

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohrenkranke
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. R. Hagen

**Der Würzburger Kindersprachtest: Entwicklung,
Standardisierung und dessen Erprobung bei
normalhörenden und cochleaimplantierten Kindern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Ralph Baumann
aus Friedrichshafen

Würzburg, Oktober 2006

LEBENS LAUF

Name: Ralph Baumann
Geburtstag: 27.09.68
Geburtsort: Offenburg

1975 - 1979 Besuch der Grundschule Holzhausen bei Freiburg

1979 - 1983 Besuch des Gymnasiums Niebüll/Schleswig-Holstein.

1983 - 1988 Besuch des Gymnasiums Bad Aibling/Bayern

1988 - 1990 Besuch des Gymnasium Ettenheim/Baden mit Abitur als Abschluss.

1990 - 1991 Grundwehrdienst bei der Bundeswehr

WS 1991 - SS 1993 vorklinisches Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilian Universität München

1993 - 1997 Mitarbeit im elterlichen Betrieb

WS 1997 –WS 2001 klinisches Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilian-Universität zu Würzburg mit Abschluss Staatsexamen im November 2001

2002 - 2003 Beginn der medizinischen Tätigkeit in der Kinderklinik Heilbronn

2004 - Februar 2005 Kinderfachklinik für Epilepsie Schömborg/Schwarzwald

März 2005 Wechsel an die Kinderklinik Friedrichshafen

Ralph Baumann

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohrenkranke
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. R. Hagen

**Der Würzburger Kindersprachtest: Entwicklung,
Standardisierung und dessen Erprobung bei
normalhörenden und cochleaimplantierten Kindern**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Ralph Baumann
aus Friedrichshafen

Würzburg, Oktober 2006

Referent: Prof. Dr. med. R. Hagen
Korreferent: Priv. Doz. Dr. med. Shehata-Dieler
Dekan: Prof. Dr. med. Georg Ertl

Danksagung

Herrn Professor Dr. med. J. Helms, ehem. Direktor der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenranke der Universität Würzburg, bin ich zu besonderem Dank verpflichtet für die Überlassung des Themas und für die Möglichkeit, die sachgerechte Ausstattung der Klinik für meine Arbeit mit Vorteil nutzen zu können.

Herrn Professor Dr. med. R. Hagen, Direktor der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenranke der Universität Würzburg, danke ich für die freundliche Übernahme des Referates.

Frau Priv. Doz. Dr. med. Shehata-Dieler danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates. Insbesondere danke ich ihr für die ausgezeichnete Betreuung, ihr förderndes Interesse während aller Phasen dieser Arbeit und ihre stete Bereitschaft alle Fragen geduldig mit mir zu diskutieren.

Herrn Dr. rer. nat. Franz Schön, Physiker an der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenranke in Würzburg, danke ich für die Hilfestellung in allen mathematischen und statistischen Fragen.

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. D. Singer danke ich für Übernahme des Rigorosums im zweiten Fach, Kinderheilkunde.

Tag der mündlichen Prüfung : Freitag, den 04.05.2007

Der Promovend ist Arzt.

Meiner Familie gewidmet.

Sortini, A.J.: Speech audiometry with pre-school children. *Canad. J. publ. Hlth* 55 (1964) 70

Sotschek, J.: Ein Reimtest für Verständlichkeitsmessung mit deutscher Sprache als ein verbessertes Verfahren zur Bestimmung der Sprachübertragungsgüte. *Der Fernmelde-Ing.* 36, 4/5 (1982) 1-84

Tschopp, K.: Der Basler Satztest – ein Sprachaudiometrischer Test mit Störschall für die Praxis. *Aktuelle Probleme der Otorhinolaryngologie* ORL 20 (1997) 215-221

Tillmann et al.: An expanded test for speech discrimination utilizing CNC monosyllabic words: Northwestern University Auditory Test No. 6. Technical report no. SAM-TR (1966) 66-55

Vogler, J.: Die CVC-Sprachaudiometrie im Einsatz bei normalhörenden Grund- und Hauptschülern. *Erziehungswissenschaftliche Arbeit, Päd. Hochschule Heidelberg* (1977)

Wedel H.: Untersuchungen zum Freiburger Sprachtest. *Audiologische Akustik* 25 (1986) 60-73

Wuellner, Reinhold: *Leben in Zeit und Ewigkeit* www.w-studio.ch (2002)

Woolley, M: *Hören ohne Töne „Gehörlosigkeit“*, Saatkornverlag (1998)

Küpfmüller, K: Die Entropie der Deutschen Sprache. Fernmeldetechnische Zeitschrift, Jahrg. 7, Heft 6 (1954) 265-272

Laubert, A. Professor der Universität Witten/Herdecke anlässlich einer Fachtagung zum Thema Akutsituation Hörsturz am 28.02.1998

Lambert, H: Die Mängel der bisherigen Hörprüfung mit der Sprache. Z. Hals-Nasen- u. Ohrenheilkunde 5 (1923) 69-91, 72, 73, 77

Maischberger, S.: Menschen machen Geschichte, cbj-verlag (2004)

Meyerson, L.: Hearing for speech in children: a verbal audiometric test. Acta oto laryng. (Stockholm) Suppl. 128 (1956) 1

Radü, H.: Der Telephontest für hörgestörte Kinder Sprache-Stimme-Gehör 11 (1986) 118-120

Reichardt, H.: Berühmte Ärzte, Was Ist Was Buch, Tesloff Verlag (1995)

Ross, M.: A picture identification test for hearing-impaired children, Journal of Speech and Hearing Research 13 (1970) 44-53

Rosenzweig, M et al: Intelligibility as a function of frequency of usage. J. exp. Psychol. 54 (1957) 412-422

Soliman, S.M.: Speech Discrimination Audiometry Using Arabic Phonetically balanced Words, Ain Shams Medical Journal. Vol.27 No.1, Januar (1976)

Schön, F.; Herrmann, I.F.: Ein neuer Qualitätstest der Sprache nach funktioneller Kehlkopfchirurgie. Arch. Otorhinolaryngol. Suppl. II (1987) 96-97

Schorn, K. et al. Klinische Untersuchungen zum Zeitauflösungsvermögen des Gehörs bei verschiedenen Hörschädigungen. Audiologische Akustik 23 (1984) 22-31

Singh, S et al: Study of Twenty-six Intervocalic Consonants as Spoken and Recognized by Four Language Groups. J. Acoust. Soc. Amerika. 39 (1966) 372-387

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Entwicklung der Sprachtests im Rückblick.....	2
3	Kindersprachtests.....	7
4	Entwicklung der eigenen Tests.....	12
4.1	Einleitung.....	12
4.2	Erstellen einer Urliste.....	12
4.3	Bestimmung der Phonemverteilung.....	13
4.4	Auswahl der Wörter aus der Urliste.....	13
4.5	Versuchsaufbau für den Test des Prototyps.....	15
4.6	Verfeinerung der Auswahl.....	16
4.7	Aufsprache der endgültige Version des Tests.....	17
5	Validierung der Tests.....	19
5.1	Formulare und Wortlisten.....	19
5.2	Kriterien für die Probandenauswahl.....	19
5.3	Zusammensetzung der Stichproben.....	20
5.4	Durchführung der Tests für die endgültige Version.....	22
5.4.1	Testverfahren bei den normalhörenden Kindern.....	22
5.4.2	Testverfahren bei den cochleaimplantierten Kindern.....	22
5.5	Durchführung der Tests.....	23
5.6	Darstellung und Auswertung der Daten.....	24
5.7	Auswahl und Anpassung einer Modellfunktion.....	25
6	Ergebnisse der Voruntersuchung.....	28
7	Testung der endgültigen Wortlisten.....	30
7.1	Ergebnisse mit normalhörenden Kindern.....	30
7.1.1	Test I.....	30
7.1.2	Test II.....	31
7.1.3	Test III.....	32
7.1.4	Test IV.....	33
7.2	Ergebnisse mit cochleaimplantierten Kindern.....	34
7.2.1	Test I.....	35

7.2.2	Test II.....	37
7.2.3	Test III.....	38
7.2.4	Test IV.....	39
8	Diskussion.....	40
8.1	Diskussion der Ergebnisse.....	43
9	Zusammenfassung.....	46
10	Literaturverzeichnis.....	48

- Faust, V.: Psychische Störungen heute, ecomed-Verlag (2005)
- Fasold, W et al: Taschenbuch Akustik. VEB-Verlag, Berlin (1984)
- Hahlbrock, K.-H.: Sprachaudiometrie. 2. Aufl. Thieme, Stuttgart (1970)
- Haskins, H.: A phonetically balanced test of speech discrimination for children. Master´s thesis, Northwestern University, Evanston, IL (1949).
- Hintermair, M.: Psychosoziale Aspekte des Cochlearimplants, Julius-Gross-Verlag Heidelberg (1996)
- Hirsch, et al: Development of materials for speech audiometry. J. Speech Hearing Disorders 17 (1952) 321-337
- Hnath-Chisolm, Theresa E. et al, Age-Related Changes on a Children´s Test of Sensory Level Speech Perception Capacity, JSLHR, 41 (1998) 94-106
- Hochmair, I.; Schulz, E.; Moser, L.; Schmidt, M.: Der HSM-Satztest, HNO-Klinik, Universität Würzburg (1996)
- Jakobi, H.: Erfahrungen mit der Kinderaudiometrie Arch. Ohr.-Nas.,u. Kehl.-Heilk.169 (1956).
- Jung, M.: Weltgeschichte in einem Griff, Safari Verlag, Berlin (1997)
- Katz, J.I: Handbock of clinical audiology Chapter 12, Baltimore (1972) 235-255
- Katz, J.II: Handbock of clinical audiology Chapter 32, Baltimore (1972) 642 -663
- Kießling, J.: Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie, Laryngo-Rhino-Otol. 79 ,Gießen (2000) 633 -635
- König,E: Der Basler Kindersprachtest, Arch. Ohr-Nasen-Kehl.-Heilk. 173 (1958) 532
- Kollmeier, Birger: Meßmethoden, Modellierung und Verbesserung der Verständlichkeit von Sprache, Habilitationsschrift am Fachbereich Physik der Georg-August Univesität, Göttingen (1990)

10 Literaturverzeichnis

- Ackermann, R.: Freiburger Sprachverständnistest und seine Apperation.
In HNO 17 (1969) 89-91
- Albrecht, R: Kleinkinder-Satzsprachaudiometrie. Mschr. Ohrenheilk. 107 (1973) 65-69
- Baumann, U.: Früherkennung kindlicher Hörschäden, HNO, 49 (2001) 118-125
- Barany, Worttabellen zur Hörprüfung. Verhandl. d. dtsh. otol. Ges. in Dresden (1910)
- Beckmann, G.: Einfacher sprachaudiometrischer Bildtest für Vorschulkinder, Zeitschrift für Hals- Nasen- und Ohrenheilkunde, 6 (1957) 257-259
- Biesalski, P.: Der Mainzer Kindersprachtest, HNO 22, (1974) 160-161
- Billich, P.: Heidelberger CVC-Audiometrie für hörgeschädigte Kinder. Entwicklung und Erprobung. Median, Heidelberg (1981)
- Böhme, G.: Welzl-Müller K.: Audiometrie, Hörprüfung im Erwachsenen und Kinderalter, Verlag Hans Huber 2. Auflage (1988)
- Brinkmann, Klaus: Die Neuaufnahme der "Wörter für die Gehörprüfung mit Sprache" Zts. Hör.-Ak. (J. audiol. Tech.) 13 (1974) 12-40
- Brinkmann, B., Aberle, W.: Prüfverfahren Form und Lageabweichungen, Beuthverlag (2004)
- Büttner, Jürgen: Sprachaudiometrische Untersuchungen an Einzelwörtern, Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg (1996)
- Chilla, R.: Der Göttinger Kindersprachverständnistest, HNO 24 (1976) 343-346
- Egan, J.P.: Articulation testing methods II. Report OSRD No. 3802, Psycho-Acoustic Laboratory, Havard University, Cambridge/ Mass. (1944)
- Egan, J.P.: Articulation testing methods. Laryngoscope 58 (1948) 955-991

1 Einleitung

Im deutschen Sprachraum konnten sich der Mainzer- und Göttinger Sprachtest als Standards für die audiometrische Untersuchung von Kindern etablieren. Da Sprache lebt und sich permanent verändert, können auch Sprachtests veralten. Die Wörter des Mainzer- und Göttinger Sprachtests entstammen dem Sprachgebrauch der 60- und 70er Jahre. Naturgemäß fehlen in diesen Tests heute häufig gebrauchte, moderne Wörter.

Bei Hörtests besteht eine Schwierigkeit darin, dass vor allem hörgeschädigte Kinder wiederholt mit den gleichen Tests untersucht werden, so dass sich ein gewisser „Trainingseffekt“ einschleicht. Mehr und mehr Wörter werden auswendig gelernt und erinnert, so dass die in wiederholten Tests gemessene Sprachverständlichkeit das wahre Hörvermögen der Kinder überschätzt.

Diese Schwierigkeiten werden vor allem bei CI-Kinder deutlich. Diese Gruppe profitiert von einem CI umso mehr, je jünger die Kinder bei der Implantation sind. Daher muss die vorliegende Hörstörung früh erkannt und charakterisiert werden. [U. Baumann, 2001]. Auch nach der Implantation bedürften diese CI-Kinder einer besonderen Betreuung, weil trotz der erfreulichen Leistung moderner CIs eine Hörbehinderung bleibt. Oder wie etwas poetisch in der nachfolgenden Parabel formuliert wurde „... ein CI ist eher ein kleines Boot, mit dem es der Patient schon schaffen kann, das Ufer der Schallwelt zu erreichen ... Das Boot wird sein Ziel nicht erreichen, wenn die Helfer sich zurücklehnen ... Alleingelassen wird das Kind mit dem Boot kentern“ [Hintermair, 1996]. Damit das Boot auf Kurs bleibt, muss man dessen Kurs engmaschig kontrollieren. Eines der Instrumente, deren man sich hierzu bedienen muss, sind Sprachtests. Hier soll der neue Würzburger Kindersprachtest das bisherige Repertoire keineswegs ersetzen, sondern erweitern und ergänzen.

