

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten,  
plastische und ästhetische Operationen  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. Dr. h. c. R. Hagen

Sprachverstehen im Störlärm mit dem Würzburger Kindersprachtest

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

vorgelegt von

Christian Rainer Steigenberger

aus Rimpar

Würzburg, August 2009



Referentin: Prof. Dr. med. Wafaa Shehata-Dieler  
Koreferent: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen  
Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 30.11.2009

Der Promovend ist Zahnarzt.



**Meinen Eltern in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.**



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Allgemeiner Teil .....	3
2.1	Sprachaudiometrie im Störlärm .....	3
2.1.1	Allgemeines.....	3
2.2	Geschichte der Sprachaudiometrie mit Störlärm .....	3
2.3	Sprachaudiometrie mit Kindern im Störlärm .....	7
2.4	Störgeräusche .....	8
2.4.1	Künstliche Störgeräusche .....	8
2.4.2	Stimmengewirr .....	9
2.5	Methoden zur Bestimmung des Sprachverständnisses im Störlärm .....	11
2.5.1	Begriffserklärung .....	11
2.5.2	Versuchsanordnungen im freien Schallfeld .....	12
2.5.3	$S_0N_{-45}N_{45}$ -Situation .....	14
2.5.4	$S_{45}N_{-45}$ / $S_{-45}N_{45}$ -Situation.....	14
2.5.5	$S_0N_0$ / $S_0N_{90}$ -Situation .....	15
2.5.6	Pegeleinstellung.....	17
2.5.7	Ermittlung der Sprachverständlichkeitsschwelle .....	20
3	Material und Methoden .....	21
3.1	Probanden.....	21
3.1.1	Einschlusskriterien .....	23
3.1.2	Aufklärung und Voruntersuchung.....	23
3.2	Test .....	24
3.2.1	Testaufbau .....	24
3.2.2	Technisches Gerät .....	25
3.2.3	Eingesetzter Test .....	26
3.2.4	Störgeräusch.....	27
3.2.5	Vorbereitung.....	28
3.2.6	Probedurchlauf.....	28
3.2.7	Test .....	28
3.3	Dokumentation der Ergebnisse .....	29

3.4	Auswertung der Ergebnisse .....	29
3.5	Statistische Methoden .....	30
4	Ergebnisse .....	31
4.1	Übersicht über die Messergebnisse .....	31
4.2	Bestimmung der 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) .....	31
4.3	Verteilung der Messergebnisse .....	32
4.4	Ergebnisse in den drei Listen .....	33
4.4.1	Einteilung der Ergebnisse in zwei Gruppen.....	34
4.5	Alterseffekte .....	37
4.6	Reihenfolgeneffekt.....	40
4.7	Untersuchung der ersten Messung.....	40
5	Diskussion der Ergebnisse .....	41
5.1	Interindividuelle Unterschiede .....	41
5.2	Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) .....	43
5.3	Äquivalenz der drei Listen .....	44
5.4	SRT und Alter .....	44
5.5	Diskussion der Methode .....	45
5.5.1	Eingesetzter Test .....	45
5.5.2	Offenes versus geschlossenes Antwortprinzip.....	45
5.5.3	Eingesetztes Störgeräusch .....	46
5.5.4	Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle (50%- iges Sprachverständnis, SRT) .....	48
6	Zusammenfassung .....	52
7	Literaturverzeichnis.....	55

## Verzeichnis verwendeter Abkürzungen

BILD	binaural intelligibility level difference
CCITT	Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique
dB	Dezibel
HSM-Test	Hochmair-Schulz-Moser-Test
ICRA	International Collegium on Rehabilitative Audiology
ILD	intelligibility level difference
OIKi	Oldenburger Kinder-Reimtest
OIKiSa	Oldenburger Kinder-Satztest
OISa	Oldenburger Satztest
Rec	recommendation
SNR	signal-to-noise ratio
SPIN-Test	speech perception in noise test
SRT	speech reception threshold
WueKi	Würzburger Kindersprachtest



## 1 Einleitung

Zu den erstaunlichsten Eigenschaften des auditorischen Systems zählt die Fähigkeit Sprachsignale auch in lauter Umgebung wahrnehmen, verarbeiten und verstehen zu können.

Diese Fähigkeit bildet zusammen mit der Sprachproduktion die Grundlage der menschlichen audio-verbale Kommunikation. Schließlich spielen sich Gespräche im Alltag selten in absoluter Ruhe ab. Hörgesunde Menschen sind sogar in der Lage in Anwesenheit intensiver Störgeräusche wie Verkehrslärm oder Stimmengewirr eine Unterhaltung zu führen (Cherry 1953).

Wie wichtig eine ausreichende Diskriminationsfähigkeit in lauter Umgebung für die Alltagsbewältigung ist, wird anhand der Tatsache deutlich, dass Patienten mit Hörstörungen häufig über ein reduziertes Sprachverständnis bei Umgebungslärm klagen.

Um das individuelle Diskriminationsverhalten von Patienten im Rahmen klinischer Untersuchungen unter lauten Bedingungen qualitativ zu erfassen, können sprachaudiometrische Tests wie der Hochmair-Schulz-Moser (HSM)-Satztest (Hochmair-Desoyer, Moser, Schulz 1997) oder der Oldenburger Satztest (Wagener et al. 1999) unter künstlichem Störschalleinfluss durchgeführt werden.

Im Bereich der Kindersprachaudiometrie existiert bis heute kein vergleichbarer Sprachtest, der für die Anwendung im Störschall geeignet ist. Neben der Diagnostik von Hörstörungen wäre ein solcher Test besonders für die Anpassung und Kontrolle von Hörgeräteversorgungen und Cochlea-Implantaten wünschenswert.

Der Mainzer Kindersprachtest (Biesalski et al. 1974) und der Göttinger Kindersprachverständnistest (Chilla et al. 1976) sind seit vielen Jahren erfolgreich in der Klinik erprobt, prinzipiell aber für die Anwendung in Ruhe konzipiert und für Untersuchungen im Störlärm ungeeignet (Steffens 2007).

Inwieweit der neu veröffentlichte Würzburger Kindersprachtest (Baumann 2006) diese Aufgabe erfüllen kann, ist Thema der vorliegenden Arbeit.

## **2 Allgemeiner Teil**

### **2.1 Sprachaudiometrie im Störlärm**

#### **2.1.1 Allgemeines**

Im Alltag können wir die Sprache als unser wichtigstes Kommunikationsmittel selten in absoluter Ruhe wahrnehmen. Häufig stören Umweltgeräusche wie Verkehrslärm oder Stimmengewirr die Aufnahme akustischer Signale.

Für ältere Menschen stellt der Hörverlust ein Problem bei der Bewältigung des Alltags dar. Wichtige Durchsagen an belebten öffentlichen Plätzen wie Flughafen oder Bahnhof können nicht mehr verstanden werden. Den Patienten fällt es schwer in Restaurants oder auf einer Cocktail-Party mit erhöhtem Geräuschpegel einer Unterhaltung zu folgen.

Die Sprachaudiometrie mit Störlärm ermöglicht es dem Untersucher eine alltägliche Gesprächssituation in lauter Umgebung nachzuahmen. Heute spielt sie bei der Auswahl und Verlaufsbeurteilung von Hörgeräteversorgungen eine entscheidende Rolle.

### **2.2 Geschichte der Sprachaudiometrie mit Störlärm**

Der erste standardisierte Sprachtest in Deutschland war der Freiburger Test von Hahlbrock aus dem Jahre 1957. Er besteht aus zwei Teilen: einem Zahlentest und einem Wörtertest. Der Zahlentest setzt sich aus 10 Gruppen zu je 10 mehrstelligen Zahlen zusammen. Der Wörtertest gliedert sich in 20 Gruppen zu je 20 einsilbigen Wörtern (Hahlbrock 1970). Mit den Jahren geriet der Test zunehmend in die Kritik und wurde häufig überarbeitet.

Kießling bemängelt die unterschiedlichen Verständlichkeiten der Gruppen 3 und 5 beim Einsilbertest. Außerdem fehlt es an einem Ankündigungssignal und einem geeigneten Störgeräusch für die Prüfung in lauter Umgebung (Kießling 2000). Trotzdem gilt er bis heute als ein Standardverfahren in der Routinediagnostik in Ruhe.

Nach Niemeyer macht die Fähigkeit Sätze zu verstehen den Wert des Gehörs als Sinn des Sozialkontakts aus. Eine Hörstörung wird in diesem Maße als Beeinträchtigung empfunden wie sie das Satzverständnis reduziert. Aus diesem Grund entwickelte er den Marburger Satztest. Er besteht aus 10 Testlisten mit jeweils 10 Sätzen (Niemeyer 1967). Obwohl Niemeyer seinen Test für die Anwendung in Ruhe konzipierte, kommt er in der klinischen Routine auch im Störlärm zur Anwendung (Böhme, Welzl-Müller 1998).

Schultz-Coulon stellte eine stärkere Beeinträchtigung des Satzverständnisses bei Hochtonschwerhörigkeit durch Störgeräusche im Vergleich zu anderen Formen der Schwerhörigkeit fest. Er ermittelte mit dem Marburger Satzverständnistest (Niemeyer et al. 1962) das Satzverständnis ohne und mit Hintergrundrauschen nach CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) (Schultz-Coulon 1974).

Platte zeigte den Nutzen der Sprachaudiometrie im Störlärm für diagnostische Zwecke bei audiologisch unauffälligen Personen, die über mangelndes Sprachverständnis in lauter Umgebung klagen. Diese Probanden mit subjektiv schlechtem Sprachverständnis erreichten ein signifikant schlechteres Ergebnis im Störschall als Probanden mit subjektiv gutem Sprachverständnis (Platte et al. 1978).

Sprachaudiometrische Tests im Störschall können also die gängigen audiologischen Verfahren sinnvoll ergänzen.

Folglich mehrten sich in den 80er Jahren die Forderungen nach Berücksichtigung von Störlärm bei Hörtests (Welzl-Müller 1981; Platte 1980; Moser 1987).

Plomp und Mimpfen untersuchten die Satzverständlichkeit unter Rauschen. Ihr Ziel war es, mit einfachen Aussagesätzen (Beispiel: „Mein Nachbar hat sich ein neues Auto gekauft“) eine alltägliche Gesprächssituation zu imitieren. Mit ihrem Test ermittelten die Untersucher die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom Alter bei Probanden von 20 bis 96 Jahren (Plomp, Mimpfen 1979b).

Ein ganz anderes Ziel verfolgte Sauer. Sein beidohriger Zahlentest von 1981 wurde zur Beurteilung der verkehrsmedizinischen Tauglichkeit und tätigkeitsbedingter Lärmschwerhörigkeit in der ehemaligen DDR angewendet (Sauer 1992).

In den 90er Jahren wurden einige Neuentwicklungen sprachaudiometrischer Tests im Störlärm veröffentlicht.

Wesselkamp et al. stellten 1992 den Göttinger Satztest als eine Weiterentwicklung des Marburger Satztests vor. Die Autoren achteten bei der Zusammenstellung auf die Gleichheit der Phonem- und Wortanzahlen der Satzlisten. Die Phonemverteilung sollte der Verteilung in der deutschen Sprache entsprechen. Ein weiteres wichtiges Kriterium war eine Übereinstimmung der Verständlichkeiten der Listen bei unterschiedlichen Signal-Rauschabständen. Der Test selbst besteht aus 20 Listen zu je 10 Sätzen und ist computergesteuert durchführbar (Wesselkamp et al. 1992).

Döring und Hamacher erarbeiteten weitere spezielle Sprachtestverfahren zur Diagnostik und Beurteilung des Sprachverstehens von Hörgeschädigten sowie zur Überprüfung und Optimierung der Einstellung von Hörhilfen (Döring, Hamacher 1992).

Hierfür entwickelten sie den Aachener Logatomtest und den »Dreinsilbertest«. Der Aachener Logatomtest dient vor allem der Therapieverlaufskontrolle bei Cochlea-Implantat-Patienten und zur Verbesserung der Hörgeräteanpassung. Er besteht in seiner Grundform aus einsilbigen sinnfreien Konsonant-Vokal-Konsonant-Verbindungen (CVC). Der Schwierigkeitsgrad lässt sich durch komplexere Lautverbindungen (VCV, CCVC etc.) manuell oder computergesteuert steigern.

Der »Dreinsilbertest« ist für die Anwendung im Störschall konzipiert. Er verwendet - daher der Name - drei aufeinander folgenden Wörter aus dem Freiburger Sprachverständnistest. Als Störgeräusch dient die 32fache Überlagerung der gesamten Testwörter. Der »Dreinsilbertest« ist für die Diagnostik von Hörstörungen, Einschränkungen der auditiven Selektionsfähigkeit sowie der binauralen Hörverarbeitung konzipiert. Außerdem ist er

zur Verlaufsbeurteilung von Hörstörungen einsetzbar (Döring, Hamacher 1992).

Im gleichen Jahr veröffentlichten Tschopp und Ingold eine deutsche Version des SPIN-Tests (speech perception in noise) nach Kalikow von 1977 (Tschopp, Ingold 1992). Dieser ist seit 1996 kommerziell als Basler Satztest erhältlich. Als Testmaterial dienen kurze Sätze, die stets mit einem einsilbigen Wort enden. Aus dem Informationsgehalt des vorangegangenen Satzteils resultieren Schlusswörter mit hoher (HP = high predictable) und niedriger (LP = low predictable) Vorhersagbarkeit. Das Testmaterial besteht aus 10 LP- und 10 HP-Listen zu je 15 Sätzen. Für die Routinediagnostik kommen die LP-Listen zum Einsatz. Bei speziellen Fragestellungen und Untersuchung der zentralen Sprachverarbeitung sind die HP-Listen anzuwenden. Als Störschall dient Stimmengewirr, das aus der 32fachen Überlagerung der Sprecherstimmen gewonnen wurde (Tschopp, Schmid 1997).

1997 stellten Hochmair-Desoyer, Schulz und Moser den HSM-Satztest zur Evaluation des Sprachverständnisses von Cochlea-Implantat-Trägern vor (Hochmair-Desoyer, Moser, Schulz 1997). Er besteht aus 30 Listen zu je 20 Sätzen aus der Alltagssprache. Der Test ist in Ruhe und im Störlärm mit dem Rauschen nach CCITT durchführbar.

Eine weitere neuere Entwicklung in Anlehnung an den schwedischen Satztest nach Hagermann von 1984 ist der Oldenburger Satztest (OISa). Das Wortmaterial besteht aus zehn Sätzen à fünf Wörter. Jeder Satz hat folgende Grundstruktur: Name, Verb, Zahlwort, Adjektiv und Objekt. Durch zufällige Neukombinationen stehen so bis zu  $10^5$  verschiedene Sätze zur Verfügung. Der Test ist für die Anwendung im Störlärm angelegt. Als Störgeräusch dient die 30fache Überlagerung des gesamten Sprachmaterials (Wagener et al. 1999).

## 2.3 Sprachaudiometrie mit Kindern im Störlärm

Im deutschen Sprachraum gelten der Mainzer Kindersprachtest (Biesalski et al. 1974) und der Göttinger Kindersprachverständnistest (Chilla et al. 1976) als Standardinstrumente der Sprachaudiometrie bei Kindern.

Beide Verfahren sind prinzipiell für die Anwendung in Ruhe konzipiert und für Untersuchungen im Störlärm ungeeignet (Steffens 2003). Auch die Entwickler des Oldenburger Kinder-Reimtest empfehlen den Einsatz ihres Tests nur in Ruhe (Hörzentrum-Oldenburg 2000).

Deshalb entwickelte Steffens den Oldenburger Kinder-Reimtest (OIKi) weiter. Er optimierte die akustischen Eigenschaften des Testmaterials für die Anwendung im Störgeräusch. Mit Hilfe eines Computer-Programms glückte es ihm, die Pegelschwankungen der Testwörter aus und erzielte so ein konstantes Signal-Rauschverhältnis sowie eine vollständige spektrale Maskierung der Zielwörter. Bei dieser sogenannten Regensburger Variante des OIKi handelt es sich um einen Sprachtest im Störgeräusch für die Altersgruppe von 7 bis 10 Jahren. Das Sprachtestmaterial entstammt aus dem OIKi in der Originalversion (Steffens 2003). Der OIKi selbst ist ein Einzelwort-Sprachverständlichkeitstest mit geschlossenem Testformat und besteht aus 10 verschiedenen Testlisten zu je 10 Testwörtern (Kliem, Kollmeier 1995). Das Kind wählt das gehörte Wort auf Bildkarten aus drei Antwortalternativen aus. Die Antwortmöglichkeiten unterscheiden sich dabei nur in einem Phonem, z. B. Beule, Eule, Keule (Wagener 2005). Als Störgeräusch dient das amplituden-unmodulierte sprachsimulierende Rauschen nach ICRA1 (International Collegium on Rehabilitative Audiology).

