von hinten, gezeigt werden, dass die modernen Richtmikrophone eine geringfügige Verbesserung der Sprachverständlichkeit bewirken.

Bei einer Unterhaltung mit 80 dB kann der Gesprächspartner 1,04 dB leiser reden, um dieselbe Verständlichkeit wie mit einer „Kugel“-Einstellung zu erreichen.

Bei gesprochenen 60 dB kann er 0,62 dB leiser sein.

Die Verbesserung fällt also um so deutlicher aus, je lauter das Sprachsignal ist, d.h. bei angeregten Unterhaltungen ist das Richtmikrofon noch wirkungsvoller.

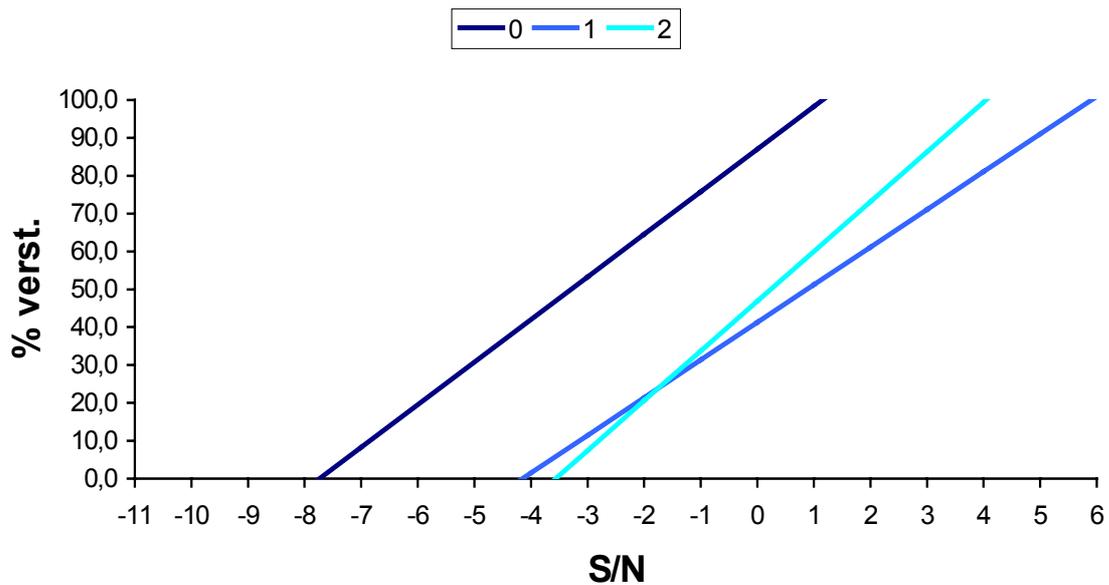
Diese Diskrepanz des besseren Verstehens bei der lautereren Beschallung von 80 dB zur leiseren Beschallung fällt bei 0 und 1 gleich groß aus und beträgt 1,4 dB. Bei 2 ist das bessere Verstehen in lauter Beschallung noch etwas deutlicher. Der Unterschied beträgt hier 1,9 dB.

	0	1	2
60 dB	-3,36	0,92	0,30
80 dB	-4,87	-0,59	-1,63
Diff.	1,4	1,4	1,9

Die erworbenen Resultate können nun graphisch zueinander abgetragen werden.

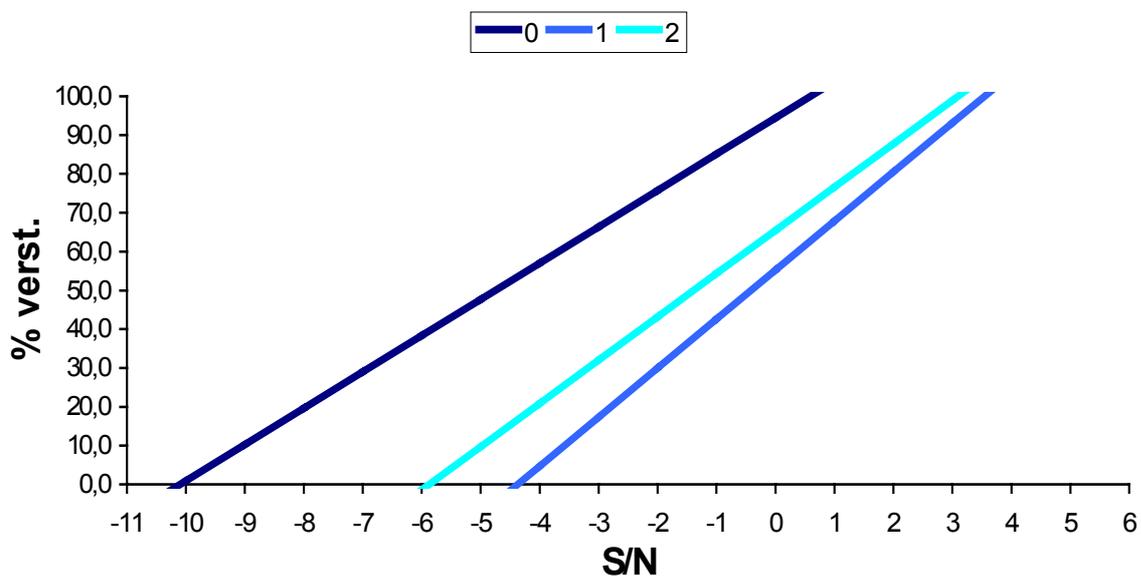
Die folgende Darstellung beinhaltet die Leistungskurven der unterschiedlichen Einstellungen:

Vergleich 60 dB



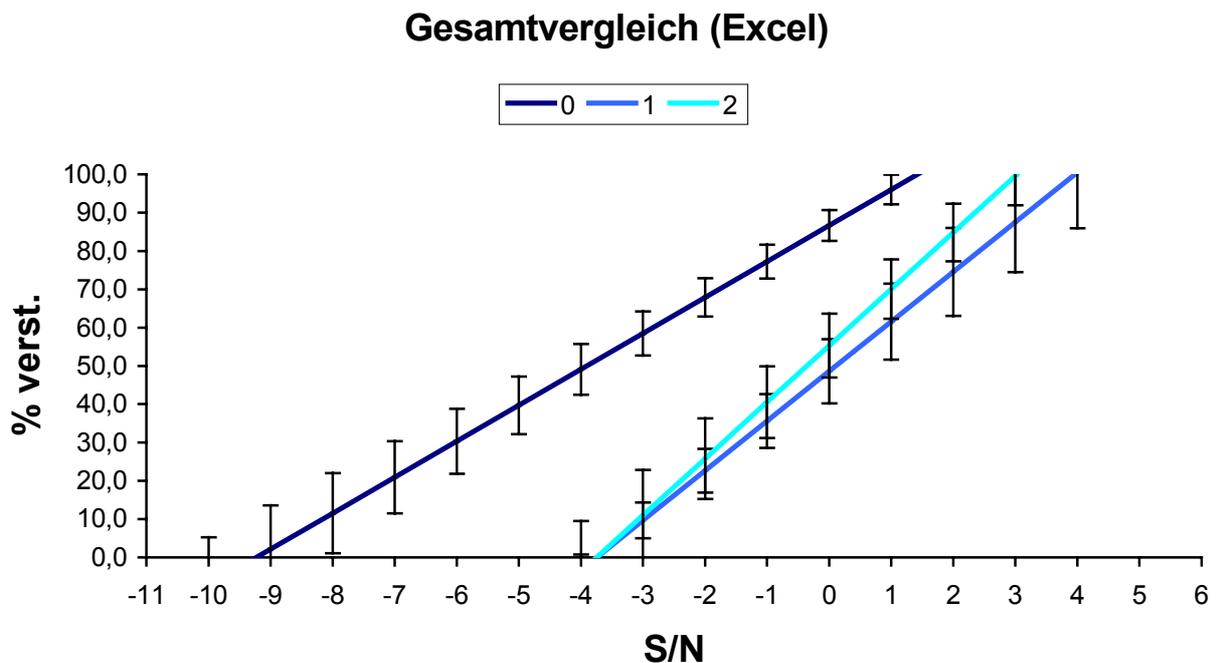
Die graphische Abtragung der Ergebnisse bei 60 dB Beschallung bescheinigen den Messungen „ohne Hörgerät“ das beste Wortverständnis. Auffällig ist hier bei Betrachtung von Einstellung 1 und 2, dass die beiden Graphen bei S/N -2 einen Schnittpunkt haben. Leise Beschallung mit hohem S/N – Abstand vermag demnach ein besseres Verständnis mit der „Kugel“- Mikrofontechnik zu ermöglichen.

Vergleich 80 dB



Aus der Abbildung für 80 dB wird nochmals das bessere Wortverstehen „ohne Hörgerät“ (0) bei sämtlichen S/N- Abständen deutlich. Aber auch der Unterschied zwischen „Kugel“ (1) und „Niere“ (2) Hören wird hier deutlich. Der Graph von Einstellung 2 liegt stets über dem von Einstellung 1. Das Richtmikrofon des Resound führt also bei einer Beschallung von 80 dB zu einer Leistungsverbesserung im gesamten Verständnisbereich.

Berücksichtigt man nun sämtliche Ergebnisse bei allen Lautstärken, so erhält man einen über den gesamten Hauptsprachbereich gültigen Vergleichsgraphen :



Die Darstellung berücksichtigt als Fehlerindikator im positiven, sowie im negativen Bereich die Standardabweichung.

Aus der Betrachtung der vorliegenden Gesamtgrafik folgt, dass deutlich besseres Verstehen ohne ein digitales Hörgerät möglich ist.

Die Graphen von 2 und 1 weisen einen nahezu identischen Verlauf auf, kreuzen sich aber nicht.

In sämtlichen Wortverständnisperzentilen kann der S/N – Abstand mit eingeschaltetem Richtmikrofon (2) größer sein , als ohne Richtmikrofontechnik (1).

Ob der berechnete Unterschied im Leistungsvermögen der beiden Einstellungen nun als Signifikant zu betrachten ist, gilt es in folgender Berechnung zu ermitteln.

Diese Gegenüberstellungen wurden mit Hilfe des Statistikprogrammes Microsoft-Excel erhoben.