2 Entwicklung der Sprachtests im Rückblick

Oskar Wolf stellte erstmals gegen Ende des 19. Jahrhunderts die Sprache in den Mittelpunkt einer differenzierten Gehörprüfung. Wegen der geringeren Tonstärke zog er hierfür die Konsonanten den Vokalen vor. Außerdem unterschied er zwischen hoch, mittel und tief klingenden Konsonanten. Er glaubte durch diesen Ansatz aussagekräftige Prüfungswerte zu erhalten. Auch setzt er die Flüstersprache ein, um dadurch die Tonstärke der verschiedenen Sprachlaute auf ein einheitliches Niveau herabzusetzen. Er meinte: „Es wird Sache eines jeden Ohrenarztes sein müssen, sich durch Übung einen gleichmäßig starken Flüsterton anzueignen“ [Lambert, 1923]. Sein System galt lange Zeit als vorbildlich. Kritisch ist jedoch anzumerken, dass sein Test über nur wenige Prüfungswörter verfügte. Bald kannten nicht nur die Ärzte, sondern auch häufig untersuchte Patienten die wenigen Wörter auswendig.

Bezold versuchte gegen Ende des 19. Jahrhunderts das Problem des Erratens dadurch zu umgehen, dass er gleich schwer verständliche Prüfungswörter benutzte [Lambert, 1923]. Er war der Meinung, hierfür würden sich die Zahlenwörter von eins bis neun besonders gut eignen. Als Proband bemerkt man aber sehr bald, dass der Test nur aus Zahlen besteht. Mit diesem Wissen, kann man falls man beispielsweise die Silbe „si“ versteht, auf das richtige Wort, die Zahl sieben schließen.

Reuter griff um 1900 den Gedanken des einzelnen Lautes von Wolf auf und erstellte eine Liste von einsilbigen Wörtern. In Flüsterton gesprochen stellte er für jeden der Vokale a, e, i, o, u die entsprechende Hörweite fest. Im Wert der Hörweite sah er ein Maß für den Grad der Hörstörung [Lambert, 1923]. Er fand Werte, welche von 16 Metern für den Vokal „u“ bis zu 48 Metern für den Vokal „a“ reichten. Der allgemeinen Verbreitung für diesen Test stand entgegen, dass kaum ein Ohrenarzt einen Raum mit Abmessungen bis zu 48 Metern besaß. Auch hier umfassten die Wortlisten nur wenige Wörter.

Barany erstellte Listen aus sinnlosen Wörtern und Silben. Er wollte dadurch das Erraten so schwer wie möglich machen. Auch dieser Ansatz hatte seine Nachteile: Die

Bei normalhörenden und cochleaimplantierten Kindern erwies sich der neue Kindersprachtest als gut anwendbar. Er versteht sich als Ergänzung zu den konventionellen Kindersprachtests und wurde mit der Absicht entwickelt, die sprachaudiometrischen Verfahren zu bereichern. Sie sollen die etablierten Tests keineswegs ersetzen.

9 Zusammenfassung

Der neu entwickelte Würzburger Kindersprachtest erweitert das Repertoire der konventionellen Tests, wie sie in der Kinderaudiometrie verwendet werden. Der Test besteht aus vier unterschiedlich schweren Subtests. Je nach Entwicklungsstand des Kindes kann ein passender Subtest benutzt werden. Der Subtest für die Kleinkinder umfasst eine Liste mit neun zweisilbigen Wörtern. Für die Drei- bis Vierjährigen beziehungsweise Fünf- bis Sechsjährigen sind zwei Listen mit einsilbigen und eine Liste mit zweisilbigen Wörtern vorgesehen. Jede dieser Listen hat einen Umfang von 60 Wörtern.

Die Testwörter wurden aktuellen, für die jeweiligen Altersgruppen bestimmten, Kinderbüchern entnommen. Das Wortmaterial ist soweit der Umfang der Listen dies zuließ, phonetisch ausbalanciert.

Für jeden Test wurden mit einer Stichprobe normalhörender Kinder Diskriminationskurven erstellt. Hierfür wurde die Sprachverständlichkeit bei drei verschiedenen Lautstärkepegeln, nämlich bei 30, 35 und 40 dB gemessen. Für jedes Kind konnte die Sprachverständlichkeitsschwelle und mit wenigen Ausnahmen auch die die Steilheit der Diskriminationsfunktionen an dieser Stelle berechnet werden. Dazu wurde an die gemessenen Werte eine Modellfunktion nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate angepasst. Die Diskriminationskurven der Einsilber (Test II und III) entsprechen in ihrem Verlauf denen der Freiburger Einsilber. Die Diskriminationskurven für die Zweisilber verlaufen steiler und entsprechen eher dem Verlauf der Freiburger Zahlen.

Bei den cochleaimplantierten Kindern wurden die Tests sowohl für die Wort- als auch für die Phonemverständlichkeit ausgewertet. Die Ergebnisse wurden mit denen aus früheren Untersuchungen der Mainzer und Göttinger Kindertests verglichen.

Die cochleaimplantierten Kinder zeigten für den Ganzwort- und Phonemscore bei Test I und II eine geringere Verständlichkeit als bei den Tests III und IV. Verglichen mit der Sprachverständlichkeit aus den früheren Untersuchungen mit dem Mainzer/Göttinger Worten zeigte sich bei Test I, III und IV kein signifikanter Unterschied. Test II war signifikant schwerer zu verstehen als die Göttinger/Mainzer Worte. Test II eignet sich daher eher für CI-Kinder mit gutem Sprachgebrauch.

Probanden assoziierten mit den sinnlosen Stimuli sinnvolle Begriffe oder verhörten sie mit in der Sprache vorkommenden Silben. Recht resigniert schrieb er: „Selbst wenn man dem Patienten wiederholt instruiert, er werde sinnlose Wörter hören, bemüht er sich immer wieder, sinnvolle Wörter zu verstehen, um so mehr, je weniger intelligent er ist“ [Barany, 1910]. Später wendete sich Barany daher wieder vermehrt sinnvollen Wörtern zu. Wie Wolf konzentrierte er sich auf einen einzigen Laut des Testwortes. Er schuf 24 Wortgruppen mit jeweils einem reinen betonten Vokal, z.B. Waffe, schaffe, Pfaffe, ließ aber auch sinnlose Worte (z.B. Kaffe) einfließen.

1928 stellte Lambert einen aus 58 Wortgruppen bestehenden Worttest in Flüstersprache vor. Er legte großen Wert auf den reinen Laut als Anlaut, Inlaut und Auslaut und teilte in vokalische und konsonantische Reihen ein. Dies war ein erster sinnvoll gegliederter großer Worttest mit über 350 Prüfwörtern [Lambert, 1923]. Nach den gleichen Kriterien stellte er auch für den angloamerikanischen Sprachraum einen Worttest zusammen.

Egan entwickelte in den USA 1944 einen Wortverständlichkeitstest, den er 1948 überarbeitete und veröffentlichte. Seine Harvard PB-50 (phonetically balanced) Einsilberlisten setzen sich aus 1200 sinnvollen Wörtern zusammen. Diese sind in 20 Wortlisten mit je 50 Wörtern gegliedert [Egan, 1944; 1948].

Der Basiswortschatz für die Wortlisten bestand aus 100000 Wörtern. 23 Richter entschieden über den allgemeinen Sprachgebrauch dieser Wörter im englischen Sprachraum. Der Test wurde 1949 in St. Louis, Missouri, auf Tonband aufgenommen. Dies war ein erster objektiv standardisierter Test. Er wird in den USA für Verständlichkeitsmessungen sowohl in der Nachrichtentechnik als auch in der Audiometrie eingesetzt [Katz, I 1972]. 1960 wurde die Harvard PB-50 Einsilberliste vom American National Standards Institute zur Norm erhoben.

Die PB-50 Wortlisten waren ein Meilenstein der Audiometrie. Trotzdem kam Kritik auf. In der Hauptsache wurde bemängelt, dass viele unbekannte Wörter zu einer niedrigen Reliabilität führten. Auch die Artikulation des Sprechers gab Anlass zu Kritik.

Hirsch et al. entwickelten 1952 speziell für die Audiometrie den sogenannten W-22. Er besteht aus einer Auswahl von 120 Wörtern aus den PB-50 Wortlisten, sowie 80 neuen Wörtern. Diese 200 Wörter wurden auf 4 Listen zu je 50 Wörtern aufgeteilt. Die Listen wurden in der Reihenfolge sechsmal vertauscht, um bei Wiederholungen ein Erraten zu erschweren. [Hirsch, 1952].

Lehiste und Peterson entwickelten 1962 die phonetisch balancierten CNC-Words. Diese CNC-Wörter bestehen aus einem Konsonanten als Anlaut, einem Vokal als Wortkern (Nukleus) und einem Konsonanten als Auslaut [Katz, I 1972].

Tillmann entwickelte die CNC-Listen weiter und veröffentlichte 1963 den Northwestern University Auditory Test No 4. In seiner überarbeiteten Form erschien 1966 der Northwestern University Auditory Test No 6. mit einem phonologisch dem Sprachgebrauch angepassten Wortinventar [Tillmann, 1966].

Owens und Schubert entwickelten 1977 den California Consonant Test (CCT).

Er besteht aus 100 Wörtern von der Bauart Konsonant-Vokal-Konsonant. Jeweils vier Wörter mit gleichem Vokal bilden eine Gruppe und unterscheiden sich nur in End- oder Anfangskonsonant [Katz, I 1972]. Der Test zeigt Schwierigkeiten in der Phonemerkennung auf.

Halbrock setzte 1970 mit dem Freiburger Sprachtest einen Meilenstein im deutschen Sprachraum. Dieser Test stellte eine neue Norm für die Gehörprüfung der Sprache dar. Die qualitativ gleichwertige Abspiel- und Übertragungstechnik ermöglichte den Vergleich mit Mittelwerten von normalhörenden Probanden.

Der Test besteht aus zwei Teilen: dem Zahlentest und dem Einsilberworttest. Der Zahlentest besteht aus 10 Gruppen mit je 10 mehrstelligen Zahlen. Der Worttest umfasst 20 Gruppen mit je 20 einsilbigen Wörtern [Halbrock, 1970]. 1976 überarbeiteten Keller und Moser und 1986 auch Wedel [Wedel, 1986] den Test. Es hatte sich heraus gestellt, dass einzelne Gruppen phonetisch nicht ausbalanciert waren und die einzelnen Listen unterschiedlich schwer verständlich waren. Die Testwörter wurden neugruppiert und neu aufgenommen [Böhme, 1988].

den Mainzer beziehungsweise den Göttinger und den Würzburger Wörtern im Test I bestand kein signifikanter Unterschied. Die Kinder verstanden die Wörter gleich schlecht.

An Test III und IV wurden Kinder mit gutem Sprachverständnis geprüft. Diese besaßen einen größeren Wortschatz. Sie erkannten die Mainzer, bzw. Göttinger und die Würzburger Wörter gleich gut.

Aus der Interpretation der Ergebnisse lässt sich schließen, dass Test I für CI Kinder mit einem schlechten Sprachverständnis und Test III und IV für solche mit einem guten Sprachverständnis geeignet ist. Test II ist zu schwer für CI-Kinder mit mittlerem Sprachverständnis. Test II eignet sich eher für CI-Kinder mit gutem Sprachgebrauch.

Gaußschen Methode der kleinsten Fehlerquadrate Lage und Steigung der verwendeten Modellfunktion zu bestimmen. Die Werte stimmen innerhalb der üblichen Fehlergrenzen mit den oben wiedergegebenen Beobachtungen überein.

Auch Hochmair, Schmid, Schulz und Moser benutzten für die Auswertung von HSM-Daten eine ähnliche Modellfunktion [Hochmair, et. al. 1996]. Wagner beschreibt ein ähnliches Vorgehen in der überarbeiteten Version des Oldenburger Satztests [Wagner et al, 1999].

Die Diskriminationskurven für die Einsilberlisten (Test II und III) haben einen Anstieg der Verständlichkeit in Abhängigkeit von der Lautstärke, der ähnlich dem für die Freiburger Einsilber ist. Der Anstieg der Diskriminationkurve für die zweisilbigen Wörter (Test I und IV) ist steiler, ähnlich wie bei den Freiburger Zahlen.

Die cochleaimplantierten Kinder wurden bei einer von den Kindern bestimmten angenehmen Lautstärke untersucht. Die gewählten Pegel liegen mit einer Größenordnung von 60–100 dB (siehe Abb. 5.10 und Kapitel 5.4) in einem ähnlichen Bereich wie sie bei hörgeschädigten Patienten beim Basler Test mit Pegeln von 60-90 dB gefunden wurden [Tschopp, 1997].

Die cochleaimplantierten Kinder waren bereits in der Vergangenheit häufig mit dem Mainzer oder Göttinger Kindersprachtest geprüft worden. Die Ergebnisse dieser früheren Untersuchungen konnten jetzt mit denen des neuen Tests verglichen werden. Für Test II errechnete sich im U-Test ein hoch signifikanter Unterschied (U-Test: $p=9,09 \cdot 10^{-5}$), für die Tests I, Test III und Test IV zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den audiologisch etablierten Wörtern und den Würzburger Wörtern im U-Test.

Die schlechtere Verständlichkeit der neuen Würzburger Wörter im Gegensatz zum Wortverständnis der Mainzer/Göttinger Worte bei Test II kann durch mehrere Faktoren bedingt sein. Die Kinder wurden schon mehrmals mit dem Mainzer und Göttinger Worttest geprüft, so dass sie die Wörter kannten. Die CI-Kinder mit mittlerem Sprachverständnis verstanden die in der audiologischen Routine verwendeten Wörter besser als die neuen Würzburger Einsilber.

Test I wurde an CI-Kindern getestet, deren CI-Implantation und Anpassung zumeist im Alter über 12 Jahre geschah und ein sehr schlechtes Sprachverständnis hatten. Zwischen

Salah M. Solimann stellte 1976 einen Sprachdiskriminationstest für den arabischen Sprachraum vor. Der Test bestand aus 5 Listen mit 50 phonetisch ausbalancierten einsilbigen Wörtern [Soliman, 1976].

Im Unterschied zu den bisher genannten Tests zielt der Marburger Satztest auf den Gebrauch der Sprache im Alltag ab. Der Test umfasst insgesamt 100 phonetisch ausbalancierte Kurzsätze, die der sprachlichen Wirklichkeit wesentlich näher kommen sollen als die isoliert gebrauchten Wörter im Freiburger Sprachtest [Böhme, 1988].

Der Reim-Test von Sotschek 1984 benutzte, wie die Bezeichnung vermuten lässt, Reimensembles, welche aus einsilbige Wörtern der Form Konsonant-Vokal-Konsonant bestehen. Der Patient wählt, nachdem ihm das Testwort vorgespielt wurde, aus einem vorgegebenen Ensemble mit sechs Reimwörtern das gehörte Wort aus. Wegen der geschlossenen Antwortmöglichkeit lässt sich der Test leicht automatisieren. Über einen Computer lassen sich die Testwörter vorspielen und die Antworten ebenso einfach erfassen. Obwohl der Test für den Einsatz in der Nachrichtentechnik entwickelt wurde [Sotschek, 1982], fand er vereinzelt auch für klinische Fragestellungen Anwendung.