Die Einsatzmöglichkeit der Regensburger Variante erstreckt sich von der Diagnostik bei Kindern mit Verdacht auf eine zentral-auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (ZAVW) bis zur Hörgerätekontrolle (Steffens 2003).

Wagener untersuchte das Sprachverstehen von Kindern im Störlärm mit dem Oldenburger Kinder-Reimtest (OIKi) in der Originalversion, dem Oldenburger Satztest (OISa) und dem Oldenburger Kinder-Satztest (OIKiSa). Der OIKiSa

ist eine Kurzform des OISa bestehend aus sieben Pseudosätzen zu je drei Teilen: einem Zahlwort, einem Adjektiv und einem Objekt (Wagener 2005).

Zu den neueren Entwicklungen auf dem Gebiet der Sprachaudiometrie gehört auch der Würzburger Kindersprachtest (WueKi). Er soll die etablierten Verfahren wie den Mainzer Kindersprachtest (Biesalski et al. 1974) oder den Göttinger Kindersprachverständnistest (Chilla et al. 1976) als sinnvolle Alternative ergänzen, da sich bei Kindern mit Hörgeräteversorgungen oder Cochlea-Implantaten, die bisweilen mehrmals jährlich mit den genannten gängigen Tests untersucht werden, ein gewisser Trainingseffekt einstellen kann. Außerdem entsprechen die Wörter des Mainzer und Göttinger Tests nicht mehr dem aktuellen Wortschatz (Völter et al. 2005).

Die Evaluation und Standardisierung des Würzburger Kindersprachtests im Störgeräusch ist Gegenstand dieser Arbeit.

## **2.4 Störgeräusche**

Zur Durchführung von sprachaudiometrischen Tests unter Störschalleinfluss steht eine große Auswahl an verschiedenen Störgeräuschen zur Verfügung. Grundsätzlich kann man zwischen künstlichem Rauschen und Stimmengewirr - auch Babble-Geräusche genannt - unterscheiden (Ingold, Tschopp 1992). Andere Störsignale wie Fremdsprache, deutsche Sprache, Musik oder Turbinenlärm werden heute nicht mehr angewandt.

### **2.4.1 Künstliche Störgeräusche**

Am häufigsten findet heute wohl das stationäre sprachsimulierende Rauschen (CCITT Rec. G.227) Anwendung. Darin ist das Frequenzspektrum der natürlicherweise in der Umwelt vorkommenden Geräusche im tiefen Frequenzbereich enthalten. Die Pegelverteilung ist weitestgehend konstant (Wedel 1985). Diese Eigenschaft entspricht nach Plomp und Duquesnoy aber nicht den realen Gegebenheiten, da zeitliche Strukturen

unberücksichtigt bleiben (Plomp, Duquesnoy 1982). Nach Sotschek ist das sprachsimulierende Rauschen nach CCITT nicht die erste Wahl für audiologische Messungen. Es erfüllt das Spektrum von Telefonleitungen, da es ursprünglich zur Bewertung der Sprachqualität von Telefongesprächen gedacht war (Tschopp, Ingold 1992).

Breitbandige Störschalle mit großem Frequenzspektrum wie das weiße und das rosa Rauschen sind ebenso keine geeigneten Störschalle für die Audiometrie. Sie entsprechen nicht den natürlichen tieffrequenten Umweltgeräuschen (Sotschek 1985).

Fastl empfiehlt ein Störgeräusch, dessen spektrale Verteilung und zeitliche Hüllkurvenschwankung im Mittel derjenigen von fließender Sprache entspricht. Das Fastl-Rauschen besteht aus dem Rauschen nach CCITT, das mit einem Bandpaßrauschen amplitudenmodelliert wurde (Fastl 1987).

Steffens betont die Eignung artifiziellen Rauschens für diagnostische Zwecke. Die akustischen Eigenschaften sind genau definiert und die Testbedingungen stets reproduzierbar (Steffens 2007). Er verwendet deshalb das amplituden-unmodulierte sprachsimulierende Rauschen nach ICRA1 (International Collegium on Rehabilitative Audiology).

Die Patienten empfinden künstliche Geräusche jedoch als unnatürlich. Deren subjektive Akzeptanz ist geringer (Ingold, Tschopp 1992). Der große Vorteil der künstlichen Störgeräusche besteht in der zeitlichen Konstanz und der damit verbundenen konstanten Maskierung.

### **2.4.2 Stimmengewirr**

In den USA untersuchte Carhart bereits 1969 die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Störgeräuschen. Er verwendete weißes Rauschen, moduliertes Rauschen und Rauschen mit einem und zwei Störsprechern vermischt. Er erkannte, dass Störgeräusche, die Sprache

enthalten eine größere Verdeckungswirkung besitzen als künstliches Rauschen ohne Störsprache (Carhart et al. 1969).

Nach Döring sollen Störschalle möglichst sprachähnlich, kalibrierbar und reproduzierbar sein sowie definierte akustische Eigenschaften aufweisen (Döring, Hamacher 1992). Er schlägt ein Stimmengewirr als Störgeräusch vor, das durch 32fache Überlagerung der Testwörter generiert wird.

Die Maskierwirkung solcher Babble-Geräusche ist optimal, da die Spektren von Testmaterial und Störgeräusch übereinstimmen (Ingold, Tschopp 1992). Auch Wagener wählte bei der Generierung des Oldenburger Rauschens ein ähnliches Verfahren. Es entsteht aus der zeitversetzten 30fachen Überlagerung des gesamten Sprachmaterials. Das Langzeitspektrum des Rauschens entspricht dem des Testmaterials und dem Spektrum diverser Sprachen (Wagener et al. 1999).

Gegenüber dem Fastl-Rauschen und dem stationären Rauschen erzielte das Babble-Geräusch eine steilere Verständlichkeitsfunktion (Wedel, 1985). Deshalb sind Messungen mit Babble-Geräuschen effizienter, da bei der Bestimmung der Sprachverständlichkeit eine geringere Anzahl von Messdurchgängen nötig ist (Wagener et al. 1999).

Zudem wirken Stimmengewirre natürlich und erfreuen sich sehr guter subjektiver Akzeptanz bei den Versuchspersonen (Ingold, Tschopp 1992).

Ein Nachteil der Babble-Geräusche ist die stärkere zeitliche Pegelfluktuations, die unter Umständen die Sprachverständlichkeit beeinflussen kann (Steffens 2007). So erschwert die zufällige Verdeckung des Wortanfangs die Worterkennung in höherem Maße als die Verdeckung an anderer Stelle des Wortes (Ptok, Kießling 2004).

Dieser Effekt kann jedoch in der Diagnostik oder in der Hörgeräteanpassung von Nutzen sein. Normalhörende können in die „Lücken“ fluktuierender Störgeräusche hinein hören, um noch einzelne Sprachfragmente zu identifizieren, während diese Fähigkeit bei Innenohrschwerhörigen stark reduziert ist (Kollmeier 2008).

Nach von Wedel gibt es auch in Zukunft kein ideales Störgeräusch, das allen Anforderungen gerecht wird. Er empfiehlt für spezielle Fragestellungen die Entwicklung weiterer Störgeräusche (Wedel 1985).

## **2.5 Methoden zur Bestimmung des Sprachverständnisses im Störlärm**

### **2.5.1 Begriffserklärung**

Für die Sprachaudiometrie mit Störlärm sind die beiden Begriffe „Signal-Rauschabstand“ und „Sprachverständnisschwelle“ zur Beschreibung und Beurteilung von Hörleistungen besonders wichtig. Deren Kenntnis ist auch zum Verständnis der vorliegenden Arbeit wesentlich. Deshalb soll ihre Bedeutung an dieser Stelle kurz erklärt werden.

#### **2.5.1.1 Signal-Rauschabstand**

Allgemein unterscheidet man bei sprachaudiometrischen Untersuchungen im Störgeräusch den Signalschallpegel  $S$  vom Störgeräuschpegel  $N$  ( $N$  für engl. noise). Im Vergleich zur Anwendung in Ruhe kommt mit dem Störgeräuschpegel eine weitere Größe hinzu. Das Sprachverständnis ist dann entscheidend von der Differenz aus Signal- und Störgeräuschpegel abhängig (Böhme, Welzl-Müller 1998). Diese Differenz wird auch als Signal-Rauschabstand oder signal-to-noise ratio (SNR) bezeichnet.

#### **2.5.1.2 Sprachverständnisschwelle**

Die Sprachverständnisschwelle bezeichnet denjenigen Signal-Rauschabstand eines Menschen bei dem er genau 50% der gesuchten Items richtig identifiziert. Sie wird auch als 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle oder als

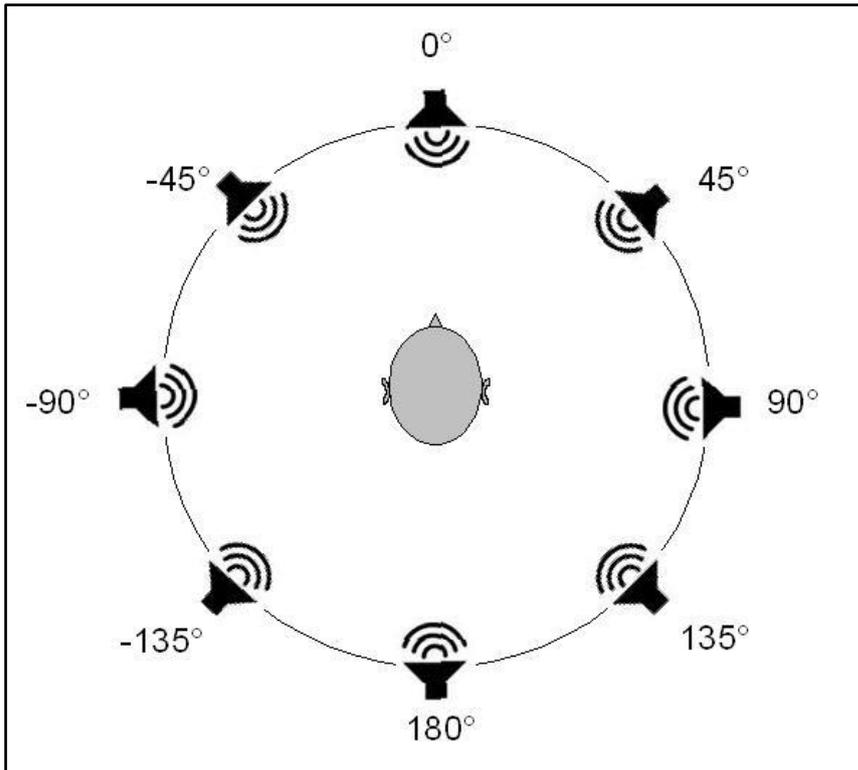
speech reception threshold (SRT) bezeichnet. Sie ist bei den meisten sprachaudiometrischen Untersuchungen die gesuchte Zielgröße (Böhme, Welzl-Müller 1998).

### **2.5.2 Versuchsanordnungen im freien Schallfeld**

Zur Bestimmung des Sprachverständnisses im Störlärm im freien Schallfeld sind verschiedene räumliche Versuchsanordnungen möglich.

Grundsätzlich befinden sich die Lautsprecher auf einem Kreisbogen mit dem Kopf des Patienten als Zentrum (Döring, Hamacher 1992). Die Positionen der Lautsprecher lassen sich als Winkel zur Medianebene angeben. In Blickrichtung des Probanden befindet sich definitionsgemäß die 0°-Position und in entgegengesetzter Richtung die 180°-Position.

Die Standorte auf der rechten Hälfte des Kreisbogens lassen sich durch Winkelangaben mit positivem Vorzeichen und auf der linken Hälfte analog durch ein negatives Vorzeichen beschreiben. Die Zusammenhänge soll Abbildung 1 verdeutlichen.



**Abb. 1: Möglichkeiten der räumlichen Anordnung von Lautsprechern in der Freifeld-Audiometrie.**

Die Sprachschallquelle wird in der Kurzschreibweise mit S (engl. signal) und die Störschallquelle mit N (engl. noise) bezeichnet. Der Abstand der Lautsprecher vom Probanden beträgt in der Regel einen Meter.

Für die Sprachaudiometrie sind folgende Lautsprecheranordnungen besonders relevant:

- S<sub>0</sub>N<sub>-45</sub>N<sub>45</sub>
- S<sub>45</sub>N<sub>-45</sub> / S<sub>-45</sub>N<sub>45</sub>
- S<sub>0</sub>N<sub>0</sub>
- S<sub>0</sub>N<sub>90</sub>

### 2.5.3 $S_0N_{-45}N_{45}$ -Situation

Die  $S_0N_{-45}N_{45}$ -Situation ist nach DIN-ISO 8253-3 die Standardanordnung in der Routinediagnostik. Die Sprachschallquelle S befindet sich in Blickrichtung des Probanden; die beiden Störschallquellen sind im Ausfallswinkel von  $45^\circ$  links und rechts der Signalquelle postiert (Wedel 2001). Vergleiche hierzu Abbildung 2.

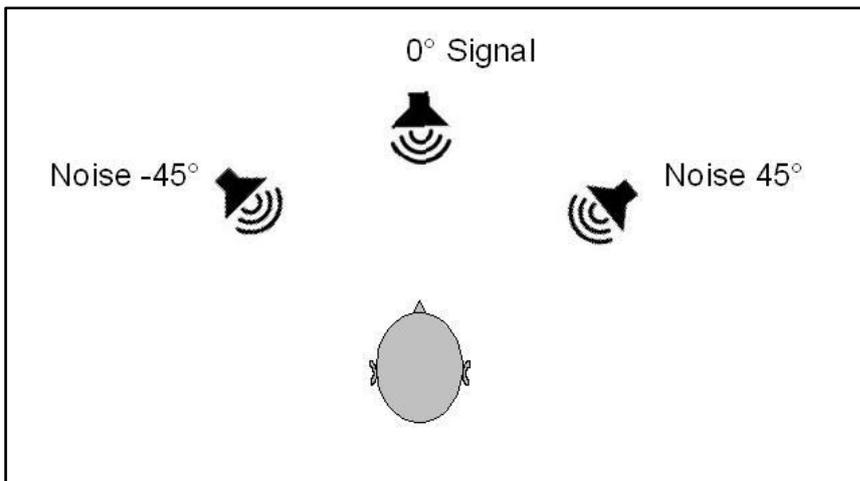
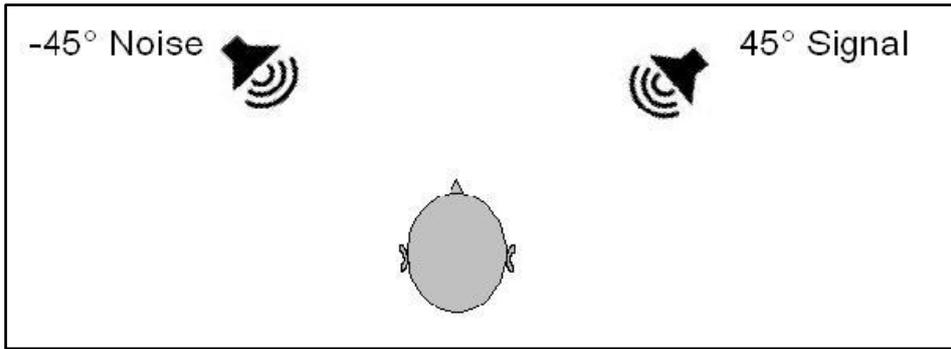


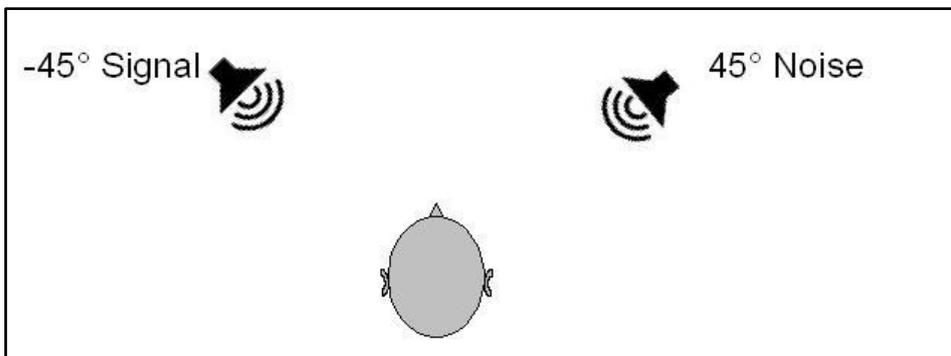
Abb. 2: Räumliche Anordnung der Lautsprecher bei der  $S_0N_{-45}N_{45}$ -Situation.

