

Aus der ehemaligen Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie
(Prof. Dr. med. E. Kruse)
im Zentrum Augenheilkunde und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Hördiagnostik frühgeborener Kinder: Baseline und Follow-up

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Saskia Schareyka
aus
Bad Oldesloe

Göttingen 2007

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichtstatterin: Prof. Dr. rer. nat. C. Kiese-Himmel, Dipl.-Psych.

II. Berichtstatter: Prof. Dr. med. Brockmann

III. Berichtstatter: Prof. Dr. med. Paulus

IV. Berichtstatter: Prof. Dr. med., Dr. rer. nat. Crozier

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juli 2010

INHALT

	Seite
Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 EINLEITUNG	01
1.1 Theoretischer Hintergrund	02
1.1.1 Anatomie des Ohres	02
1.1.2 Physiologie des Hörens	02
1.1.3 Hörbahn und Hörkortex	03
1.1.4 Physiologische Hörentwicklung	04
1.1.5 Physiologische Sprachentwicklung	04
1.1.6 Beziehung Hörentwicklung und Lautsprachentwicklung	06
1.2 Hörprüfmethoden im jungen Kindesalter	06
1.2.1 Electric Response Audiometry	06
1.2.2 Otoakustische Emissionen	08
2 EMPIRISCHE STUDIE	11
2.1 Fragestellung und Ziel	11
2.2 Stichprobe	11
2.3 Material und Methode	13
2.3.1 Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder (SETK-2)	14
2.4 Auswertung	16
2.5 Ergebnisse	17
2.5.1 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit primär somatischen Geburtsparametern	17
2.5.2 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit anamnestischen Angaben der Eltern zur Sprachentwicklung	20

2.5.3	Zusammenhang von Interpeaklatenz mit Sprachentwicklungstestleistungen für zweijährige Kinder (SETK-2)	21
2.5.4	Zusammenhang von Interpeaklatenz mit pädaudiologischem Untersuchungsergebnis im Alter von 2 Jahren (Follow-up)	21
2.5.5	Bildung von Zweiwort-Kombinationen und Ohranamnese	25
2.5.6	Sprachentwicklungstestleistungen im SETK-2	27
2.5.6.1	Testergebnisse in Abhängigkeit vom Geschlecht	28
2.5.6.2	Testergebnisse in Abhängigkeit vom Gestationsalter	31
2.5.6.3	Testergebnisse in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht	33
2.5.6.4	Testergebnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter bei Sprachtestung	34
3	DISKUSSION	35
3.1	Primär somatische Geburtsparameter und Interpeaklatenz	35
3.2	Pädaudiologisches Untersuchungsergebnis im Alter von 2 Jahren (Follow-up) und Interpeaklatenz	37
3.3	Zweiwort-Kombinationen und Ohranamnese	41
3.4	Sprachentwicklungstestleistungen (SETK-2)	43
3.5	Interpeaklatenz und Sprachtestleistungen	45
3.6	Stichprobe	47
3.7	Schlussfolgerungen	48
4	ZUSAMMENFASSUNG	50
5	ANHANG	52
5.1	Elternbrief	52
5.2	Anamnestischer Untersuchungs- und Dokumentationsbogen bei WV im 3. Lebensjahr	53
5.3	Testergebnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter bei Sprachtestung	55
6	LITERATUR	56

Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tabelle 1	Frühgeborenen-Stichprobe bezogen auf das durchschnittliche Gestationsalter und Geburtsgewicht	12
Tabelle 2	Interpeaklatenz, aufgeschlüsselt nach dem pädaudiologischen Untersuchungsergebnis bei Follow-up (dichotomisiert)	22
Tabelle 3	Lebensalter (in Monaten) beim Auftreten erster Zweiwort-Kombinationen, aufgeschlüsselt nach der Ohranamnese	26
Tabelle 4	Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Geschlecht	29
Tabelle 5	Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen in T-Werten, nach Geschlecht	30
Tabelle 6	Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Gestationsalter	32
Tabelle 7	Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Geburtsgewicht	34

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1 Hörbahnleitgeschwindigkeit und Gestationsalter bei Geburt	18
Abbildung 2 Hörbahnleitgeschwindigkeit und Gestationsalter zum Zeitpunkt der BERA-Ableitung	19
Abbildung 3 Hörbahnleitgeschwindigkeit und Lebensalter der Kinder zum Zeitpunkt der BERA-Ableitung	20
Abbildung 4 Interpeaklatenz und pädaudiologisches Untersuchungsergebnis bei Follow-up	25
Abbildung 5 Lebensalter beim Erstgebrauch von Zweiwort-Kombinationen in Abhängigkeit von der Ohranamnese	27

Abkürzungsverzeichnis

APD	Auditory Processing Disorder
BERA	Brainstem Electric Response Audiometry
bzw.	beziehungsweise
DAWA	Durchschnittliche Anzahl der Wörter pro Antwort
dB	Dezibel
d.h.	das heißt
DPOAE	Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen
EEG	Elektroenzephalographie
ERA	Electric Response Audiometry
et al.	et alii
etc.	et cetera
FAEP	Frühe Auditorisch Evozierte Potentiale
g	Gramm
Hz	Hertz
J	Jewett
M	Mittelwert
Max	Maximum
Min	Minimum
ms	Millisekunden
µs	Mikrosekunden
n.s.	nicht signifikant
OAE	Otoakustische Emissionen
s.	signifikant
SD	Standardabweichung
SETK-2	Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder
SPL	Schalldruckpegel
SSW	Schwangerschaftswochen
VLBW	Very Low Birth Weight
vs.	versus
WHO	World Health Organization

1 EINLEITUNG

Eine Hörschädigung frühzeitig zu erkennen, ist außerordentlich wichtig, da die Hörentwicklung die wesentliche Voraussetzung für die lautsprachliche Entwicklung darstellt. Menschen mit Hör- und Sprachstörungen haben im Alltag viele kommunikative Schwierigkeiten. Sie nehmen nicht nur Geräusche, akustische Signale, Laute und Gespräche in ihrer Umwelt nicht oder nur eingeschränkt wahr, sondern sie haben in der Regel auch Probleme, ihre eigenen Wünsche und Bedürfnisse anderen mitzuteilen. Schwerhörigen Kindern fällt es trotz durchschnittlicher Intelligenz schwer, am Schulunterricht teilzunehmen, soziale Kontakte zu hörenden Kindern sind schwierig. Sie werden durch das „Anderssein“ häufig sozial deklassiert (PTOK 1997). Sowohl die schulische bzw. später die berufliche, als auch die soziale Entwicklung sind bei Sprach- und Hörgeschädigten erschwert.

Frühgeborene mit einem bestimmten Risikoprofil haben ein 20 bis 30 fach höheres Risiko für das Vorliegen einer Hörstörung im Vergleich zu Reifgeborenen (JURKOVICOVA et al. 2002).

In einer interdisziplinären Kooperation werden am Universitätsklinikum Göttingen von der Station für Frühgeborene, mit dem Schwerpunkt Intensivmedizin, Frühgeborene mit einem bestimmten Risikoprofil selektiert und an die Abteilung Phoniatrie/ Pädaudiologie zur objektiven Hördiagnostik überwiesen. So kann eine Hörstörung früh diagnostiziert und therapeutisch versorgt werden (mit Hörgerät, ggf. Cochlea Implant und rehabilitativ). Dadurch wird die Grundlage für eine möglichst normale Hörentwicklung und die Voraussetzung für eine vokalische Sprachentwicklung geschaffen. Beide sind ausschlaggebend für eine gelungene soziale Integration.

Die vorliegende Arbeit möchte das periphere Hörvermögen frühgeborener Kinder im Alter von 2 Jahren mit ihrem postnatalen Hörstatus vergleichen und Sprachentwicklungsleistungen dieser Kinder im Alter von 2 Jahren zu ihrem postnatalen Hörstatus in Beziehung setzen.

Bevor die Ergebnisse der empirischen Studie dargestellt werden, wird auf die Anatomie des Ohres eingegangen, die Physiologie des Hörens einschließlich Hörbahn und Hörkortex dargestellt sowie die physiologische Hör- und Sprachentwicklung skizziert. Mit modernen pädaudiologischen Untersuchungsverfahren ist bei Neugeborenen die Diagnostik des peripheren Hörorgans, des Hörnervs und des Hirnstamms sicher und objektiv machbar. Dies wird in einem eigenen Abschnitt ausgeführt.

1.1 Theoretischer Hintergrund

1.1.1 Anatomie des Ohres

Das Ohr des Menschen besteht aus drei Teilen: Äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr. *Das äußere Ohr* (Auris externa) besteht aus Ohrmuschel (Auricula) und äußerem Gehörgang (Meatus acusticus externus). Das Trommelfell (Membrana tympani) grenzt das äußere Ohr gegen die Paukenhöhle ab. *Das Mittelohr* wird gebildet aus der luftgefüllten Paukenhöhle (Cavum tympani), den dort eingelassenen Gehörknöchelchen: Hammer (Malleus), Amboss (Incus) und Steigbügel (Stapes) sowie der Ohrtrumpete (Tuba auditiva) und den Cellulae mastoideae, Nebenräumen der Paukenhöhle. Des Weiteren zieht ein Teil des Musculus tensor tympani und der Chorda tympani sowie der Musculus stapedius durch die Paukenhöhle. *Das Innenohr* (Auris interna) besteht aus Endo- und Perilymphe-gefüllten Gängen, die sich in zwei Teile gliedern lassen: die Gehörgangsschnecke (Cochlea), in der das Hörorgan liegt, sowie das vestibuläre Labyrinth, das das Gleichgewichtsorgan enthält (FRICK et al. 1992).

1.1.2 Physiologie des Hörens

Über Luftleitung durch den Meatus acusticus externus gelangt der Schall auf die Membrana tympani. Die Schwingungen werden über den Malleus, der in die Membrana tympani eingelassen ist, an den Incus weitergeleitet, der wiederum über den Stapes mit dem Ovalen Fenster in Verbindung steht. Der wesentliche Nutzen dieser Gehörknöchelchenkette liegt in der Schallimpedananzanpassung. Da das Innenohr flüssigkeitsgefüllt ist, und somit einen höheren Schallwellenwiderstand besitzt als zuvor

die Luftleitung, würden 98% der Wellen reflektiert. Es gibt zwei Mechanismen bei der Impedanzanpassung, die zu einer Druckerhöhung auf das Ovale Fenster führen: 1. Die Stapesfußplatte ist wesentlich kleiner als die Fläche der Membrana tympani. (Druck= Kraft/Fläche) 2. Die Gehörknöchelchenkette wirkt als Hebel. Allein durch die geschilderte Druckerhöhung ist es möglich, dass 60% statt 2% der Schallenergie in das Innenohr eintreten kann.

Im Innenohr wird die Basilarmembran, durch die vom Stapes auf das Ovale Fenster übertragene Schallenergie, in Schwingung versetzt. Es bildet sich eine sogenannte Wanderwelle, mit Amplitudenmaximum an einem bestimmten Ort der Basilarmembran, entsprechend der Schallfrequenz. An dem Ort des Amplitudenmaximums kommt es auf der Basilarmembran im Corti-Organ zur Abbiegung von äußeren Haarzellen, die eine Verstärkung des Amplitudenmaximums bewirken und so die inneren Haarzellen stimulieren. Jene inneren Haarzellen transduzieren das mechanische Signal in elektrische sowie chemische Signale und stimulieren dadurch die afferenten Fasern des Hörnervs (KLINKE 1996, ZENNER 2000).

1.1.3 Hörbahn und Hörkortex

Die afferenten Fasern des Hörnervs ziehen zunächst zum bipolaren Ganglion spirale cochleae, um sich anschließend mit den Axonen der anderen afferenten Fasern zum Nervus cochlearis zusammenzulegen (ZILLES und REHKÄMPER 1998). Gemeinsam mit dem Nervus vestibularis tritt der vorwiegend afferente Nervus cochlearis nach Passage des Inneren Gehörgangs (Meatus acusticus internus) am Kleinhirnbrückenwinkel in den Hirnstamm ein. Im Nucleus cochlearis werden ausschließlich die Fasern des ipsilateralen Nervus cochlearis auf das zweite Neuron umgeschaltet. Ein großer Teil der Fasern kreuzt auf dieser Höhe den Hirnstamm und macht so eine kontra- sowie ipsilaterale Verarbeitung des Schallreizes möglich. Unter Umschaltung im Nucleus olivaris superior, im Colliculus inferior sowie im Corpus geniculatum mediale erreichen die Fasern schließlich als Radiatio acustica (Hörstrahlung) den akustischen Assoziationskortex im Temporallappen die sogenannte „Heschl-Querwindung“ (ZENNER 2000, PROBST et al. 2000).