An der Universitätsklinik für Hals-Nasen-Ohrenkrankheiten in Würzburg entwickelte Schön im Jahre 1987 für die Untersuchung der Sprachgüte nach funktioneller Kehlkopfchirurgie einen Reimtest, die Ideen von Sotschek aufgreifend [Schön, 1987]. Der Test kommt mit einer einzigen Testliste mit Items aus nur sechs Reimensembles aus. Die Reimensembles sind vom Typ Konsonant-Vokal-Konsonant mit dem Ziellaut im Anlaut. Im Deutschen gibt es 16 einfache Konsonanten im Anlaut. Eine Besonderheit des Test besteht darin, dass die Reimensembles mit sinnvollen Worten besetzt sind. Das Ensemble mit dem Vokal e umfasst 14 sinnvolle Wörter. Jeder Proband wird auch bei einer wiederholten Untersuchung immer mit dem gleichen Testmaterial geprüft. Dies eliminiert das Problem unterschiedlicher Verständlichkeit bei Verwendung verschiedener Listen. Außerdem wurde die Einschränkung der Antwortmöglichkeiten auf sechs Alternativen aufgegeben. Es werden alle 16 möglichen Antwortalternativen angeboten. Dadurch hat der Proband die Möglichkeit anzugeben,

was er gehört hat. Bei nur sechs Alternativen kann der Proband in eine Konfliktsituation geraten. Es kann vorkommen, dass das, was er gehört hat, nicht in der Liste der vorgegebenen Antworten aufgeführt ist. Soll er in diesem Fall ehrlich sein und keine Antwort abgeben oder soll er sich klug verhalten und den nahe liegenden Schluss ziehen, er müsse sich verfehlt haben und folglich auf den nächst ähnlichen Reiz tippen [Büttner, 1996].

1996 stellten Hochmair (Innsbruck), Schulz (Starnberg), Moser (Würzburg) den HSM-Satztest vor. Der Satztest gliedert sich in 30 Listen mit je 20 Alltagssätzen und stellt eine ausreichende Anzahl an Testsätzen zur Verfügung [Hochmair; Schulz; Moser, 1996].

Der Basler Satztest, der von Tschopp 1997 entwickelt wurde, ist eine modifizierte Version des amerikanischen SPIN-Tests (Speech Perception in Noise). Er ist ein sprachaudiometrischer Test unter Störschallbedingungen. Der Störschall simuliert Umgebungskommunikation. Der Test berechnet einen Referenz-Hörverlust [Tschopp, 1997].

über längere Testlisten. Er sieht einen Ausweg in innovativen, intelligenten Audiometern, die eine kindgemäße Untersuchung ermöglichen und die Wörter einer Liste nicht nur in monotoner Weise abspielen [Kießling, 2000]. Zusammengenommen induzieren die aufgezählten Faktoren Varianz. Sie können eine präzise Einschätzung des Ausmaßes einer untersuchten Hörstörung erschweren. Insbesondere ist wegen der vielen, genannten Einflussfaktoren die Hörprüfung bei kleinen Kindern mit größeren Problemen behaftet als bei Erwachsenen.

8.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Würzburger Kindersprachlisten wurden an 29 normalhörenden und 32 cochleaimplantierten Kindern geprüft. Die Stichprobe entspricht damit vom Umfang her den Prüfbedingungen des Göttinger und Mainzer Kindersprachtests. Der Göttinger Kindersprachtest war an 19 Drei- bis Vierjährigen und 30 Fünf- bis Sechsjährigen getestet worden. Der Mainzer Kindersprachtest war an 30 normalhörenden und 30 hörgestörten Kindern geprüft worden.

Die Einschlusskriterien für die normalhörenden Kinder glichen denen, die Albrecht, Billich und Vogler formulierten [Albrecht, 1973; Billich, 1981; Vogler, 1977]. Da die Kinder keine Infekte haben durften, wurden auch die damit verbundenen Unwägbarkeiten ausgeschlossen.

Die normalhörenden Kinder wurden bei drei unterschiedlichen Lautstärkepegeln gemessen. Auch Hahlbrock im „Freiburger Sprachtest“ [Hahlbrock, 1970], sowie Hirsch et al. in „Entwicklung von Material für Sprachaudiometrie“ [Hirsch et al, 1952] halten Messungen bei mindestens drei Schallpegeln für unbedingt notwendig, um auf die Lautstärkeabhängigkeit der Verständlichkeit schließen zu können. Billich beschrieb in der Heidelberger CVC-Audiometrie ein Wortverständnis von 70-80% bei 40 dB [Billich, 1981]. Salah M. Soliman stellte im „speech discrimination audiometrie using arabic phonetically-balanced words“ [Soliman, 1976] bei einer Lautstärke von 40 dB ein Sprachverständnis von 80-90% und ein Absinken der Verständlichkeit um 6 % pro dB fest. Bei ca. 33 dB maß Soliman eine Verständlichkeit von 50 %. Die normalhörenden Kinder beim Würzburger Kindersprachtest wurden an den Schallpegeln 30, 35 und 40 dB gemessen. Die drei Pegel genügten, um mit Hilfe der

bleibender stimmlicher Dynamik und Melodik, und normalem Sprechtempo gewählt [Ackermann, 1969; Hahlbock, 1970].

Als Übertragungsweg wurde das freie Schallfeld gewählt. Diese Art der Schalldarbietung bereitet kleinen Kindern die wenigsten Schwierigkeiten. Technisch bedingte Verzerrungen bei der Wiedergabe wurden dadurch vermieden, dass die Wortlisten digital über den im Audiometermessplatz der Firma Westra integriertem CD-Player abgespielt wurden.

Schließlich wird die Übertragungskette durch die Kinder in der Rolle des Hörers komplettiert. Bei Kindern können Ergebnisse noch stärker als dies bei den Erwachsenen der Fall ist durch ein unterschiedliches Maß an Kooperation, Motivation und Konzentration beeinflusst werden [Katz, II 1972]. Außerdem können sich Kinder auch durch die fremdartige Ausstattung der Audiometrikabine irritiert und sogar verängstigt fühlen. Daneben gibt es interindividuelle Faktoren wie Intelligenz, Leistungsvermögen und mentales Alter [Beckmann, 1957; Katz, II 1972], das soziale Umfeld [Beckmann, 1957], die Geläufigkeit der verwendeten Worte [Rosenzweig et al, 1957; Egan, 1948] und eventuell ein in der Familie gesprochener Dialekt [Singh et al, 1966], welche alle auf das Ergebnis einwirken, aber nur sehr schwer zu erfassen sind. Das Milieu, in dem die Kinder aufwachsen, kann zu einem sehr unterschiedlichen Sprachgebrauch führen [Beckmann, 1957] und Auswirkungen auf die Geläufigkeit, mit der die einzelnen Wörter gebraucht werden, haben. [Rosenzweig et al, 1957; Egan, 1948]. Auch regional unterschiedliche Aussprachen (Dialektfärbungen) vermögen die Verständlichkeit der dargebotenen Hochsprache zu verändern [Singh et al, 1966].

In der Literatur wird empfohlen, zum Kind einen persönlichen Kontakt aufzubauen, bevor man in die Hörprüfung einsteigt. Wir verwendeten zusätzlich einführende Spiele, um mögliche Ängste abzubauen und Vertrauen zu wecken. Die Kooperation, Motivation und aktuelle Konzentration des Kindes wurden dadurch gefördert [Katz, II 1972].

In einigen Fällen zeigte sich, dass bei den umfangreichen Listen mit 60 Wörtern die Konzentration nach der Hälfte der Liste nachließ. Daher wäre es möglicherweise besser, die Tests II, III und IV mit jeweils 60 Worten in drei Tests zu je 20 Worten aufzuteilen. Hnath-Chisolm hält bei Kleinkindern eine Aufmerksamkeitszeit von maximal 10-15 Minuten für realistisch [Hnath-Chisolm et al, 1998]. Auch Kießling äußert sich negativ

3 Kindersprachtests

In den USA entwickelte Haskins 1949 einen ersten Einsilbertests für Kinder mit phonetisch ausbalanciertem Sprachmaterial, nämlich die „Kindergarten word lists (PBK-50)“. Haskins fand mit diesem Test heraus, von welcher großer Bedeutung ein auch nur geringes kindliches Restgehör ist. Die betroffenen Kinder sollten so früh wie möglich mit einem Hörtraining beginnen, damit die für den Sprachgebrauch physiologisch besonders günstigen frühen Kinderjahre genutzt werden können [Haskins, 1949]. Dadurch und durch die technische Weiterentwicklung der Verstärker und Hörgeräte konnte der Spracherwerb bei hörgeschädigten Kindern kontinuierlich gesteigert werden.

Im deutschen Sprachraum stellte Jakobi in Halle 1956 eine erste Satzsprachaudiometrie für vorschulpflichtige Kinder vor. Die Kinder werden durch einen Satz zu einer Spielhandlung aufgefordert. Die Liste umfasst nur wenige Sätze [Jakobi, 1956]. Der Test wurde 1973 von Albrecht überarbeitet.

In Stockholm entwickelte Meyerson zeitgleich einen ersten Kindersprachtest für den schwedischen Sprachraum [Meyerson, 1956].

Beckmann publizierte 1957 einen einfachen sprachaudiometrischen Bildertest für Vorschulkinder. Der Test besteht aus drei Testreihen: einsilbige, zweisilbige und dreisilbige Wörter. Bei der Auswahl der Testworte wurde eine phonetische Ausbalancierung angestrebt. Für jede der drei Testreihen wurden Tafeln entworfen. Auf ihnen waren die durch die neun Testwörter bezeichneten Gegenstände als bunte Bilder dargestellt. Die Kinder sollten nach jedem vorgespielten/vorgesprochenen Wort auf das entsprechende Bild zeigen. Durch wiederholtes Training über mehrere Tage hinweg (stationäre Aufnahme) sowie wegen der vielfachen Hinweise, wie z. B. „Zeig mir den Ball“, „Wo ist der Ball“ usw. wird vor allem ein Augenmerk auf ein Prüfwort gelegt. Nach mehreren Durchläufen mit verschiedenen Testreihen kann eine Sprachaudiogrammkurve errechnet und graphisch dargestellt werden. [Beckmann, 1957].

Für die deutschsprachige Schweiz publizierte König 1958 den Basler Kindersprachtest mit ein- und mehrsilbigen Wörtern. Die Wörter sind dialektgefärbt und werden deshalb vorwiegend in der deutschsprachigen Schweiz eingesetzt z.B. Nasstuch, Badkleid, etc. Der Test ist für Kinder ab einem Alter von acht Jahren (frühes Schulalter) einsetzbar [König, 1958].

Sortini veröffentlichte 1964 in Kanada einen Vorschulkindersprachtest [Sortini, 1964]. Ross und Lerman's publizierten in den USA 1970 den „Word Intelligibility by Picture Identification Test (WIPi)“. Dieser Bildertest ist für 4 bis 5 Jahre alte Kinder geeignet. Den Kindern wurden sechs Bilder gezeigt und sie sollten auf dasjenige Bild zeigen, dessen Testwort sie gehört hatten [Ross et al, 1970].

Albrecht überarbeitete 1973 die von Jakobi entwickelte Sprachaudiometrie mit Sätzen für Vorschulkinder im Alter von zwei bis vier Jahren. Der Test ist phonetisch ausbalanciert und besteht aus acht Testgruppen zu je fünf Sätzen. Jeder Satz fordert zu einer Spielhandlung auf. Entsprechendes Spielzeug ist Bestandteil des Tests. Der Test zeichnet sich durch gute Akzeptanz bei gehemmten und sprachgestörten Kindern aus [Albrecht, 1973].

Biesalski et al. stellten 1974 den Mainzer Kindersprachtest vor. Biesalski wollte hörgeschädigte Kinder verschiedener Altersstufen mit unterschiedlichen Störungsgraden prüfen. Außerdem legte er Wert auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Sinnvollerweise sind die Reibelaute „s, ch, sch, j, f und w“ im Test unterrepräsentiert. Dies entspricht dem Sprachgebrauch der Kinder während der Zeit des Spracherwerbs. Sowohl normalhörende als auch hörgestörte Kinder gebrauchen bevorzugt Vokale.

Der Mainzer Kindersprachtest besteht aus drei Tests unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades. Sprachtest I enthält zehn ein- und zweisilbige Wörter, die sich zufallsverteilt auf 5 Gruppen aufteilen. Wie bei anderen Tests auch wird den Kindern gleichzeitig eine Bilderserie vorgelegt, aus der sie zu dem jeweils gehörten Wort ein Bild auswählen sollen. Die Sprachverständlichkeitsschwelle dieses Tests liegt bei 21dB. Die Sprachverständlichkeitsschwelle bezeichnet diejenige Lautstärke bei der genau 50%

phonetische Balance könne in einem Worttest deshalb nicht erreicht werden, weil gemeinhin in Sätzen gesprochen wird und im Satz alle Laute mit Ausnahme des ersten und letzten Lautes zwischen zwei Lauten eingeschlossen sind [Katz, II 1972]. Aus diesem Grund wird auch angezweifelt, ob die Einsilber des Freiburger Sprachtests als phonetisch ausbalanciert gelten dürfen [Böhme et al 1988, Schorn et al 1984].

Da es einem eigenen Forschungsvorhaben geglichen hätte, den Wortgebrauch der Kinder altersgemäß zu erfassen, wurde eine gangbarer Kompromiss darin gesehen, für die Wortauswahl ersatzweise mehrere aktuelle Kinderbücher heranzuziehen, die für die entsprechenden Altersgruppen vorgesehen waren. Da mehrere dieser Bücher nebeneinander verwendet wurden, dürfte daher die Auswahl der Testwörter zutreffend und kindgemäß sein.

Die Einteilung in drei Altersgruppen erfolgte nach den Vorgaben von Chilla [Chilla, 1976]. Die drei Altersgruppen A, B, C nämlich von ein bis zwei; von drei bis vier und von fünf bis über sechs Jahre wurden auch im Göttinger Kindersprachtest angewendet. Im Göttinger Kindertest wurde ein Unterschied in der Wortverständlichkeit zwischen der Gruppe B (Drei- bis Vierjährige) und der Gruppe C (Fünf- bis über Sechsjährige) herausgefunden. Auch im Würzburger Kindersprachtest zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen B (Drei- bis Vierjährige) und der Gruppe C (Fünf- bis über Sechsjährige) (U-Test: $p=0,0162$). Der Vergleich der Verständlichkeit innerhalb der Altersgruppe B (U-Test: $p=0,053$) als auch innerhalb der Altersgruppe C (U-Test: $p=0,360$) zeigte keinen signifikanten Unterschied (s. Kapitel 5.3.4). Die Aufteilung in die drei Altersgruppen A, B und C erwies sich als tragfähiger Kompromiss, der im Nachhinein dadurch gestützt wurde, dass die Verständlichkeit zwischen den drei Altersgruppen signifikant verschieden ist.