### 2.5.4 $S_{45}N_{-45}$ / $S_{-45}N_{45}$ -Situation

In der praktischen Audiometrie ist die  $S_{45}N_{-45}$ - bzw. die  $S_{-45}N_{45}$ -Situation verbreitet (Döring, Hamacher 1992). Die Sprachschallquelle und die Störsignalquelle befinden sich dabei im  $45^\circ$ -Winkel zur Blickrichtung des Patienten. Bei der  $S_{45}N_{-45}$ -Anordnung kommt das Signal von rechts und das Störgeräusch von links. Dazu verhält sich die  $S_{-45}N_{45}$ -Situation spiegelverkehrt. Vergleiche hierzu Abbildung 3 und 4.



**Abb. 3: Räumliche Anordnung der Lautsprecher bei der  $S_{45}N_{45}$ -Situation.**

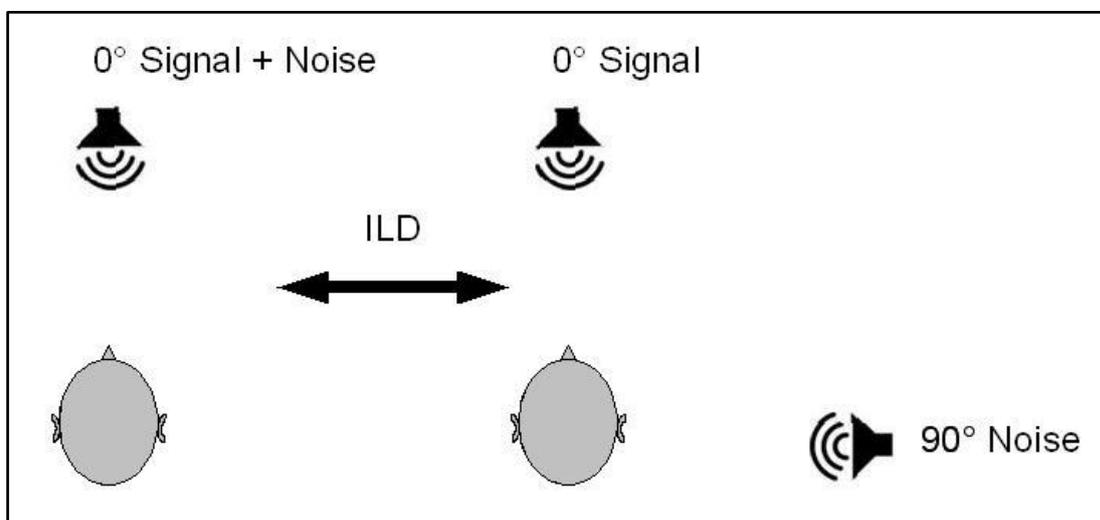


**Abb. 4: Räumliche Anordnung der Lautsprecher bei der  $S_{-45}N_{45}$ -Situation.**

### 2.5.5 $S_0N_0$ / $S_0N_{90}$ -Situation

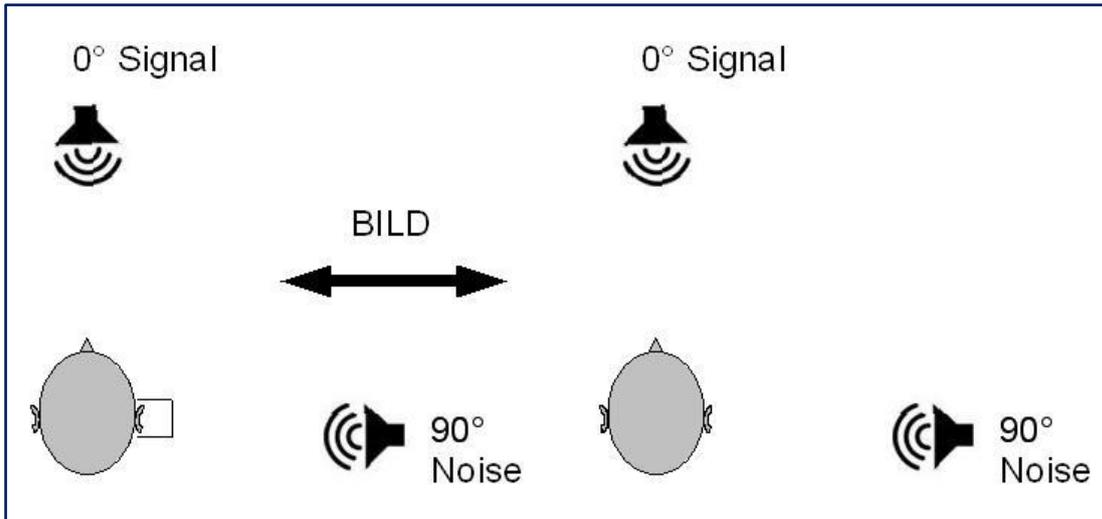
Die  $S_0N_0$ - und  $S_0N_{90}$ - spielt vor allem in der Diagnostik von Hörstörungen und bei der Optimierung von Hörgeräteversorgungen eine Rolle. Die Kombination der beiden Messanordnungen ermöglicht es dem Untersucher Erkenntnisse über die Abhängigkeit des Sprachverständnisses von der Position der Störschallquelle zu gewinnen (Döring, Hamacher 1992). Die  $S_0N_0$ -Situation dient dabei als Referenzsituation zur Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle. Durch Auslenkung der Störschallquelle um  $90^\circ$  sinkt die Sprachverständlichkeitsschwelle beim Normalhörenden je nach Autor um 10 dB SNR (Döring, Hamacher 1992) bzw. 12 dB SNR (Kollmeier 2008). Dieser Verständnissgewinn wird auch als ILD (intelligibility level

difference) bezeichnet. Er beruht auf der Fähigkeit des Normalhörenden sich auf das gesuchte Item zu konzentrieren, wenn Nutzsignal und Geräusch aus verschiedenen Richtungen kommen. Dies ist eine gemeinsame Leistung des monauralen und des binauralen Hörens (Kollmeier 2008). Bei Schwerhörigen ist diese Fähigkeit häufig vermindert. Abbildung 5 gibt einen Überblick über die  $S_0N_0$ -(links) und die  $S_0N_{90}$ -Situation (rechts). Die ILD gibt den Betrag in dB an, um den sich die Sprachverständnisschwelle des Patienten durch Auslenkung der Störschallquelle um  $90^\circ$  ( $S_0N_{90}$ ) im Vergleich zur  $S_0N_0$ -Situation verbessert hat.



**Abb. 5:** Räumliche Anordnung der Lautsprecher bei Ermittlung der ILD (intelligibility level difference) (Kollmeier 2008). Einzelheiten siehe Text.

Durch Vertäubung eines Ohres in der  $S_0N_{90}$ -Situation ist die Bestimmung der BILD (binaural intelligibility level difference) möglich. Sie errechnet sich aus dem Betrag in dB, um den sich die Sprachverständnisschwelle bei binauralem Hören (unvertäubt) im Vergleich zum monauralen Hören (ein vertäubtes Ohr) erniedrigt hat. Abbildung 6 zeigt die Versuchsanordnung zur Bestimmung der BILD.



**Abb.6:** Räumliche Anordnung der Lautsprecher bei Ermittlung der BILD (binaural level difference) (Kollmeier 2008). Einzelheiten siehe Text.

Die hier vorgestellten Versuchsanordnungen sollen als Beispiele für sprachaudiometrische Untersuchungen im freien Schallfeld unter Störlärm dienen. Welche Anordnung zur Anwendung kommt, ist von der jeweiligen Fragestellung abhängig.

Wie bereits erwähnt, ist das Sprachverständnis im Störschall nicht zuletzt von der räumlichen Versuchsanordnung abhängig. Deshalb ist es wichtig, Testleistungen auch im Zusammenhang mit der Lautsprecheranordnung zu beurteilen (Wechtenbruch et al. 2006).

### 2.5.6 Pegeleinstellung

Grundsätzlich lassen sich zwei Möglichkeiten der Pegeleinstellung bei Bestimmung des Sprachverständnisses im Hintergrundrauschen unterscheiden.

Zum einen kann man das Sprachverständnis (Diskriminationsverhalten) bei festem Nutzsignalpegel in Abhängigkeit eines variablen Störschallpegels bestimmen. Der Sprachschallpegel liegt dann standardmäßig bei 65 dB und entspricht somit der Lautstärke bei einer alltäglichen Unterhaltung (Schultz-

Coulon 1973; Lehnhardt, Laszig 2001). Davon abweichend finden sich in der Literatur auch Untersuchungen mit anderen Signalpegeln. Fallon et al. untersuchten das Sprachverständnis von Kindern unterschiedlichen Alters bei einem Sprachschallpegel von 44 dB und liegen damit deutlich unterhalb der alltäglichen Gesprächslautstärke (Fallon et al. 2000). Hällgren et al. wählten für einen Vergleich des Sprachverständnisses von Schwerhörigen mit und ohne Hörgerät einen Signalpegel von 75 dB (Hällgren et al. 2005). Die Arbeiten von Fallon et al. und Hällgren et al. gehören jedoch wegen spezieller Fragestellungen eher nicht zu den routineaudiometrischen Untersuchungen.

Zum anderen ist es möglich, das Diskriminationsverhalten bei festem Störgeräuschpegel und variablem Signalpegel zu messen. Der Störgeräuschpegel beträgt bei dieser Untersuchungstechnik in der Regel ebenso 65 dB (Döring, Hamacher 1992). Davon abweichend empfehlen Tschopp et al. einen Störschallpegel von 70 dB in Anlehnung an die durchschnittlichen Geräuschpegel in zahlreichen Alltagssituationen (Tschopp, Schmid 1997). In diesem Bereich liegen auch die von Schultz-Coulon ermittelten Störgeräuschpegel an öffentlichen Plätzen (Schultz-Coulon 1973).

Auch Sauer führte seinen beidohrigen Zahlentest bei einem Störgeräuschpegel von 70 dB durch (Sauer 1992). Zahlreiche Untersuchungen an der Universität Würzburg mit dem Test nach Hochmair, Schulz und Moser (HSM-Test) fanden bei Störschallpegeln von 60 dB und 80 dB statt (Wegener 2002; Romanos 2003; Scherg 2004; Richter 2004; Mulfinger 2004; Betzel 2004; Hunsmann 2004; Lach 2005).

Nach Döring und Hamacher bewirkt ein Störschallpegel im Bereich von 60-90 dB lediglich eine Rechtsverschiebung der Verständlichkeitskurve hin zu höheren Signalpegeln. Das Diskriminationsverhalten im Bereich von 30-70%igem-Sprachverständnis ist lediglich vom Signal-Rauschabstand (SNR) abhängig (Döring, Hamacher 1992). Die ermittelte SRT ändert sich in diesem Fall nicht.

**Tabelle 1: Störgeräuschpegel in verschiedenen Alltagssituationen (Schultz-Coulon 1973).**

Messort	Lautstärkepegel
Theaterfoyer	70-75 dB
Ruhiges Speiselokal	50-55 dB
Parkplatz 100m von Verkehrsstraße entfernt	60-70 dB
Eilzugabteil während der Fahrt	65-70 dB
Omnibus während der Fahrt	70-75 dB
Omnibus an der Haltestelle	60 dB
Bahnhofshalle	65-70 dB
Schalterhalle einer Bank	60-65 dB
Kaufhaus mit starkem Publikumsverkehr	65-70 dB

Der Wert von 65 dB für Signalpegel bzw. Störgeräuschpegel kommt in zahlreichen Untersuchungen zum Einsatz (Schultz-Coulon 1974) und scheint für die Routinediagnostik oder die Evaluation von Hörtests angemessen, da sich unsere Alltagssprache und auch störende Umweltgeräusche in diesem Bereich bewegen. Zum Vergleich zeigt Tabelle 1 die Störgeräuschpegel in zahlreichen Alltagssituationen.

Der häufig verwendete Wert von 65 dB für Signalpegel bzw. Störgeräuschpegel gilt jedoch als Richtwert für sprachaudiometrische Untersuchungen. Es obliegt jedoch dem Untersucher je nach Fragestellung die Messbedingungen im konkreten Fall festzulegen.

### **2.5.7 Ermittlung der Sprachverständlichkeitsschwelle**

Zur Ermittlung der Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) in Abhängigkeit vom Signal-Rauschabstand (SNR) lassen sich grundsätzlich zwei Techniken unterscheiden.

Erstens ist es möglich die Sprachverständlichkeit bei festen Signal-Rausch-Abständen, z. B. bei SNR-Werten von -10, -5, 0, +5 und +10 zu erfassen und aus den gewonnenen Daten eine Diskriminationskurve zu erstellen (Kollmeier 2008). Aus dieser Kurve lässt sich dann die SRT ablesen. Genaugenommen ist die SRT bei diesem Vorgehen nicht die gesuchte Zielgröße, da die grafische Bestimmung der SRT „nachträglich“ erfolgt.

Zweitens besteht die Möglichkeit die SRT bei variablen Signal-Rausch-Abständen zu bestimmen. Ein systematisches Vorgehen erlauben adaptive Verfahren wie zum Beispiel die „Auf- und Abreguliermethode“ nach Levitt und Rabiner (Levitt, Rabiner 1967). Dabei wird der SNR abhängig von dem Ereignis Item „verstanden“ oder „nicht verstanden“ erniedrigt bzw. erhöht (Levitt, Rabiner 1967). So nähert man sich schrittweise an die SRT des Probanden an.

Welche der beiden Methoden zum Einsatz kommt, hängt von zahlreichen Faktoren wie der Art des Sprachtests, dem Alter der Probanden und der konkreten Fragestellung ab.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Probanden**

Es nahmen 24 deutschsprachige normalhörende Probanden im Alter von 5 bis 9 Jahren teil.

Davon waren 11 Mädchen und 13 Jungen. Das Durchschnittsalter betrug 6,8 Jahre.

Die weiblichen Probanden waren durchschnittlich 6,3 Jahre, die männlichen 6,9 Jahre alt. Tabelle 2 gibt Alter, Geschlecht, Geburts- und Messdatum an.

Das Probandenkollektiv setzte sich aus stationären und ambulanten Patienten der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen und der Augenklinik der Universität Würzburg sowie aus Freiwilligen der Katholischen Jugend Gerbrunn und der Verbandsschule Unterpleichfeld zusammen.

**Tabelle 2: Übersicht über das Probandenkollektiv.**

ID	Alter in Jahren	Geburtsdatum	Messdatum	Geschlecht
1	5	11.04.2001	10.10.2006	w
2	6	21.10.2000	10.10.2006	w
3	6	24.10.1999	21.09.2006	m
4	6	09.12.1999	21.09.2006	w
5	5	11.05.2001	29.09.2006	m
6	7	31.01.1999	09.10.2006	m
7	7	16.08.1999	20.09.2006	w
8	9	13.10.1996	15.09.2006	w
9	8	12.01.1999	26.02.2007	m
10	8	12.08.1998	21.02.2007	m
11	7	17.08.1999	20.02.2007	m
12	8	22.07.1998	22.02.2007	m
13	8	09.04.1998	22.02.2007	m
14	8	04.06.1998	04.10.2006	m
15	5	12.12.2001	28.02.2007	w
16	6	07.10.2000	05.03.2007	w
17	5	23.03.2001	05.03.2007	m
18	5	04.07.2001	06.03.2007	w
19	6	28.02.2001	07.03.2007	w
20	7	01.07.1999	15.03.2007	m
21	5	14.09.2001	04.02.2007	m
22	9	21.04.1997	04.02.2007	w
23	8	08.09.1998	04.02.2007	m
24	8	17.06.1998	04.02.2007	w

### **3.1.1 Einschlusskriterien**

Folgende Kriterien mussten für die Teilnahme erfüllt sein:

- keine Hörminderung bekannt
- Deutsch als Muttersprache
- keine bisherigen Operationen im Hals-Nasen-Ohrenbereich
- keine akuten oder chronischen Entzündungen im Hals-Nasen-Ohrenbereich
- keine auffälligen Hörbefunde in der Vergangenheit bei Einschulungstest, Hausarztbesuch etc.
- anamnestisch regelrechte Sprachentwicklung des Kindes
- Normalbefund bei ohrmikroskopischer Untersuchung
- regelrechtes Tympanogramm und Nachweis von otoakustischen Emissionen.