6.2 Explorative statistische Tests

6.2.1 Steigungvergleich der Messgeraden mit der SPSS - Statistik

Die Gegenüberstellung der einzelnen Steigungen im Graphen decken sich im Statistikprogramm SPSS mit den Excel – Resultaten :

Einstellung	Steigung		
	Untergrenze	Obergrenze	Mittelwert
0	7,162	9,799	8,48
1	11,535	14,773	13,154
2	10,819	14,747	12,783

Einstellung	MW SPSS	MW Excel
0	8,48	9,385
1	13,154	12,972
2	12,783	14,759

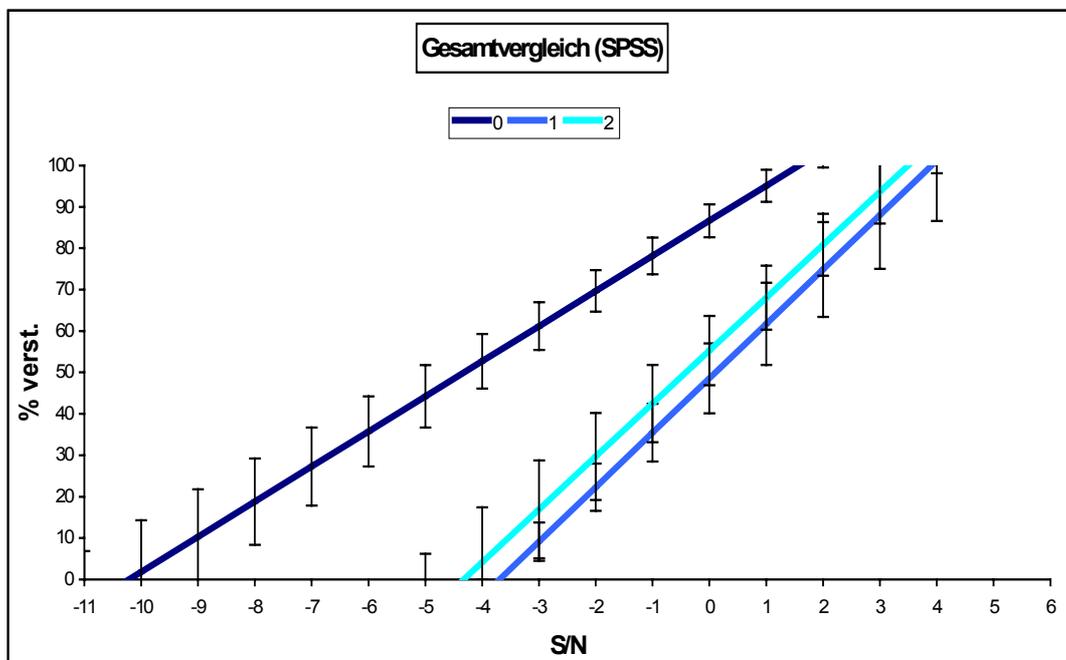
Die angegebenen Werte fallen alle in den 95% igen Vertrauensbereich und sind daher gleich wahrscheinlich.

Die Steigung der Geraden 0 fällt verglichen mit 1 und 2 im Mittel etwas flacher aus.

Als Ursache für den steileren Verlauf mit Hörgerät muß das Eigenrauschen des Gerätes selbst angenommen werden.

Steilerer Verlauf der Verständnisgeraden ist ein Anzeichen von Recruitment, also eine Maskierung im unteren Lautheitsbereich.

Plottet man die errechneten Werte in einen Vergleichsgraphen, so fällt das graphische Ergebnis ebenfalls nahezu identisch mit den unter 6.1 dargestellten Resultaten aus.



6.2.2 Standardabweichung der Mittelwerte der Untersuchungen von 0, 1 und 2

0

S/N	MW	MW + SD	MW - SD	Stabw.
-10	-7,2	6,3	-20,7	13,5
-9	2,2	14,7	-10,3	12,5
-8	11,6	23,0	0,1	11,5
-7	20,9	31,4	10,5	10,4
-6	30,3	39,8	20,9	9,4
-5	39,7	48,2	31,2	8,5
-4	49,1	56,6	41,6	7,5
-3	58,5	65,1	51,9	6,6
-2	67,9	73,6	62,1	5,8
-1	77,2	82,3	72,2	5,0
0	86,6	91,0	82,2	4,4
1	96,0	100,0	92,0	4,0
2	105,4	109,3	101,5	3,9
3	114,8	118,8	110,7	4,1
4	124,2	128,7	119,7	4,5
5	133,6	138,7	128,4	5,1

1

S/N	MW	MW + SD	MW - SD	Stabw.
-10	-81,1	-69,6	-92,6	11,5
-9	-68,2	-58,2	-78,1	10,0
-8	-55,2	-46,7	-63,7	8,5
-7	-42,2	-35,2	-49,3	7,0
-6	-29,2	-23,5	-35,0	5,7
-5	-16,3	-11,6	-20,9	4,7
-4	-3,3	0,7	-7,3	4,0
-3	9,7	13,7	5,7	4,0
-2	22,6	27,3	18,0	4,6
-1	35,6	41,3	29,9	5,7
0	48,6	55,6	41,6	7,0
1	61,6	70,0	53,1	8,4
2	74,5	84,4	64,6	9,9
3	87,5	99,0	76,1	11,5
4	100,5	113,5	87,5	13,0
5	113,4	128,1	98,8	14,6