In der Literatur werden bezüglich der Eigenschaften des Sprechers bzw. der Sprecherin mehrere Aspekte diskutiert. Hauptdiskussionpunkte sind die Klangfarbe [Fasold et al, 1984], die Tonhöhe, die Lautstärke, die Sprachmelodie und die Sprechgeschwindigkeit [Küpfmüller, 1954]. Alle Gesichtspunkte zu erfassen ist nicht möglich. Lambert drückt die Schwierigkeit, mit der sich alle Sprachtests konfrontiert sehen, so aus: „Es liegt im Wesen der Sprache, dass sie etwas Subjektives, Unmessbares in sich birgt“ [Lambert, 1923]. Als Sprecher wurde, wie Ackermann und Hahlbrock dies empfahlen, ein Nachrichtensprecher mit jugendlicher, sachlicher Stimme, keiner Dialektfärbung, gleich

8 Diskussion

Konzeption und Entwicklung eines Hörtests nötigen dem Entwickler eine Vielzahl von Entscheidungen ab. Es gilt ein vielschichtiges und komplexes Problem zu lösen. Aus der Sicht des Nachrichtentechnikers greifen bei einem Sprachtest drei Komponenten ineinander: der Sender, der Übertragungsweg und der Empfänger. Jede dieser drei Komponenten hat Einfluss auf das Ergebnis des Tests, die gemessene Sprachverständlichkeit. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen die systematischen Fehler (Bias), die jede Komponente zu induzieren vermag.

Auf Seiten des "Senders" kann man einwenden, dass es keine alleingültige altersspezifische Wortauswahl geben kann, da Kinder gleichen Alters nicht immer dieselben Wörter benutzen. Ob ein Wort durch ein Kind gebraucht wird oder nicht, hängt bekanntermaßen nicht nur vom Alter des Kindes ab. Der Sprachgebrauch wird durch mehrere Faktoren bestimmt, beispielsweise durch die Intelligenz oder den Einfluss des Elternhauses, um nur die wichtigsten zu nennen [Beckmann, 1957].

Ein andere wichtiger Punkt betrifft die Häufigkeit, mit der die unterschiedlichen Phoneme im Testmaterial vorkommen. Bei der Auswahl der Wörter wurde Biesalski folgend darauf geachtet, dass die Laute s/ch/sch/j/f/w im Vergleich zur Sprache der Erwachsenen in der Kindersprache unterrepräsentiert sind [Biesalski, 1974]. Auch unter dieser Nebenbedingung scheint es gelungen zu sein, einfache und vokalreiche Worte aus der Alltagssprache der Kinder zusammenzustellen [Rosenzweig et al, 1957; Hahlbrock, 1970; Chilla, 1976; Biesalski, 1974; Hahlbrock, 1970]. Bei den Zweisilbern für Test I und IV wurde ein Vokalanteil von 45% bzw. 50% erreicht. Verglichen mit der fließenden Sprache der Erwachsenen, die einen Vokalanteil von 39% aufweist [Chilla, 1976], liegt der Anteil der Vokale damit deutlich darüber. Die Einsilber (Test II und Test III) erreichten einen Vokalanteil von ca. 30%, ähnlich den Einsilbern des Göttinger Kindersprachtests mit 32% und des Freiburger mit 29% [Ackermann, 1969].

Bei der Zusammenstellung der Wortlisten könnte man eine Balance der Anfangsphoneme ins Auge fassen [Beckmann, 1957]. Sinnvoller erscheint es jedoch das Hauptaugenmerk auf vokalreiche Worte zu legen, da in der Kindersprache und noch mehr in der Sprache der hörgestörten Kinder die Sprache sehr vokalreich ist [Chilla, 1976; Biesalski, 1974]. Außerdem wenden Lehiste et al. ein, eine befriedigende

der bewerteten Merkmale, z.B. Wörter, Silben oder Phoneme richtig wiedergegeben werden.

Sprachtest II besteht aus 2 x 25 Wörtern, die sich ab der zweiten Hälfte des Tests in anderer Reihenfolge wiederholen. Hier überwiegen leicht die Konsonanten. Zu diesem Test gibt es ebenfalls Bildmaterial. Die Sprachverständlichkeitsschwelle liegt bei 22 dB. Sprachtest III umfasst 50 Testwörter. Die Konsonanten überwiegen deutlich. Die Sprachverständlichkeitsschwelle liegt bei 20 dB.

Biesalski hat zur Validierung der Tests 30 normalhörende und 30 hörgestörte Kinder im Alter von 4-12 Jahren untersucht. Die Kinder in der Stichprobe für Test I waren jünger als 4 Jahre, für Test II zwischen 4 und 5 Jahre und für Test III zwischen 6 und 8 Jahre alt. Die Ergebnisse des Mainzer Kindersprachtests erweisen sich als verlässlich, falls die folgenden zwei Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Das zu untersuchende Kind besitzt die Wörter in seinem Sprachschatz.
2. Kinder mit geistiger Retardierung werden mit einer ihrem Sprachvermögen entsprechenden Testgruppe geprüft.

Der Test bietet die Möglichkeit, auch bei Kleinkindern mit geringem Wortschatz Hörgeräte anzupassen und einzustellen [Biesalski, 1974].

Chilla et al. entwickelten 1976 den Göttinger Kindergartensprachverständlichkeitstest für drei- bis vierjährige oder entsprechend retardierte Kinder. Sie fanden, dass der Mainzer Kindersprachtest für unter vierjährige Kinder nur bedingt geeignet war, da Kleinkinder bzw. retardierte Kinder mit 10 gleichzeitig dargebotenen Bildern überfordert waren.

Chilla entschied sich zwar auch für einen Bildtest, aber er legte den Kindern gleichzeitig nur vier Bilder vor. Jeweils vier Bilder bilden eine Gruppe und beziehen sich immer auf einen gemeinsamen Vokal, z.B. Zaun, Haus, Baum, Maus. Verwendet wurden einfache Schwarz-Weiß-Zeichnungen. Besondere Vorteile wurden darin gesehen, dass durch den stets gleichen Aufbau der Vorlagen und die beschränkte Anzahl der Bilder die Kinder nicht überfordert wurden und dass, falls nur der Vokal richtig gehört wurde, das Testwort nicht erschlossen werden konnte.

Nach Meinung der Autoren besitzen mehr oder minder stark geschädigte Kinder einen größeren passiven als aktiven Wortschatz [Chilla, 1976]. Die Vokalverteilung in den

Testgruppen ist an den Freiburger Sprachverständnistest angelehnt, aus dem auch die Worte entnommen wurden. Die Vokalhäufigkeit beträgt 32,7%, die der Konsonanten 67,3%. Der Vokalprozentsatz ist höher als in der Erwachsenensprache.

Der Test wurde an Kindern aus zwei verschiedenen Altersgruppen (drei und vier bzw. fünf und sechs Jahre) validiert: Die Sprachverständlichkeitskurve für die drei- und vierjährigen Kinder verlief im mittleren Bereich ähnlich steil wie die des Freiburger Einsilber Tests bei Erwachsenen. Bei den Vorschulkindern (fünf bis sechs Jahre) glich der Verlauf dem des Freiburger Zahlentests. Daraus wurde abgeleitet, dass der Göttinger Kindersprachverständnistest für die drei- bis vierjährigen bzw. entsprechend retardierten Kinder gut geeignet ist, aber nur bedingt für die Vorschulkinder.

Für die Vorschulkinder wurde ein weiterer Göttinger Kindersprachtest entwickelt. Dieser umfasst 100 Wörter und stellt höhere Anforderungen an den Wortschatz der Kinder. Auch dieser Test arbeitet mit Bildern. [Chilla, 1976].

Katz and Elliot veröffentlichten 1978 den Northwestern University Children's Perception of Speech (NU-CHIPS) Test. Auch bei diesem Test soll das Kind aus einem Satz von Bildern das gehörte Bild auswählen [Katz II, 1972].

1981 publizierte Billich die Heidelberger CVC-Audiometrie für hörgeschädigte Kinder [Billich, 1981]. Ähnlich wie Lehiste und Peterson verwendet er einsilbige Wörter vom Typ Konsonant-Vokal-Konsonant. An Stelle einer phonemischen wurde eine allophonische Ausgewogenheit der Prüfwörter angestrebt. Abweichend vom sonstigen Vorgehen wurden die richtigen wiedergegebenen Phoneme und nicht wie sonst üblich die ganzen Wörter ausgezählt.

Radü publizierte 1986 eine neue Methode für Screeninguntersuchungen. Neuartig an diesem Test war die Benutzung des Telefons. Hörstörungen ließen sich damit auch ohne Besuch eines Arztes sehr früh, nämlich ab dem dritten Lebensjahr aufspüren. Die Untersuchung konnte zuhause in der gewohnten Umgebung durchgeführt werden. Der benutzte Sprachtest umfasst 2x10 Prüfwörter. Jedes Ohr wird mit je zehn Wörtern getestet. Drei bis sechs Jahre alte Kinder konnten das gehörte Wort auf einer zugesandten Bildtafel zeigen. Sechs- bis zwölfjährige Kinder konnten die gehörten

7.2.4 Test IV

Der Sprachtest IV, Zweisilber für gutes Sprachverständnis, entsprach der Sprachentwicklung von fünf- bis über sechsjährigen normalhörenden Kindern. Dieser Zweisilbertest wurde an 17 cochleaimplantierten Kindern mit gutem Sprachverständnis getestet.

Die Phonemverständlichkeit lag bei 79 % und die Wortverständlichkeit bei 69%.

In Test IV des neu entwickelten Würzburger Kindersprachtests waren insgesamt 60 Worte enthalten. 15 Worte entstammten dem Mainzer Kindersprachtest, 45 Worte waren neu ausgewählt worden. Der Vergleich der 15 Mainzer Zweisilber mit 45 Würzburger Zweisilbern zeigte keinen signifikanten Unterschied. Die mittlere Verständlichkeit lag bei den Mainzer und Würzburger Wörtern bei exakt dem gleichen Wert, nämlich 69%. Erwartungsgemäß zeigte auch Der U-Test keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,90$) auf.

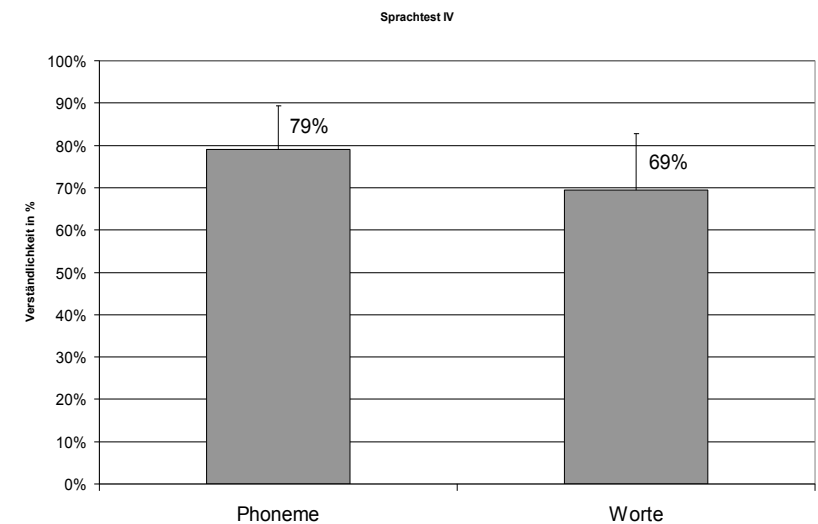


Abb. 7.12: Phonem- und Wortdiskrimination bei Test IV

7.2.3 Test III

Der Sprachtest III, der als Einsilbertest einen größeren Schwierigkeitsgrad aufweist, wurde an 10 cochleaimplantierten Kindern mit gutem Sprachverständnis getestet. Die Phonemdiskrimination lag bei 74%, die Wortdiskrimination bei 63%.

14 Worte stammten aus dem Mainzer und Göttinger Kindersprachtest, 46 Worte waren neu. Die 14 Mainzer und Göttinger Einsilber unterschieden sich nicht signifikant von den 46 Würzburger Einsilbern (U-Test: $p = 0,08$). Die Verständlichkeit der Mainzer und Göttinger Worte lag bei 70,8%, die Verständlichkeit der Würzburger Worte bei 61,4%.

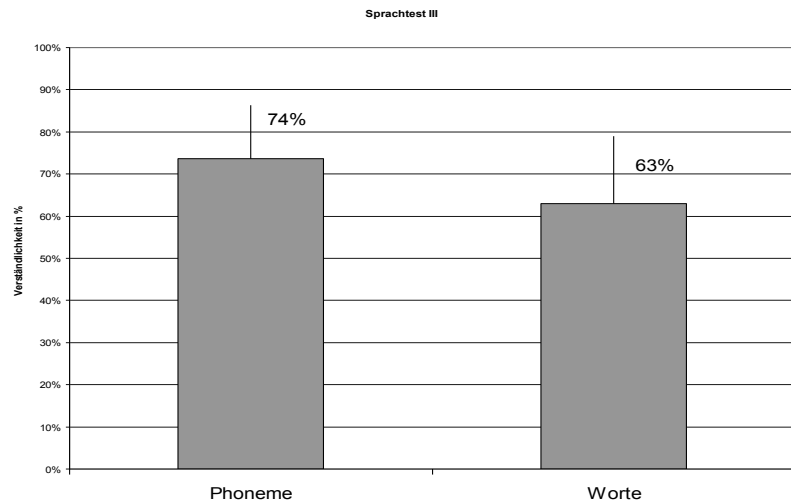


Abb. 7.11: Phonem und Wortdiskrimination bei Test III

Wörter nachsprechen. Anhand von Zahlencodes für jedes Wort kann der Versuchsleiter nach Beendigung des Tests das Ergebnis bewerten [Radü, 1986].