### **3.1.2 Aufklärung und Voruntersuchung**

Die Eltern des Kindes erhielten eine mündliche und schriftliche Aufklärung über Sinn und Zweck der Studie sowie den genauen Ablauf des Tests (siehe Anhang).

Danach erfolgte eine ohrenärztliche Untersuchung durch einen ärztlichen Mitarbeiter der Klinik. Anschließend wurden ein Tympanogramm und eine Aufzeichnung otoakustischer Emissionen angefertigt. Danach schloss sich die Durchführung des eigentlichen Tests an.

## 3.2 Test

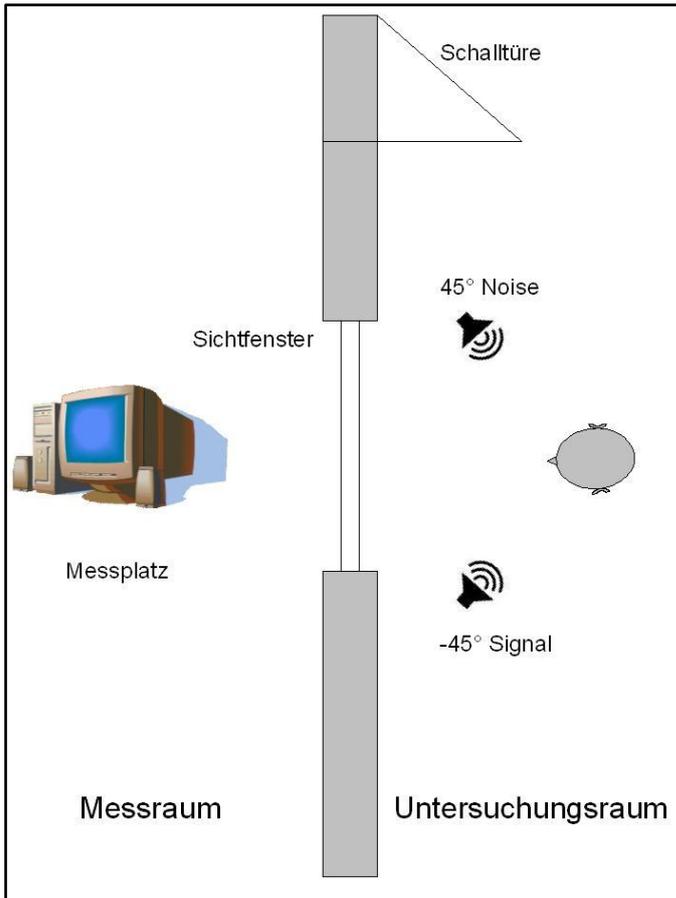
### 3.2.1 Testaufbau

Die Testreihe wurde in der schallisolierten Tonkabine B der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen der Universität Würzburg durchgeführt. Die Kabine entspricht in Ausstattung und Schalldämmung der Norm IEC/DIN 8253a.

Diese Kabine ist in zwei Räume unterteilt, die durch eine schalldichte Türe und ein Sichtfenster voneinander getrennt sind (siehe Abbildung 7). Durch dieses Fenster können Proband und Prüfer während des Tests Blickkontakt zueinander halten.

Eine eingebaute Gegensprechanlage ermöglicht es dem Prüfer mit dem Probanden auch bei geschlossener Türe zu sprechen. Die Prüfwörter wurden vom Probanden über den rechten Lautsprecher, das Störgeräusch über den linken Lautsprecher dargeboten ( $S_{45}N_{-45}$ -Situation). Beide Lautsprecher befanden sich im  $45^\circ$ -Winkel zur Blickrichtung des Probanden im Abstand von einem Meter.

Die Position des Sessels und der Lautsprecher war durch Markierungen auf dem Fußboden festgelegt und wurde vor Testbeginn überprüft.



**Abb. 7: Übersicht über die Versuchsanordnung.**  
**Einzelheiten siehe Text.**

### 3.2.2 Technisches Gerät

Lautsprecher:	Westra-Audiometriebox, Typ: LAB - 501
Audiometer:	Westra CAD-03
Computer:	Fujitsu-Siemens mit USB-Soundkarte
Software:	Westra Audio CD WueKi

### **3.2.3 Eingesetzter Test**

Als Sprachmaterial diente der Test IV des Würzburger Kindersprachtests (Baumann 2006). Dieser Zweisilbertest repräsentiert den Wortschatz von Klein-, Vorschul- und Schulkindern (siehe Tabelle 3).

Der Würzburger Kindersprachtest ist 2007 bei der Firma WESTRA auf CD erschienen.

**Tabelle 3: Wörterlisten des WueKi, Test IV (Zweisilber).**

<b>WID</b>	<b>Liste 1</b>	<b>Liste 2</b>	<b>Liste 3</b>
1	Affe	Poster	Gebet
2	Blume	Brücke	Schüssel
3	Finger	Pommes	Farbe
4	Ketchup	Tafel	Schule
5	Puppe	Buggy	Kuchen
6	Teddy	Bahnhof	Dose
7	Ofen	Kiste	Trommel
8	Förmchen	Gurke	Schuhe
9	Igel	Honig	Puzzle
10	Müsli	Schere	Windel
11	Joghurt	Laster	Eimer
12	Hammer	Flugzeug	Messer
13	Hose	Segel	Seife
14	Lego	Roller	Sonne
15	Teller	Esel	Rutsche
16	Bürste	Hase	Wagen
17	Cowboy	Apfel	Sofa
18	Auto	Vogel	Kaba
19	Tasse	Katze	Fahrrad
20	Gabel	Wasser	Ente

### **3.2.4 Störgeräusch**

Als Störgeräusch diente das Würzburger Rauschen. Es entstand durch zeitversetzte 32fache Überlagerung des gesamten Testmaterials.

### **3.2.5 Vorbereitung**

Das Kind nahm auf dem Sessel Platz. Der Versuchsleiter erklärte dem Kind den genauen Testablauf. Richtig verstandene Wörter waren nachzusprechen. Bei Unsicherheit durfte auch geraten werden. Das Kind wurde ausdrücklich auf die Schwierigkeit des Tests hingewiesen. Hierdurch sollte die Motivation, Konzentrationsfähigkeit und die Frustrationstoleranz des Kindes erhöht werden, um ein möglichst gutes Testergebnis zu erhalten.

### **3.2.6 Probedurchlauf**

Vor dem eigentlichen Test fand ein Probedurchlauf statt. Die Kinder konnten sich so an die Testsituation gewöhnen und das Testprinzip verstehen. Die „Übungswörter“ im Probedurchlauf entstammten aus den Listen I, II und III des Würzburger Kindersprachtest und nicht den Prüfwörtern des eigentlichen Testmaterials (Liste IV).

Der Signalpegel wurde wie beim eigentlichen Test stets auf 60 dB eingestellt. Zunächst wurden dem Prüfling einige Wörter ohne Störgeräusch dargeboten, anschließend einige Wörter mit Störgeräusch. Der Störgeräusch-Pegel wurde zunächst auf 60 dB eingestellt und sukzessive erhöht, bis der Proband nur noch etwa die Hälfte der Wörter richtig verstand.

### **3.2.7 Test**

Nach der Übungsphase erfolgte der eigentliche Test. Der Signalpegel lag konstant bei 60 dB. Der Störgeräuschpegel für den ersten Durchlauf stammte aus dem Probedurchlauf. Die Ergebnisse wurden in vorgefertigte Tabellen eingetragen. Die erreichte Sprachverständlichkeit  $V$  [%] in den drei Wörterlisten und der SNR wurden notiert.

Liste 1, 2 und 3 wurden nacheinander dargeboten. Im zweiten Durchgang wurde analog vorgegangen. Lediglich die Reihenfolge der Wörter in den drei Listen wurde jetzt variiert, da sich die Kinder möglicherweise die Reihenfolge der Testwörter im ersten Durchlauf gemerkt hatten. Der SNR wurde nach folgendem Schema eingestellt: Lag die erreichte Sprachverständlichkeit über 50% oder genau bei 50%, so wurde der SNR reduziert, lag die erreichte Sprachverständlichkeit unter 50% wurde der SNR erhöht.

### **3.3 Dokumentation der Ergebnisse**

Folgende Daten wurden schriftlich auf vorgefertigten Listen festgehalten:

- persönliche Daten der Probanden (Name, Geschlecht, Geburtsdatum)
- richtig und falsch verstandene Wörter
- die erreichte prozentuale Wortverständlichkeit in den einzelnen Listen
- das jeweils eingestellte Signal-Rauschverhältnis (SNR).

### **3.4 Auswertung der Ergebnisse**

Die gesammelten Daten wurden mit Microsoft Excel gespeichert und ausgewertet.

### **3.5 Statistische Methoden**

Die statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel. Mit der darin enthaltenen Funktion TREND wurden Regressionsgeraden an die verschiedenen Geraden der Einzelmessungen nach der Methode der kleinsten Quadrate angepasst.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Übersicht über die Messergebnisse

Abbildung 8 zeigt eine Übersicht über die Messergebnisse. Auf der x-Achse ist der SNR und auf der y-Achse die erreichte Sprachverständlichkeit eingetragen. Jeder Messwert zeigt die individuell erreichte Sprachverständlichkeit in einer der drei Listen.

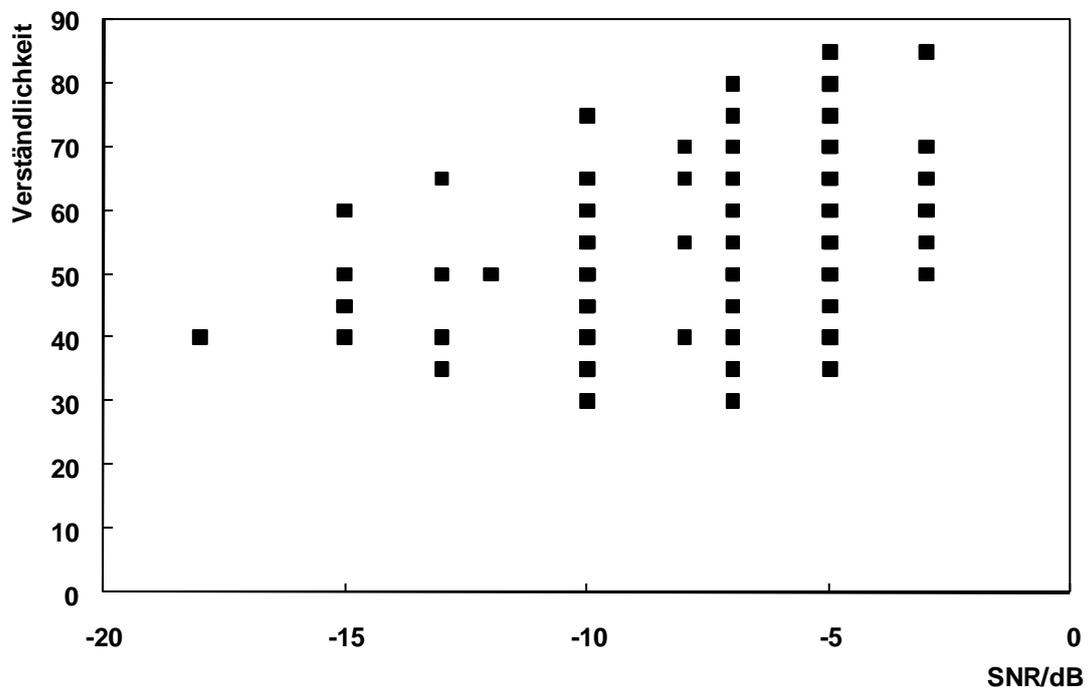


Abb. 8: Übersicht über die Messergebnisse mit WueKi im Störlärm.

### 4.2 Bestimmung der 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT)

Die Messergebnisse wurden in die allgemeine Geradengleichung  $y = mx + t$  mit  $y = 50$  eingesetzt und nach  $x$  aufgelöst.

Für jeden Probanden wurde so die individuelle 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) für jede der drei Einzellisten bestimmt. Sie wird im

Englischen auch als speech reception threshold (SRT) bezeichnet. Sie gibt den Signal-Rauschabstand (SNR) eines Probanden wieder, bei dem der Proband 50% der Testwörter richtig verstanden hat.

### 4.3 Verteilung der Messergebnisse

Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Messergebnisse. Auf der Abszisse ist die absolute kumulierte Häufigkeit, auf der Ordinate die SRT in dB angetragen. Jeder Punkt entspricht der Sprachverständlichkeit eines Probanden in einer Liste. Die eingezeichnete Regressionsgerade steht für normal verteilte Werte. Es ist erkennbar, dass die 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) bei einem Signal-Rauschabstand (SNR) von -5 dB bis -10 dB liegt.

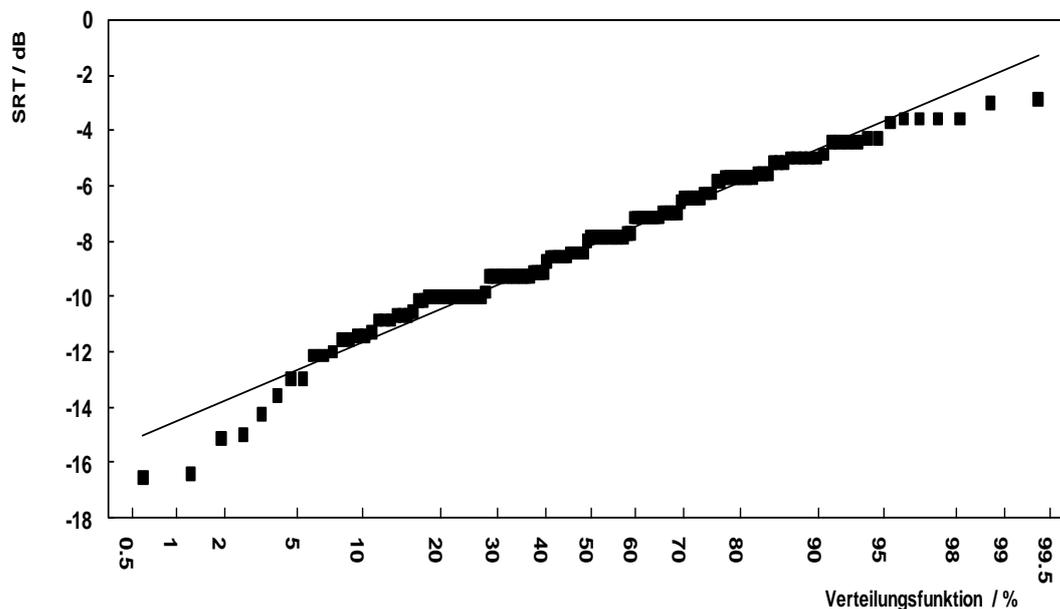


Abb. 9: Verteilung der Ergebnisse im WueKi.

## 4.4 Ergebnisse in den drei Listen

Abbildung 10 zeigt die Sprachverständlichkeit in den drei Listen in Abhängigkeit vom Signal-Rauschabstand (SNR).

Hier können die SRTs für die drei Listen an der x-Achse abgelesen werden. Die SRT betrug in Liste 1 -7,7 dB SNR, in Liste 2 -9,2 dB SNR und in Liste 3 -8,1 dB SNR. Der Mittelwert betrug -8,3 dB SNR.