2

S/N	MW	MW + SD	MW - SD	Stabw
-10	-92,3	-67,5	-117,1	24,8
-9	-77,5	-54,5	-100,6	23,1
-8	-62,8	-41,4	-84,2	21,4
-7	-48,0	-28,3	-67,7	19,7
-6	-33,3	-15,2	-51,3	18,0
-5	-18,5	-2,1	-34,9	16,4
-4	-3,7	11,1	-18,6	14,8
-3	11,0	24,3	-2,3	13,3
-2	25,8	37,6	13,9	11,8
-1	40,5	51,0	30,0	10,5
0	55,3	64,6	46,0	9,3
1	70,1	78,4	61,7	8,4
2	84,8	92,5	77,1	7,7
3	99,6	107,1	92,1	7,5
4	114,3	122,0	106,7	7,7
5	129,1	137,3	120,8	8,3

- * S/N : Pegelstufe des Nutzsignals zum Störsignal
- * MW : Mittlere Anzahl der bei der Pegelstufe verstandenen Wörter
- * Stabw. : Standardabweichung
- * MW +/-SD : Mittelwert plus / minus Standardabweichung
- * 0 : Ergebnistabelle für Messungen „ohne Hörgerät“
- * 1 : Ergebnistabelle für Messungen „Kugel“
- * 2 : Ergebnistabelle für Messungen „Niere“

6.2.3 Signifikanzuntersuchung

Die Prüfung auf Signifikanz der gefundenen Werte wurde mit dem einseitigen Student t-Test für unverbundene Stichproben, bei gleicher Varianz (homoskedastisch) durchgeführt.

1		2		T-Test
MW	Stabw	MW	Stabw	
-81,1	11,5	-92,3	24,8	0,26
-68,2	10,0	-77,5	23,1	0,28
-55,2	8,5	-62,8	21,4	0,30
-42,2	7,0	-48,0	19,7	0,33
-29,2	5,7	-33,3	18,0	0,37
-16,3	4,7	-18,5	16,4	0,42
-3,3	4,0	-3,7	14,8	0,48
9,7	4,0	11,0	13,3	0,44
22,6	4,6	25,8	11,8	0,35
35,6	5,7	40,5	10,5	0,26
48,6	7,0	55,3	9,3	0,19
61,6	8,4	70,1	8,4	0,14
74,5	9,9	84,8	7,7	0,11
87,5	11,5	99,6	7,5	0,10
100,5	13,0	114,3	7,7	0,09
113,4	14,6	129,1	8,3	0,09

Für Doktorarbeiten ist im allgemeinen ein α von 0,05 notwendig. Beim einseitigen T-Test, wie in diesem Fall heißt dies, die Nullhypothese soll beibehalten werden.

Überschreitet der errechnete Wert von t die angegebene Grenze, kann also davon ausgegangen werden, dass sich die Hörleistungen der zu vergleichenden Gruppen nicht signifikant unterscheiden.

Es ergibt sich zwischen den Ergebnissen von Gruppe 1 und Gruppe 2 **kein signifikanter Unterschied**.

6.3 Untersuchungsungenauigkeiten

Für Ungenauigkeiten kann man eventuelle Ursachen an der Untersuchung selbst in Betracht ziehen.

Es kommt Z. B. in Frage, daß für die beobachteten geringen Unterschiede zu wenige Probanden gemessen wurden.

Ebenso muß man die Frage erörtern, ob der Unterschied der Sprachverbesserung so gering sei, dass er mit normalhörenden Probanden bei dieser geringen Stichprobengröße nicht nachweisbar wird.

7 Zusammenfassung

Verbale zwischenmenschliche Kommunikation dient nicht nur der Informationsübertragung, sondern bildet auch einen grundlegenden Baustein zur gesellschaftlichen Integration des Individuums. Demnach werden heutzutage Hörstörungen der verschiedensten Art, mit Hörgeräten modernster Technik, zu beheben versucht. Hierbei kommt vermehrt auch die sogenannte duale Richtmikrofontechnik zum Einsatz. Eine Fokussierung des optimalen Sprachverständlichkeitsbereiches z.B. auf einen Gesprächspartner unmittelbar gegenüber soll dadurch, laut Hersteller, möglich gemacht werden. Eine solche Einstellung wird als „Niere“-Hören bezeichnet, ohne diese Richtmikrofontechnik spricht man vom „Kugel“-Hören.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit war die Beantwortung der Frage, ob die Verständlichkeit von Sprache, unter experimentellen Bedingungen, mit digitalen Hörhilfen, mit und ohne Mikrofonrichtcharakteristik, differiert. Um möglichst realistische Testbedingungen zu schaffen wurden bei der Untersuchung Umweltgeräusche durch einen Störlärm-Rauschpegel imitiert. Messungen bei 60 und 80 dB wurden miteinander verglichen. Dieser Lautstärkebereich entspricht ungefähr den Alltagssituationen, angefangen bei einem entspannt geführten Gespräch, bis zu einer Unterhaltung bei Partylärm.

Als Nutzsignal diente der HSM-Test, bei dem einfache kurze Sätze zum Einsatz kommen. Nach den Kriterien der Realitätsnähe, Validität und Standardisierbarkeit erschien dieser Test besonders geeignet.

Die Messungen fanden in einer schalldichten Kabine der HNO-Klinik Würzburg statt. Den Probanden wurden DAT-Cassetten über Kopfhörer vorgespielt, die vorher in der Camera Silens, im Freifeld, unter Mithilfe des Kunstkopfes von B&K aufgenommen wurden. Dieser Kunstkopf ermöglichte die Aufnahme mit dem Dazwischenschalten unterschiedlicher Hörgeräte und Hörgeräteeinstellungen, die das normalhörende Probandenkollektiv in die Situation eines Hörbehinderten versetzten.