In enger lokaler und funktioneller Verbindung zu diesem Kortexbereich steht das Wernicke- Sprachzentrum (sensorisches Sprachzentrum). Hier findet das Verstehen sowie die Wiedererkennung des Gehörten und der sinnvolle Wortgebrauch statt. Über den Fasciculus arcuatus steht das Wernicke-Sprachzentrum mit dem im Frontallappen liegenden Broca-Sprachzentrum (motorisches Sprachzentrum) in Verbindung. Für dieses Zentrum, welches besonders für die Sprachproduktion von Bedeutung ist, besteht bei den meisten Menschen eine Dominanz der linken Hemisphäre (ZILLES und REHKÄMPER 1998).

1.1.4 Physiologische Hörentwicklung

Ein Fötus hört ab der 26. bis 27. Gestationswoche (RUBEN 1992). Die intrauterine Hörwahrnehmung externaler Sprachstimuli ist zunächst ganzheitlich und orientiert sich an den melodiosen Konturen der menschlichen Stimme (Prosodie). Es ist das Hören einer Sprechmelodie, aber nicht das von Sprachlauten möglich, wie Herzschlagratenmessungen ergaben (DECASPER et al. 1994); Ungeborene hören vor allem tiefe Schallfrequenzen.

Die Reifung der Hörbahn hinsichtlich peripherer und zentraler Anteile ist unterschiedlich schnell (KÜTTNER et al. 1991). Sie zeigt sich in Verkürzungen der Latenzzeiten der Wellen sowie der Interpeakintervalle der frühen akustisch evozierten Potentiale. Nach KÜTTNER et al. (1991) ist die Zeit um die 34. postkonzeptionelle Woche durch einen Reifungsschub zentraler und peripherer Höranteile gekennzeichnet. Das hörgesunde Neugeborene kann Schall orten und sich einer Schallquelle zuwenden. Es zeigt eine Präferenz für weibliche Stimmen, was sich nur durch die intrauterinen Erfahrungen mit der Stimme der Mutter erklären lässt. Postpartal erfolgt eine Reifung der zentralen Abschnitte der Hörbahn. Im ersten Lebenshalbjahr erkennt der hörgesunde Säugling akustische Hinweisreize, die Bausteine von Wörtern bilden (Phoneme, Silben) (RUBEN 1992).

1.1.5 Physiologische Sprachentwicklung

Säuglinge werden mit einer Kompetenz für den oralen Spracherwerb geboren, benötigen aber zu deren Aktivierung hör- sprachspezifische Stimulation.

Die vokalische Sprachentwicklung ist bei gesunden Kindern durch ein einheitliches Ablaufmuster gekennzeichnet, das auf Verstehen rhythmisch- melodischer Elemente sowie der Lautstruktur der Muttersprache basiert. Nach dem Schreien als primäre vokalische Ausdrucksform und vokalischen vegetativen Äußerungen wird ab dem 2. Lebensmonat gegurrt („ga“). Zwischen dem 3. bis 10. Lebensmonat wird das sogenannte Lallstadium durchlaufen: unterteilt in das *primäre Lallstadium*, dem Üben artikulatorischer Möglichkeiten, erst im vokalischen, dann im konsonantischen Bereich (subkortikale Aktivität) und in das *sekundäre* oder *kanonische Lallstadium*. Das sekundäre Lallen wird durch die Reifung der kortikalen Teile des akustischen Analysators möglich und ist durch die Kettenbildung von Silben bzw. Lallwörtern (lalala, daduda, mamama) sowie nachahmendes Lallen gekennzeichnet. Es kommt zu mehr Abwechslung in Tonhöhe und Betonung. Kongenital schwerhörige und gehörlose Kinder bleiben in ihrer Hör-Sprachentwicklung zurück. Circa ab dem 10. Lebensmonat imitiert und produziert das hörgesunde Kind *erste Wörter* (z.B. Mama, Papa, Ball).

Die Sprachentwicklung weist eine beträchtliche Entwicklungsvariabilität auf, so dass die Angaben hinsichtlich des Erreichens eines bestimmten Vokabularumfangs in der Literatur studienabhängig differieren. Sobald ein Kind mit etwa 18 Monaten einen produktiven Wortschatz von etwa 50 Wörtern erreicht hat (circa 200 Wörter rezeptiv verfügbar), erfolgt der sog. *Wortschatzspurt*, das schnelle Wortlernen, eine „Explosion“ der lexikalischen Entwicklung. Mit zwei Jahren beherrschen gesunde Kinder nach SCHRÖDER et al. (2003) etwa 200 Wörter. Unter Bezug auf die von BLOOM et al. (1993) untersuchten Kinder schreiben SCHRÖDER et al. (2003): „Mit 24 Monaten ist das Vokabular auf etwa 200 Wörter und mit drei Jahren auf circa 500 Wörter angewachsen.“ Während der Wortschatz der ersten 50 Wörter vorwiegend aus Nomen besteht, nimmt bei einer Wortschatzgröße von 200 Wörtern der Anteil der Nomen ab und die Rate an Verben und Adjektiven deutlich zu. Erste Zweiwort-Sätze werden ab dem 18. Lebensmonat gebildet bzw. ab 50 produktiv verfügbaren Wörtern.

Im Alter zwischen 2 bis 3 Jahren beginnen Kinder syntaktische Kategorien zu bilden (Negation, Frage) und lernen mit Pronomen, Präpositionen, Zeitformen sowie Hilfs- und Modalverben umzugehen, was u.a. die Grammatikentwicklung kennzeichnet. Im Alter von

24 bis 36 Monaten werden 3 bis 5 Wörter im Satz kombiniert und Mehrzahlformen gebraucht. Grammatische Kompetenzen unterstützen den weiteren Worterwerb. Mit etwa 5 Jahren ist die primäre Sprachentwicklung abgeschlossen: das gesunde Kind beherrscht phonologische, lexikalisch-semantische, syntaktische und pragmatische Aspekte seiner Muttersprache. Diese enorme Entwicklungsleistung ist sensorisch auf ein intaktes peripheres Hörvermögen angewiesen (KIESE- HIMMEL 2004, 2005).

1.1.6 Beziehung Hörentwicklung und Lautsprachentwicklung

Um das genetisch vorgegebene Potential für Sprache entfalten zu können, bedarf es auf sensorischer Seite eines gesunden Gehörs. Die Reifung des auditiven Systems setzt sehr früh ein (vgl. 1.1.4) – lange bevor die Lautsprachentwicklung beginnt (vgl. 1.1.5) und aussagekräftige Sprachleistungen getestet werden können.

Die kritisch-sensitive Zeit für die Sprachentwicklung ist das erste Lebensjahr auf Grund der sinnesspezifischen, stimulationsabhängigen Reifung der Hörbahn und der bereits nach dem ersten Geburtstag abnehmenden neuronalen Plastizität des Hör-/Sprachsystems. Eine frühkindliche Hörstörung – sofern nicht früh erkannt und mit Hörverstärkender Technik störungsspezifisch versorgt - erschwert das Erlernen phonologischer, lexikalischer und grammatischer Strukturen bzw. macht im Extremfall (bei hochgradiger, an Taubheit grenzender Schwerhörigkeit bzw. bei Gehörlosigkeit) eine verstehbare Sprachkommunikation unmöglich (RUBEN 1997).

1.2 Hörprüfmethoden im jungen Kindesalter

1.2.1 Electric Response Audiometry

Bei der ERA (Electric Response Audiometry) handelt es sich um ein Verfahren der objektiven Audiometrie. Über Elektroden an der Kopfhaut lassen sich die durch Reize hervorgerufenen Potentiale auf allen Stufen der Hörbahn ableiten. Diese Potentiale können

mit zunehmender Latenz (Zeit zwischen akustischem Reiz und Potentialnachweis) für aufeinanderfolgende Abschnitte der Hörbahn nachgewiesen werden (MROWINSKI 2001).

Das Register von GALAMBOS und DESPLAND (1980) benutzte die Brainstem Response Audiometry, um eine Hörstörung bei Frühgeborenen zu beurteilen (KNOBELOCH und KANOY 1982). Die BERA (Brainstem Electric Response Audiometry) ist eine objektive neurophysiologische Methode, mit der man Frühe Auditorisch Evozierte Potentiale (FAEP) ableiten kann, d.h. zwischen Hörnerv und Hirnstamm mit Latenzen bis etwa 10 ms (PROBST et al. 2000). Sie wird eingesetzt zur Diagnostik neuraler Schädigungen der Hörbahn im Bereich des Hirnstamms und des Hörnervs; zudem eignet sich die BERA zur objektiven Ermittlung der Hörschwelle von Säuglingen, Kleinkindern und nicht kooperativen Erwachsenen. Ein Vorteil liegt darin, dass sich die Potentiale sofort nach der Geburt ableiten lassen, wenn auch mit verlängerter Latenz wegen der noch nicht abgeschlossenen Hörbahnreifung. Außerdem bleiben die FAEP von Schlaf, Sedierung und Narkose unbeeinflusst, was einen besonderen Vorteil für die Untersuchung von Säuglingen und Kleinkindern darstellt (MROWINSKI 2001). Bei dieser Klientel erfolgt die Untersuchung meist in Sedierung oder Narkose, um myogene Artefakte, die aus unwillkürlichen Bewegungen resultieren würden, zu vermeiden (LEHNHARDT 2001).

Zur Messung der verschiedenen Potentialgruppen sind bestimmte akustische Reize notwendig, die ein Reizgenerator in Form eines entsprechenden Spannungsverlaufs liefert. Für die frühen Potentiale der BERA werden „Klicks“ verwendet, die elektrisch aus einem Rechteckimpuls oder einer Sinushalbwellen von 150-250 μ s Dauer bestehen und ein breites Frequenzspektrum aufweisen. Um zu vermeiden, dass es zu Überlagerungen durch Potentiale des gegenseitigen Ohres kommt, wird dieses durch ein Breitbandrauschen vertäubt. Bei Reizgabe in Luftleitung wählt man den Vertäubungspegel 30 dB unter dem Reizpegel, er sollte aber 75 dB nicht überschreiten. Zur Reizgabe in Luftleitung wird der akustische Reiz (ein Klick-Stimulus) über einen Kopfhörer appliziert. Es werden eine biologisch nicht aktive Masse-Elektrode auf der Stirn, eine Pluselektrode am Vertex und je eine Elektrode an jedem Mastoid in Form von nichtinvasiven Hautelektroden befestigt. Der Messverstärkereingang „Minus“ muss je nach Reizseite mit der Elektrode des ipsilateralen Mastoids verbunden werden. Über die Elektroden am Vertex und dem Mastoid des zu

untersuchenden Ohres werden die auditiv (durch den „Klickreiz“) evozierten Potentiale mit dem EEG abgeleitet und einem EEG-Verstärker zugeführt. Der akustische Reiz wird 1000 bis 2000 Mal wiederholt, ein Computer trennt anschließend durch zeitsynchrone Mittelwertbildung (Averaging) die auditiv evozierten, ereigniskorrelierten Potentiale von der spontanen Hirnstromkurve. Dabei addieren sich die reizkorrelierten Potentiale, die zufällig verlaufenden EEG-Anteile hingegen löschen sich mit zunehmender Zahl der Mittelungen aus; das Signal wird vom Rauschen getrennt.

Es ergibt sich bei normal Hörenden eine charakteristische Wellenform der evozierten Potentiale, die mit J1-J7 nach der Reihenfolge ihres Auftretens (nach Jewett) bezeichnet werden. Jeder Peak hat eine Latenz oder ein Zeitintervall von der akustischen Präsentation bis zum Auftreten des Peaks. Teilweise lassen sich Ursprungsorte zuordnen, so entspricht die Welle J2 dem ipsilateralen Hörnerven beim Austritt aus dem Porus acusticus internus und die Welle J3 dem ipsilateralen ventralen Nucleus cochlearis. Für die Wellen J4 und J5 ist der Ursprungsort wegen Überlagerungen der ipsi- sowie kontralateralen Hörbahn schwerer auszumachen. Die Welle J4 wird vermutlich zum größten Teil aus Erregungen der ipsilateralen oberen Olive gebildet und Welle J5 aus dem kontralateralen Lemniscus lateralis (MROWINSKI 2001).

Die *Interpeaklatenz* bezeichnet die Zeitdifferenz zwischen zwei Potentialmaxima, J1 und J5. Sie ermöglicht eine Aussage über die Geschwindigkeit des neuronalen Verarbeitungsprozesses, der interindividuell sehr konstant ausgeprägt ist. Der Mittelwert für die Interpeaklatenz beträgt 4,0 ms mit einer 2,5fachen Standardabweichung von 0,4 ms (HOTH und LENARZ 1994).