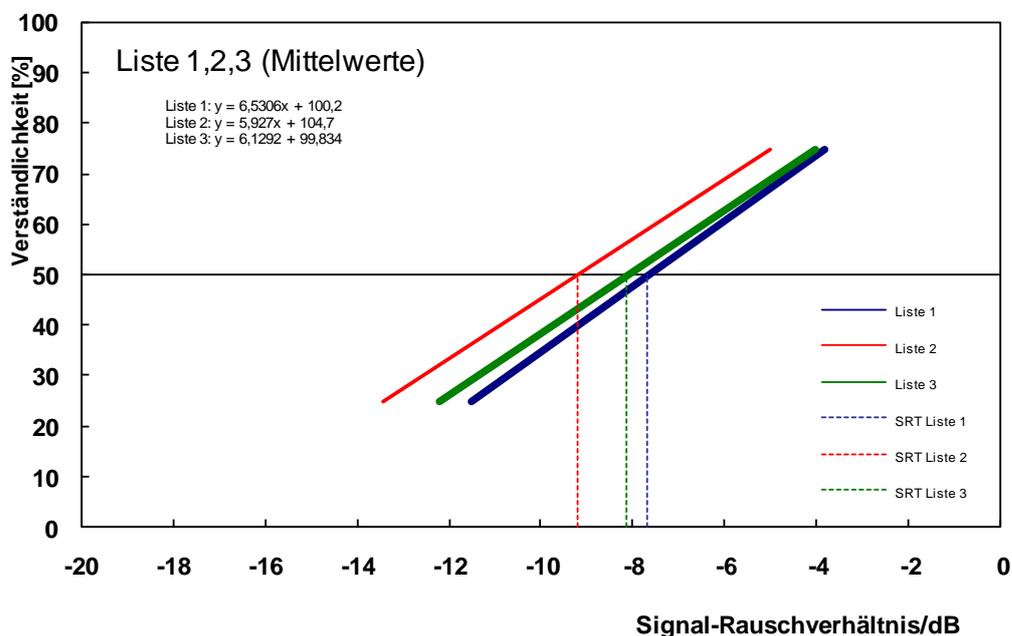


Abb. 10: Bestimmung der Sprachverständlichkeit in den drei Listen.

In Liste 1 lagen die SRTs im Bereich von -11,7 dB SNR bis -3,0 dB SNR in Liste 2 im Bereich von -17,8 dB SNR bis -4,3 dB SNR in Liste 3 im Bereich von -13,4 dB SNR bis -5,0 dB SNR. Die Standardabweichung betrug in Liste 1 2,5 dB, in Liste 2 3,5 dB und in Liste 3 2,6 dB. Der Standardfehler (n=24) war 0,5 in Liste 1 und 3, in Liste 2 0,7. Insgesamt betrug die Standardabweichung der SRT 2,8 dB und der Standardfehler (n=24) 0,2.

#### 4.4.1 Einteilung der Ergebnisse in zwei Gruppen

Prinzipiell ergibt ein Messdurchgang für eine Liste folgende drei mögliche Endergebnisse: eine Wörterverständlichkeit von weniger als 50% (Fall A), genau 50% (Fall B) oder mehr als 50% (Fall C). Um Messwerte oberhalb und unterhalb der 50%-Schwelle zu erhalten, wurde der SNR im Fall A erhöht, im Fall B und C reduziert. Folglich nahm bei der zweiten Messung im Fall A der Schwierigkeitsgrad der Höraufgabe ab, im Fall B und C zu.

Um den Einfluss eines fallenden bzw. steigenden Schwierigkeitsgrades auf die Sprachverständlichkeit zu untersuchen, wurden die Ergebnisse in zwei Gruppen eingeteilt. In Gruppe 1 wurden die Wörterlisten im zweiten Durchgang mit geringerem Störgeräuschpegel (zunehmender SNR) dargeboten. In Gruppe 2 nahm der Störgeräuschpegel (abnehmender SNR) zu. Das bedeutet in Gruppe 1 nahm der Schwierigkeitsgrad ab, in Gruppe 2 zu. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der beiden Gruppen zusammen.

In Gruppe 1 betrug die SRT für die Liste 1 -5,2 dB SNR, für die Liste 2 -6,4 dB SNR und für die Liste 3 -7,5 dB SNR. Der Mittelwert der SRTs der drei Listen war -6,4 dB SNR.

In Gruppe 2 betrug die SRT für die Liste 1 -8,9 dB SNR, für die Liste 2 -10,2 dB SNR und für die Liste 3 -8,5 dB SNR. Der Mittelwert der SRTs war -9,2 dB SNR.

**Tabelle 4: Übersicht über die Ergebnisse insgesamt und in den beiden Gruppen.**

Liste	Schwierigkeitsgrad	1 [dB]	2[dB]	3 [dB]	SRT <sub>ges</sub> [dB]
SRT		-7,7	-9,2	-8,1	-8,3
SRT <sub>Gruppe 1</sub> n=23	nimmt ab, schwer→leicht	-5,2	-6,4	-7,5	-6,4
SRT <sub>Gruppe 2</sub> n=48	nimmt zu, leicht→schwer	-8,9	-10,2	-8,5	-9,2

Tabelle 5 gibt die Standardabweichungen in dB der SRTs in der Zeile  $SRT_{gesamt}$  für beide Gruppen, für die Gruppe 1 in der Zeile  $SRT_{Gruppe 1}$  und in der Zeile  $SRT_{Gruppe 2}$  für die Gruppe 2 wieder.

Tabelle 6 gibt in analoger Weise den Standardfehler  $\sigma_n$  der SRTs wieder.

**Tabelle 5: Standardabweichung  $\sigma$  der SRTs.**

	Standardabweichung $\sigma$ [dB]		
Liste	1	2	3
$SRT_{gesamt}$	2,5	3,5	2,6
$SRT_{Gruppe 1}$	1,8	2,1	2,5
$SRT_{Gruppe 2}$	1,7	3,4	2,6

**Tabelle 6: Standardfehler  $\sigma_n$  der SRTs.**

	Standardfehler $\sigma_n$		
Liste	1	2	3
$SRT_{gesamt}$	0,5	0,7	0,5
$SRT_{Gruppe 1}$	0,4	0,4	0,5
$SRT_{Gruppe 2}$	0,3	0,7	0,5

Aus den Daten wurden nach der oben beschriebenen Methode Geradengleichungen bestimmt. Die Abbildung 11, 12 und 13 zeigen graphisch die Ergebnisse, die mit abnehmendem Schwierigkeitsgrad (up = steigender SNR: rot dargestellt) bzw. steigendem Schwierigkeitsgrad (down = fallender SNR: blau dargestellt) in den Listen 1, 2 und 3 erzielt wurden.

Bei genauer Betrachtung fallen die unterschiedlichen Steigungen der Geraden auf. Stieg der Schwierigkeitsgrad an, verliefen die Geraden flach, fiel der Schwierigkeitsgrad ab, verliefen die Geraden steil. Der Unterschied war hoch signifikant (T-Test).

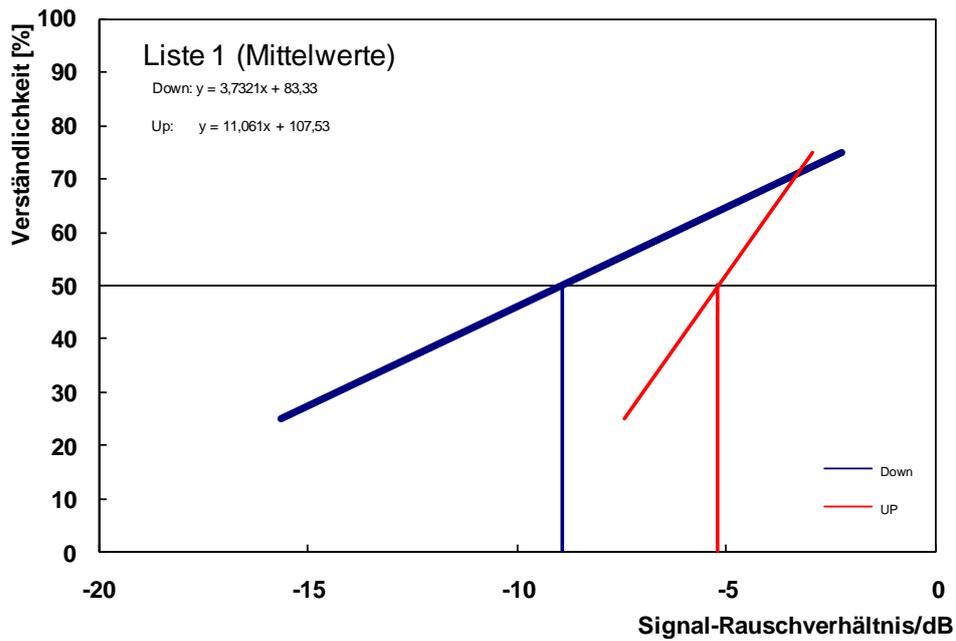


Abb. 11: Sprachverständlichkeit in Liste 1, blau: steigender Schwierigkeitsgrad, rot: abnehmender Schwierigkeitsgrad.

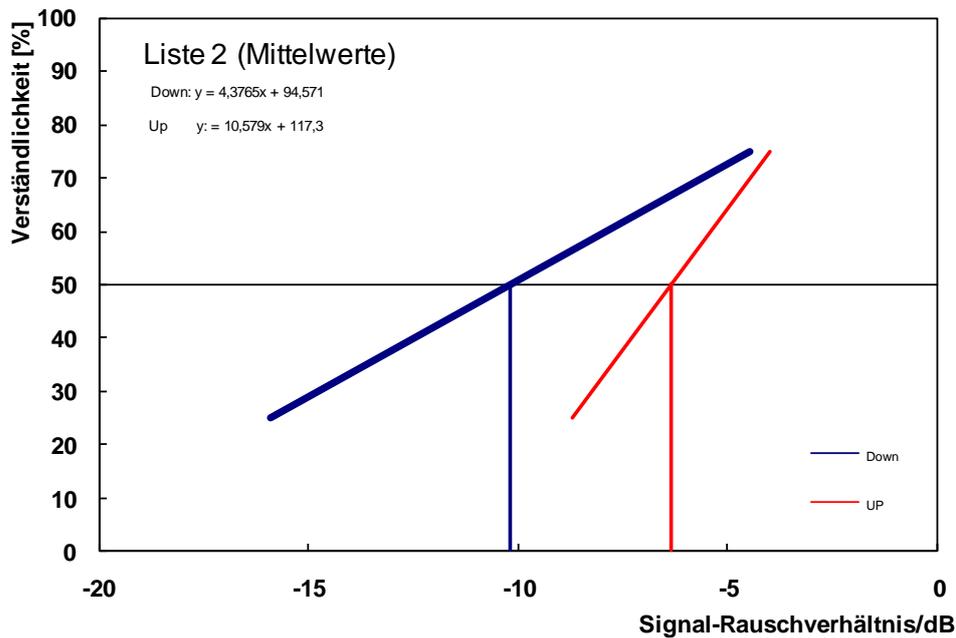


Abb. 12: Sprachverständlichkeit in Liste 2, blau: steigender Schwierigkeitsgrad, rot: abnehmender Schwierigkeitsgrad.

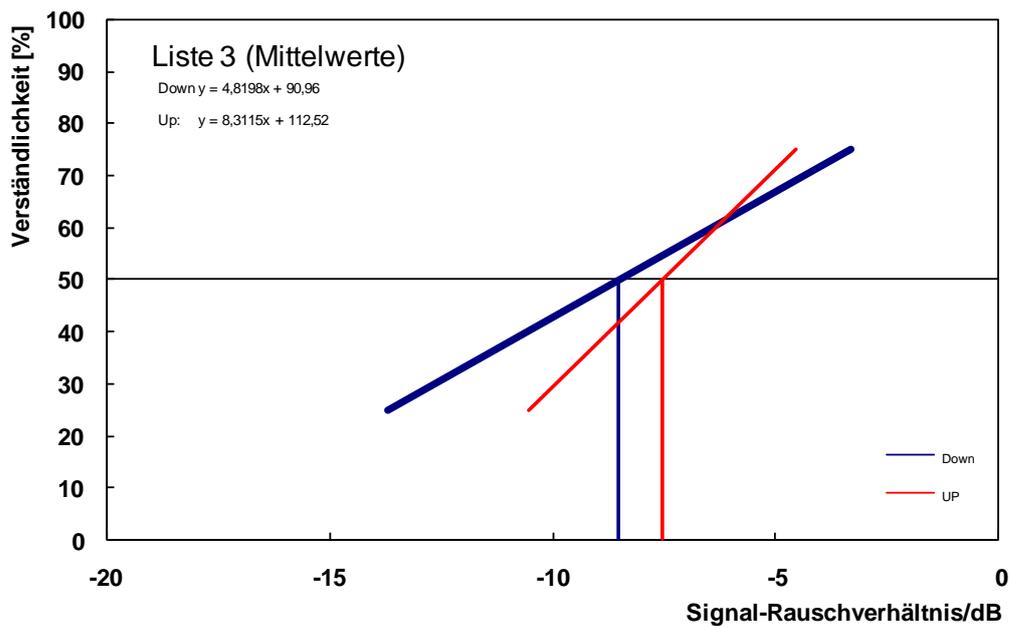


Abb. 13: Sprachverständlichkeit in Liste 3, blau: steigender Schwierigkeitsgrad, rot: abnehmender Schwierigkeitsgrad.

## 4.5 Alterseffekte

Abbildung 14 zeigt die Abhängigkeit der SRTs vom Alter der Probanden. Jeder Punkt steht für die SRT eines Probanden. Mit zunehmendem Alter der Kinder wurde die SRT geringer, die Sprachverständlichkeit nahm also zu. Die älteren Kinder waren besser. Der Alterseffekt war jedoch nicht signifikant ( $p=0,03$ ).

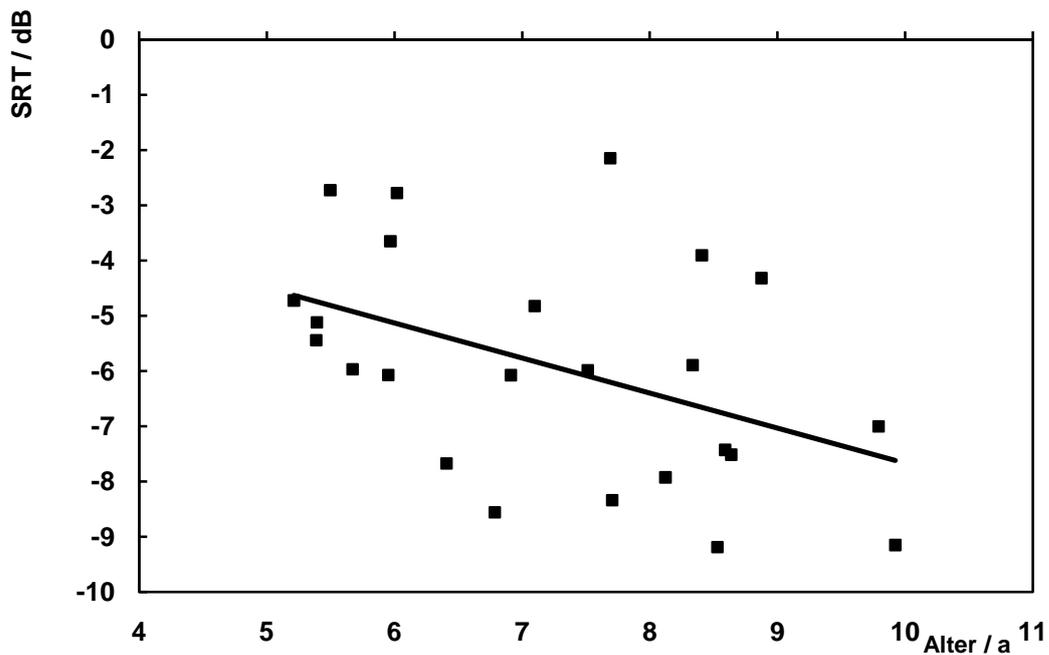


Abb. 14: Abhängigkeit der SRT vom Alter des Probanden.

Abbildung 15 und 16 zeigen den Zusammenhang von Alter und SRT in der Gruppe 1 (n=23) und 2 (n=48). Jeder Punkt steht hier für eine SRT aus einer der drei Listen. Der Zusammenhang von Sprachverständlichkeit und Alter zeigt für beide Gruppen das gleiche Bild. Die SRT sank mit wachsendem Alter in beiden Gruppen.