4 Entwicklung der eigenen Tests

4.1 Einleitung

Kinder unterschiedlichen Alters unterscheiden sich darin, wie sie Sprache benutzen. Ein Instrument, das Sprache für die Untersuchung von Kindern benutzt, sollte auf diese Unterschiede abgestimmt sein. Speziell Sprachtests müssen daher dem Sprachgebrauch der Kinder in den unterschiedlichen Altersklassen angepasst sein. Es erschien angemessen, die Kinder in drei Altersklassen einzuteilen und für jede Klasse einen eigenen Test zu entwerfen. Im Einzelnen wurde so je ein Test für die Kinder im frühen Kleinkindalter, für die Kleinkinder und für die Vorschul- und Schulkinder, welche die 1. oder 2. Klasse besuchen, projiziert. Der Test für die Kleinkinder beinhaltet nur einfache, der Babysprache entlehnte, meist zweisilbige Wörter. Er war am leichtesten zu verstehen. Für die beiden übrigen Gruppen wurde eine Version mit zweisilbigen Wörtern entwickelt und zusätzlich für jede Gruppe der älteren Kinder ein Test mit schwerer zu verstehenden einsilbigen Wörtern. Auf diese Weise ergaben sich vier Tests. Im Weiteren werden die Tests unter den in der nachfolgenden Liste aufgeführten Bezeichnungen angesprochen:

Test I: Zweisilbige Wörter, welche typisch für die Babysprache sind.

Test II: Einsilbige Wörter aus dem Sprachgebrauch der Klein- und Vorschulkinder.

Test III: Einsilbige Wörter, wie sie Schulkinder in der 1. und 2. Klasse benutzen.

Test IV: Zweisilbige Wörter aus dem Gebrauch der Klein-, Vorschul- und Schulkinder

Die obigen Bezeichnungen dienen vor allem als Referenz auf die Tests im folgenden Text. Sie grenzen die Anwendung nicht unbedingt auf die angesprochene Altersgruppe ein. Diese richtet sich sinnvoller Weise nach dem Entwicklungsalter und Hörvermögen der Kinder.

4.2 Erstellen einer Urliste

Die Wörter in den Testlisten sollten den gegenwärtigen Sprachgebrauch repräsentieren. Sie sollten eine ausgewogene Mischung aus Wörtern, welche den Kindern geläufig sind, wie Ball, Mama, Eis, usw., und aus beliebten Modewörtern, wie beispielsweise Buggy,

7.2.2 Test II

21 cochleaimplantierte Kinder mit einem mittleren Sprachverständnis wurden an dem Sprachtest II getestet. Er entspricht einer Sprachentwicklung von drei- bis vierjährigen normalhörenden Kindern. Die Wortverständlichkeit aller 60 Wörter lag bei 36%, die Phonemverständlichkeit bei 56%. 14 Wörter entstammten dem Mainzer und Göttinger Kindersprachtest, 46 Wörter waren neu. Jene 14 Wörter, welche aus dem Mainzer / Göttinger Kindersprachtest entlehnt wurden, waren mit einer Verständlichkeit von 52% signifikant besser/leichter zu verstehen als die übrigen 46 Wörtern, die nur mit 32% verstanden wurden (U-Test, $p=9,09 \cdot 10^{-5}$).

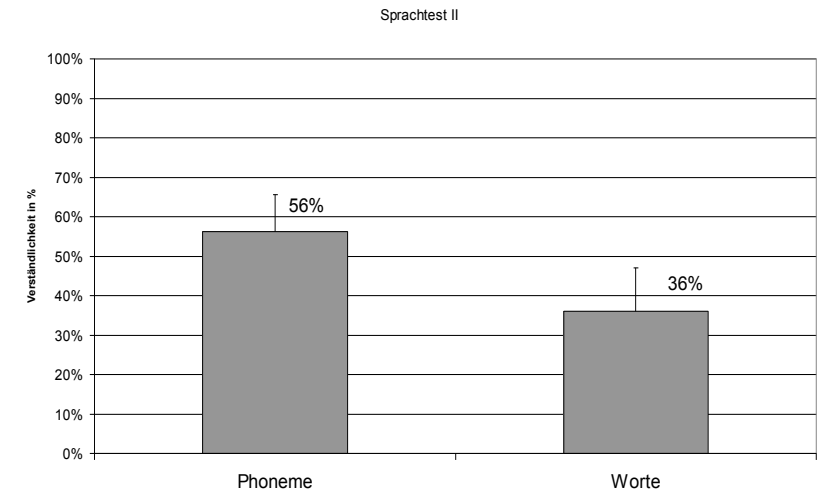


Abb. 7.10: Phonem- und Wortverständlichkeit bei Test II

erhalten. Im Mittel wurden 44 % der Wörter und 58 % der Phoneme richtig verstanden. Die Verständlichkeit der Wörter variierte gemessen an der Standardabweichung um 48 %. Die Verständlichkeit der Phoneme war im Mittel um 14% größer als die der Wörter.

Ein Großteil der an Test I geprüften CI-Kinder waren aus dem, bei normalhörenden Kindern, physiologischen Sprachentwicklungsalter herausgewachsen.

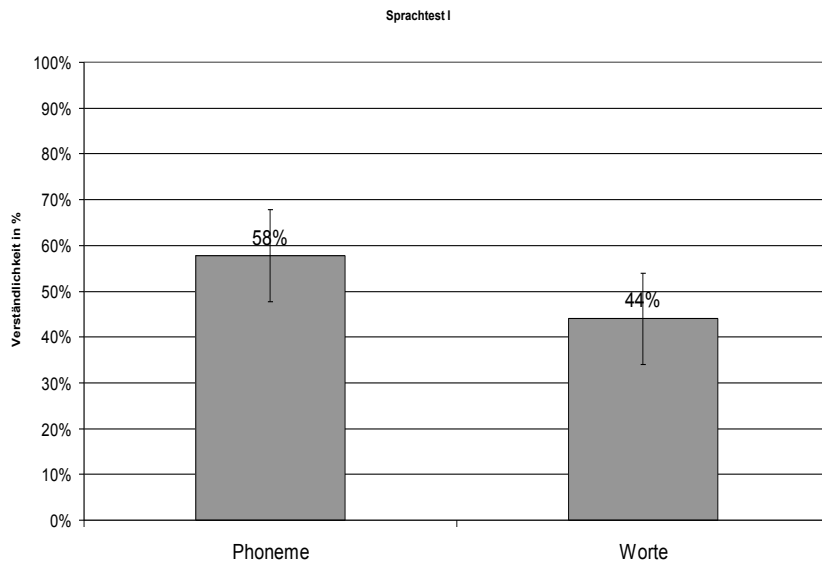


Abb. 7.9: Mittlere Phonem- und Wortverständlichkeit bei Test I

Die drei Worte, die dem Mainzer Sprachtest entstammten, unterschieden sich in der Stichprobe der 23 cochleaimplantierten Kinder mit Verständlichkeiten von 55,1 % nicht signifikant von den sechs neu ausgewählten Worten mit 38,4 %. Im U-Test war der Unterschied mit einem p von 0,258 nicht signifikant.

Ketchup, Chips, usw. darstellen. Als Quelle für die Materialsammlung wurden die folgenden zehn aktuellen Kinderbücher benutzt:

1. Mein erstes Wörterbuch. Duden 1996
2. Spanner, Helmut: Erste Bilder, Erste Worte. Ravensburger 1993
3. Färber, Werner: Das große Lesefant-Geschichtenbuch. Loewe 1998
4. Gürth, Martina: Anna Sternkind. Kerle 1997
5. Ball, Sara: Bärenhase Hasenbär. Sellier 1997
6. Engelking, Katrin: Anne im Tal der tausend Tropfen. Ravensburger 1997
7. Scharff-Kniemeyer, Marlies: Wo bist du, Weihnachtsmann? Ravensburger 1997
8. Scarry, Richard: Mein allerschönstes Wörterbuch. Delphin 1977
9. Waddell, Martin: Du und ich, kleiner Bär. Annette Betz 1996
10. Holzwarth, Werner: Vom kleinen Maulwurf, der wissen wollte, wer ihm auf dem Kopf gemacht hat. Peter Hammer 1996

Die aus den angegebenen Büchern erstellte Urliste umfasste 670 Substantive.

4.3 Bestimmung der Phonemverteilung

Die in den vier Sprachtest verwendeten Wörter sollten eine dem normalen Sprachgebrauch angepasste Häufigkeitsverteilung der Anfangsphoneme aufweisen. Als moderne Referenz diente die Verteilung der Anfangsphoneme aller Wörter auf den ersten beiden Seiten einer Süddeutschen Zeitung vom März 1999. Die Wörter wurden nach dem Anfangsphonem alphabetisch geordnet. Diese prozentuale Verteilung der Anfangsphoneme, entsprechend dem normalen Sprachgebrauch, sollte sich wenn möglich in jeder Testliste wieder finden.

4.4 Auswahl der Wörter aus der Urliste

In einem nächsten Schritt wurden die Wörter für die vier geplanten Testlisten aus der Urliste ausgewählt. Die Laute s, sch, ch, j, f und w sollten unterrepräsentiert sein [Biesalski, 1974] und vokalreiche Substantive bevorzugt werden [Chilla, 1976; Hahlbrock, 1970; Biesalski, 1974].

Die Liste I, welche für die Untersuchung der Kleinstkinder gedacht ist, enthält so wenige und so spezielle Testwörter, dass das Auswahlverfahren nach Anfangsphonemen nicht angewandt wurde. Die Liste für Test I besteht aus nur 10 Wörtern, so dass darauf verzichtet wurde, eine vorgegebene Häufigkeitsverteilung der Phoneme anzustreben.

Hingegen sollten die Wörter der Testlisten II bis IV die oben beschriebene Häufigkeitsverteilung der Phoneme im Anlaut widerspiegeln. Um die Auswahl der Wörter besser steuern zu können, wurde die Urliste nach den Phonemen im Anlaut sortiert.

Die Sortierung der Urliste erwies sich auch aus einem anderen Grund als hilfreich. Es sollten nämlich 25 % der Wörter in jeder Liste aus dem Mainzer und Göttinger Kindersprachtest übernommen werden. Die in diesen beiden Tests enthaltenen Wörter konnten in der sortierten Urliste, falls vorhanden, leicht aufgefunden und markiert werden, so dass sie im entsprechenden Umfang bei der Auswahl berücksichtigt werden konnten. Bis auf wenige Ausnahmen fanden sich fast alle Wörter des Mainzer und Göttinger Kindersprachtests in der Urliste. Dadurch, dass ein Teil der Wörter aus diesen beiden Tests übernommen wurde, ergab sich die Möglichkeit an jedem getesteten Kind die Verständlichkeit der neu in die Tests aufgenommen Wörter mit denen aus den älteren Tests zu vergleichen.

Durch die Sortierung entstand eine Gruppierung nach Phonemen. Im Weiteren waren nun aus jeder Gruppe so viele Wörter zu entnehmen, wie es der auf ganze Zahlen gerundeten Zielhäufigkeit entsprach. Hierbei waren zwei weitere Bedingungen einzuhalten: Es musste zwischen einsilbigen und zweisilbigen Wörtern und dem altersgemäßen Gebrauch unterschieden werden. Die Zuordnung zu den Altersgruppen richtete sich nach den Angaben der Kinderbuchautoren. Diese haben ihren Büchern eine Empfehlung für eine bestimmte Altersgruppe mitgegeben. Falls ein Wort nach diesem Verfahren gleich in mehreren Altersgruppen auftauchte, so wurde die Entscheidung auf Grund der eigenen Anschauung getroffen.

Es war ad hoc nicht auszuschließen, dass diese allein nach phonologischen Gesichtspunkten konstruierten Listen Wörter enthalten würden, die extrem gut oder schlecht verstanden würden. Solche Wörter sind ungeeignet, um Unterschiede zwischen den Kindern aufzudecken, und sollten daher durch Wörter mittlerer Verständlichkeit

7.2.1 Test I

Test I beinhaltete leichte Zweisilber, die dem Sprachgebrauch von ein- bis zweijährigen normalhörenden Kindern entsprachen. Phonem- und Wortverständlichkeit korrelieren signifikant miteinander ($p = 1,4 \cdot 10^{-4}$). 88% der Varianz in der Phonemverständlichkeit können durch die Varianz in der Wortverständlichkeit erklärt werden.

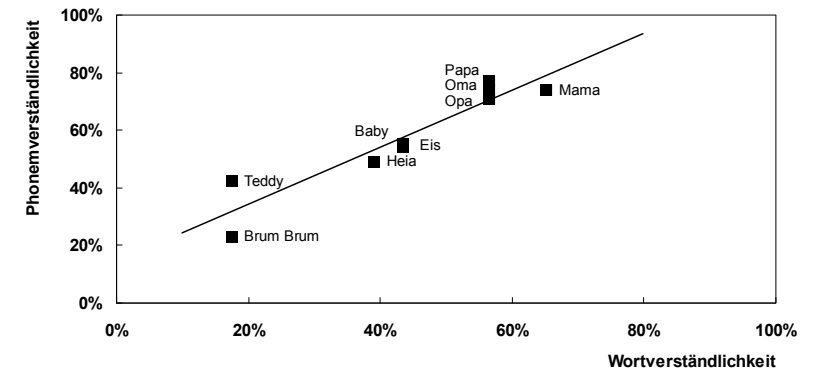


Abb.7.7: Streudiagramm: Phonemverständlichkeit gegen Wortverständlichkeit

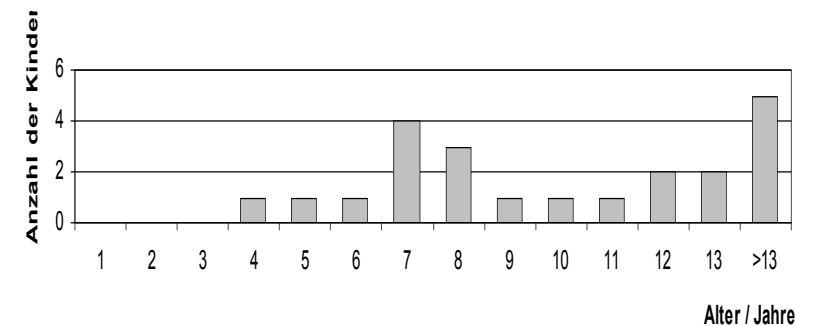


Abb. 7.8: Altersverteilung der an Test I geprüften 23 CI-Kinder.

Die in Abb. 7.9 gezeigten Ergebnisse wurden mit 23 cochleaimplantierten Kindern, welche der Gruppe mit schlechtem Sprachverständnis zugewiesen worden waren,

Ebenso bestand in der Gruppe der Fünf- bis Achtjährigen in der Wortverständlichkeit kein signifikanter Unterschied (U-Test: $p=0,360$). Die Aufspaltung in nur zwei eigene Worttests für die Drei- bis Vierjährigen und andererseits für die Fünf- bis über Achtjährigen erscheint daher sinnvoll.