1.2.2 Otoakustische Emissionen

Bei den otoakustischen Emissionen (OAE) handelt es sich um Schall, der aus dem Innenohr emittiert wird. Diese Schallaussendungen, die spontan oder durch einen akustischen Reiz entstehen, können von empfindlichen Mikrofonen gemessen werden, welche in den äußeren Gehörgang eingebracht werden. Die OAE sind sogenannte Epiphänomene des normalen Hörvorgangs. Sie entstehen auf der Ebene der äußeren

Haarzellen und stellen eine Möglichkeit des nichtinvasiven Informationsgewinns über Störungen der kochleären Verstärkerfunktion dar.

Die Ableitung von OAE ist eine objektive, nichtinvasive Methode zur Prüfung der Innenohrfunktion; sie wird unter anderem zum Screening von Säuglingen eingesetzt, da die OAE schon von Geburt an in ausgeprägter Form nachweisbar sind. Zudem ist für die Ableitung keine Narkose erforderlich. Allerdings kann die Aussagekraft der OAE durch eine Otitis media oder Paukenergüsse eingeschränkt sein, da dem Mittelohr eine zentrale Bedeutung zukommt - sowohl bei der Auslösung als auch bei der Registrierung der OAE, da der akustische Reiz einerseits das Innenohr über das Mittelohr erreicht, andererseits die OAE über das Mittelohr in den äußeren Gehörgang gelangt.

Es lassen sich spontane von evozierten otoakustischen Emissionen unterscheiden. Zu den letzteren zählen auch die DPOAE (Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen). Die DPOAE werden durch zwei Primärtöne (f_1 und f_2) benachbarter Frequenz ausgelöst, die als Dauertöne appliziert werden. Es entstehen zwei eng beieinanderliegende Wanderwellen auf der Basilarmembran. In der Überlappungszone der Wanderwellen werden die äußeren Haarzellen von beiden Primärtönen erregt. Es resultiert, infolge des nichtlinearen Übertragungsverhaltens der Haarzellen, eine weitere Schwingung: das sogenannte Distorsionsprodukt der Frequenz $2 \cdot f_1 - f_2$. Diese Schwingung setzt sich über die Innenohrflüssigkeit als Dichtewelle oder/und auf der Basilarmembran als Wanderwelle retrograd fort. Im äußeren Gehörgang lässt sich das Schallsignal (DPOAE) der Frequenz $2 \cdot f_1 - f_2$ messen, welches den Schwingungen der äußeren Haarzellen im Überlappungsbereich beider Wanderwellen entspricht.

Zur Applikation der Primärtöne und Messung der DPOAE wird eine Ohrsonde mit Verbindung zu zwei Schallsendern und einem Mikrophon in das zu untersuchende Ohr eingebracht. Da die zu messenden Emissionen sehr kleine Schallpegel haben, die zwischen 20 dB SPL und der Messgrenze -30 dB SPL liegen, sind zur Registrierung hochempfindliche Mikrophone nötig. Des Weiteren sollten Artefakte durch Umgebungsgeräusche oder Bewegungen des Kopfes vermieden werden. Zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses wird, ähnlich wie bei der BERA, das Zeitsignal des im

äußeren Gehörgang gemessenen Schalldrucks gemittelt, so dass deutlichere Signale sichtbar werden. Bei Normalhörenden liegen die DPOAE im Frequenzbereich zwischen 500 Hz und 8 kHz, wenn man hohe Primärtonpegel von 60-70 dB SPL appliziert. Bei kleinen Primärtonpegeln sind Emissionen nur noch im mittleren und oberen Frequenzbereich messbar, da das Störgeräusch im unteren Frequenzbereich zu groß ist (JANSSEN 2001).

2 EMPIRISCHE STUDIE

2.1 Fragestellung und Ziel

Eine sinnesorganische Voraussetzung für eine ungehinderte Sprachentwicklung ist ein gesundes Hörvermögen. Weil Frühgeborene ein erhöhtes Risiko für Störungen in der Hör- und/oder Sprachentwicklung tragen - die wiederum weitreichende soziale Probleme zur Folge haben können -, gilt es, Hörstörungen früh zu erkennen, um schnellstmöglich eine adäquate Therapie einleiten zu können. Doch trotz Neugeborenen-Hörscreenings ist es nicht sicher möglich, sämtliche kongenitale Hörstörungen rechtzeitig zu erfassen. Die vorliegende Arbeit zielt auf ein besonderes Risikoklientel: Frühgeborene mit definierten Risikofaktoren, die postnatal mit einer Click-BERA untersucht und hiernach als hörgesund befundet wurden. In einem Follow-up (3. Lebensjahr) wurde ihr peripheres Hörvermögen erneut untersucht sowie ihr aktueller Sprachentwicklungsstand erhoben. Ein reifeabhängiger Parameter der FAEP, die Interpeaklatenz zwischen den Wellen I-V, als Indikator für die neuronale Ausreifung, sollte zu somatischen Geburtsparametern sowie zum Sprachentwicklungsstatus im 3. Lebensjahr in Beziehung gesetzt werden.

2.2 Stichprobe

In die Studie gingen 39 Frühgeborene des Geburtsjahrgangs 1999 ein: 20 Jungen (51 %) und 19 Mädchen (49 %; Tabelle 1). Diese Kinder entsprachen einem bestimmten Risikoprofil und hatten deshalb ein deutlich höheres Risiko für das Vorliegen einer Hörstörung. Zu jenem Risikoprofil zählten folgende Parameter, von denen mindestens einer erfüllt sein musste:

- Geburtsgewicht <1500 g,
- ototoxische Medikation (z.B. Aminoglykoside, Schleifendiuretika), z.B. im Rahmen von Meningitiden oder Sepsis,
- Atemnotsyndrom mit der Notwendigkeit einer Langzeitbeatmung,
- Hirnblutungen,

- Intrapartale Asphyxie.

Um Kovariablen für Entwicklungsdefizite zu eliminieren, wurden ausgeschlossen:

- Kinder mit Syndromen,
- Kinder mit zwei- oder mehrsprachigem Lebenskontext,
- Kinder mit kongenitalen neurologischen Störungen.

Das durchschnittliche Gestationsalter der Kinder betrug 30,54 (SD 2,39) Schwangerschaftswochen (Min 25, Max 37).

Die Kinder hatten bei ihrer Geburt ein durchschnittliches Gewicht von 1342,2 Gramm (SD 408,42). 28 der 39 Frühgeborenen wogen <1500 g. Mädchen waren mit durchschnittlich 1280,5 Gramm etwas leichter als Jungen, die im Durchschnitt ein Gewicht von 1400,8 Gramm bei ihrer Geburt erreicht hatten.

Bei 5/39 Kindern lag das Geburtsgewicht unter 1000 Gramm, eines dieser Kinder wog bei seiner Geburt lediglich 390 Gramm (Min). 3/39 Kinder hingegen hatten ein Geburtsgewicht über 2000 Gramm, unter ihnen eines mit 2590 Gramm (Max).

Tabelle 1: Frühgeborenen-Stichprobe bezogen auf das durchschnittliche Gestationsalter und Geburtsgewicht (Standardabweichung SD in Klammern)

		durchschnittliches	durchschnittliches
Geschlecht	N (%)	Gestationsalter (SSW)	Geburtsgewicht (g)
männlich	20 (51)	30,95 (SD 2,72)	1400,8 (SD 513,96)
weiblich	19 (49)	30,11 (SD 1,97)	1280,5 (SD 255,91)
Alle	39 (100)	30,54 (SD 2,39)	1342,2 (SD 408,42)

2.3 Material und Methode

Die vorliegende Untersuchung analysiert Daten aus der klinischen Regeldiagnostik; es handelt sich um eine Sekundärauswertung fachspezifisch (pädaudiologisch sowie Sprachentwicklungspsychologisch) erhobener Daten.

Im Universitätsklinikum Göttingen wurden Frühgeborene mit bestimmten Risikofaktoren im Rahmen einer interdisziplinären Kooperation an die Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie überwiesen; eine Hördiagnostik bei Frühgeborenen gehört zur diagnostischen Routine in der Krankenversorgung. Die Frühgeborenen wurden postnatal mit der Klick-BERA (Westra QS 04) im Spontanschlaf in einem schallisolierten, pädaudiometrischen Untersuchungsraum durch einen Pädaudiologen untersucht (Min 33. Lebenstag, Max 152. Lebenstag). Dies dauerte im Regelfall pro Kind ca. 15 bis 20 Minuten. Die Reizung erfolgte jeweils monaural im Klickmodus über Kopfhörer bei einer Anfangsintensität von 70 Dezibel im absteigenden Vorgehen. Die 39 Kinder waren pädaudiologischerseits als hörgesund befundet worden (Hörschwelle beidseits 20 dB). Voraussetzung für den Nachweis einer der Wellen I bis VI war, dass sowohl in den beiden Halbkurven als auch somit in der Summenkurve die Wellen eindeutig darzustellen waren.

In einem Follow-up im 3. Lebensjahr erfolgte eine pädaudiologische Untersuchung einschließlich Ableitung von DPOAE (mit dem Gerät GSI 60, Grason-Statler), seitengetrennter Ohrmikroskopie, Tympanometrie und Erhebung der Ohranamnese (n = 36/39 Kindern). Des Weiteren wurden die Kinder hinsichtlich ihres aktuellen Sprachentwicklungsstandes mit einem standardisierten Test, dem SETK-2, untersucht. Darüber hinaus wurden anamnestische Angaben der Eltern zur Entwicklung, zum sozio-ökonomischen Hintergrund sowie somatische Geburtsparameter erhoben.

Die anamnestischen Parameter sind aus Anhang 5.2 ersichtlich (Anamnestischer Untersuchungs- und Dokumentationsbogen bei WV im 3. Lebensjahr). Die Eltern hatten vorher schriftlich in die Untersuchung ihres Kindes / ihrer Kinder eingewilligt (vgl. Anhang 5.1 Elternbrief). Der Persönlichkeitsschutz war durch Anonymisierung der Daten (vgl. Anhang 5.2) gewährleistet.

Eine wesentliche Aufgabe der klinischen Pädaudiologie besteht in der Identifikation und fachspezifischen Diagnose von Kindern mit versorgungspflichtigen Hörstörungen. Gerade bei sehr jungen Kindern besteht die Gefahr, dass die hörgeschädigten Kinder keine adäquate Lautsprachentwicklung durchlaufen und somit sich nicht in die Gesellschaft Hörender integrieren lassen – mit Folgeproblemen für die gesamte Persönlichkeit wie auch für die Bildungslaufbahn.

2.3.1 Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder

Der *Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder* (SETK-2; GRIMM et al. 2000) ermöglicht eine zuverlässige und objektive Beurteilung der rezeptiven und produktiven Sprachverarbeitungsfähigkeiten zweijähriger Kinder. Dieser standardisierte Test machte es im deutschen Sprachraum erstmalig möglich, valide Aussagen über das Sprachniveau der Kinder dieser Altersklasse zu treffen.

Der SETK-2 besteht aus vier Untertests:

- *Verstehen I: Wörter* zur Beurteilung des rezeptiven Wortschatzumfangs
- *Verstehen II : Sätze* zur Beurteilung der rezeptiven Sprachverarbeitung
- *Produktion I: Wörter* zur Beurteilung des expressiven Wortschatzumfangs
- *Produktion II: Sätze* zur Erfassung der produktiven Sprachverarbeitung.

Verstehen I, das Wortverständnis, wird mit Hilfe von neun Bildkarten geprüft, auf denen sich das vom Untersucher benannte Objekt zusammen mit drei Distraktoren befindet. Das Kind wird aufgefordert, auf das benannte Objekt zu zeigen. Ein unterdurchschnittlicher rezeptiver Wortschatz im Alter von zwei Jahren deutet eine Gefährdung der Sprachentwicklung an.

Verstehen II prüft das Satzverständnis. Dem Kind werden insgesamt acht kurze Sätze vorgesprochen. Es hat die Aufgabe, unter jeweils vier Bildern (bei Prüfung des Negationsverständnisses unter zwei Bildern) zu wählen und auf jenes zu zeigen, welches dem vom Untersucher vorgesprochenen Satzinhalt entspricht. Dabei muss es Subjekt,

Prädikat, Präpositionen und Negationen identifizieren. Das Satzverständnis ist nicht nur prädiktiv für die weitere Sprachentwicklung, sondern auch für die kognitive Entwicklung.