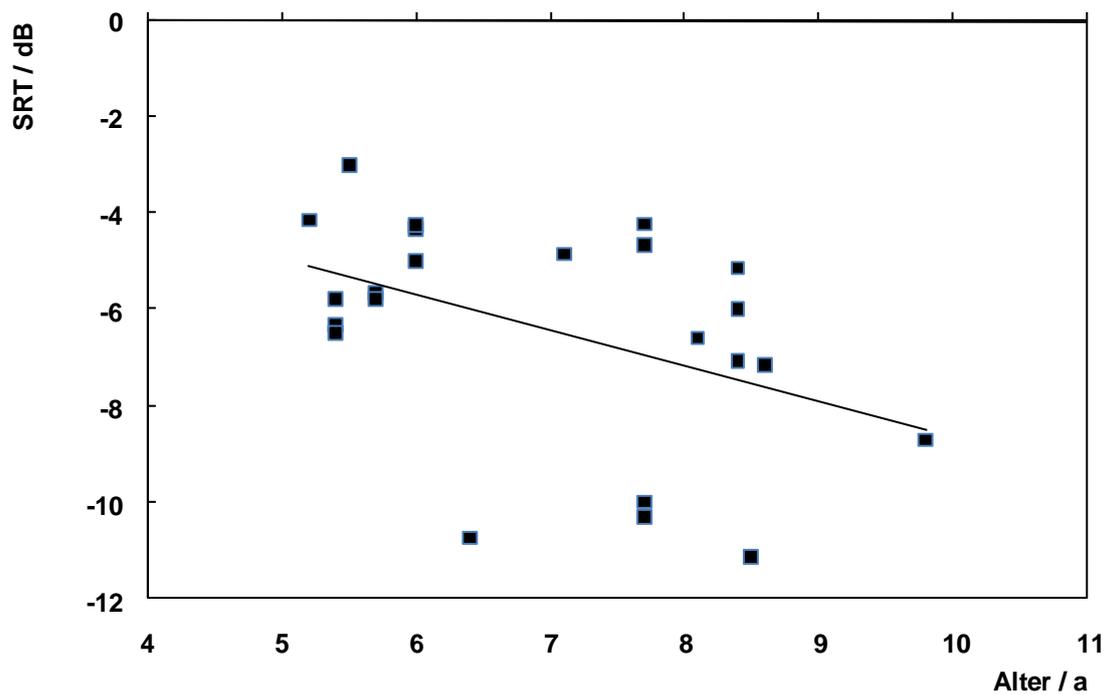


Abb. 15: Abhängigkeit der SRT vom Alter des Probanden in Gruppe 1.

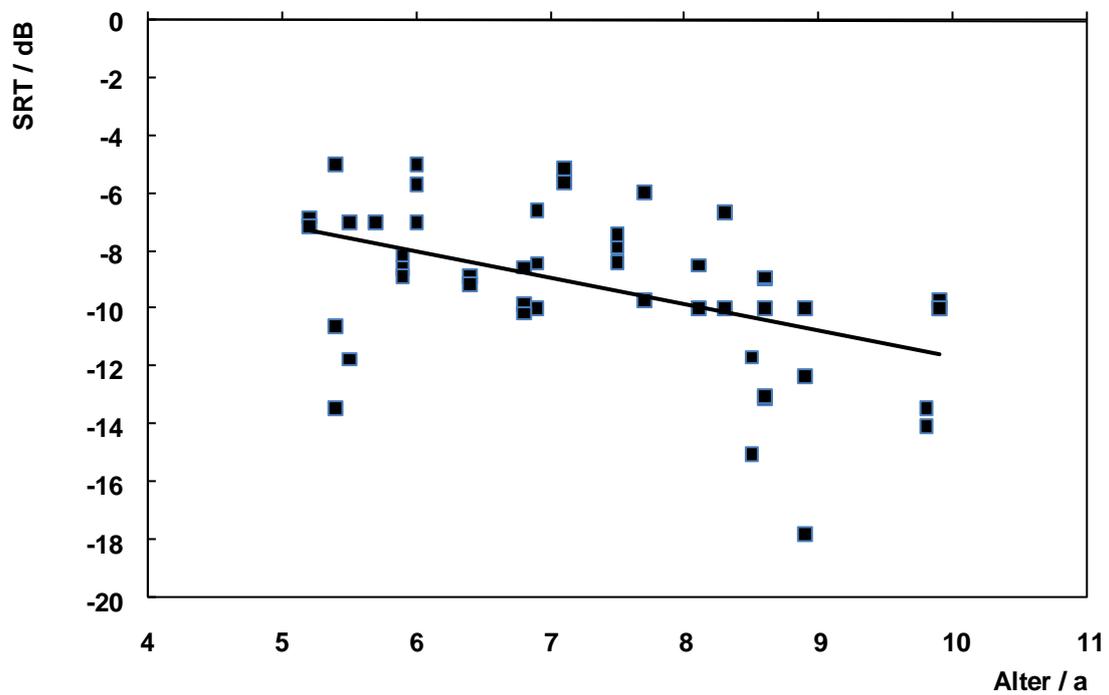


Abb. 16: Abhängigkeit der SRT vom Alter des Probanden in Gruppe 2.

Um den Zusammenhang von SRT und Alter in den beiden Gruppen in einer Korrelationsanalyse darstellen zu können, wurden Daten aus der größeren

Gruppe 2 (n=48) ausgewählt und mit Daten der Gruppe 1 (n=23) verglichen. Die Datenauswahl erfolgte entsprechend der Fragestellung nach dem Kriterium „Alter der Probanden“. Für die drei Listen ergaben sich folgende drei Korrelationskoeffizienten:

$r_1 = -0,97$ ;  $r_2 = -0,94$ ;  $r_3 = -0,96$ .

## **4.6 Reihenfolgeneffekt**

Zur Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle wurde den Probanden jede Liste mindestens zweimal dargeboten. So ergaben sich je Proband mindestens sechs Einzelmessungen. Die Ergebnisse zeigten, dass sich bei wiederholtem Testen die Leistung der Probanden verbesserte. Dies wird auch als Reihenfolgeneffekt bezeichnet. Dieser Effekt lässt sich statistisch erfassen. Mit jedem Versuchsdurchlauf sank die SRT im Durchschnitt um 0,5 dB SNR. Bei der ersten Messung lag die SRT durchschnittlich bei -6,4 dB SNR und bei der letzten Messung bei -8,7 dB SNR.

## **4.7 Untersuchung der ersten Messung**

Um den Reihenfolgeneffekt auszublenden, erschien es lohnenswert die Ergebnisse des ersten Messdurchgangs genauer zu untersuchen.

Unter Annahme eines Diskriminationsverlusts von 7%/dB ließ sich die SRT aus der Allgemeinen Geradengleichung berechnen. Sie betrug durchschnittlich -6,7 dB für die drei Listen. Für die Liste 1 lag sie bei -6,0 dB SNR, für die Liste 2 bei -7,2 dB SNR und bei -7,0 dB SNR für die Liste 3.

## **5 Diskussion der Ergebnisse**

An der Studie nahmen 24 Kinder teil, die auf der Basis der in Kap. 3.1.2. vorgestellten Kriterien als normalhörend eingestuft wurden. Um die Konzentrationsfähigkeit der Kinder zu erhalten und die für Kinder relativ lange Testzeit von circa 30 Minuten nicht zu verlängern, wurde bewusst auf eine tonaudiometrische Untersuchung verzichtet. Ausschlaggebend für das Einschlusskriterium „Normalhörigkeit“ war die subjektive Einschätzung der Mutter.

Andererseits ist nach Pringle et al. ein Tonschwellenaudiogramm allein nicht ausreichend, um das tatsächliche Hörvermögen der Probanden vorab auf Normalhörigkeit zu überprüfen (Pringle et al. 1993).

Eine Entzündung des Mittelohres konnte durch eine ohrenmikroskopische Untersuchung ausgeschlossen werden. Nach Auskunft der Eltern lagen keine Erkrankungen im Hals-Nasen-Ohrenbereich vor, die einen Einfluss auf das Hörvermögen haben könnten.

Durch die Erfüllung der Kriterien in Kap. 3.1.2. kann man mit großer Wahrscheinlichkeit von einem normalen Hörvermögen aller Kinder ausgehen. Für die Streuung der Ergebnisse kommen deshalb andere Gründe in Betracht, die im folgendem näher erläutert werden sollen.

### **5.1 Interindividuelle Unterschiede**

Die Varianz der Ergebnisse lässt sich teilweise durch individuelle Unterschiede zwischen den Kinder erklären. Manche Kinder ließen sich mehr als andere durch die fremdartige Atmosphäre in der Tonkabine irritieren oder fühlten sich beängstigt.

Kinder zeigen im Gegensatz zu Erwachsenen ein unterschiedliches Maß an Kooperation, Motivation und Konzentration (Katz 1972). Intelligenz, Leistungsvermögen und mentales Alter sind Faktoren (Beckmann 1957), die

die Ergebnisse beeinflussen können, aber im Rahmen einer solchen Studie kaum zu ermitteln sind.

Das Testmaterial des WueKi entspricht zwar dem kindlichen Wortschatz, (Völter et al. 2005) dennoch ist es denkbar, dass die Geläufigkeit der verwendeten Worte variiert oder eine möglicherweise in der Familie vorhandene Dialektsprache die Sprachverständlichkeit des hochdeutschen Testmaterials beeinträchtigt.

Bei der recht langen Untersuchungsdauer von durchschnittlich 30 Minuten zeigten einige Probanden gegen Ende des Tests Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsschwächen.

Nach Hällgren ist das Sprachverständnis im Störlärm in höherem Maße von individuellen kognitiven Fähigkeiten abhängig als in Ruhe, da der gewonnene Höreindruck gefiltert und mit dem eigenen Wortschatz verglichen werden muss (Hällgren et al. 2005).

Der vorliegende Test erfordert ein großes Maß an Aufmerksamkeit, da das gesuchte Wort ohne Vorankündigung aus dem Störgeräusch „herausgehört“ werden muss. Gerade bei Kindern ist die Fähigkeit sich gezielt und dauerhaft auf eine Aufgabe zu konzentrieren, unterschiedlich ausgeprägt.

Die Leistungen bei solchen Tests sind abhängig von individuell-unterschiedlichen Eigenschaften und Fähigkeiten der Kinder. Alle Faktoren zusammengenommen sind für die Streuung der Ergebnisse und der daraus resultierenden Varianz verantwortlich. Die Bestimmung des Sprachverständnisses im Störlärm ist aber keineswegs sinnlos. Sie dient dem Untersucher als wichtige Informationsquelle über die Hörleistungen in lauter Umgebung und stellt damit einen wichtigen Teilbereich in der audiologischen Diagnostik dar. Sprachaudiometrie im Störlärm kann im Zusammenhang mit dem klinischen Bild und anderen objektiven Untersuchungen wie Tympanogramm, otoakustischen Emissionen und Tonaudiogramm entscheidende Hinweise auf Art und Ausprägung von Hörstörungen geben.

## 5.2 Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT)

Die 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (SRT) mit dem Würzburger Kindersprachtest im Hintergrundrauschen betrug -8,3 dB SNR. Bei Vergleichen mit anderen Studien findet man unterschiedliche Ergebnisse. Untersuchungen mit dem Marburger Satztest ergab eine Sprachverständlichkeitsschwelle im Hintergrundrauschen von -5,7 dB SNR für die korrekte Wiedergabe der Einzelwörter (Schulze-Thüssing 1991). Unter Berücksichtigung kompletter Sätze lag die SRT bei -12 dB SNR (Welzl-Müller 1981). Plomp und Mimpen fanden in Untersuchungen mit einem niederländischen Satztest eine SRT von -7,3 dB SNR (Plomp, Mimpen 1979b). Grebe erhielt durch graphische Bestimmung eine SRT von -9,1 dB SNR mit Normalhörenden um die 50 Jahre bei 60 dB unter Verwendung des HSM-Tests (Grebe 2000).

Über das Sprachverständnis im Störlärm von normalhörenden Kindern mit Einzelwörtern ist bisher wenig bekannt. Gick ermittelte eine SRT mit dem Mainzer Kindersprachtest bei 10-jährigen normalhörenden Kindern von -2,9 dB SNR bei einem Signalpegel von 60 dB und lag damit signifikant unter den Ergebnissen der Erwachsenen (Gick 1996).

Steffens gibt die SRT von sieben- bis neunjährigen Kindern mit dem Oldenburger Kinderreimtest (OIKi) im Störgeräusch (Regenburger Variante) mit -10,9 dB SNR an (Steffens 2007). Wagener ermittelte mit der Originalversion des OIKi eine deutlich geringere SRT von -5,3 dB SNR. Die Ursache für die abweichenden Ergebnisse liegt nach Wagener wohl in der unterschiedlichen Testroutine (Wagener 2005).

Im Vergleich mit anderen Studien liegt die von uns ermittelte SRT von -8,3 dB SNR innerhalb des Streubereichs der erwähnten Arbeiten.

Die insgesamt breite Streuung der SRTs in der Literatur gibt aber auch einen Hinweis darauf, dass ein Vergleich der Daten nur bedingt zulässig ist. Die Erklärung für die Unterschiede liegt wohl in der Tatsache begründet, dass für sprachaudiometrische Untersuchungen keine einheitlichen Standardbedingungen existieren (Wedel 2001) und sich die Untersuchungsmethoden

der erwähnten Studien teilweise stark unterscheiden. Die räumliche Anordnung der Lautsprecher, die Art des Störgeräuschs oder das verwendete Testmaterial sind Variablen, die bei der Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle einen wesentlichen Einfluss haben und bei den gängigen Sprachtestverfahren in unterschiedlicher Kombination zum Einsatz kommen (Kollmeier 2008). Deshalb sind die Ergebnisse der oben genannten Arbeiten kaum mit unseren Ergebnissen vergleichbar, aber dennoch erwähnenswert, da auf diesem Gebiet keine weiteren Untersuchungen existieren.

### **5.3 Äquivalenz der drei Listen**

Bei der Zusammenstellung der Wörterlisten des Würzburger Kindersprachtests achtete man besonders auf einen ausgeglichenen Schwierigkeitsgrad. Die Äquivalenz der Testlisten gilt als Grundvoraussetzung für jeden Sprachtest. Die SRTs für die Listen 1 bis 3 liegen mit -7,1 dB SNR, -9,2 SNR und -8,1 dB SNR nahe beieinander, d.h. in den drei Listen erreichten die Probanden eine vergleichbare 50%-Sprachverständlichkeit. Dies deutet auf einen ausgeglichenen Schwierigkeitsgrad hin. Somit scheinen alle drei Listen gleichermaßen für das Testen im Störlärm geeignet.

### **5.4 SRT und Alter**

Das Alter der Probanden spielt in Bezug auf die Sprachverständnisschwelle im Störlärm anscheinend eine nebensächliche Rolle. Bei der Auswertung ließ sich ein geringer, nicht signifikanter Alterseffekt zugunsten der älteren Kinder nachweisen. Diese Tendenz scheint für beide Gruppen in analoger Weise zu gelten.

Hinsichtlich der großen Alterspanne von fünf bis neun Jahren ist dies ein verblüffendes Ergebnis, da die individuelle Sprachkompetenz vom Vorschulalter bis ins fortgeschrittene Grundschulalter stark zunimmt.

Zahlreiche Autoren kommen in vergleichbaren Arbeiten zu ähnlichen Ergebnissen (Chermak, Dengerink 1981; Fallon et al. 2000; Wagener 2005; Steffens 2007). Sie stellten in ihren Untersuchungen ebenfalls keinen signifikanten oder lediglich einen geringen Alterseffekt bei Kindern im Störlärm fest.

Der fehlende Alterseffekt deutet darauf hin, dass das Sprachverständnis im Störlärm eher von der sensorineuralen Hörfähigkeit der Kinder als von der individuellen Sprachkompetenz abhängt.

## **5.5 Diskussion der Methode**

### **5.5.1 Eingesetzter Test**

Da etablierte Verfahren wie der Mainzer Kindersprachtest und der Göttinger Kindersprachverständlichkeitstest für die Anwendung in Ruhe konzipiert sind, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Frage, ob der Würzburger Kindersprachtest für die Anwendung im Störlärm geeignet ist. Als Testmaterial diente der Test IV des Würzburger Kindersprachtests bestehend aus den Listen 1, 2 und 3 mit jeweils 20 zweisilbigen Wörtern.