Nach der Prüfung auf Normalverteilung wurden in der Auswertung die Sprachverständlichkeitsschwellen verglichen, zeichnerisch gegenübergestellt und entsprechend diskutiert. Diese Schwelle entspricht dem Signal-Störlärmabstand bei dem genau 50 % aller Testworte verstanden wurden.

Schließlich zeigte sich von der Einstellung „Niere“ zur Einstellung „Kugel“ eine geringe Verbesserung der Wortverständlichkeit. Die Resultate der leichten Verständlichkeitsverbesserung mit Richtmikrofon fielen bei 80 dB deutlicher aus als bei 60 dB.

Diese Verbesserungen sind rechnerisch nicht signifikant.

Die Aussage des Herstellers, daß die „Direktionalität ... zu einer wesentlichen Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses und damit des Sprachverstehens in lauter Umgebung...“ (31 Fa. ReSound®, 1999) führe, kann demnach den Ergebnissen dieser Studie nicht standhalten. Die Messungen wurden an einem normalhörenden Probandenkollektiv durchgeführt. Es wäre in einer erneuten Untersuchung die Frage zu klären, ob schwerhörige Ohren ebenfalls nicht in der Lage sind diese geringen Unterschiede wahrzunehmen.

Dies ist besonders wichtig, da moderne Hörgeräte häufig mit Hinweis auf die Leistungsverbesserung mit dualer Mikrofontchnik verkauft werden.

Die doch beträchtlichen Mehrkosten, die für diese Geräte anfallen, verlangen somit nach einer längeren Anprobezeit, damit sich der Patient ein eigenes Urteil bilden kann ob er eine solche Investition machen will.

8 Anhang

8.1 Urdaten

VP	G	0	1	2	DB	S/N	0,50	Diff.	N	Name
1	1	68,81			77	-3			80	Katja
1	11	46,15			75	-5	-4,75		80	
1	21	27,35			73	-7			80	
1	2		94,54		82	2			80	
1	12		58,65		80	0	-1,23		80	
1	22		43,68		78	-2			80	
1	3			87,37	81	1		-0,23	80	
1	13			56,48	79	-1	-1,46		80	
1	23			33	77	-3			80	
2	4	76			77	-3			80	
2	14	56			75	-5	-5,13		80	
2	24	23			73	-7			80	
2	5		92,3		82	2			80	
2	15		72,11		80	0	-0,51		80	
2	25		15		78	-2			80	
2	6			97,02	81	1		-1,66	80	
2	16			67,3	79	-1	-2,17		80	
2	26			38,67	77	-3			80	
3	7	64,7			77	-3			80	Birgit
3	17	39,62			75	-5	-4,53		80	
3	27	35,29			73	-7			80	
3	8		90,29		82	2			80	
3	18		67,64		80	0	-1,47		80	
3	28		43,56		78	-2			80	
3	9			67,3	81	1		-0,40	80	
3	19			57,92	79	-1	-1,87		80	
3	29			35,5	77	-3			80	
4	10	77,3			77	-3			80	Nina
4	20	53,7			75	-5	-5,35		80	
4	30	31,1			73	-7			80	
4	1		78,3		82	2			80	
4	11		53,7		80	0	-0,17		80	
4	21		24,7		78	-2			80	
4	2			86,7	81	1		-0,57	80	

4	12			40,5	79	-1	-0,74		80	
4	22			35,8	77	-3			80	
5	3	57,5			77	-3			80	Doris
5	13	36,7			75	-5	-3,74		80	
5	23	27,3			73	-7			80	
5	4		91,5		82	2			80	
5	14		46,2		80	0	-0,50		80	
5	24		33,9		78	-2			80	
5	5			75,4	81	1		-0,43	80	
5	15			48,9	79	-1	-0,93		80	
5	25			19,8	77	-3			80	
6	6	59,4			77	-3			80	Isabella
6	16	50,9			75	-5	-4,54		80	
6	26	29,2			73	-7			80	
6	7		67,9		82	2			80	
6	17		58,4		80	0	-0,36		80	
6	27		33		78	-2			80	
6	8			70,7	81	1		-2,96	80	
6	18			62,2	79	-1	-3,32		80	
6	28			25,4	77	-3			80	
7	9	60,3			77	-3			80	Franz
7	19	59,5			75	-5	-5,25		80	
7	29	34,9			73	-7			80	
7	10		94,3		82	2			80	
7	20		54,7		80	0	-0,41		80	
7	30		22,8		78	-2			80	
7	1			83	81	1		-1,56	80	
7	11			61,3	79	-1	-1,97		80	
7	21			30,1	77	-3			80	
8	2	91,5			77	-3			80	Hagen
8	12	52,8			75	-5	-5,62		80	
8	22	33			73	-7			80	
8	3		83,9		82	2			80	
8	13		59,4		80	0	-0,52		80	
8	23		28,3		78	-2			80	
8	4			93,3	81	1		-2,21	80	
8	14			84,9	79	-1	-2,73		80	
8	24			40,4	77	-3			80	
9	5	66,9			77	-3			80	Jasmin
9	15	20,9			75	-5	-3,78		80	
9	25	12,2			73	-7			80	
9	6		72,6		82	2			80	
9	16		35,8		80	0	0,72		80	
9	26		5,6		78	-2			80	
9	7			66,9	81	1		-0,76	80	
9	17			30,1	79	-1	-0,04		80	
9	27			17,9	77	-3			80	
10	8	79,2			77	-3			80	Marcel
10	18	38,6			75	-5	-5,21		80	
10	28	38,6			73	-7			80	
10	9		85,8		82	2			80	