Produktion I prüft den produktiven Wortschatz. Dem Kind werden zunächst sechs konkrete Objekte gezeigt, anschließend 24 Bildkarten. Es wird jeweils aufgefordert, das präsentierte Objekt zu benennen. Dieser Untertest besitzt eine sehr hohe prognostische Validität für die Sprachentwicklung, außerdem lassen sich mit ihm gut späte Wortlerner (Late Talkers) identifizieren.

Untertest *Produktion II* erfasst die Satzproduktion. Dem Kind werden nacheinander Bildkarten vorgelegt. Vier Karten sind durch Sätze mit einwertigen Verben beschreibbar, vier weitere Karten erfordern Sätze mit Subjekt-Prädikat-Objekt-Struktur, und acht Bilder verlangen Sätze mit Präpositionalstruktur. Hiermit wird die Fähigkeit eines Kindes untersucht, einen dargestellten Sachverhalt so gut und so präzise wie möglich sprachlich zu verschlüsseln.

Für die Auswertung wird zunächst das Testalter des Kindes (= aktuelles Lebensalter) bestimmt und einer der zwei Altersgruppen zugeordnet (I: 24 bis 29 Monate, II: 30 bis 35 Monate). Für jeden der vier Untertests lassen sich die für die einzelnen Aufgaben erzielten Punkte zu einem Testrohwert addieren. Die kritische Differenz zweier Testrohwerte (aus Tabellen zu entnehmen) ermöglicht die Beurteilung, ob sich zwei Kinder bezüglich ihrer Sprachverarbeitungsfähigkeiten in einem Untertest tatsächlich unterscheiden.

Die Testrohwerte der einzelnen Untertests lassen sich anhand einer Tabelle in T-Werte umwandeln. T-Werte sind Normwerte mit einem Mittelwert von 50 und einer Standardabweichung von 10. Kinder, die T-Werte zwischen 40 bis 60 erzielen, haben ein durchschnittliches Ergebnis. T-Werte über 60 markieren überdurchschnittliche, T-Werte unter 40 unterdurchschnittliche Leistungen eines Kindes.

T-Werte lassen sich mit Hilfe einer Tabelle in Prozentränge konvertieren, an denen sich wiederum ablesen lässt, wie viel Prozent der Kinder bessere und wie viel Prozent schlechtere Leistungen erbracht haben (GRIMM et al. 2000).

2.4 Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms *Statistika*.

An deskriptiver Statistik wurden charakteristische Maßzahlen wie arithmetischer Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median der jeweiligen empirischen Verteilung berechnet.

Als erstes wurde ein reifeabhängiger Parameter der FAEP, die Interpeaklatenz zwischen den Wellen I bis V, zu ausgesuchten somatischen Parametern (Gestationsalter eines Frühgeborenen bei Geburt, zum Zeitpunkt der BERA, Lebensalter bei BERA, Geburtsgewicht, Körperlänge) in Beziehung gesetzt, zu Parametern des Sprechbeginns (Alter beim Auftreten der ersten Wörter bzw. von Zweiwort-Verbindungen) sowie zu Sprachentwicklungstestleistungen (vier SETK-2-Subtests). Aus je zwei stetigen Merkmalen wurden Scatterplots erstellt, sowie der Pearson'sche Maßkorrelationskoeffizient (r) als deskriptives Maß berechnet, der den linearen Zusammenhang von zwei Variablen beschreibt. Der Korrelationskoeffizient kann Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen, je stärker der Zusammenhang zwischen den beiden Variablen ausgeprägt ist, desto näher liegt der Betrag von r bei 1. Je näher r bei 0 liegt, desto schwächer ist der Zusammenhang. Ein negatives Vorzeichen belegt, dass die zwei Variablen gegenläufig variieren. Um festzustellen, ob sich ein Korrelationskoeffizient signifikant von Null unterscheidet, wurde der t-Test zur Prüfung eines Korrelationskoeffizienten eingesetzt. Es wurde eine Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95% gewählt bzw. $\alpha = 0,05$ (Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%).

Zweitens wurden Mittelwertsvergleiche hinsichtlich der Interpeaklatenz I bis V sowie dem Alter beim Auftreten von Zweiwort-Verbindungen für Kinder mit unklarer Hörsituation und Kindern mit Normakusis gemäß Untersuchung beim pädaudiologischen Follow-up im 3. Lebensjahr vorgenommen. Um zwei Gruppen bezüglich eines stetigen Merkmals zu vergleichen, wurden zunächst Box- and-Whisker- Plots erstellt. Man erhält eine rechteckige Box, die 50% der Messwerte beinhaltet, die untere Begrenzung bezeichnet das 1. Quartil, die obere das 3. Quartil. Das kleine Kästchen in der Box gibt die Lage des Medians (Zentralwert) an. Die von der Box nach oben und unten ausgehenden Striche

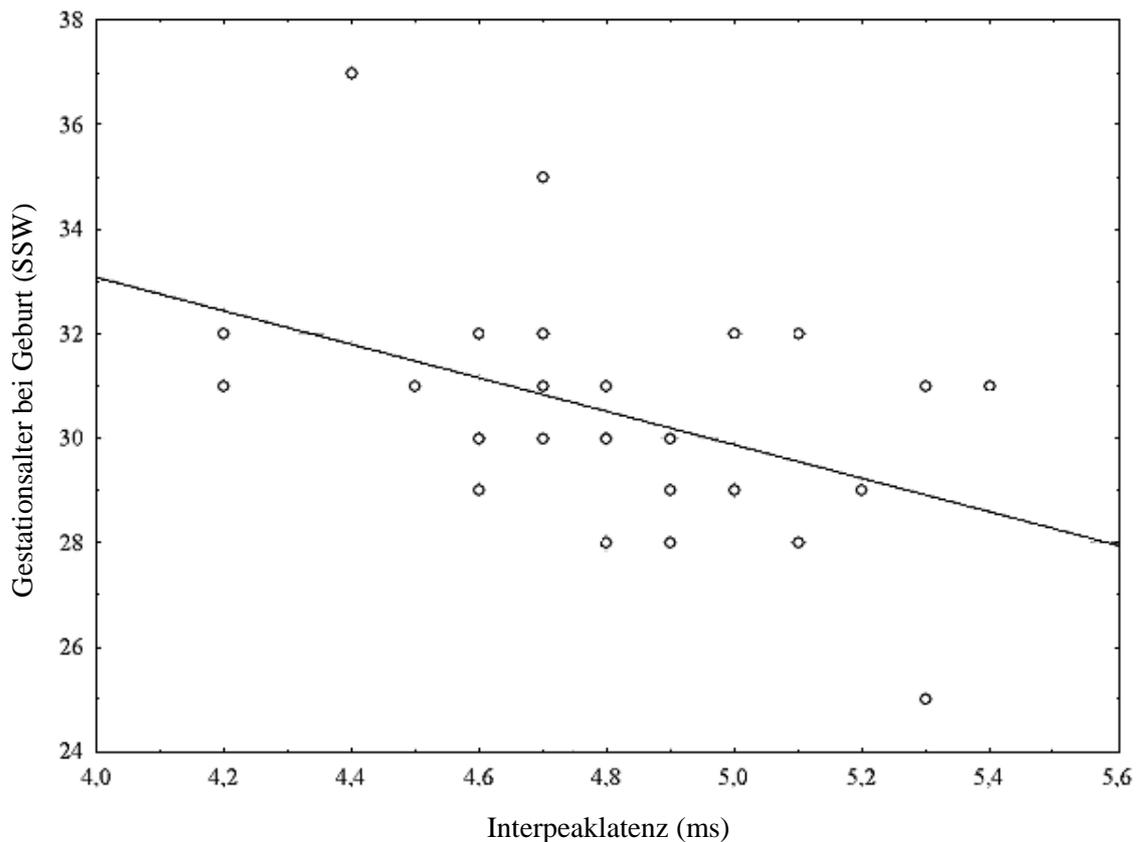
zeigen Minimum und Maximum. Um zu überprüfen, ob sich die zwei Gruppen hinsichtlich eines Merkmals tatsächlich unterscheiden, oder ob der Unterschied der Lage zufällig ist, wurde für normalverteilte Werte der t-Test für unverbundene Stichproben eingesetzt.

Drittens wurden die Mittelwertsunterschiede in den Sprachentwicklungstestleistungen im 3. Lebensjahr zwischen frühgeborenen Jungen und Mädchen, Frühgeborenen mit einem Gestationsalter ≤ 30 SSW vs. >30 SSW, Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht ≤ 1300 Gramm vs. >1300 Gramm und Frühgeborenen in der ersten vs. zweiten Hälfte im 3. Lebensjahr zum Zeitpunkt der Testung auf Signifikanz untersucht. Bei Gruppen, bei denen keine Normalverteilung vorausgesetzt werden konnte, wurde der Mann-Whitney-U-Test benutzt; für diesen Test muss eine stetige Zufallsvariable vorliegen. Mit dem U-Test lässt sich unter schwächeren Voraussetzungen, als beim t-Test, überprüfen, ob sich zwei unverbundene Stichproben hinsichtlich eines Merkmals unterscheiden (WEISS 1999, BORTZ und LIENERT 1998, HÜSTER und ZIMMERMANN 1996).

2.5 Ergebnisse

2.5.1 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit primär somatischen Geburtsparametern

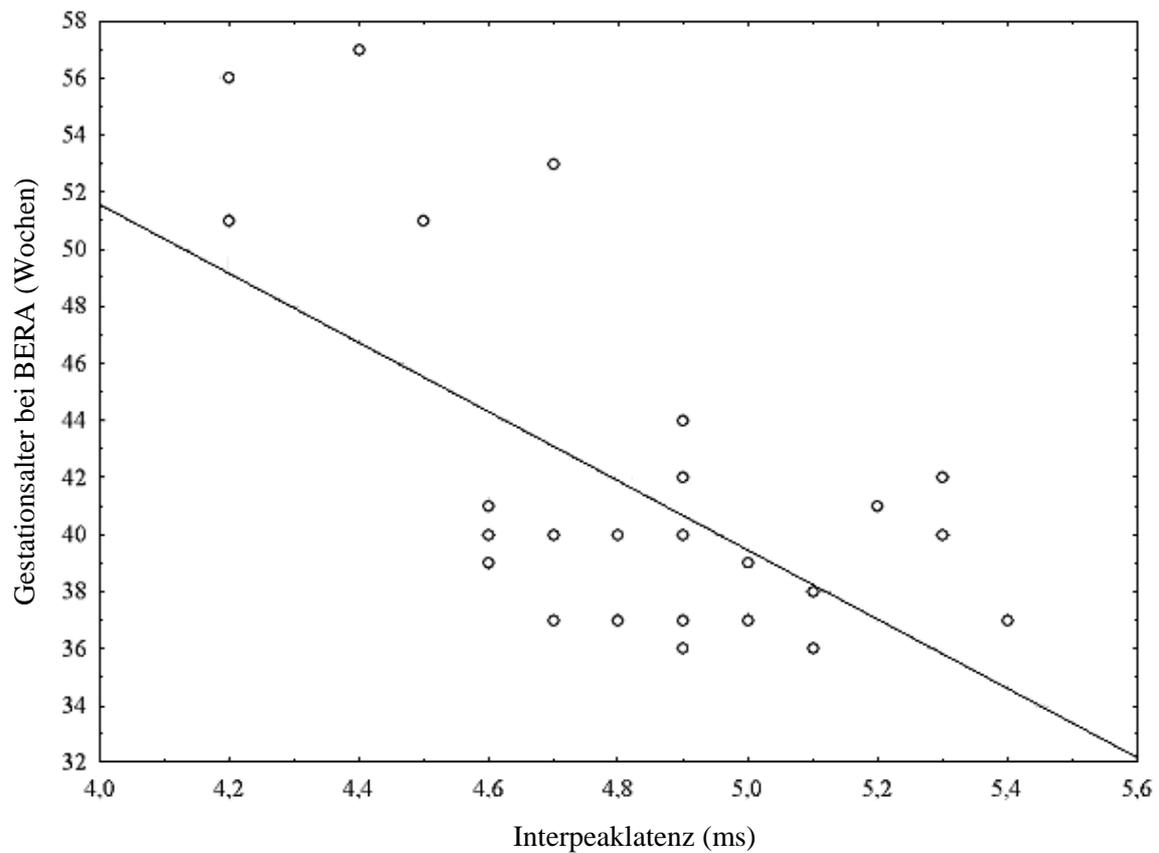
Zunächst wurde die Interpeaklatenz (Indikator für die Leitgeschwindigkeit der Hörbahn), mit verschiedenen somatischen Geburtsparametern, sowie dem aktuellen Lebensalter der Frühgeborenen zum Zeitpunkt der postnatalen Messung des Hörvermögens korreliert, um zu überprüfen, in welcher Beziehung die Leitgeschwindigkeit der Hörbahn zur allgemeinen Reife des Kindes steht. Als erster Parameter wurde das Gestationsalter herangezogen.