Es gelang mit allen 24 Probanden die individuelle 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle zu bestimmen.

### **5.5.2 Offenes versus geschlossenes Antwortprinzip**

Grundsätzlich unterscheidet man Sprachtests mit offener Antwortmöglichkeit von geschlossenen Testverfahren, bei denen der Proband das gesuchte Item aus einer Reihe von Antwortalternativen auswählen kann. Offene Verfahren stellen damit eine schwerere Höraufgabe dar, da der Proband das Gehörte mit seinem kompletten mentalen Lexikon abgleichen muss (Ptok, Kießling 2004), während es bei geschlossenen Tests genügt, die richtige Antwort aus den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auszuwählen.

Weiterhin besteht bei geschlossenen Bildertests die Möglichkeit durch richtiges Erraten das Testergebnis zu beeinflussen. Beim Oldenburger-Kinder-Reimtest beispielsweise muss ein Kind das Zielwort aus drei bildlich dargestellten Antwortalternativen auswählen. Die theoretische Ratewahrscheinlichkeit beträgt folglich 33%. Auch beim Göttinger Kindersprachverständnistest mit seinen vier Bildvorlagen ist ein zufälliges Erraten des gesuchten Wortes zu 25% möglich.

Bei der Verwendung zahlreicher Bilder wie beim Mainzer Kindersprachtest mit 10 Antwortmöglichkeiten ist die Ratewahrscheinlichkeit minimal. Es besteht aber die Gefahr einer Überforderung durch die große Menge an Informationen besonders bei Kleinkindern oder retardierten Kindern (Chilla et al. 1976).

Das offene Antwortprinzip hat noch einen weiteren Vorteil gegenüber dem geschlossenen Bildkartenprinzip. Nach Steffens eigener Erfahrung im Rahmen umfangreicher Studien mit dem OIKi gelang es bisher keinem Kind spontan alle Bildkarten richtig zu identifizieren (Steffens 2007). Genaugenommen kann man nur von einem geschlossenen Testverfahren sprechen, wenn die Kinder die Bildkarten auf Anhieb korrekt interpretieren um anschließend das gehörte Wort aus den Antwortalternativen aussuchen zu können. Fehlinterpretation der Bilder können jedoch die Messergebnisse beeinflussen. Um dies zu verhindern, ist es im Vorfeld einer Untersuchung notwendig, die Inhalte der Bildertafeln zu erläutern, was einen wesentlich größeren Zeitaufwand für eine Untersuchung bedeutet (Steffens 2007). Diesbezüglich zeigt der WueKi den Vorteil, dass alle Probanden das einfache Testprinzip nach kurzer Erläuterung verstehen und sofort mit der Untersuchung begonnen werden kann.

### **5.5.3 Eingesetztes Störgeräusch**

Für die Durchführung sprachaudiometrischer Tests besteht eine große Auswahl an Störsignalen mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften. In

der vorliegenden Arbeit diene das Würzburger Rauschen als Störsignal, das aus 32facher zeitversetzter Überlagerung des gesamten Testmaterials generiert wird. Wie bereits in Kap 2.4 erwähnt, bieten solche Babble-Geräusche gegenüber den künstlichen Störgeräuschen gewisse Vorteile.

Die Maskierwirkung des Geräuschs ist optimal, da es das gesamte Frequenzspektrum des Testmaterials enthält. Vor diesem Hintergrund wird auch der signifikant steilere Verlauf der Diskriminationskurve bei der Verwendung von Babble-Geräuschen im Vergleich zu artifiziellem Rauschen deutlich. Ingold und Tschopp ermittelten mit dem Marburger Satztest das Sprachverständnis bei unterschiedlichen Störgeräuschen. Die Steigung der Verständlichkeitsfunktion betrug mit dem Babble-Geräusch 20,4%/dB, 11,0%/dB mit dem Fastl-Rauschen und 9,3%/dB mit dem artifiziellem Rauschen (Ingold, Tschopp 1992). In der Praxis bedeutet ein steiler Verlauf der Verständlichkeitskurve eine schnelle und präzise Bestimmung der 50%-Sprachverständlichkeitsschwelle (Brand et al. 2006). Eine kurze Untersuchungsdauer stellt besonders bei Kindern einen Vorteil dar. Bei der Verwendung eines künstlichen Rauschens könnte sich wegen der geringeren Verdeckungswirkung und dem damit verbundenen flachen Verlauf der Verständlichkeitskurve die Testzeit verlängern, da die Listen häufiger dargeboten werden müssen.

In Anbetracht der begrenzten Konzentrationsfähigkeit von Kindern und der langen Testzeit von circa 30 Minuten scheint ein Stimmengewirr als geeignetes Störgeräusch.

Aus der Erwachsenenaudiometrie ist die gute subjektive Akzeptanz der Babble-Geräusche bekannt (Ingold, Tschopp 1992), die wohl am ehesten den Höreindruck in einer geräuscherfüllten Umgebung wie in einer lauten Schulklasse vermitteln können.

Die ungleiche Pegelverteilung bei einem Stimmengewirr bereitet im Rahmen sprachaudiometrischer Untersuchungen Probleme, da fluktuierende Verdeckungseinflüsse eine stärkere Ergebnisvarianz zur Folge haben (Wedel 1985). Alternativ hätte man im Rahmen dieser Studie auf ein stationäres Rauschen wie das Rauschen nach CCITT zurückgreifen können. Es zeichnet

sich durch eine gleichmäßige Verdeckung bei geringen Pegelschwankungen aus. Dementsprechend konnte Plomp zeigen, dass die interindividuelle Schwankung der Sprachverständlichkeit bei Verwendung eines Dauerrauschens am geringsten ist (Plomp 1986). Viele Autoren empfehlen deshalb ein stationäres Rauschens für die Sprachaudiometrie, da die akustischen Eigenschaften für jede Testsituation genau definiert und reproduzierbar sind (Wedel 1985; Ingold, Tschopp 1992; Steffens 2007). Plomp und Duquesnoy sehen die Verwendung von stationärem Rauschen kritisch. Sie wirken unrealistisch, da durch die konstante Pegelverteilung zeitliche Strukturen unberücksichtigt bleiben (Plomp, Duquesnoy 1982). Die fehlende Natürlichkeit artifiziellen Rauschens könnte die Kinder verunsichern oder verängstigen und im Extremfall zu einem Versuchsabbruch führen.

Wegen mangelnder Erfahrung und fehlender Vergleichswerte beim Umgang des Würzburger Kindertests im Störlärm ist die Frage nach dem geeigneten Störsignal für unseren Test schwierig zu beantworten. Insgesamt scheint das Würzburger Rauschen für die Durchführung der Studie aus den genannten Gründen durchaus geeignet. Dennoch ist es nicht auszuschließen, dass die akustischen Eigenschaften des verwendeten Störsignals die Ergebnisse beeinflussten und zur Ergebnisvarianz beitrugen. Deshalb ist es an dieser Stelle zu fordern, weitere Untersuchungen mit dem Würzburger Kindertest mit anderen Störschallen durchzuführen.

#### **5.5.4 Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle (50%-iges Sprachverständnis, SRT)**

Die Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle ist Grundlage zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten und eine verbreitete Methode, um Erkenntnisse über das Sprachverstehen eines Patienten zu gewinnen. Die Durchführung von Messungen im Bereich der 50%-Sprachverständ-

nisschwelle gilt wegen des steilsten Verlaufs der Verständlichkeitskurve in diesem Bereich als besonders sensitiv (Böhme, Welzl-Müller 1998). Um das Testmaterial des Würzburger Kindertests im Störgeräusch hinsichtlich eines ausgewogenen Schwierigkeitsgrades der Listen zu überprüfen, ist es notwendig, die Untersuchungen „schwellennah“ durchzuführen.

Zur Ermittlung der 50%-Sprachverständnisschwelle sind verschiedene Methoden denkbar. Da ein Experiment von möglichst wenigen Variablen abhängig sein sollte, ist es sinnvoll den Signalpegel oder den Störgeräuschpegel vorab festzulegen. Die Lautstärke der Umweltgeräusche, die uns im Alltag umgeben, ist individuell recht verschieden, wohingegen der Sprachschallpegel normaler Gespräche mit circa 65 dB bekannt ist (Schultz-Coulon 1973). Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Sprachverständlichkeit bei einem fixen Signalpegel von 60 dB in Abhängigkeit des Störgeräuschpegels bestimmt. Der Signalpegel wurde bewusst um 5 dB geringer gewählt, da das vorhandene Audiometer einen maximalen Störgeräuschpegel von 80 dB erlaubte. Der Messbereich erweiterte sich so von -15 dB SNR auf -20 dB SNR.

Für das weitere Vorgehen kamen verschiedene Möglichkeiten in Betracht.

Zum einen kann man die Sprachverständlichkeit als Funktion des SNR bestimmen. Mit diesem sehr sicheren Verfahren ist es möglich, eine Verständlichkeitskurve in Abhängigkeit eines variablen Störschallpegels zu erstellen und daraus die SRT abzulesen.

Die Methode hat jedoch entscheidende Nachteile. Es finden nur wenige Messungen in der Nähe der sensitiven 50%-Schwelle statt. Dies hat eine große Anzahl von Versuchsdurchgängen zur Folge. Deshalb ist das Verfahren sehr zeitaufwändig und für Kinder unzumutbar.

Eine schnellere Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle ist mit Hilfe eines adaptiven Verfahrens - basierend auf der Auf- und Abreguliermethode nach Levitt - möglich (Levitt, Rabiner 1967). Der SNR wird dabei abhängig von dem Ereignis Wort „verstanden“ oder „nicht verstanden“ erniedrigt bzw.

erhöht. So nähert man sich schrittweise an die individuelle 50%-Schwelle des Probanden an.

Dieses zügige und präzise Verfahren ist jedoch nur dann sinnvoll einsetzbar, wenn das Testmaterial über einen ausgeglichenen Schwierigkeitsgrad innerhalb einer Liste verfügt. Dies ist beim WueKi nicht der Fall. Deshalb ist ein adaptives Verfahren zur Bestimmung der SRTs im Rahmen dieser Arbeit weniger geeignet.

Das gewählte Verfahren bietet gegenüber den oben genannten Methoden einige Vorteile. Es ermöglicht stetes Messen in der Nähe der Schwelle und ergibt damit von Beginn an verwertbare Daten. Zudem lässt das Verfahren eine genaue Bestimmung der SRT zu, da Messwerte oberhalb und unterhalb der Schwelle vorliegen. Der Zeitaufwand ist geringer als bei den anderen oben genannten Methoden. Die Nachteile des Verfahrens sind, dass es eine gewisse subjektive Komponente enthält und der Schwierigkeitsgrad im Testverlauf ansteigt bzw. abfällt.

Fallon stellte fest, dass ein steigender bzw. fallender Schwierigkeitsgrad bei Tests mit Kindern im Störgeräusch das Sprachverständnis signifikant beeinflussen kann (Fallon et al. 2000). Probanden mit anfänglich leichter Höraufgabe und steigendem Schwierigkeitsgrad erzielten ein signifikant größeres Sprachverständnis als Probanden mit anfänglich schwieriger Höraufgabe und fallendem Schwierigkeitsgrad ( $F(180)=24.899$ ,  $p<0,001$ ).

Dieser Effekt wird als Reihenfolgeneffekt bezeichnet. Bei initial leichter Höraufgabe hat der Proband den Vorteil, Informationen über das Testmaterial, z. B. die Sprecherstimme, den zeitlichen Abstand von Störgeräusch und Zielwort oder das Zielwort selbst zu sammeln.

Ein solcher Effekt ließ sich auch mit dem WueKi nachweisen. Kinder mit initial schwerer Höraufgabe erzielten eine signifikant größere SRT von -6,4 dB SNR (Gruppe 1) gegenüber Kindern mit initial leichter Höraufgabe mit einer SRT von -9,2 dB SNR (Gruppe 2). Dies bedeutet, dass das Sprachverständnis im WueKi u. a. davon abhängig ist, ob der Schwierigkeitsgrad im Testverlauf steigt oder fällt.

Das angewendete Verfahren und der damit verbundene Reihenfolgeeffekt tragen sicherlich zur Ergebnisvarianz bei. Dennoch scheint die Methode durchaus geeignet, um die SRTs der drei Listen zu bestimmen, da die Standardabweichung der SRT mit 2,8 dB im Vergleich zu Angaben in der Literatur von bis zu 4 dB und eher moderat erscheint (Schultz-Coulon 1973; Wedel 1977; Plomp, Mimpen 1979a; Chermak, Dengerink 1981; Wedel 1985).

Ein Vorschlag, wie sich die Sprachverständlichkeitsschwelle um den Reihenfolgeeffekt korrigieren ließe, wurde in Kap. 4.7. gegeben.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit sollte klären, inwieweit der Würzburger Kindersprachtest für die Anwendung im Störgeräusch geeignet ist. Ein weiteres Ziel war das Sprachverstehen im Störlärm von Kindern im Alter von fünf bis neun Jahren mit Hilfe des Würzburger Kindersprachtests zu untersuchen.

Insgesamt nahmen 24 Kinder im Alter von 5 bis 9 Jahren an der Studie teil. Davon waren 11 Mädchen und 13 Jungen. Das Durchschnittsalter betrug 6,8 Jahre. Als Testmaterial diente der Test IV des Würzburger Kindersprachtests (WueKi), bestehend aus 3 Listen zu je 20 zweisilbigen Wörtern und als Störgeräusch das Würzburger Rauschen, das durch zeitversetzte 32fache Überlagerung des gesamten Sprachmaterials generiert wurde. Der Test ließ sich in allen Fällen problemlos bei guter Akzeptanz seitens der Kinder durchführen.

Für jedes Kind gelang es, bei einem Signalpegel von 60 dB die individuelle Sprachverständlichkeitsschwelle (speech reception threshold, kurz SRT) in Abhängigkeit des Signal-Rauschabstands (signal-to-noise ratio, kurz SNR) zu bestimmen. Sie betrug im Durchschnitt -8,3 dB SNR, -7,7 dB SNR für die Liste 1, -9,2 dB SNR für die Liste 2 und -8,1 dB SNR für die Liste 3.

Es ließ sich ein geringer, nicht signifikanter Alterseffekt zu Gunsten der älteren Kinder nachweisen.

Die Ergebnisse wurden in zwei Gruppen eingeteilt. In Gruppe 1 fiel der Schwierigkeitsgrad der Höraufgabe ab, während er in Gruppe 2 anstieg. Die SRT betrug in Gruppe 1 -6,4 dB SNR und in Gruppe 2 -9,2 dB SNR.

Die abweichenden Ergebnisse in den beiden Gruppen ließen sich durch den Reihenfolgeeffekt erklären.

Als Ursache für die Streuung der Sprachverständlichkeitsschwelle sind vor allem interindividuelle Unterschiede der Probanden zu nennen. Hierzu zählen Motivation, Konzentration, Intelligenz sowie der Grad der Sprach- und Wortschatzentwicklung des Kindes.

Die ermittelte SRT liegt innerhalb des Streubereichs ähnlicher Untersuchungen anderer Autoren. Ein direkter Vergleich der Messwerte mit den Ergebnissen anderer Arbeiten ist aufgrund abweichender Testbedingungen und fehlender Standardbedingungen für sprachaudiometrische Verfahren im Störlärm nicht ohne weiteres möglich.

Das offene Antwortprinzip des Würzburger Kindersprachtests zeigt gegenüber dem geschlossenen Antwortprinzip mit Bildkarten gewisse Vorteile. Die Ratewahrscheinlichkeit ist minimal, da keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben werden. Nach kurzer Einweisung war der Test bei allen Kindern problemlos durchführbar.

Die verwendete Messmethode erlaubte eine zügige Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle. Auf die Existenz anderer objektiver Verfahren zur Bestimmung der Sprachdiskrimination im Störgeräusch wurde hingewiesen. Diese waren für die vorliegende Arbeit nicht geeignet oder zu zeitaufwendig.