7.2 Ergebnisse mit cochleaimplantierten Kindern

Es wurden 35 cochleaimplantierte Kinder im Alter von 3 bis 16 Jahren mit dem von uns neu entwickelten Kindersprachtest untersucht. Die CI-Patienten benutzten alle das MED-EL Combi 40 System. Die Erstanpassung des Cochleaimplants sollte mindestens ein halbes Jahr zurückliegen, meist waren es zwei bis drei Jahre, teils mehr.

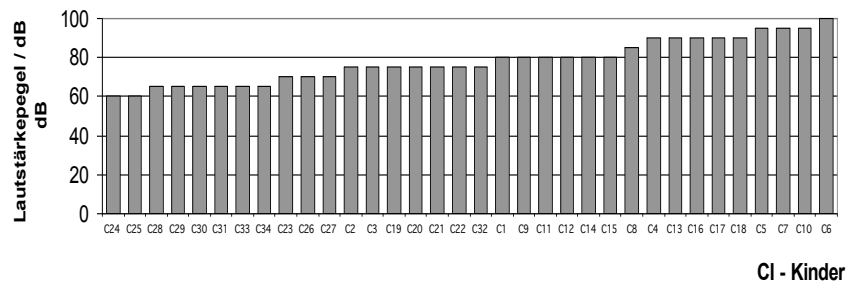


Abb. 7.6: Bevorzugter Lautstärkepegel der CI Kinder

Die Listen wurden bei einer für die Kinder „angenehmen“ Lautheit (most comfortable level) dargeboten. Die zu Beginn des Tests mit dem CI-Kind gewählte Lautstärke von 78 +/- 11 dB SPL wurde bei allen Listen beibehalten.

Die cochleaimplantierten Kinder stellten eine heterogene Gruppe dar. Sie erreichten bei den verschiedenen Wortlisten eine mittlere Wortverständlichkeit von 36% bei Test II über 44% bei Test I und 63% bei Test III bis 69% bei Test IV. Die mittlere Phonemverständlichkeit reichte von 56% Test II über 58% bei Test I und 74% bei Test III bis 79% bei Test IV.

ersetzt werden. Die erstellten Listen stellten daher Prototypen dar, die zu überarbeiten waren. Die Verständlichkeit dieser vorläufigen Testlisten wurde daher an einer kleinen Stichprobe normalhörender Kinder geprüft, um diejenigen Wörter, die sich durch eine extrem gute oder schlechte Verständlichkeit auszeichneten, zu identifizieren.

4.5 Versuchsaufbau für den Test des Prototyps

Für diese Vorprüfung wurden die vier Tests in einem Tonstudio auf eine normale Tonkopfkassette aufgezeichnet. Als Sprecherin wurde eine Kommilitonin, die über eine sehr ausgeglichene Stimme verfügte, ausgewählt. Insbesondere wurde darauf geachtet, dass sie jedes Wort gleich laut ausgesprochen hat. Um der Sprecherin diese Aufgabe zu erleichtern, wurde im Gesichtsfeld ein Schallpegelmesser aufgestellt, mit dessen Hilfe sie für jedes gesprochene Wort überprüfen konnte, ob der vorgegebene Pegelbereich eingehalten wurde oder nicht.

Die so erstellte Aufnahme wurde dann von fünf normalhörenden Kindern im Alter von vier bis sechs Jahren abgehört. Sie erfüllten die gleichen Auswahlkriterien, wie sie im Zusammenhang mit der Validierung der Tests im Abschnitt 5.2 beschrieben werden. Die Kinder saßen zwischen den beiden Lautsprecherboxen in einem Raum für Tonaudiometrie. Der Abstand zwischen Lautsprecher und Kind betrug einen Meter [Lehnhardt, 1986]. Lehnhardt empfiehlt diesen Abstand bei freiem Raumschall zur Testung von Klein- und Vorschulkindern. Dem eigentlichen Test vorausgehend wurden mehrere Wörter angeboten und die Lautstärke dabei so eingepegelt, dass in etwa eine Verständlichkeit von 50 % erreicht wurde. [Böhme et al, 1988]. Notiert wurden die richtigen Worte als auch einzelne, verstandene Phoneme.

Zusätzlich zu den Tests mit normalhörenden Kindern, welche in der HNO-Klinik stattfanden, wurden auch fünf cochleaimplantierte Kinder vom Würzburger Cochleaimplantzentrum Süd in die Überprüfung einbezogen. Vorbereitend wurden kurze Sequenzen aus der Mitte des Sprachtests abgespielt, um die Lautstärke auf einen Wert einzupegeln, bei dem die Kinder angaben, die Wörter würden sich angenehm laut anhören. Mit dieser Lautstärke wurden die Testlisten dann von Beginn an abgespielt.

4.6 Verfeinerung der Auswahl

Nach den Vortests wurde die Worttests I, II, III und IV überarbeitet. Ein Wort galt als genügend verständlich, wenn mindestens vier der fünf normalhörenden Kinder das entsprechende Wort richtig wiedergegeben hatten. Wörter, die nicht von mindestens vier Kindern verstanden wurden, wurden nochmals mittels eines Phonometers auf ihre Lautstärke geprüft. Falls diese Überprüfung keine abweichende Lautstärke ergab, wurden diese Wörter aus der Wortliste für die Tests I, II, III und IV gestrichen und durch neue, den genannten Regeln entsprechende ersetzt.

Die Ergebnisse der cochleaimplantierten Kinder aus dem Cochleaimplantzentrum Würzburg waren dagegen so heterogen, dass sie für eine Verfeinerung der Auswahl nicht berücksichtigt werden konnten. Die endgültigen Wortlisten, wie sie für die weiteren Untersuchungen benutzt wurden, sind in Tabelle 4-1 wiedergegeben.

Test I, der für das Sprachverständnis von Ein bis Zweijährigen entwickelt wurde, enthält neun zweisilbige Worte. Drei entstammen dem Mainzer Kindersprachtest, sechs Worte sind neu.

Test II, der für das Sprachverständnis von Drei- bis Vierjährigen entwickelt wurde, enthält 60 einsilbige Wörter. Davon entstammen 14 Wörter dem Mainzer und Göttinger Kindersprachtest und 46 sind neu.

Test III setzt sich aus insgesamt 60 Einsilbern zusammen. Er entspricht dem Sprachgebrauch von Fünf- bis über Sechsjährigen. Davon wurden 14 Wörter aus dem Mainzer und Göttinger Kindersprachtest übernommen, 46 sind neu.

Test IV besteht aus insgesamt 60 zweisilbigen Wörtern. 15 Wörter entstammen dem Mainzer Kindersprachtest, 45 Worte sind neu.

Die Sprachverständlichkeitsschwelle errechnete sich zu 29 dB. Die Steigung der Diskriminationskurve betrug 5,6 %/dB bei einer Verständlichkeit von 50%.

7.1.4 Test IV

Test IV (zweisilbige Wörter für drei- bis achtjährige Kinder) wurde an 19 Kindern evaluiert.

Die Testdaten ergaben eine interpolierte Sprachverständlichkeitsschwelle bei 31dB. An diesem Punkt hat die Diskriminationskurve eine Steilheit von 5,4%/dB.

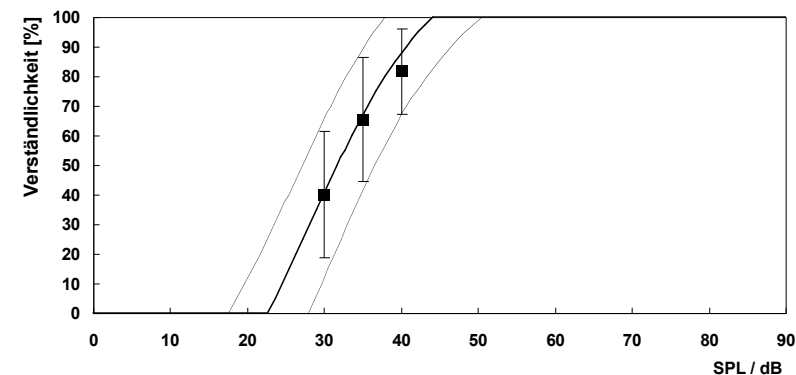


Abb.7.5: Messwerte und approximierte Diskriminationsfunktion für die Wortverständlichkeit des Test IV (zweisilbige Wörter für drei- bis achtjährige Kinder)

Test I, II und III wurde an jeweils einer Altersgruppe getestet. Test IV wurde an zwei Altersgruppen (drei- bis vier- bzw. fünf- bis achtjährige Kinder) getestet. Dadurch konnte die Wortverständlichkeit der beiden Gruppen verglichen werden. Der direkte Vergleich der beiden Altersgruppen (Drei- bis Vierjährige contra Fünf- bis Achtjährige) bezüglich der Wortverständlichkeit bei Test IV zeigte einen signifikanten Unterschied (U-Test: $p=0,016$). Der Vergleich der beiden Gruppen bei Test IV zeigte, dass die Fünf- bis Achtjährigen die Testwörter deutlich besser verstanden als die Drei- bis Vierjährigen. Zwischen der Gruppe der Drei- und Vierjährigen ließ sich kein signifikanter Unterschied in der Verständlichkeit (U-Test: $p=0,053$) nachweisen.

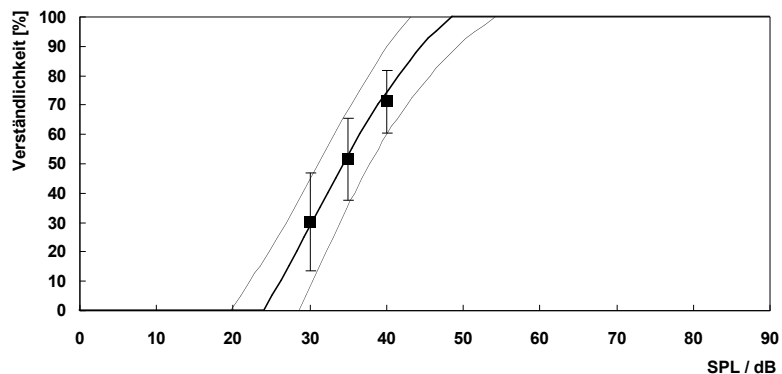


Abb.7.3: Messwerte und Diskriminationsfunktion für die Wortverständlichkeit des Test II (einsilbige Wörter für drei- bis fünfjährige Kinder)

7.1.3 Test III

Test III (einsilbige Wörter für fünf- bis achtjährige Kinder) wurde an 9 Kindern getestet. Für die drei verwendeten Pegel, 30, 35 und 40 dB, wurden Wortverständlichkeiten von 48%, 74% und 90% gemessen. Die Standardabweichung liegt zwischen 10% (40dB) und 20% (30dB).

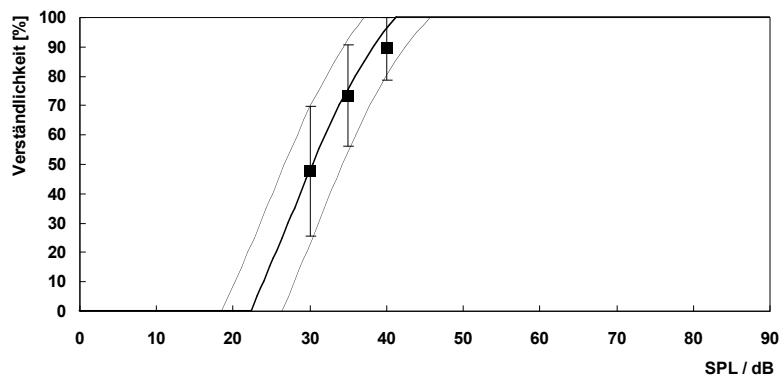


Abb.7.4: Messwerte und approximierte Diskriminationsfunktion für die Wortverständlichkeit des Tests III

Test I: (1-2 Jährige)	Test II: (3-4 Jährige)		Test III: (5-6-Jährige)		Test IV: (3->6-Jährige)	
Papa	Ring	Huhn	Tisch	Bett	Puppe	Bürste
Mama	Korb	Netz	Topf	Fisch	Pommes	Roller
Brumm Brumm	Schaf	Bein	Wand	Tor	Lego	Ente
Baby	Hut	Kind	Buch	Bank	Katze	Bahnhof
Heia	Mehl	Frosch	Bauch	Tuch	Windel	Puzzle
Eis	Eis	Glas	Kleid	Fee	Eimer	Joghurt
Teddy	Tier	Wurst	Salz	Ring	Blume	Ketchup
Oma	Bild	Feld	Netz	Kopf	Hose	Tafel
Opa	Topf	Stein	Milch	Zahn	Esel	Schüssel
	Blatt	Milch	Ohr	Fuß	Affe	Förmchen
	Hund	Wolf	Gans	Reh	Kiste	Segel
	Bett	Sand	Schuh	Chips	Seife	Nase
	Ei	Schuh	Haus	Brot	Schule	Rutsche
	Spiel	Pferd	Bein	Haar	Poster	Cowboy
	Prinz	Schiff	Dieb	Hut	Teller	Gebet
	Boot	Kopf	Stern	Gift	Apfel	Wasser
	Gras	Saft	Stift	Korb	Finger	Gurke
	Mund	Kuh	Stock	Saft	Buggy	Dose
	Tee	Herz	Glas	Uhr	Trommel	Wagen
	Brei	Fisch	Stuhl	Gold	Messer	Müsli
	Knie	Loch	Baum	Kran	Gabel	Honig
	Sitz	Ast	Ei	Wurst	Igel	Hammer
	Mond	Fuchs	Tier	Mond	Flugzeug	Schuh
	Zahn	Keks	Mehl	Kamm	Sonne	Ofen
	Uhr	Licht	Bild	Korn	Schere	Hase
	Reh	Koch	Sport	Sand	Tasse	Brücke
	Pfeil	Hand	Rad	Obst	Kuchen	Sofa
	Pilz	Weg	Mund	Arm	Vogel	Farbe
	Brot	Bach	aus	Stroh	Teddy	Auto
	Ball	Stern	Lied	Hals	Fahrrad	Kaba

Tabelle 4-1: Wortlisten für die Tests I - IV

4.7 Aufsprache der endgültige Version des Tests

Die so ausgewählten Wörter für die Wortlisten der vier Tests wurden im Studio des Bayerischen Rundfunks in Würzburg aufgesprochen. Bei der Auswahl des Sprechers wurden die Empfehlungen von Ackermann und Hahlbrock beachtet [Ackermann, 1969][Hahlbrock, 1970]. Danach sollte der Sprecher folgende Anforderungen erfüllen:

- Nachrichtensprecher
- jugendliche, sachliche Stimme
- keine Dialektfärbung
- gleich bleibende, stimmliche Dynamik und Melodik

- normales Sprechtempo
- männlicher Sprecher

Für die Aufsprache wurde ein männlicher, professioneller Nachrichtensprecher ausgewählt. Jedes Wort wurde langsam und deutlich, mit der ausgebildeten Aussprache des professionellen Rundfunksprechers artikuliert. Aufnahme und Weiterverarbeitung erfolgten in digitaler Form. Die Aufsprache wurde im Studio zunächst digital auf Kassette aufgenommen. Die endgültige Version des Tests liegt als CD vor. Für Eichzwecke wurde zusätzlich zu den Wortlisten noch ein CCITT-Rauschen als Referenzsignal aufgezeichnet.