10	19		66		80	0	-1,68		80	
10	29		47,1		78	-2			80	
10	10			87,7	81	1		0,09	80	
10	20			54,7	79	-1	-1,59		80	
10	30			32,3	77	-3			80	
11	1	71,6			77	-3			80	Judith
11	11	60,3			75	-5	-5,51		80	
11	21	33			73	-7			80	
11	2		92,2		82	2			80	
11	12		64,1		80	0	-1,41		80	
11	22		44,3		78	-2			80	
11	3			91,1	81	1		-1,14	80	
11	13			61,3	79	-1	-2,55		80	
11	23			47,81	77	-3			80	
12	4	67,7			77	-3			80	Christian
12	14	46,3			75	-5	-4,69		80	
12	24	26,4			73	-7			80	
12	5		85		82	2			80	
12	15		52,9		80	0	-0,44		80	
12	25		30,1		78	-2			80	
12	6			70,8	81	1		-0,68	80	
12	16			49,9	79	-1	-1,12		80	
12	26			32,7	77	-3			80	
13	7	86,7			77	-3			80	Monika
13	17	54,7			75	-5	-5,88		80	
13	27	39,6			73	-7			80	
13	8		84,9		82	2			80	
13	18		69,8		80	0	-0,89		80	
13	28		31,1		78	-2			80	
13	9			77,3	81	1		-0,79	80	
13	19			59,4	79	-1	-1,68		80	
13	29			34,9	77	-3			80	
14	10	66,9			77	-3			80	Claudia
14	20	39,6			75	-5	-4,39		80	
14	30	23,8			73	-7			80	
14	1		78,3		82	2			80	
14	11		33		80	0	0,37		80	
14	21		23,5		78	-2			80	
14	2			86,7	81	1		-1,26	80	
14	12			33	79	-1	-0,89		80	
14	22			25,4	77	-3			80	
15	3	71,6			77	-3			80	Nadine
15	13	44,3			75	-5	-4,71		80	
15	23	23,5			73	-7			80	
15	4		91,5		82	2			80	
15	14		56,6		80	0	-0,31		80	
15	24		18,8		78	-2			80	
15	5			83	81	1		-1,07	80	
15	15			53,3	79	-1	-1,38		80	
15	25			29,2	77	-3			80	
16	6	65,68			59	-1			60	Patrick

16	16	50			57	-3	-2,79		60	
16	26	28,3			55	-5			60	
16	7		60,39		61	1			60	
16	17		37,25		59	-1	0,11		60	
16	27		12,5		57	-3			60	
16	8			63,1	61	1		0,04	60	
16	18			30,09	59	-1	0,15		60	
16	28			17,02	57	-3			60	
17	9	70			59	-1			60	Anita
17	19	62,52			57	-3	-4,04		60	
17	29	40,47			55	-5			60	
17	10		55,19		61	1			60	
17	20		32,92		59	-1	0,60		60	
17	30		21,86		57	-3			60	
17	1			52,1	61	1		0,38	60	
17	11			28,59	59	-1	0,99		60	
17	21			16,92	57	-3			60	
18	2	78,4			59	-1			60	Nicole
18	12	61			57	-3	-4,11		60	
18	22	41,34			55	-5			60	
18	3		50		61	1			60	
18	13		27,45		59	-1	1,47		60	
18	23		23,58		57	-3			60	
18	4			54,36	61	1		-0,72	60	
18	14			25,92	59	-1	0,76		60	
18	24			5,8	57	-3			60	
19	5	75,05			59	-1			60	Jutta
19	15	58,04			57	-3	-4,42		60	
19	25	46,89			55	-5			60	
19	6		50,19		61	1			60	
19	16		37,45		59	-1	0,89		60	
19	26		20,89		57	-3			60	
19	7			90,19	61	1		-2,12	60	
19	17			35,96	59	-1	-1,23		60	
19	27			33,58	57	-3			60	
20	8	93			59	-1			60	Matthias
20	18	70			57	-3	-4,06		60	
20	28	33,98			55	-5			60	
20	9		50,48		61	1			60	
20	19		26,73		59	-1	1,44		60	
20	29		23,58		57	-3			60	
20	10			68,32	61	1		-1,58	60	
20	20			34,69	59	-1	-0,14		60	
20	30			7,77	57	-3			60	
21	1	59,8			59	-1			60	Daniel
21	11	35,85			57	-3	-1,82		60	
21	21	12,75			55	-5			60	
21	2		64		61	1			60	
21	12		12,87		59	-1	0,54		60	
21	22		5,6		57	-3			60	
21	3			61,76	61	1		-0,17	60	