Abbildung 1: Hörbahnleitgeschwindigkeit und Gestationsalter bei Geburt

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich, ließ sich zwischen dem Gestationsalter der frühgeborenen Kinder (in Schwangerschaftswochen, SSW) und der Interpeaklatenz ein mäßig negativer Zusammenhang ($r = -0,43$; $p = 0,02$) feststellen, der allerdings statistische Signifikanz erreicht. Je niedriger das Gestationsalter war, desto länger war die Interpeaklatenz.

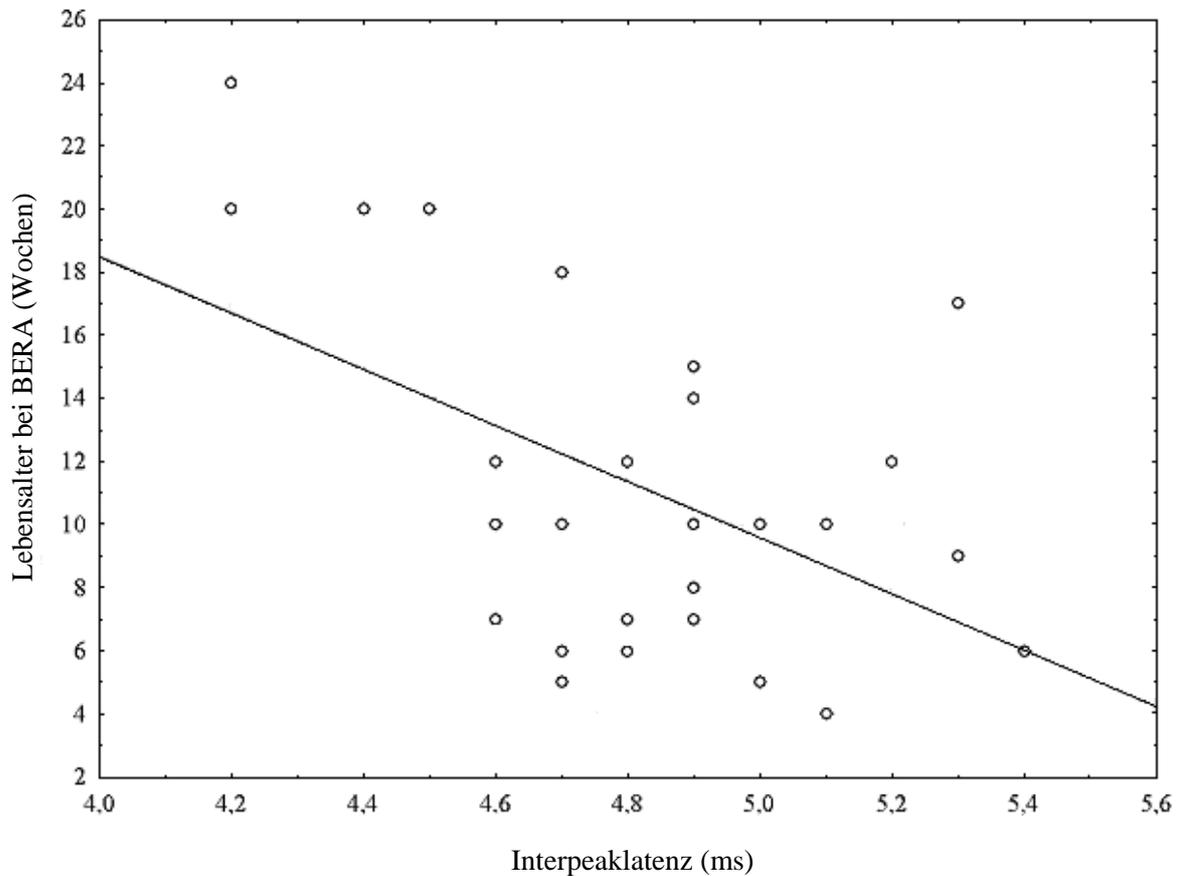
Das Gestationsalter zum Zeitpunkt der BERA (erhalten durch Addition von Gestationsalter [Schwangerschaftswochen] und Lebensalter zum Zeitpunkt der BERA [in Wochen]) korrelierte stark und hoch signifikant negativ mit der Interpeaklatenz. Der Korrelationskoeffizient betrug $r = -0,61$ ($p = 0,0003$). Zwischen den beiden Variablen bestand somit ein ausgeprägtes Gegensatzverhältnis. Mit anderen Worten: Je niedriger das Gestationsalter des Kindes zum Zeitpunkt der postnatalen Messung seiner Hörfähigkeit war, desto länger war die Interpeaklatenz (Abbildung 2).

Abbildung 2: Hörbahnleitgeschwindigkeit und Gestationsalter zum Zeitpunkt der BERA-Ableitung



Zwischen Geburtsgewicht und Interpeaklatenz ließ sich keine signifikante Maßkorrelation nachweisen ($r = -0,27$). Auch die Körperlänge bei Geburt korrelierte nicht statistisch bedeutsam mit der Interpeaklatenz ($r = -0,35$).

Abbildung 3: Hörbahnleitgeschwindigkeit und Lebensalter der Kinder zum Zeitpunkt der BERA-Ableitung



Zwischen Interpeaklatenz und dem Lebensalter der Kinder zum Zeitpunkt der BERA, bestand ein deutlicher, statistisch signifikanter, negativer Zusammenhang ($r = -0,50$, $p = 0,0046$). Je jünger das Kind war, desto länger war der gemessene Wert der Interpeaklatenz (Abbildung 3).

2.5.2 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit anamnestischen Angaben der Eltern zur Sprachentwicklung

Ein Zusammenhang zwischen der Interpeaklatenz und dem Lebensalter der Frühgeborenen bei Sprechbeginn ihrer ersten Worte ließ sich nicht erkennen ($r = 0,01$). Ebenso streuten

Interpeaklatenz und Lebensalter bei Auftreten der ersten Zweiwort-Verbindungen unabhängig voneinander ($r = 0,03$).

2.5.3 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit Sprachentwicklungstleistungen für zweijährige Kinder (SETK-2)

Die Korrelationskoeffizienten zwischen der Interpeaklatenz und den Sprachtestleistungen im 3. Lebensjahr waren nicht signifikant von Null verschieden.

Sie betragen:

$r = -0,005$ für den Rohwert *Verstehen Wörter*,

$r = -0,08$ für den Rohwert *Verstehen Sätze*,

$r = -0,21$ für den Rohwert *Produktion Wörter*,

$r = -0,09$ für den Rohwert *Produktion Sätze*.

2.5.4 Zusammenhang von Interpeaklatenz mit pädaudiologischem Untersuchungsergebnis im Alter von 2 Jahren (Follow-up)

Bei der Nachuntersuchung im Alter von zwei Jahren (Follow-up) wurde nicht nur der aktuelle Sprachentwicklungsstand gemessen, sondern auch das aktuelle periphere Hörvermögen. Aufgrund des Befundes in der pädaudiometrischen Diagnostik im Verbund mit der klinisch-pädaudiologischen Untersuchung (inklusive Ohranamnese der ersten beiden Lebensjahre, $n = 36/39$ Kindern) wurden zwei Ergebniskategorien gebildet: *unklare Hörsituation* vs. *Normakusis*. Für diese Kategorien wurden nur diejenigen Kinder ausgewählt, die binaural das gleiche pädaudiologische Ergebnis ($n = 23/39$) zeigten: entweder beidseits *unklare Hörsituation* oder beidseits *Normakusis*. Von den 16 nicht berücksichtigten Kindern war ein Kind ein „Drop Out“ nach Einbestellung zur pädaudiologischen Wiedervorstellung. Die Eltern von 2 weiteren Kindern verweigerten die pädaudiologische Untersuchung. Vier Kinder hatten einen grippalen Infekt, zwei Kinder hatte einen Paukenerguss beidseits, ein Kind einen Paukenerguss linksseitig und ein Kind eine unklare Hörsituation im Hochtonbereich rechtsseitig. In 5 Fällen wurde ärztlicherseits ohne Angabe von Gründen keine BERA durchgeführt. Deshalb entfielen diese 16 Kinder für die Auswertung von Interpeaklatenz und pädaudiologischer Nachuntersuchung. Es

wurde geprüft, ob sich die Kinder dieser beiden Gruppen hinsichtlich der Länge ihrer Interpeaklatenz unterscheiden.

Tabelle 2 stellt die Interpeaklatenz der pädaudiologischen Nachuntersuchung im Alter von zwei Jahren mit minimalen und maximalen Werten für diese beiden Gruppen dar und gibt den arithmetischen Mittelwert, die Standardabweichung (SD) sowie den Median als weiteren Zentralwert an. Der Median ist der Rangmittelpunkt der Beobachtungswerte, wenn diese der Größe nach geordnet sind; er ist manchmal aussagekräftiger, weil er nicht von extremen Messwerten („Ausreißern“) verzerrt wird.

Für die statistische Signifikanzprüfung wurde in diesem Fall der Mann-Whitney-U-Test angewendet, da man bei den beiden Gruppen nicht von einer Normalverteilung ausgehen konnte.

Tabelle 2: Interpeaklatenz, aufgeschlüsselt nach dem pädaudiologischen Untersuchungsergebnis bei Follow-up (dichotomisiert)

Pädaudiologisches Untersuchungsergebnis im Alter von 2 Jahren	Interpeaklatenz (ms)				
	Mittelwert	SD	Median	Minimum	Maximum
unklare Hörsituation (n = 5)	5,08	0,22	5,2	4,8	5,3
	p = 0,024				
Normakusis (n = 18)	4,78	0,22	4,8	4,2	5,1
Alle (n = 23)	4,48	0,25	4,9	4,2	5,3

Bei der Nachuntersuchung im 3. Lebensjahr wurde eine *unklare Hörsituation* häufiger bei extrem unreifen Frühgeborenen gefunden.

Diese 5 Kinder werden im Folgenden mit ihren Daten gesondert zusammengestellt.

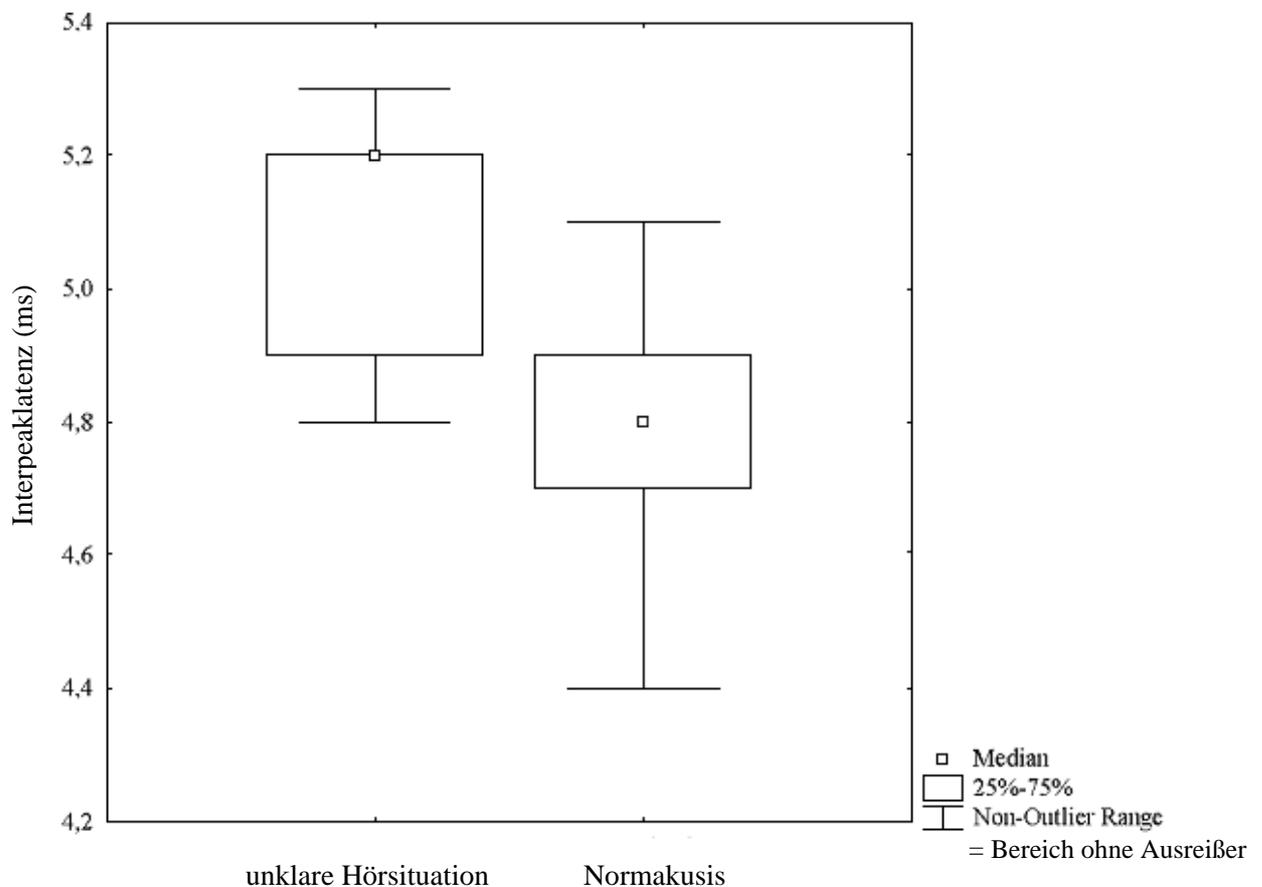
Einzelfallbetrachtung der fünf Kinder mit *unklarer Hörsituation*:

Kind 1: Geschlecht:	weiblich
Geburtsgewicht:	1070 g
Gestationsalter bei Geburt:	28 SSW
BERA:	83. Lebenstag; Interpeaklatenz: 4,8 ms; Hörbahnreife: nein
Päaudiologische Untersuchung:	anamnestisch Verdacht auf Hörstörung; rezidivierende Otitiden Ohrmikroskopie: rechts Belüftungsstörung; links o.B. DPOAE: Amplitudenreduktion (< 10 dB): rechts Hochtonbereich; links Tieftonbereich Ergebnis: leichtgradige Tieftonschwerhörigkeit links
Frühkindliche Entwicklung:	Laufen: 15 Monate; tags sauber: 26 Monate; erste Worte: 10 Monate; benutzt Zweiwortverbindungen, aktiver Wortschatz bis 100 Wörter (29 Monate)
Sprachtestergebnisse:	Verstehen Wörter: 7 Punkte; Verstehen Sätze: 3 Punkte; Produktion Wörter: 22 Punkte; Produktion Sätze: 28 Punkte.
Kind 2: Geschlecht:	männlich
Geburtsgewicht:	1055 g
Gestationsalter bei Geburt:	30 SSW
BERA:	70. Lebenstag; Interpeaklatenz: 4,9 ms; Hörbahnreife: ja
Päaudiologische Untersuchung:	anamnestisch kein Verdacht auf Hörstörung; Ohranamnese leer Ohrmikroskopie: Erguss beidseits DPOAE: Amplituden < 5 dB rechts und links Ergebnis: unklare Hörsituation rechts und links
Frühkindliche Entwicklung:	Laufen: 15 Monate; tags sauber: nein (32 Monate); erste Worte: 13 Monate; erste Zweiwortverbindungen: 27 Monate; aktiver Wortschatz 10-20 Wörter (32 Monate)
Sprachtestergebnisse:	Verstehen Wörter: 0 Punkte; Verstehen Sätze: 0 Punkte; Produktion Wörter: 0 Punkte; Produktion Sätze: 0 Punkte.
Kind 3: Geschlecht:	weiblich
Geburtsgewicht:	1160 g
Gestationsalter bei Geburt:	31 SSW
BERA:	34. Lebenstag; Interpeaklatenz: 5,3 ms; Hörbahnreife: fraglich
Päaudiologische Untersuchung:	anamnestisch kein Verdacht auf Hörstörung; Ohranamnese leer

	Ohrmikroskopie: rechts Belüftungsstörung, links Erguss
	DPOAE: Amplituden 10-14 dB rechts, Amplituden < 5 dB links
	Ergebnis: unklare Hörsituation rechts und links
Frühkindliche Entwicklung:	Laufen: 16 Monate; tags sauber: nein (30 Monate); erste Worte: 10 Monate; erste Zweiwortverbindungen: 16 Monate; aktiver Wortschatz > 200 Wörter (30 Monate)
Sprachtestergebnisse:	Verstehen Wörter: 9 Punkte; Verstehen Sätze: 3 Punkte; Produktion Wörter: 23 Punkte; Produktion Sätze: 32 Punkte.
Kind 4: Geschlecht:	weiblich
Geburtsgewicht:	1015 g
Gestationsalter bei Geburt:	29 SSW
BERA:	86. Lebenstag; Interpeaklatenz: 5,2 ms; Hörbahnreife: fraglich
Päaudiologische Untersuchung:	anamnestisch kein Verdacht auf Hörstörung; rezidivierende Otitiden/Paukenergüsse
	Ohrmikroskopie: Belüftungsstörung beidseits
	Ergebnis: unklare Hörsituation rechts und links
Frühkindliche Entwicklung:	Laufen: 17 Monate; tags sauber: nein (28 Monate); erste Worte: 14 Monate; benutzt Zweiwortverbindungen, aktiver Wortschatz bis 200 Wörter (28 Monate)
Sprachtestergebnisse:	Verstehen Wörter: 8 Punkte; Verstehen Sätze: nicht durchführbar; Produktion Wörter: 13 Punkte; Produktion Sätze: 0 Punkte.
Kind 5: Geschlecht:	männlich
Geburtsgewicht:	980 g
Gestationsalter bei Geburt:	29 SSW
BERA:	83. Lebenstag; Interpeaklatenz: 5,2 ms; Hörbahnreife: ja
Päaudiologische Untersuchung:	anamnestisch kein Verdacht auf Hörstörung; rezidivierende Otitiden/Paukenergüsse
	Ohrmikroskopie: Belüftungsstörung beidseits
	Ergebnis: unklare Hörsituation rechts und links
Frühkindliche Entwicklung:	Laufen: 17 Monate; tags sauber: nein (28 Monate); erste Worte: 13 Monate; benutzt Zweiwortverbindungen, aktiver Wortschatz > 200 Wörter (28 Monate)
Sprachtestergebnisse:	Verstehen Wörter: 8 Punkte; Verstehen Sätze: 6 Punkte; Produktion Wörter: 27 Punkte; Produktion Sätze: 45 Punkte.

Abbildung 4 belegt anschaulich, dass die Kinder, bei denen in der Nachuntersuchung eine *unklare Hörsituation* festgestellt wurde, bereits postnatal in der BERA mit einem Median von 5,2 ms eine verlängerte Interpeaklatenz aufwiesen. Kinder mit regelrechtem peripheren Gehör hingegen waren vorher nicht durch eine verlängerte Interpeaklatenz aufgefallen; hier lag der Median bei 4,8 ms.

Abbildung 4: Interpeaklatenz und pädaudiologisches Untersuchungsergebnis bei Follow-up



2.5.5 Bildung von Zweiwort-Kombinationen und Ohranamnese

Wie im Abschnitt 1.1.5 (Physiologische Sprachentwicklung) einleitend ausgeführt, ist die Zweiwort-Verbindung ein wesentlicher Meilenstein in der Sprachentwicklung, setzt er doch die Fähigkeit zur intellektuellen Beziehungsherstellung, sprachlichen Synthese und ein genügend großes individuelles Lexikon voraus. Ein Kleinkind mit häufigen Otitiden und Paukenergüssen ist möglicherweise gefährdet, diesen Meilenstein zeitgerecht zu

erreichen, weil seine Sprachwahrnehmung im Hauptfrequenzbereich von Sprache (0,5 - 4 kHz) durch die Ohrinfektionen beeinträchtigt war („negative Jahreshörbilanz“).

Tabelle 3: Lebensalter (in Monaten) beim Auftreten erster Zweiwort-Kombinationen, aufgeschlüsselt nach der Ohranamnese

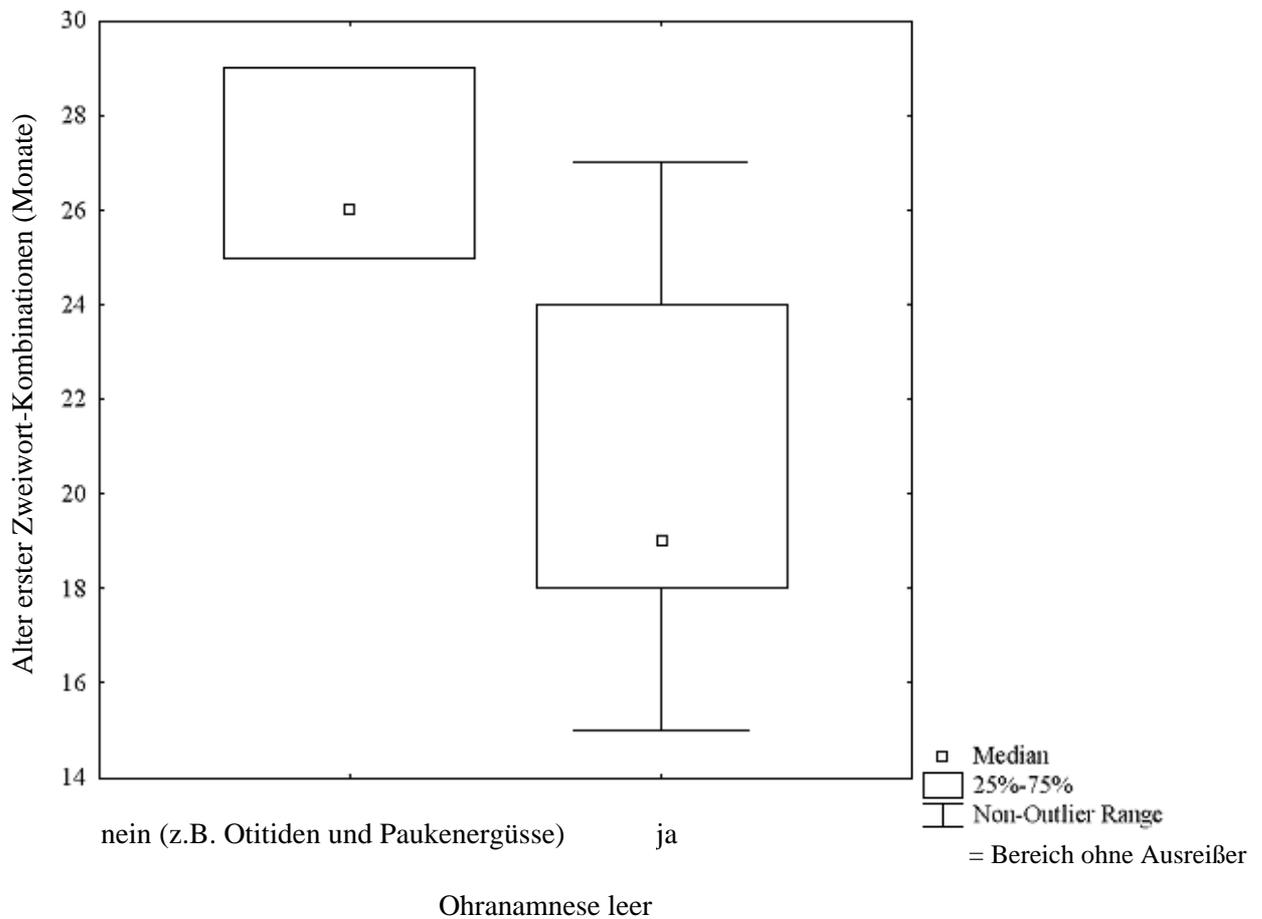
Ohranamnese leer	Lebensalter				
	Mittelwert	SD	Median	Minimum	Maximum
nein (n = 3)	26,66	2,08	26	25	29
ja (n = 14)	20,28	3,89	19	15	27
Alle (n = 17)	21,41	4,37	21	15	29

Tabelle 3 informiert über das Lebensalter der Frühgeborenen bei Auftreten der ersten Zweiwort-Kombinationen (in Monaten), bezogen auf die Ohranamnese der beiden ersten Lebensjahre. Der Vergleich des mittleren Lebensalters beim Erstgebrauch von Zweiwort-Verbindungen ergab, dass Kinder mit leerer Ohranamnese im arithmetischen Mittel mit 20,28 Monaten ihre ersten Zweiwortsätze sprachen, Kinder mit rezidivierenden Erkrankungen des Mittelohrs erst mit 26,66 Monaten, wobei das Auftreten dieses Meilensteins der Sprachentwicklung bei ihnen weniger streute und der Minimalwert erheblich höher lag. Von einer statistischen Signifikanzprüfung wurde abgesehen, da eine Gruppe nur 3 Kinder umfasste.

In Abbildung 5 wird der Unterschied hinsichtlich des Auftretens der ersten Zweiwort-Verbindungen zwischen Kindern mit leerer Ohranamnese und jenen, die während ihrer beiden ersten Lebensjahre unter rezidivierenden Otitiden und Paukenergüssen litten,

offensichtlich. Die Kinder mit leerer Ohranamnese sprachen früher Zweiwortsätze (Median: 19 Monate) als Kinder, die unter rezidivierenden Mittelohrerkrankungen litten (Median: 26 Monate).