Die Pausen zwischen den Wörtern wurden mit vier Sekunden absichtlich kurz gewählt. Im Göttinger Kindersprachverständnistest wurden Pausen von sechs Sekunden Länge verwendet. Die längeren Pausen im Göttinger Test wurden gewählt, „um ein Umblättern der einzelnen Bildtafeln dem Kind oder einer Hilfsperson zu ermöglichen“ [Chilla, 1976]. Wir entschieden uns für die kürzeren Pausen, damit der Test nicht so lange dauert und die Kinder nicht so schnell ermüden. Da ein Wort durchschnittlich zwei bis drei Sekunden und eine Pause vier Sekunden dauert, beträgt die Dauer für das Abhören einer Testliste mit 60 Wörtern zirka sechs bis sieben Minuten.

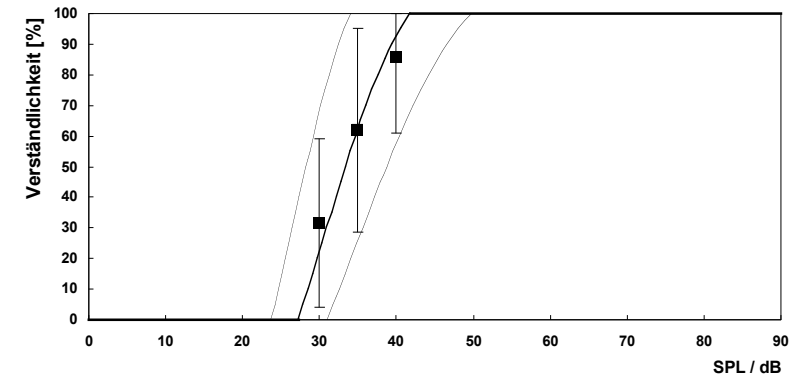


Abb.7.2: Mittelwerte und approximierte Diskriminationsfunktion für die Wortverständlichkeit des Test I

7.1.2 Test II

Test II (einsilbige Wörter für drei- bis fünfjährige Kinder) wurde an 17 normalhörenden Kindern getestet. Die Mittelwerte der Verständlichkeit lagen für Test II für die verwendeten Pegel von 30, 35 und 40 dB bei 30, 51 und 71 Prozent. Die Verständlichkeitsschwelle (SRT) bei Test II entsprach 34,2 dB. Die Steilheit betrug in diesem Punkt 4,4 % / dB.

7 Testung der endgültigen Wortlisten

7.1 Ergebnisse mit normalhörenden Kindern

7.1.1 Test I:

Der Tests I (zweiselbige Wörter für ein- bis zweijährige Kinder) wurden mit 9 normalhörenden Kinder untersucht. Es zeigte sich, dass die ein- bis zweijährigen Kinder das Wort Mama mit 93% am besten verstanden, gefolgt von Baby und Eis mit 86% und Papa mit 81%. Über Opa, Heia, Oma, Teddy und Brum-Brum sank die Verständlichkeit auf 50%.

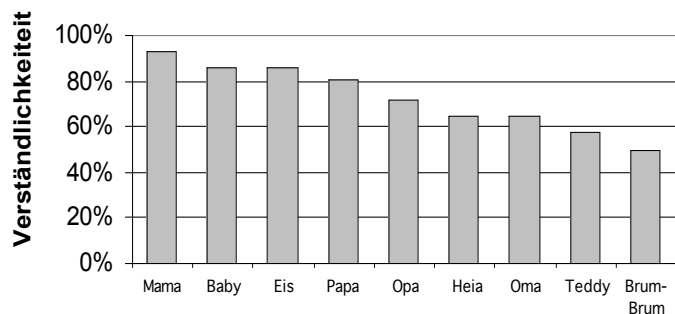


Abb. 7.1 Verständlichkeit der Worte von Test I

Wie die theoretischen Überlegungen erwarten ließen, verläuft in Abb. 7.2 die auf den gemittelten Parameterwerten beruhende Diskriminationsfunktion steiler als die Abfolge der gemittelten Werte der Wortverständlichkeit. Bei einem Signalpegel von 30 dB wurden 32% der Worte richtig verstanden. Bei einem Signalpegel von 40 dB, wurden 86% der Worte richtig verstanden. Die Verständlichkeit stieg um 54 %, bei einer Signalpegeldifferenz von 10 dB (30 bis 40 dB).

Die Verständlichkeitsschwelle (SRT) lag für Test I bei einem Sprachpegel von 32,8 dB. Die Steilheit der Diskriminationskurve für diesen Pegel betrug 7,7 %/dB.

5 Validierung der Tests

5.1 Formulare und Wortlisten

Für die Validierung der Tests wurden Formulare entworfen. Sie enthielten in der Kopfzeile Felder für die persönlichen Daten der Probanden. Der anschließende Hauptteil bestand aus drei Spalten. In der ersten Spalte wurden die Testwörter aufgelistet. In der zweiten Spalte wurde vermerkt, wie viele Phoneme richtig verstanden wurden und in der letzten Spalte, ob das Testwort richtig wiedergegeben wurde.

Sprachtest I		
Ein- und zweiselbige Wörter für Ein- bis Zweijährige		
Name	Geb.-Dat.	Datum
Bemerkung		
Worte	Korrekte Phoneme	Korrekte Worte
1 Papa		
2 Mama		
3 Brum Brum		
4 Baby		
5 Heia		
6 Eis		
7 Teddy		
8 Oma		
9 Opa		

Tabelle 5.1: Formular für Test I in der Originalversion

5.2 Kriterien für die Probandenauswahl

Die Auswahlkriterien wurden den Literaturhinweisen entsprechend folgendermaßen festgelegt [Vogler, 1977; Albrecht, 1973, Billich, 1981]:

- Der тонаудиометриisch gemessene Hörverlust der Kinder durfte für Sinustöne von 500 Hz, 1000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz nicht größer als 20 dB sein.
- Die Kinder mussten eine Tympanometrie mit regelrechtem Befund vorweisen.
- Die Kinder durften keine Infektion der oberen Luftwege haben.
- Die Stichprobe der Kinder sollte möglichst repräsentativ sein. Die Kinder wurden daher zufällig aus verschiedenen Familien, Kindergärten und Schulen ausgewählt.

Alle Kinder durchliefen zunächst eine ohrenärztliche Untersuchung. Bei zwei Kindern wurde eine akute Mittelohrentzündung festgestellt. Sie schieden deshalb aus. Alle anderen zeigten keine Anzeichen eines Infektes der oberen Luftwege und der Gehörgänge. Nach der ohrenärztlichen Untersuchung wurden die Tonschwellen geprüft. Mit Hilfe der Spielaudiometrie wurden die fünf Frequenzen bei 0,5; 1; 2; 4 und 8 kHz getestet. Untersucht wurden beide Ohren einzeln, monaural über Kopfhörer. Als Audiometer diente das CAD 03 der Firma Westra. An die Hörprüfung schloss sich eine Tympanometrie an. Alle Kinder bestanden die audiometrischen Tests.

5.3 Zusammensetzung der Stichproben

In die Untersuchung wurden insgesamt 61 Kinder einbezogen, 29 normalhörende und 32 cochleaimplantierte Kinder.

Die 29 normalhörenden Kinder waren zwischen einem und acht Jahre alt. Sie wurden ihrem Alter entsprechend in drei Gruppen eingeteilt.

Altersgruppe A bestand aus fünf ein- bis zweijährigen Kindern. Mit ihnen wurde die Wortverständlichkeit des Tests I (leichter, einsilbiger und zweisilber Worttest)standardisiert.

Altersgruppe B umfasste zehn drei- bis vierjährige Kinder. Mit ihnen wurden die Tests II (mittelschwerer, einsilbiger Worttest) und IV (zweisilbiger Worttest) standardisiert.

Altersgruppe C schließlich umfasste 15 Kinder im Alter von fünf bis über sechs Jahren. Mit ihnen wurden der Test III (schwerer einsilbiger Worttest) und der Test IV (zweisilbiger Worttest) standardisiert.

gravierend unterschiedlichen Sprachverständlichkeit wurden diese Wörter in den Tests II, III und IV beibehalten.

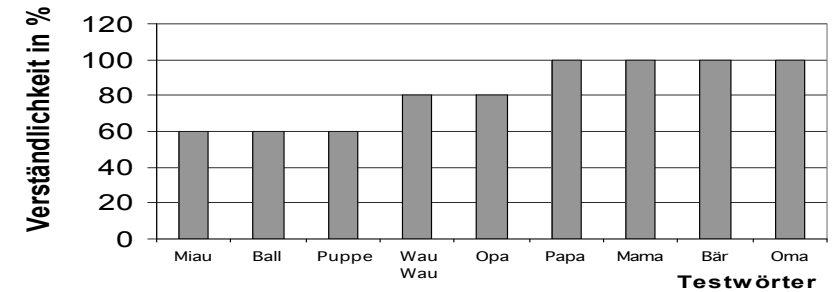


Abb.6.2 Verständlichkeit der Wörter in Prozent der Vorversion des Tests I.

6 Ergebnisse der Voruntersuchung

In der Voruntersuchung ergaben sich bei den fünf untersuchten Kindern die in Abb. 6.1 dargestellten Sprachverständlichkeitsschwellen (Speech reception threshold, SRT). Als Sprachverständlichkeitsschwelle wird derjenige Lautstärkepegel bezeichnet, bei welchem 50% Verständlichkeit erreicht werden. Die Sprachverständlichkeitsschwellen variierten für die verschiedenen Kinder zwischen 32 und 42 dB. Der Mittelwert lag bei 37,4 dB.

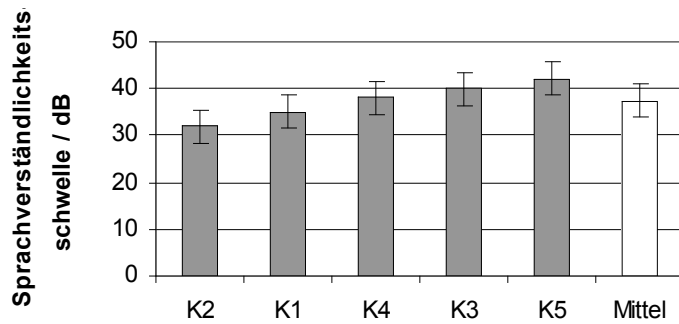


Abb. 6.1: Sprachverständlichkeitsschwelle der 5 normalhörenden Kinder und Gesamtmittelwert der Stichprobe im Vorversuch.

Wörter, die nicht von mindestens vier Kindern verstanden wurden, wurden aus den Vortestlisten bei Test I gestrichen. Dies betraf die Worte Wauwau, Miau, Ball und Puppe.

Im Test II waren die neun Wörter Korb, Boot, Wolf, Bach, Hund, Uhr, Wurst, Kuh und Bein etwas schlechter verständlich, im Test III die vier Wörter Bier, Fee, Gold und Korn und im Zweisilber Test IV die zwölf Wörter Buggy, Kuchen, Bürste, Puzzle, Gurke, Brücke, Pommes, Förmchen, Dose, Laster, Windel und Igel.

Die Lautstärke dieser Wörter wurde an Hand der Aufsprache im Nachhinein nochmals gemessen. Es fanden sich in keinem Fall so gravierenden Abweichungen von der mittleren Lautstärke der Aufsprache, dass man die Unterschiede in der Sprachverständlichkeit hätte darauf zurückführen können. Aufgrund der nicht so

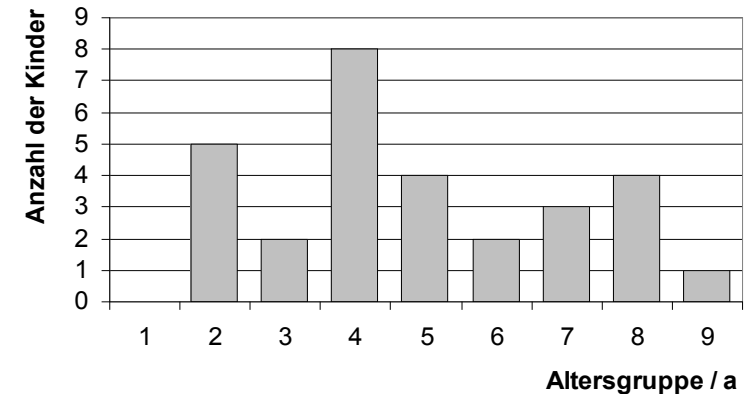


Abb. 5.1 : Die Altersverteilung der 29 normalhörenden Kinder

Die 32 cochleaimplantierten Kinder waren zwischen einem und zwölf Jahre alt. Die Erstanpassung der CIs lag mindestens ein halbes Jahr zurück. Die CI Kinder wurden nach ihrer Fähigkeit, Sprache schlecht, mittel oder gut zu verstehen, in drei Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgte nach den Vorgaben von Frau Dr. Dipl. Psychologin Kühn-Inacker, die im Hörgeschädigtenzentrum Würzburg Süd alle cochleaimplantierten Kinder betreute und daher deren Sprachfähigkeiten sehr gut einschätzen konnte.

Sprachverständnisgruppe A mit schlechtem Sprachverständnis: Die Gruppe bestand aus 15 CI-Kindern. Mit ihnen wurde Test I geprüft.

Sprachverständnisgruppe B mit mittlerem Sprachverständnis: Insgesamt wurden mit 7 CI-Kindern in dieser Gruppe die Tests II und IV validiert.

Sprachverständnisgruppe C mit gutem Sprachverständnis: Diese Gruppe bestand aus neun Kindern. Mit ihrer Mitwirkung wurden die Tests III und IV untersucht.