21	13		25	59	-1	0,37		60	
21	23		2,94	57	-3			60	
22	4	75,87		59	-1			60	Benjamin
22	14	31,47		57	-3	-2,46		60	
22	24	19,87		55	-5			60	
22	5		51,6	61	1			60	
22	15		31,42	59	-1	0,84		60	
22	25		11	57	-3			60	
22	6			61	1		-0,62	60	
22	16			59	-1	0,22		60	
22	26			57	-3			60	
23	7	72,3		59	-1			60	Patrick S
23	17	54,5		57	-3	-2,99		60	
23	27	23		55	-5			60	
23	8		50,38	61	1			60	
23	18		15,28	59	-1	1,45		60	
23	28		9,7	57	-3			60	
23	9			61	1		-0,79	60	
23	19			59	-1	0,66		60	
23	29			57	-3			60	
24	10	75,49		59	-1			60	Eric
24	20	49,52		57	-3	-2,98		60	
24	30	24,32		55	-5			60	
24	1		71,29	61	1			60	
24	11		9,88	59	-1	0,26		60	
24	21		27,62	57	-3			60	
24	2			61	1		0,57	60	
24	12			59	-1	0,83		60	
24	22			57	-3			60	
25	3	77,14		59	-1			60	Theo
25	13	62,5		57	-3	-3,45		60	
25	23	27,18		55	-5			60	
25	4		51	61	1			60	
25	14		20,39	59	-1	1,18		60	
25	24		7,6	57	-3			60	
25	5			61	1		-0,32	60	
25	15			59	-1	0,87		60	
25	25			57	-3			60	
26	6	82,52		59	-1			60	Christian
26	16	60		57	-3	-3,46		60	
26	26	26,42		55	-5			60	
26	7		50	61	1			60	
26	17		7,69	59	-1	1,76		60	
26	27		10,38	57	-3			60	
26	8			61	1		-1,20	60	
26	18			59	-1	0,56		60	
26	28			57	-3			60	
27	9	77,23		59	-1			60	Florian
27	19	51,96		57	-3	-3,27		60	
27	29	30,34		55	-5			60	
27	10		67,68	61	1			60	

27	20		15,38		59	-1	0,32		60	
27	30		13,46		57	-3			60	
27	1			83,84	61	1		-0,70	60	
27	11			21,9	59	-1	-0,39		60	
27	21			10,38	57	-3			60	
28	2	80,39			59	-1			60	Leander
28	12	59,43			57	-3	-4,18		60	
28	22	43,14			55	-5			60	
28	3		63,73		61	1			60	
28	13		21,15		59	-1	0,42		60	
28	23		43,14		57	-3			60	
28	4			63,73	61	1		-0,05	60	
28	14			21,15	59	-1	0,37		60	
28	24			15,09	57	-3			60	
29	5	62,38			59	-1			60	Jeanine
29	15	53,4			57	-3	-2,42		60	
29	25	12,5			55	-5			60	
29	6		50,96		61	1			60	
29	16		13,72		59	-1	1,31		60	
29	26		3,92		57	-3			60	
29	7			55,1	61	1		-0,43	60	
29	17			18,86	59	-1	0,88		60	
29	27			3,96	57	-3			60	
30	8	80,39			59	-1			60	Mareike
30	18	60,58			57	-3	-4,02		60	
30	28	40			55	-5			60	
30	9		50,23		61	1			60	
30	19		22,12		59	-1	1,15		60	
30	29		5,8		57	-3			60	
30	10			74	61	1		-1,58	60	
30	20			34,31	59	-1	-0,43		60	
30	30			17,31	57	-3			60	

8.2 Literaturverzeichnis

- 1 Blauert, J. (1980): Neuere Ergebnisse zum räumlichen Hören.
Rheinisch westfälische Akademie der Wissenschaft, Vorträge N 292,
Westdeutscher Verlag
- 2 Niemeyer, W. (1980): Verordnung und Anpassung von Hörapparaten.
Berendes, J., Link, R., Zöllner, F.: Hals- Nasen- Ohrenheilkunde in Praxis
und Klinik, 2. Auflage , Bd.6, Ohr 2:47
- 3 Brooks, D.N. (1984): Factors relating to under-use of hearing aids.
J. Rehab and Res 7: 0-2
- 4 Niemeyer, W. (1976): Sprachaudiometrie mit Sätzen. HNO 15:335-343
- 5 Niemeyer, W. (1967): Speech discrimination in noise- induced deafness.
Int. Audiology (leiden) 6:42-47
- 6 Schulz- Coulon, H. J. (1974): Sprachaudiometrie mit Sätzen und Geräusch.
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie 53:734-749
- 7 Beckmann, G. (1962): Ein Sprachaudiometrischer Satztest.
Archiv Ohren-, Nasen-, Kehlkopfheilkunde 180:742-749
- 8 Christian, W., Rösser, D. (1975): Ein Beitrag zum Richtungshören.
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie, 36 Jg., 8:431-445

- 9 Heid, M. (1993): Vergleich der verhallten und unverhallten Aufzeichnung des Marburger Satzverständnisteste auf CD mit und ohne Umweltsimulierendem Rauschen nach Niemeyer bei Normalhörenden im freien Schallfeld.
Dissertation Universität Würzburg

- 10 Sautter, T. (1993): Monaurales und binaurales Sprachverständnis, gemessen an Normalhörenden, anhand des Marburger Satzverständnistestes nach Niemeyer auf CD unter frontaler und seitlicher Störlärmbeschallung bei Störschallpegeln von 60 und 80 dB.
Dissertation Universität Würzburg.