Abbildung 5: Lebensalter beim Erstgebrauch von Zweiwort-Kombinationen in Abhängigkeit von der Ohranamnese



2.5.6 Sprachentwicklungstestleistungen im SETK-2

Beim Follow-up im 3. Lebensjahr wurde auch der aktuelle Sprachentwicklungsstand der Frühgeborenen durch ein standardisiertes Testinstrument (SETK-2) ermittelt.

Die Testergebnisse im SETK-2 werden im Folgenden bezüglich unterschiedlicher Parameter untersucht und miteinander verglichen. Nicht jedes Kind konnte alle vier Subtests bearbeiten, woraus unterschiedliche Stichprobengrößen pro Subtest resultieren.

Zunächst wurde geprüft, ob sich Mädchen und Jungen in ihren Leistungen in den einzelnen Untertests unterscheiden. Hierfür wurden die Rohpunkte wie auch die Normwerte (T-Werte) als Ergebniseinheiten herangezogen. Anschließend wurden die Testergebnisse auf Rohpunktbasis hinsichtlich des Gestationsalters (zwei Kategorien: ≤ 30 SSW vs. > 30 SSW) und des Geburtsgewichts (zwei Kategorien: ≤ 1300 g vs. > 1300 g) untersucht. Die genannten Cut-off-Werte waren am jeweiligen Gruppenmittelwert der Frühgeborenen orientiert (durchschnittliches Gestationsalter: 30,54 SSW; durchschnittliches Geburtsgewicht: 1342,2 g). Ergänzend wurde bei der Auswertung das Lebensalter (durchschnittliches Lebensalter bei Sprachtestung: 28,7 Monate) zum Zeitpunkt der Sprachtestung (zwei Kategorien: ≤ 29 Monate vs. > 29 Monate) berücksichtigt.

2.5.6.1 Testergebnisse in Abhängigkeit vom Geschlecht

Der Mittelwertvergleich musste auf Rohwertbasis erfolgen (siehe Tabelle 4), da aus dem Testmanual nichts über die Verteilung der Normierungsstichprobe ausgesagt wird. Die T-Wert-Normen wurden von der Testautorin H. Grimm für die erste und für die zweite Hälfte der Altersstufe 2 Jahre getrennt berechnet; allerdings ist aus dem Testmanual nicht ersichtlich, ob die T-Werte vor oder nach Halbierung der Eichstichprobe ermittelt wurden.

Im Untertest *Verstehen Wörter* erreichten Mädchen (mit 6,89 Punkten) und Jungen (mit 6,55 Punkten) im Mittel ein ähnliches Ergebnis (n.s.). Minimum (0 Punkte), Maximum (9 Punkte) und Median (8 Punkte) hatten bei Jungen und Mädchen die gleiche Wertausprägung.

Die Mädchen hatten im Untertest *Verstehen Sätze* (Min 0, Max 7) mit einem Mittelwert von 3,75 Punkten eine statistisch unbedeutend schwächere Leistung als die Jungen (bei größerer Streuung mit im Mittel 4,05 Punkten).

Im Untertest *Produktion Wörter* erreichten die Jungen mit im Mittel 16,50 Punkten (Min 0, Max 27) einen geringfügig höheren Ergebniswert als die Mädchen mit 15,68 Punkten (Min 0, Max 28).

Die durchschnittliche Leistung für Jungen war im Untertest *Produktion Sätze* mit 20,19 Punkten (Min 0, Max 61), unbedeutend höher als die der Mädchen mit 16,24 Punkten (Min 0, Max 49).

Tabelle 4: Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Geschlecht (Standardabweichung SD in Klammern)

Geschlecht	Verstehen		Produktion	
	Wörter	Sätze	Wörter	Sätze
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Jungen	6,55 (3,15) n = 20	4,05 (2,66) n = 17	16,50 (9,70) n = 18	20,19 (19,82) n = 16
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mädchen	6,89 (2,65) n = 18	3,75 (1,91) n = 16	15,68 (10,15) n = 19	16,24 (16,03) n = 17
Alle	6,71 (2,89) n = 38	3,91 (2,30) n = 33	16,08 (9,80) n = 37	18,15 (17,80) n = 33
mögliches Rohpunkt Maximum	9	8	30	96

Tabelle 5 gibt die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der Sprachentwicklungstestleistungen in den verschiedenen Untertests in T-Werten an. T-Werte sind Normwerte, mit dem Mittelwert 50 und der Standardabweichung 10. T-Werte zwischen 40 und 60 kennzeichnen demnach durchschnittliche Sprachleistungen, überdurchschnittliche Leistungen werden durch Werte >60 und unterdurchschnittliche durch Werte <40 ausgedrückt.

Tabelle 5: Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen in T-Werten, nach Geschlecht

Geschlecht	Verstehen		Produktion	
	Wörter	Sätze	Wörter	Sätze
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Jungen	52,75 (14,25) n = 20 n.s.	49,53 (15,57) n = 17 n.s.	46,38 (14,72) n = 16 n.s.	41,73 (13,49) n = 11 n.s.
Mädchen	52,83 (11,0) n = 18	47,57 (9,07) n = 14	42,94 (11,98) n = 17	34,38 (8,19) n = 16
Alle	52,79 (12,65) n = 38	48,65 (12,88) n = 31	44,61 (13,28) n = 33	37,37 (11,06) n = 27

Im Untertest *Verstehen Wörter* erreichten die Frühgeborenen durchschnittlich einen T-Wert von 52,79 (Min 23, Max 69) und damit eine altersgemäße Leistung. Mädchen und Jungen hatten nahezu identische Ergebnisse.

Auch im Untertest *Verstehen Sätze* wurde von den frühgeborenen Kindern im Durchschnitt eine altersgemäße Leistung erzielt (M = 48,65, SD 12,88), allerdings waren weniger Kinder in der Lage, die Anforderungen dieses Subtests zu bewältigen. Jungen zeigten mit einem durchschnittlichen T-Wert von 49,53 (Min 22, Max 69) eine geringfügig bessere

Leistung als Mädchen mit 47,57 (Min 26, Max 59). Die Leistung der Jungen streute deutlicher.

Der Subtest *Produktion Wörter* wurde von ähnlich wenigen Kindern bearbeitet wie der Subtest *Verstehen Sätze*. Das durchschnittliche Ergebnis lag (44,61; SD 13,28) im unteren Normbereich und fiel damit schlechter aus als die beiden Verstehensleistungen. Die Mädchen erreichten im Mittel im einen T-Wert von 42,94 (Min 26, Max 65), die Jungen erzielten mit 46,38 (Min 23, Max 73) durchschnittlich eine etwas höhere Leistung, ohne dass diese Differenz statistische Signifikanz erreichte.

Der Untertest *Produktion Sätze* fiel unterdurchschnittlich aus (mittlerer T-Wert: 37,37; Min 20, Max 63). Die Jungen unterschieden sich mit einem Mittelwert von 41,73 (Min 23, Max 63) statistisch insignifikant von den Mädchen, die im Mittel Werte von 34,38 (Min 20, Max 63) erzielten. Dieser Subtest konnte insgesamt nur von 27 Kindern bearbeitet werden.

2.5.6.2 Testergebnisse in Abhängigkeit vom Gestationsalter

Tabelle 6 stellt die Sprachentwicklungstestleistungen in Rohpunkten, bezogen auf das Gestationsalter, mit arithmetischem Mittelwert und Standardabweichungen dar. Der Cutpoint lag bei der 30. SSW. Im Untertest *Verstehen Wörter* unterschieden sich die beiden Gruppen in ihrer mittleren Leistung nur unwesentlich, bei gleichem Minimum (0 Punkte) und Maximum (9 Punkte). Die Leistungen *Verstehen Sätze* wiesen durchschnittlich, bei ähnlicher Streuung, ebenso wenig einen deutlichen Unterschied auf zwischen den Kindern, die ≤ 30 SSW geboren wurden und jenen, die nach der 30. SSW geboren wurden.

Auch die Mittelwerte im Untertest *Produktion Wörter* unterschieden sich wenig. So erreichten die frühgeborenen Kinder im Mittel 15,3 Punkte (Min 0, Max 28) und die nach der 30. SSW geborenen Kinder bei kleinerer Streuung im Mittel 17 Punkte (Min 0, Max 25).

Im Untertest *Produktion Sätze* bestand durchschnittlich zwischen Kindern mit kürzerer vs. längerer Tragezeit kaum ein Unterschied. Das Minimum lag für beide Gruppen bei 0 Punkten, als Maximum erreichten die ≤ 30 SSW geborenen Kinder 61 Punkte, die Kinder, die nach der 30. SSW geboren wurden, jedoch lediglich 38 Punkte.

Tabelle 6: Mittlere Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Gestationsalter

Gestationsalter	Verstehen		Produktion	
	Wörter	Sätze	Wörter	Sätze
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
≤ 30 SSW	6,45 (3,10) n = 20	3,82 (2,38) n = 17	15,30 (11,27) n = 20	17,80 (20,35) n = 20
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
> 30 SSW	7,00 (2,70) n = 18	4,00 (2,28) n = 16	17,00 (7,99) n = 17	18,69 (13,71) n = 13
Alle	6,71 (2,9) n = 38	3,91 (2,30) n = 33	16,08 (9,80) n = 37	18,15 (17,80) n = 33
mögliches				
Punkt Maximum	9	8	30	96

2.5.6.3 Testergebnisse in Abhängigkeit vom Geburtsgewicht

Es wurden zwei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe umfasste die Kinder mit einem Geburtsgewicht ≤ 1300 g, die Kinder der zweiten Gruppe wogen bei Geburt >1300 g (Tabelle 7).

Im Untertest *Verstehen Wörter* erzielten die Kinder beider Gruppen durchschnittlich fast das gleiche Ergebnis bei ähnlicher Streuung. Das Minimum war mit 0 Punkten sowie das Maximum mit 9 Punkten für beide Gruppen identisch.

Auch im Untertest *Verstehen Sätze* unterschieden sich die beiden Gruppen kaum.

Die Kinder mit einem Geburtsgewicht ≤ 1300 g zeigten im Untertest *Produktion Wörter* durchschnittlich nahezu die gleiche Leistung wie die Gruppe mit einem höheren Geburtsgewicht.

Auch im Untertest *Produktion Sätze* unterschieden sich die Gruppen wenig.

Zusammengefasst hatten die leichteren Kinder geringfügig bessere Leistungen (insignifikant) in den beiden Verstehenstests und in der Wortproduktion.

Tabelle 7: Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Geburtsgewicht

Geburtsgewicht	Verstehen		Produktion	
	Wörter	Sätze	Wörter	Sätze
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
≤1300 g	6,75 (2,94) n = 20	4,18 (2,16) n = 17	16,15 (10,64) n = 20	18,10 (18,92) n = 20
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
>1300 g	6,66 (2,93) n = 18	3,63 (2,47) n = 16	16,00 (9,05) n = 17	18,30 (16,67) n = 13
Alle	6,71 (2,89) n = 38	3,91 (2,30) n = 33	16,08 (9,80) n = 37	18,15 (17,80) n = 33
mögliches Punkt Maximum	9	8	30	96

2.5.6.4 Testergebnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter bei Sprachtestung

Die Sprachentwicklungstestleistungen wurden des Weiteren in Abhängigkeit vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Testdiagnostik ausgewertet. Hierzu wurden zwei Gruppen gebildet: Kinder, die sich zum Zeitpunkt des Sprachtests in der ersten Hälfte der Altersstufe 2 befanden, wurden der Gruppe ≤ 29 Monate zugeordnet. Kinder in der zweiten Hälfte der Altersstufe 2 wurden in die Gruppe > 29 Monate eingeteilt. Erwartungsgemäß zeigten ältere Kinder durchgängig bessere durchschnittliche Sprachleistungen, die sich signifikant von denen der jüngeren Kinder unterschieden (siehe Anhang 5.3).

3 DISKUSSION

Die basale Bedeutung eines ungestörten Hörens für die primäre wie auch für die sekundäre Sprachentwicklung ist unbestritten. Mit modernen pädaudiologischen Verfahren ist inzwischen die periphere Hördiagnostik Neugeborener möglich.

Die vorliegende Arbeit hatte die Aufgabe, das periphere Hörvermögen frühgeborener Kinder sowie deren Sprachentwicklungsleistungen im Alter von 2 Jahren mit ihrem aktuellen postnatalen Hörstatus in Beziehung zu setzen. Berücksichtigung fanden somatische Geburtsparameter sowie anamnestische Angaben bezüglich des Hörvermögens und des Sprachbeginns.