Die Frage nach dem richtigen Störgeräusch für sprachaudiometrische Verfahren ist seit Jahren unbeantwortet. Das in der Arbeit verwendete Würzburger Rauschen zählt zu den Babble-Geräuschen, die sich durch eine optimale Maskierwirkung und dank ihrer Natürlichkeit durch gute subjektive Akzeptanz bei den Patienten auszeichnen. Als Störgeräusche für die Sprachaudiometrie stehen sie jedoch wegen ihrer ungleichen Pegelverteilung und der damit verbundenen Messwertstreuung in der Kritik. Ein artifizielles Rauschen mit konstanter Pegelverteilung wie das Rauschen nach CCITT entspricht nicht der alltäglichen geräuscherfüllten Gesprächssituation von Kindern und kam deshalb in dieser Studie nicht zum Einsatz.

Für die Sprachaudiometrie im Störschall existieren verschiedene räumliche Lautsprecheranordnungen. Sie ermöglichen es dem Untersucher durch Bestimmung der ILD (intelligibility level difference) und der BILD (binaural intelligibility level difference) Informationen über das räumliche Hören eines Patienten zu gewinnen. Auf den Einfluss der Lautsprecheranordnung bei der Ermittlung der Sprachverständlichkeitsschwelle wurde hingewiesen.

Insgesamt ist der Würzburger Kindersprachtest geeignet, das individuelle Sprachverständnis eines Kindes im Störlärm zu bestimmen und stellt deshalb ein sinnvolles Instrument bei der Anpassung und Verlaufsbeurteilung moderner Hörhilfen dar. Ebenso ist ein Einsatz in der Diagnostik von Hörstörungen denkbar. Hierfür sind aufgrund der Streuung unserer Messergebnisse weitere Untersuchungen mit dem Würzburger Kindersprachtest bei veränderten Testbedingungen und anderen Störgeräuschen zu fordern.

## 7 Literaturverzeichnis

Baumann, R. (2006): Der Würzburger Kindersprachtest: Entwicklung, Standardisierung und dessen Erprobung bei normalhörenden und cochleaimplantierten Kindern. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Beckmann, G. (1957): Einfacher sprachaudiometrischer Bildertest für Vorschulkinder. Zeitschrift für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde 6, 257-259

Betzel, S. (2004): Der HSM-Sprachtest mit Hochpassfilter und Rauschen bei Patienten im Alter von 50 bis 60 Jahren. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Biesalski, P., Leitner, H., Leitner, E., Gangel, D. (1974): Der Mainzer Kindersprachtest. HNO 22, 160-161

Böhme, G., Welzl-Müller, K. (1998): Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter; ein Lehrbuch. In: Böhme, G., Welzl-Müller, K. (Hrsg.), Audiometrie, 4. Auflage, 89-109. Verlag Hans Huber, Bern

Brand, T., Sukowski, H., Wagener, K., Kollmeier, B. (2006): Einsilber Reimtest und Göttinger Satztest im Vergleich zum Freiburger Wörtertest in der Begutachtung. Beitrag, 9. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie

Carhart, R., Tillmann, T. W., Greetis, E. S. (1969): Perceptual masking in multiple sound backgrounds. J. Acoust. Am. 45, 694-703

Chermak, G. D., Dengerink, J. (1981): Word identification in quiet and in noise. Scand. Audiol. 10, 55-60

Cherry, E. C. (1953): Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. J. Acoust. Am. 25, 975-979

Chilla, R., Gabriel, P., Kozielski, P., Kiese, C., Bänsch, D., Kabas, M. (1976): Der Göttinger Kindersprachverständnistest. HNO 24, 342-346

Döring, W. H., Hamacher, V. (1992): Neue Sprachverständlichkeitstests in der Klinik: Aachener Logatomtest und »Dreinsilbertest« mit Störschall. In: Kollmeier, B. (Hrsg.), Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie, 137-168, Median-Verlag von Killisch-Horn, Heidelberg

Fallon, M., Trehub, S. E., Schneider, B. A. (2000): Children's perception of speech in multitalker babble. J. Acoust. Soc. Am. 108, 3023-3029

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

Gick, A. L. (1996): Sprachverstehen unter Störlärm von 60 dB und 80 dB mit dem Mainzer Kindersprachtest bei 10jährigen normalhörenden Kindern. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Grebe, H. P. (2000): Untersuchungen mit dem HSM-Satztest zum Sprachverständnis im Lärm bei Normalhörenden um 50 Jahre. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Hahlbrock, K. H. (1970): Sprachaudiometrie. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart.

Hällgren, M., Larsby, B., Lyxell, B., Arlinger, S. (2005): Speech understanding in quiet and noise with and without hearing aids. International Journal of Audiology. 44, 574-583

Hochmair-Desoyer I., Moser L., Schulz E. (1997): The HSM sentence test as a tool for evaluating the speech understanding in noise of cochlear implant users. Am. J. Otol. 18, 83

Hörzentrum-Oldenburg. (2000): Oldenburger Kinder-Reimtest, Handbuch und Hintergrundwissen. 1-11

Hunsmann, E. (2004): Sprachverstehen im Störlärm mit dem Hochmair-Schulz-Moser (HSM) - Satztest-audiometrische Normwerte junger Erwachsener bei binaural alternierender Sprachdarbeitung mit Einsteckhörern. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Ingold, L., Tschopp, K. (1992): Ein Vorschlag zur Eichung und Wahl von Störgeräuschen für die Sprachaudiometrie. Laryng. Rhinol. Otol. 71, 315-318

Katz, J. (1972): Handbook of Clinical Audiology. Chapter 32, Baltimore. 642-663

Kießling, J. (2000): Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie. Laryng. Rhinol. Otol. 79, 633-635

Kliem, K., Kollmeier, B. (1995): Überlegungen zur Entwicklung eines Zweisilber-Kinder-Reimtests für die klinische Audiologie. Audiologische Akustik 34, 6-10

Kollmeier, B. (2008): Rehabilitative Diagnostik. In: Kießling, J., Kollmeier, B., Diller, G. (Hrsg.), Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten, 54-57, Thieme, Stuttgart

Lach, A. (2005): Sprachverstehen im Störlärm bei 60 und 80 dB mit dem HSM-Satztest in der Computerversion bei den 30 besser hörenden

Probanden einer Gruppe von 60 Normalhörenden um die 50 Jahre.  
Medizinische Dissertation, Universität Würzburg .

Lehnhardt, E., Laszig, R. (2001): Praxis der Audiometrie. Thieme, Stuttgart

Levitt, H., Rabiner, L. R. (1967): Use of a sequential strategy in intelligibility testing. J. Acoust. Soc. Am. 42, 609-612

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

Mulfinger, C. J. (2004): Hörprüfungen mit dem HSM-Satztest modifiziert nach Bocca & Calero und Rauschen nach CCITT bei den 30 schlechter Hörenden Probanden einer Gruppe von 60 Normalhörenden circa 50 Jahre alt. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Niemeyer, W. (1967): Sprachaudiometrie mit Sätzen. HNO 15, 335-343

Niemeyer, W., Beckmann, G. (1962): Ein sprachaudiometrischer Satztest. Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk. Heilk. 180, 742-343

Platte, H. J. (1980): Zur Deutung der Ergebnisse von Sprachverständlichkeitsmessungen mit Störschall im Freifeld. Acustica 45, 139-150

Platte, H. J., Döring, W. H., Schlöndorff, G. (1978): Richtungshören und Sprachverstehen unter Störschalleinfluß bei "Normalhörenden". Laryng. Rhinol. Otol. 57, 672-680

Plomp, R. (1986): A model for the speech reception threshold in noise without and with hearing aid. J. Speech Hearing Res. 29/2, 146-154

Plomp, R., Duquesnoy, A. J. (1982): A model for the speech-reception threshold in noise without and with a hearing aid. *Scand. Audiol. Suppl.* 15, 95-111

Plomp, R., Mimpen, A. M. (1979a): Improving the reliability of testing the speech reception threshold for sentences. *Audiology* 18, 43-52

Plomp, R., Mimpen, A. M. (1979b): Speech-reception threshold for sentences as a function of age and noise level. *J. Acoust. Soc. Am.* 66, 1333-1342

Pringle, M. B., Thompson, F., Reddy, K. (1993). A comparison of speech audiometry and pure tone audiometry in patients with secretory otitis media. *J. Laryngol. Otol.* 107, 787-789

Ptok, M., Kießling, J. (2004): Sprachperzeption. Basis sprachaudiometrischer Untersuchungen. *HNO* 52, 824-830

Richter, J. (2004): Sprachverstehen unter Störlärm mit dem von Bocca-Calearo modifiziertem HSM-Test bei Normalhörenden um die 50 Jahre. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Romanos, M. (2003): Bestimmung des Sprache/Rauschen-Verhältnisses für den HSM-Satztest mit CCITT-Störlärm, angeboten im freien Schallfeld mit zwei Lautsprechern, mit Auszählen durch einen Beobachter und Vergleich mit der eigenen Einschätzung der geprüften Person für 55 bis 65jährige Probanden. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Sauer, U. (1992): Beidohriger Zahlentest im Störgeräusch: Prinzip-Anwendung-Ergebnisse. In Kollmeier, B. (Hrsg.), *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, 122-136, Median-Verlag von Killisch-Horn, Heidelberg

Scherg, M. M. (2004): Sprachverstehen im Störlärm mit dem HSM-Satztest in der Computerversion bei den 30 schlechter hörenden Probanden einer Gruppe von 60 Normalhörenden. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg.

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

Schultz-Coulon, H. J. (1974): Sprachaudiometrie mit Sätzen und Geräusch. Laryng. Rhinol. Otol. 53, 734-749

Schulze-Thüssing, R. (1991): Sprachverstehen im Störlärm mit dem Marburger Satztest auf Compact Disc. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Sotschek, J. (1985): Bestandsaufnahme von Störgeräuschen. 12. Kolloquium audiologisch tätiger Physiker und Ingenieure. Audiologische Akustik 24, 180

Steffens, T. (2003): Oldenburger Kinderreimtest (OLKI) im sprachsimulierenden Störgeräusch. HNO 51, 1012-1018

Steffens, T. (2007): Entwicklung und Referenzierung eines pädaudiologischen Sprachaudiometrieverfahrens im Störgeräusch und dessen Evaluation an Kindern mit Hörstörung. Dissertation, Universität Regensburg

Tschopp, K., Ingold, L. (1992): Die Entwicklung einer deutschen Version des SPIN-Tests (speech perception in noise). In: Kollmeier, B. (Hrsg.), Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie, 311-329, Median-Verlag von Killisch-Horn, Heidelberg

Tschopp, K., Schmid, N. (1997): Der Basler Satztest - ein sprachaudiometrischer Test mit Störschall für die Praxis. Aktuelle Probleme der Otorhinolaryngologie, 215-221

Völter, C., Shehata-Dieler, W., Baumann, R., Helms, J. (2005): Entwicklung eines neuen Kinderprachtests und Erprobung an CI-Kindern. Laryng. Rhinol. Otol. 84, 738-743

Wagener, K. (2005): Moderne Sprachverständlichkeitstest für Kinder. 8. DGA Jahrestagung

Wagener, K., Kühnel, V., Kollmeier, B. (1999): Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. Zeitschrift für Audiologie, 4-14

Wechtenbruch, J., Hempel, J. M., Rader, T., Baumann, U. (2006): Sprachverstehen von CI-Patienten im Störgeräusch: HSM-Satztest versus Oldenburger Satztest. Abstract DGA

Wedel, H. v. (1977): Diskriminationsverhalten von Normal- und Schwerhörigen bei kritischem Signal-Rauschabstand. Laryng. Rhinol. Otol. 56, 180-186

Wedel, H. v. (1985): Untersuchungen zur Sprachdiskrimination bei umweltspezifischen Störgeräuschen. Laryng. Rhinol. Otol. 64, 430-435

Wedel, H. v. (2001): Fehlermöglichkeiten in der Ton- und Sprachaudiometrie. HNO 49, 939-959

Wegener, J. (2002): Bestimmung des Sprache/Rauschen-Verhältnisses für den HSM-Satztext mit CCITT-Störlärm, angeboten im freien Schallfeld mit zwei Lautsprechern, mit Auszählen durch einen Beobachter und Vergleich

mit der eigenen Einschätzung der geprüften Person für junge, normalhörende Probanden. Medizinische Dissertation, Universität Würzburg

Welzl-Müller, K. (1981): Der Einfluß des Störlärms auf die Satzverständlichkeit. *Laryng. Rhinol. Otol.* 60, 117-120

Wesselkamp, M., Kliem, K., Kollmeier, K. (1992): Erstellung eines Satztests in deutscher Sprache. In: Kollmeier, B. (Hrsg.), *Moderne Verfahren der Sprachaudiometrie*, 330-343, Median-Verlag von Killisch-Horn, Heidelberg



## Anhang

### Universitätsklinikum Würzburg

Klinikum der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität

Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten

Direktor: Univ. Prof. Dr. R. Hagen

Phoniatrie/Pädaudiologie

Leitung: PD Dr. S. Brosch

Audiologie/Elektrophysiologie/spezielle Pädaudiologie

Leitung: PD Dr. W. E. Shehata-Dieler



1

#### Sehr geehrte Eltern,

Wussten Sie, dass ein spätes Erkennen von Hörstörungen eine gestörte Sprachentwicklung und Lernstörungen verursachen kann?

Die Universitäts-HNO-Klinik Würzburg

(Abt. Phoniatrie/Pädaudiologie) hat einen ganz neuen Hörtest (Würzburger Kindersprachtest) entwickelt. Es handelt sich hierbei um eine nicht schmerzhafteste Untersuchung von ca. 20 Minuten Dauer.

Dieser Test soll in einem sogenannten Störgeräusch erprobt werden. Mit Hilfe dieses Geräusches können Alltagsituationen, z.B. Verkehrslärm oder Stimmengewirr, nachempfunden werden.

Wir würden diesen Test gerne an normal hörenden Kindern zwischen 5 und 9 Jahren durchführen, um das Verfahren zu evaluieren.

Falls Ihr Kind in diesem Alter ist und nach Ihrer Meinung über ein normales Hörvermögen verfügt, wären wir Ihnen sehr dankbar, wenn Sie zu einer Untersuchung zu uns kommen könnten. Sie würden uns und der Hörforschung sehr damit helfen!

Bei Fragen zum Test und zur Untersuchung können Sie uns jederzeit unter unten genannten Telefonnummer erreichen.

Wir danken Ihnen ganz herzlich für Ihre Mitarbeit!

Ihre Ansprechpartner:

Frau PD Dr. Ch. Völter

Frau PD Dr. W. Shehata-Dieler

Herr Christian Steigenberger

Tel.: 0931/ 201- 21372  
(Stichwort: „Würzburger Kindersprachtest“)  
Phoniatrie/Pädaudiologie, 1. Stock





## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen, Direktor der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen der Universität Würzburg, für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit die technischen Einrichtungen der Klinik zur Erstellung der Arbeit nutzen zu dürfen.

Frau Priv.-Doz. Dr. med. Christiane Völter und Frau Prof. Dr. med. Wafaa Shehata-Dieler danke ich herzlichst für die ausgezeichnete Betreuung in allen Phasen der Arbeit.

Herrn Dr. rer. nat. Franz Schön danke ich für die Hilfe bei der Erstellung des statistischen Teils der Arbeit und für seine stete Bereitschaft meine Fragen ausführlich und geduldig mit mir zu diskutieren.

Meiner Freundin Katharina danke ich für Ihre Aufmunterungen und Ihre Geduld und meinen Eltern für Ihre ständige Unterstützung. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.



## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Christian Rainer Steigenberger  
Geburtsdatum: 17.09.1982  
Geburtsort: Würzburg  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig  
Konfession: römisch-katholisch  
Eltern: Helmuth Steigenberger, Allgemeinarzt  
Dr. Edeltraud Steigenberger, geb. Weippert,  
Allgemeinärztin

### Schulbildung

1989 – 1993 Matthias-Ehrenfried-Grundschule Rimpar  
1993 – 2002 Riemenschneider-Gymnasium Würzburg  
Juni 2002 Abitur

### Hochschulstudium

2002 - 2007 Studium der Zahnmedizin an der Julius-  
Maximilians-Universität Würzburg  
Oktober 2003 Vorphysikum  
März 2005 Physikum  
November 2007 Zahnmedizinisches Staatsexamen  
seit April 2008 Medizinstudium an der Universität Würzburg  
März 2009 Ärztliche Vorprüfung