- 11 Kießling, J. (1985): Erste Erfahrungen mit einer Compact-Disc-Aufnahme des Freiburger Sprachtestes
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie, 53:627-630

- 12 Moser, L. M. (1987): Die prothetische Sprachaudiometrie
Audiol. Akustik 4:114-121

- 13 Wedel, H. v. (1986): Entsprechen die Sprachaudiometrischen Untersuchungsverfahren den heutigen Anforderungen in Klinik und Praxis
HNO 34:71-74

- 14 Döring, W. H., Hamacher, V. (1992): Neue Sprachverständlichkeitstests in der Klinik: Aachener Logatomtest und „Dreisilbentest“ im Störschall. In: Kollmeier, B. Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie
Media Verlag: 137-168

- 15 Schultz- Coulon, H. J. (1973): Über die Bedeutung des Umweltgeräusches für den Hochtonschwerhörigen
HNO 21: 26-32

- 16 Ferman, L., Verschuure, J., Zanten, B. v. (1993): Impaired speech perception in noise in patients with a normal audiogram.
Audiology 32:49-54

- 17 Platte, H. J., Döring, W. H., Schlöndorff, G. (1980): Richtungshören und Sprachverständnis unter Störschalleinfluss bei Normalhörenden
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie, 57:672-680

- 18 Weinstein, B. (1984): A review of hearing handicap scales.
Audiology 9:91-109

- 19 Wedel, H. v. (1985): Untersuchungen zur Sprachdiskrimination bei umweltspezifischen Störgeräuschen.,
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie, 64:430-435

- 20 Fastl, H. (1987): Ein Störgeräusch für die Sprachaudiometrie.
Audiolog. Akustik 26: 2-13

- 21 Kalikow, D. N., Stevens K. N., Elliott, L.L. (1977): Development of a test of speech intelligibility in noise using sentence materials with controlled word predictability.
J. Acoust. Soc. Of America 61: 1337-1351

- 22 Plomp, R., Mimpen, A. M. (1981): Effect of the orientation of the speaker's head and the azimuth of noise source on the speech reception threshold for sentences.
Acoustica 48:325-328

- 22 Ingold, L., Tschopp, K. (1992): Ein Vorschlag zur Eichung und Wahl von Störgeräuschen für die Sprachaudiometrie
Z. für Laryngologie Rhinologie Otologie, 71:315-318

- 23 Müller, B. (1986): Über die Bedeutung der Tonqualität in der Sprachaudiometrie.
Dissertation der Universität Würzburg

- 24 Güttner, W. (1978): Hörgerätetechnik
Thieme Verlag: 5

- 25 Lehnhardt, E. (1987): Praxis der Audiometrie
Thieme: New York

- 26 Hirsh, I. J. (1950): The relation between localisation and intelligibility
J. Acoust. Soc. Of America 22: 196-200
- 27 Platte, H. J., Hövel, H. v. (1980): Zur Deutung der Ergebnisse von
Sprachverständlichkeitsmessungen mit Störschall im Freifeld
Acustica 32: 139-150
- 28 Sauer, U., Lessing, G. (1982): Messung und Bewertung des beidohrigen
Hörens im Störgeräusch
HNO-Praxis (Leipzig) 7:12-17
- 30 Brüel & Kjaer : Product Data Brüel & Kjaer Artificial Ear Type 4152C (1998)
- 31 Anpassungsleitfaden zur Produktlinie der digitalen 5000 HdO und Ido
Hörgeräte der Fa.
ReSound® (1999)
- 32 Brüel & Kjaer : Daten und Fakten Falcon-1/2" Mikrofonverstärker – Typ
2669 (1998)

Christoph Schwab
 Mousonstr. 28
 60316 Frankfurt

LEBENS LAUF

Geboren:	22.05.1975 in Homburg / Saar
Schulische Ausbildung:	1981-85 Albert Schweitzer Grundschule in Nidderau
	1985-94 St. Lioba Gymnasium
Abschluß:	Abitur mit allgemeiner Hochschulreife
Zivildienst:	1994-1995 Stationäre Pflege und OP – Assistenz Rotes Kreuz Krankenhaus Frankfurt am Main
Studium:	1995-2000 Studium der Humanmedizin an der Julius Maximilians- Universität Würzburg
	2000-2002 Studium der Humanmedizin an der Carl Gustav Carus Universität Dresden
Ärztliche Prüfungen:	22.09.1997 Physikum
	18.09.1998 1. Staatsexamen
	15.03.2001 2. Staatsexamen
	15.05.2002 3. Staatsexamen

Qualifikationen und Famulaturen:

10/97	Famulatur bei Dr. B. Miokovic, Gefäß u. Thorax-kardiovaskularchirurgie ; Frankfurt am Main
3/98	Famulatur bei Prof. Dr. B. Buchholz Allg-,Thorax- und Gefäßchirurgie Hamburg
9/98	Akupunkturkurs + Famulatur bei Lord Pandit Prof. Dr. Sir Anton Jajasuria Colombo (SRI)
10/98	Famulatur bei Dr. K. Vane Pillai Onkologie und Radiotherapie Cancer hospital Colombo

Dissertation: 1999- 2002 Experimentelle Doktorarbeit im Gebiet der HNO unter Leitung von Prof. Dr. Helms

Publikationen: XXV international Congress of Audiology

PJ:

1. Tertial - Innere Medizin
Unterassistentzarzt in der Klinik Valens (CH)
Neurologie Prof. Kesselring
Rheumatologie Dr. Knüsel
2. Tertial – Orthopädie
Carl Gustav Carus Universität, Dresden
Prof. Franz
3. Tertial – Chirurgie
Kantonsspital Luzern
Prof. von Flüe
Prof. Babst