5.4 Durchführung der Tests für die endgültige Version

Die Tests fanden in einer 16 m² großen Audiometrikammer statt. Hergestellt und installiert wurde die Kammer von der Firma IAC. Die Kinder wurden von vier Lautsprechern gleichzeitig beschallt. Sie saßen in der Mitte einer Raute, an deren Ecken sich die vier Lautsprecher befanden. Jeweils ein Lautsprecher befand sich vorne, hinten, rechts und links. Der Abstand zu den Lautsprechern betrug einen Meter. Die Tests wurden über einen in den Audiometermessplatz der Firma Westra integrierten CD-Player abgespielt. Sowohl die Normalhörenden als auch die CI-Kinder wurden zwischen Mai 1999 und Mai 2000 in der Hals-Nasen-Ohren-Universitätsklinik zu Würzburg getestet.

5.4.1 Testverfahren bei den normalhörenden Kindern

Bei den normalhörenden Kindern wurden die Testwörter in allen Altersgruppen mit drei verschiedenen Lautstärkepegel, nämlich 30 dB, 35 dB und 40 dB SPL angeboten. Abgeleitet wurden diese Pegel aus Angaben in der Literatur zur Sprachverständlichkeit bei Kindern. Hirsch et al. erzielten bei den lautesten von uns benutzten Lautstärkepegel von 40 dB eine Sprachverständlichkeit von 90% [Hirsch et al 1952]. Bei der gleichen Pegelabstufung wie der oben genannten hat auch S.M. Soliman gemessen. Er fand bei 40 dB eine Verständlichkeit von 80%, die um 6% pro Dezibel zu kleineren Pegeln hin abnahm [Soliman, 1976]. Bei linearer Extrapolation errechnet sich für die Sprachverständlichkeitsschwelle ein Pegel von 33,3 dB. Für den kleinsten Pegel von 30 dB erhält man eine Verständlichkeit von 30%. Mit den genannten Lautstärkepegel sollten sich daher Sprachverständlichkeiten messen lassen, welche den 50% Wert einschließen und so eine sichere Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle ermöglichen.

5.4.2 Testverfahren bei den cochleaimplantierten Kindern

Bei den cochleaimplantierten Kindern wurde im Unterschied zur Untersuchung bei den Normalhörenden nur ein einziger Lautstärkepegel benutzt (most comfortable level). Dieser wurde mit wenigen Wörtern aus der Mitte der Liste einreguliert. Dazu wurden

$$V(L) = R * \tanh(a * (L - X_0)) + Y_0$$

V:	Verständlichkeit in %
L:	Lautstärkepegel / dB
a:	Steigung des Graphen für $L=X_0$
X_0 :	parallele Verschiebung des Graphen in X-Richtung
Y_0 :	parallele Verschiebung des Graphen in Y-Richtung
R:	Streckungsfaktor (in Ordinatenrichtung)

Aus der DIN-Kurve wurden für die elf Prozentwerte 0, 10, 20 ... 100 die Abszissenwerte abgelesen und in eine Excel Tabelle eingetragen. Die Anpassung der Parameter erfolgte nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate mit der von Excel bereitgestellten Funktion ‚Solve‘. Für den Lösungsvektor {a, X_0 , Y_0 , R} ergaben sich die Werte {0,044, 26,0, 33,2, 86,9}. Der Approximationsfehler liegt in der Größe der Ablesegenauigkeit für die Werte in der DIN-Kurve. Die maximale Abweichung beträgt 0,4 dB.

Für die Auswertung der an den Kindern gewonnen Messdaten wurden die Werte für die Parameter Y_0 und R, so wie sie aus der DIN Kurve gewonnen wurden, beibehalten und nur die Werte für die Parameter a und X_0 wurden individuell angepasst.

Die unterschiedlichen Sprachverständlichkeitsschwellen spiegeln sich im Wesentlichen im Parameter X_0 wider und die Steilheit des Anstiegs der Diskriminationsfunktion im Parameter a. Bei Kindern mit nur extremen Verständlichkeitswerten, bei welchen der Parameter a nur unsicher geschätzt werden konnte, wurde auch der Wert des Parameters a festgehalten und nur der Wert für X_0 wurde optimiert. Als Wert für a wurde der Mittelwert über alle Kinder genommen, für welche a geschätzt werden konnte.

Aus den so bestimmten Diskriminationsfunktionen konnte auch umgekehrt für jeden Wert der Verständlichkeit der entsprechende Pegel berechnet werden. Auf diese Weise wurden für 20 gleichmäßig abgestufte Verständlichkeitswerte die zugehörigen Pegelwerte berechnet. Mit diesem invertierten Datensatz wurden abhängig von der Verständlichkeit für die entsprechenden Pegel die Standardabweichungen berechnet. In den Abbildungen des Ergebnisteils begrenzen sie als dünne Linien den Streubereich. Wie in der DIN Norm wurde die Breite des Streubereichs plus/minus einer Standardabweichung gewählt.

Parameter zu mitteln. Im gegebenen Beispiel produzierte der fünfte Proband von links gerade eine Diskriminationsfunktion mit dieser mittleren Sprachverständlichkeitsschwelle. Seine Diskriminationsfunktion kann als charakteristisch für das Kollektiv gelten.

Dieser Lösungsansatz wirft ein neues Problem auf. Die Lösung setzt auf einer Lautheitsfunktion auf, deren Verlauf sich durch einen Satz von Parametern festlegen lässt. Die Mittelung wird über die Parameterwerte ausgeführt und diese Mittelwerte definieren die "mittlere Diskriminationsfunktion". In einem ersten Schritt galt es daher, für die Beschreibung der Diskriminationsfunktion eine geeignete Modellfunktion zu finden. In der vorliegenden Arbeit orientierte sich die Auswahl der Modellfunktion an den Auswertungen zum HSM-Test [Hochmaier, Schulz und Moser, 1996] und an der DIN Norm 45626. Dieser Norm liegen die oben zitierten Verständlichkeitsmessungen am Freiburger Einsilbertest durch Brinkmann zu Grunde [Brinkmann, 2004].

Im HSM-Test wird zur Approximation der Diskriminationsfunktion die logistische Funktion verwendet. Sie zeigt einen sigmoidförmigen Verlauf ähnlich wie die Normalverteilung und bietet sich daher für die Modellierung der Diskriminationsfunktion an. Gegenüber der Normalverteilung hat sie den Vorteil, dass sie mit Hilfe der Exponentialfunktion in geschlossener Form dargestellt werden kann. In dieser Arbeit wurde eine nur formal andere Darstellung, nämlich mit Hilfe des Tangenshyperbolicus verwendet. Diese Formulierung schien vorteilhaft, weil leichter erkennbar war, welche Auswirkungen Änderungen der Parameter auf den Verlauf der Funktion haben.

Die in Brinkmann 2004 angegebenen Graphen für die Verständlichkeit im Freiburger Test für Zahlen und Einsilber münden mit endlicher Steigung der Tangenten in die Nulllinie und Hundertprozentlinie ein. Um diesen Verlauf mit Hilfe des Tangenshyperbolicus darstellen zu können, wurde die Funktion gestreckt und nur der mittlere Teil wurde für die Approximation benutzt. Dies führt auf eine Darstellung wie unten gezeigt. Da die Diskriminationsfunktion für den Freiburger Einsilbertest im Bereich kleiner Verständlichkeitswerte steiler verläuft als für große, musste die Symmetrielinie des Tangenshyperbolicus unterhalb der 50 % Linie liegen und die Größe der Verschiebung durch einen weiteren Parameter festgelegt werden. Damit ergibt sich die folgende Darstellung mit vier zu bestimmenden Parametern.

die Kinder gefragt, ob das angebotene Wort bezüglich seiner Lautstärke gut zu verstehen sei. Ihren Angaben entsprechend wurde die Lautstärke am Audiometer erhöht oder erniedrigt.

5.5 Durchführung der Tests

Den Kindern wurden die Wörter im oben beschriebenen zeitlichen Rahmen vorgespielt. Danach sollten sie das, was sie verstanden hatten, nachsprechen. Sie wurden auch ermuntert, nur einzelne Laute wiederzugeben, falls sie ein Wort nur teilweise verstanden hätten. Außerdem wurden die Lippenbewegungen der Kinder beobachtet. Dadurch angezeigte, aber nicht ausgesprochene Phoneme wurden als teilweise richtig gewertet, wie dies J.P. Penrod empfahl: „The examiner should watch the patient so as to make use of lipreading....should not hesitate to seek clarification from the patient regarding a response when any doubt exists“[Penrod, 1979].

a.) Normalhörende Kinder

Für diese Gruppe wurde alleine die prozentuale Wortverständlichkeit berechnet. Ein Wort galt als verstanden, wenn alle Phoneme richtig wiedergegeben wurden. Aus den Verständlichkeitswerten wurden für jeden Test, wie weiter unten beschrieben, die Diskriminationsfunktionen berechnet.

b.) Cochleaimplantierte Kinder

Bei den CI Kindern wurde die Wort- und Phonemverständlichkeit geprüft. Ein Wort wurde als richtig verstanden gezählt, wenn alle Phoneme des Wortes richtig wiedergegeben wurden.

Bei der Berechnung der Phonemverständlichkeit wurde jedes richtig wiedergegebene Phonem gewertet. Blatt z.B. besteht aus vier Phonemen. Wenn ein Kind Bar antwortet, so wurden zwei Phoneme als richtig gehört gewertet, nämlich B und a. Für das benutzte Beispiel wäre eine 50%-ige Phonemverständlichkeit errechnet worden.

Die von den cochleaimplantierten Kindern als angenehme Lautstärke benutzten Pegel lagen zwischen 60 bis 100 dB. Abb.5.2 zeigt die Verteilung der Pegel in der Stichprobe. Im Basler Satztest wird für die untersuchten, hörgeschädigten Patienten ebenfalls eine angenehme Verständlichkeit bei 60-90 dB beschrieben [Tschopp, 1997].

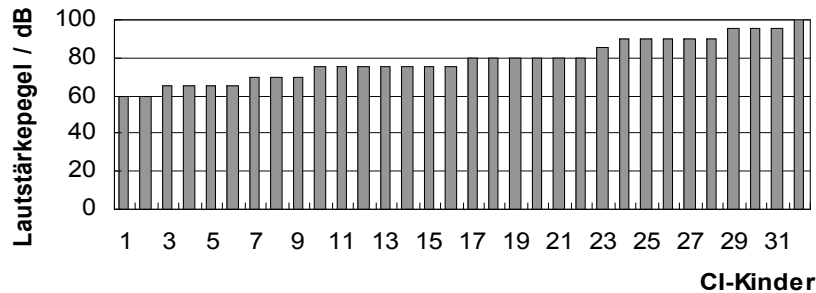


Abb. 5.2: Von den einzelnen CI-Kindern als angenehm laut beurteilter Schallpegel

5.6 Darstellung und Auswertung der Daten

In Anlehnung an Brinkmann wurden für jeden Pegel die einzelnen Messwerte zu einem Mittelwert zusammengefasst [Brinkmann, 1974]. Obgleich sogleich Einwände gegen diese Art der Auswertung erhoben werden, werden in den Diagrammen trotzdem Mittelwerte und Standardabweichungen gezeigt, weil sie eine einfache und gewohnte Charakterisierung der Daten erlauben und im vorliegenden Fall die im nächsten Absatz theoretisch begründeten Verzerrungen sehr klein ausfallen.

Abb. 5.3 zeigt eine stark vereinfachte, idealisierte Diskriminationsfunktion von angenommenen neun Probanden. Für jeden wurde ein linear ansteigender Übergangsbereich der Diskriminationsfunktion unterstellt, außerhalb dieses Bereichs soll die Verständlichkeit 0 oder 100% betragen. Die Probanden unterschieden sich alleine durch die Sprachverständlichkeitsschwelle.

Sinnvollerweise wird man eine Eigenschaft, die allen Probanden zukommt, als typisch für das Verhalten dieser Probanden ansehen. Im Gegensatz dazu zeigt der Verlauf der Mittelwerte eine ganz andere Charakteristik. Die Mittelwerte zeigen einen flacheren, teilweise sogar einen plateauartigen Verlauf, obwohl kein einziger Proband ein solches Verhalten zeigt.

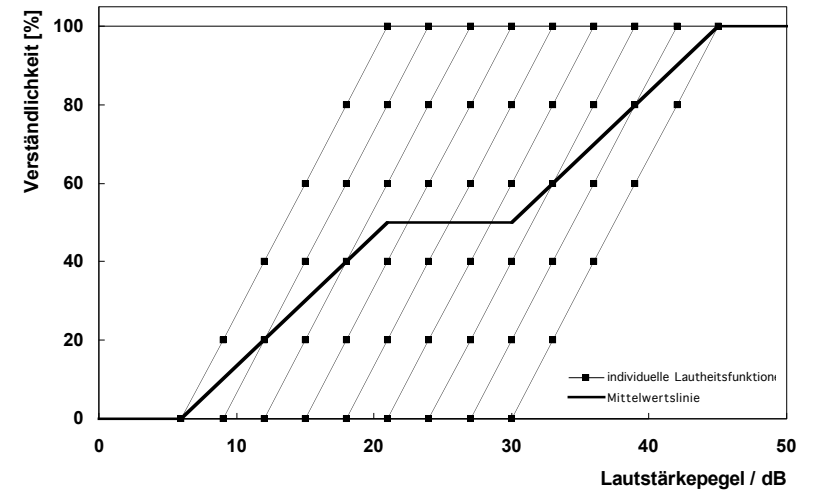


Abb. 5.3: Diskriminationsfunktionen einzelner Probanden und die für das Kollektiv nicht repräsentative Mittelwertskurve

Damit der zu demonstrierende Effekt deutlich hervortrat, wurden sehr unterschiedliche und gleichverteilte Sprachverständlichkeitsschwellen unterstellt. Für eine enge Gaußverteilung fielen die Verzerrungen wesentlich weniger dramatisch aus. Allerdings bliebe auch hier eine systematische Verzerrung bestehen. Die durch die Mittelwerte definierte Diskriminationsfunktion verlief im Vergleich zu den Diskriminationsfunktionen der einzelnen Probanden flacher. Kohlmeier hat gezeigt, dass die "mittlere" Diskriminationsfunktion aus einer Faltung der Diskriminationsfunktion mit der Verteilung der Sprachverständlichkeitsschwelle entsteht [Kohlmeier, 1990].

5.7 Auswahl und Anpassung einer Modellfunktion

Das gezeigte Beispiel legt eine Lösung nahe, wie sich die aufgezeigte Problematik umgehen lässt. Der einzige Parameter, der in den Beispieldaten variierte, war die Sprachverständlichkeitsschwelle. Über die Sprachverständlichkeitsschwelle kann aber, wie das Beispiel nahe legt, in sinnvoller Weise gemittelt werden. Die Lösung besteht also darin, nicht über die einzelnen Daten, sondern über einen daraus abgeleiteten