3.1 Primär somatische Geburtsparameter und Interpeaklatenz

Es wurde untersucht, ob mit dem Reifestatus eines Kindes zusammenhängende Faktoren die Interpeaklatenz beeinflussen. Bei Korrelation der Interpeaklatenz mit verschiedenen Altersvariablen von Frühgeborenen (Gestationsalter bei Geburt; Gestationsalter zum Zeitpunkt der BERA; Lebensalter bei BERA) zeigten sich signifikante Gegensatzverhältnisse unterschiedlicher Stärke. So ließ sich zwischen Gestationsalter bei Geburt und Interpeaklatenz ein mäßig ausgebildeter, negativer Zusammenhang ($r = -0,43$; $p = 0,02$) feststellen. Eine etwas stärkere Korrelation zeigte sich zwischen Interpeaklatenz und dem Lebensalter bei BERA ($r = -0,50$; $p = 0,0046$). Zwischen Interpeaklatenz und dem Gestationsalter zum Zeitpunkt der BERA bestand eine ausgeprägte, hoch signifikante Korrelation ($r = -0,61$; $p = 0,0003$). Geburtsgewicht und Interpeaklatenz hingegen korrelierten nicht statistisch bedeutsam ($r = -0,27$). Auch die Körperlänge bei Geburt korrelierte nicht statistisch bedeutsam mit der Interpeaklatenz ($r = -0,35$).

Die Interpeaklatenz, als Indikator für die Leitgeschwindigkeit der Hörbahn, scheint somit am ehesten vom Gestationsalter zum Ableitungszeitpunkt der akustisch evozierten Hirnstammpotentiale abzuhängen. Je reifer das Frühgeborene zum Zeitpunkt der Untersuchung war, desto höher war die Leitgeschwindigkeit der Hörbahn. Das spricht

dafür, dass die Nervenleitfähigkeit nach Geburt extrauterin nachreift und die Hörbahnleitgeschwindigkeit zunimmt.

INAGAKI et al. (1987) untersuchten die funktionelle und morphologische Reifung der Hörbahn und kamen zu dem Ergebnis, dass die Hörbahnleitgeschwindigkeit im dritten Trimester der Schwangerschaft sowie in den ersten 2 Lebensjahren besonders stark zunimmt, sich die Interpeaklatenz also verkürzt und im Alter von 2 bis 4 Jahren den Werten von Erwachsenen entspricht. Auch nach KÜTTNER et al. (1991) ist die Hörbahnreifung bezüglich der Reifungsgeschwindigkeit individuell variabel; sie leiteten bei 498 Kindern zwischen der 32. postkonzeptionalen Woche und dem dritten Lebensjahr frühe akustisch evozierte Potenziale ab. Gemäß ihrer Befunde ist die Zeit um die 34. postkonzeptionale Woche durch die Reifung der zentralen und peripheren Hörbahn gekennzeichnet. Frühgeborene mit extrauterin gereifter Hörbahn präsentierten signifikant verlängerte Interpeaklatenzen im Vergleich zu Termingeborenen. Gestationsalter, Geburtsgewicht und Apgar-Score hatten keinen Einfluss auf die FAEP der Frühgeborenen. Im Alter von 10 bis 12 Monaten entsprachen bei 42% der Kinder die Interpeaklatenzen den Werten von Erwachsenen. PENNER et al. (2006) konnten diesbezüglich einen Unterschied zwischen den Geschlechtern feststellen; so hatten termingeborene Mädchen im Alter von 2 und 6 Monaten signifikant kürzere Interpeaklatenzen in der BERA als Jungen. Im Alter von 14 Monaten war jedoch kein signifikanter Unterschied mehr nachweisbar. MORLET et al. (1999) beschreiben eine Verkürzung der Interpeaklatenz bei Frühgeborenen bis zum 5. Lebensjahr. Sie untersuchten auch geschlechtsspezifische Unterschiede und stellten ebenso fest, dass die Latenzen bei Jungen etwas länger sind als bei Mädchen. Der Vergleich von Frühgeborenen ohne Risikofaktoren mit Termingeborenen bis zu einem Lebensalter von 6 Jahren zeigte keine Defizite der Hörbahnleitgeschwindigkeit bei Frühgeborenen, sondern sogar eine diskrete Verkürzung der Interpeaklatenz bei Frühgeburtlichkeit. Dieses Ergebnis begründet JIANG (1995) mit früherer extrauteriner akustischer Exposition, welche die Entwicklung der Hörbahn stimuliert. Voraussetzung zur Reifung der Hörbahn durch auditorischen Input während der Kindheit ist eine intakte Hörfähigkeit in der sensitiven Phase (TIBUSSEK et al. 2002).

THAI-VAN et al. (2007) untersuchten 55 Kinder, die entweder von Geburt an taub oder sekundär ertaubt waren und durch Cochlear-Implants eine Hörfähigkeit erlangten. In einem Zeitraum von zwei Jahren nach Cochlear-Implantation wurde die Hörbahnentwicklung mit Electrically Evoked Auditory Brainstem Responses (EABR) gemessen. Bei den Kindern, die von Geburt an taub waren, verkürzte sich die Latenz der Welle V und glich der Welle hörgesunder Kinder im Alter von zwei Jahren. Die Autoren werten dies als Hinweis, dass die Hörbahn während der sensorischen Deprivation „eingefroren“ ist und der normale chronologische Reifungsprozess erst nach Cochlear-Implant-Versorgung fortgesetzt wurde. Bei den sekundär ertaubten Kindern ergab sich kein so deutliches Reifungsergebnis. THAI-VAN et al. (2007) vermuten, dass ein Teil der Hörbahnreifung schon vor der Ertaubung stattgefunden hat und jener unter Cochlear-Implant-Versorgung nachgereifte Teil nicht mehr signifikant in der EABR nachweisbar ist.

Für die vorliegende Arbeit wäre eine Wiederholungs-BERA im Rahmen des Follow-up im Alter von zwei Jahren interessant gewesen, in einem Alter, in dem der physiologische Reifungsprozess gemäß der eben berichteten Studienergebnisse größtenteils beendet ist. Dadurch wäre es möglich gewesen, eine genauere Aussage bezüglich des Fortschritts der Hörbahnreifung im Sinne einer Verkürzung der Interpeaklatenz bei hörgesunden Kindern zu treffen. Ebenfalls hätte man beurteilen können, welche Kinder weiterhin eine Retardierung der Hörbahnreifung und somit eine pathologische Hörentwicklung aufweisen. Dabei ist aber einschränkend zu berücksichtigen, dass für die BERA eine Sedierung notwendig ist, die bei fehlender Indikation bei hörgesunden Kindern einen unverhältnismäßigen Aufwand sowie auch ein zusätzliches Risiko dargestellt hätte.

3.2 Pädaudiologisches Untersuchungsergebnis im Alter von 2 Jahren (Follow-up) und Interpeaklatenz

Im Alter von zwei Jahren (Follow-up) wurde das aktuelle periphere Hörvermögen der Kinder nur mit Hilfe von OAE untersucht und in zwei Ergebniskategorien unterteilt: unklare Hörsituation vs. Normakusis. Es wurde geprüft, ob sich die Kinder dieser beiden Gruppen in der Länge ihrer postnatalen Interpeaklatenz unterscheiden. Kinder mit unklarer

Hörsituation hatten im Vergleich zu normalhörenden Kindern postnatal eine langsamere Leitgeschwindigkeit ($p = 0,024$), woraus die Frage resultiert, ob eine postnatal verlängerte Interpeaklatenz als früher Marker für eine spätere Hörminderung herangezogen werden kann.

TIBUSSEK et al. (2002) analysierten retrospektiv bei Kindern im Alter von 2 Monaten bis 14 Jahren den Einfluss von kochleärem Hörverlust in der frühen Kindheit auf die Entwicklung der Hörbahn und stellten eine positive Korrelation zwischen Hörstörungsgrad und Interpeaklatenz (IPL I-V) fest. Keine Korrelation ergab sich zwischen Hörverlust und den Interpeaklatenzen I-III. Diese Ergebnisse werten die Autoren als Indiz für den Einfluss von auditorischem Input in der sensiblen Phase auf die Entwicklung höherer Hirnstammbereiche. In diesem Fall wäre eine verlängerte Interpeaklatenz als Hinweis auf einen kochleären Hörverlust zu verstehen. Laut MARLOW et al. (2000) erhöht vor allem die Koexistenz mehrerer Risikofaktoren (Hyperbilirubinämie, Azidose, Aminoglykosidtherapie) bei sehr Frühgeborenen (<33 Wochen) das Risiko für eine sensorineurale Hörstörung. Kinder mit sensorineuraler Hörstörung hatten mehr intensivmedizinische Behandlung erhalten und häufiger neurologische Komplikationen als die Kontrollgruppe. MASSINGER et al. (2004) untersuchten 14 Kinder im Alter von 1 bis 7 Monaten mit einer in der BERA nachweisbaren Hörstörung sowie einer subjektiv pathologischen Hörsituation. Es kam bei allen Kindern im Verlauf von wenigen Monaten zu einer deutlichen Verbesserung bzw. Normalisierung der Ergebnisse. Im Säuglingsalter diagnostizierte Hörstörungen können laut MASSINGER et al. (2004) in seltenen Fällen durch eine Hörbahnreifungsverzögerung bedingt sein; kurzfristige und regelmäßige Kontrollen des Hörvermögens sind daher notwendig.

Das Problem bei der Interpretation der Ergebniskategorie „unklare Hörsituation“ in der vorliegenden Studie ist, dass diese eine permanente sensorineurale, z.B. kochleäre Hörstörung, aber ebenso eine reversible Schalleitungsstörung bedeuten kann. Zum Ausschluss einer Schalleitungsstörung als Grund für die unklare Hörsituation wäre eine Tympanometrie im Rahmen des Follow-up interessant gewesen, denn Frühgeborene erkranken im Gegensatz zu termingeborenen Kindern häufiger an rezidivierender Otitis media (PEARCE et al. 1988); hieraus resultiert eine eingeschränkte Jahreshörbilanz. Die

modalitätsspezifische Stimulation, die für die Hörbahnnachreifung essentiell ist, ist bei einer Schalleitungsstörung kaum wirksam. Auch Kinder mit Schalleitungsstörung haben ein erhöhtes Risiko für Sprachentwicklungsstörungen. Ein besonderes Risiko für spätere Sprach- und Schulprobleme birgt nach PETERS et al. (1997) die Kombination von Otitis media mit Paukenerguss und Frühgeburtlichkeit bzw. niedrigem Geburtsgewicht.

Das Problem bei nachweisbaren OAE und dem Vorliegen der Ergebniskategorie „Normakusis“ wiederum ist, dass keine kochleäre Hörstörung vorliegt, was jedoch keine auditorische Neuropathie ausschließt.

Eine wichtige Rolle bei der postnatalen BERA spielt scheinbar die Anwesenheit von Hirnstammpotentialen. Die Befundkonstellation von nachweisbaren EOAE und deformierten bzw. nicht ableitbaren auditorisch evozierten Hirnstammpotentialen wird in der Literatur als „Reifungsstörung“, „Synchronisationsstörung“ oder „auditorische Neuropathie“ bezeichnet (PTOK 2000). PTOK sieht als ursächlich dafür vor allem eine Funktionsstörung der inneren Haarzellen und/oder eine Störung der neuronalen Reizweiterleitung bei intakten äußeren Haarzellen. Die Pathogenese ist hierbei noch nicht sicher geklärt. Ätiologisch werden frühkindliche Schädigungen durch Neugeborenenhyperbilirubinämie, schwere Erkrankungen in der Neonatalperiode, generalisierte hereditäre, metabolische, toxische oder entzündliche Neuropathien oder isolierte Neuropathie des achten Hirnnerven diskutiert (PTOK 2000). RODRIGUEZ-BALLESTEROS et al. (2003) beschreiben bei einem Teil der Patienten mit auditorischer Neuropathie Mutationen im Otoferlin-Gen. BEUTNER et al. (2007) nennen ein großes Spektrum an Risikofaktoren für die auditorische Neuropathie. Als eine Hauptursache für eine auditorische Neuropathie führen sie perinatale Probleme, insbesondere die Hyperbilirubinämie an; genetische Ursachen seien nachgeordnet. Klinisch stelle sich das Bild der auditorischen Neuropathie vielfältig dar, in schweren Fällen imponiert es wie eine komplette kochleäre Schwerhörigkeit, in mildereren Fällen kann bei fast normalem Tonschwellenaudiogramm das Sprachverständnis deutlich eingeschränkt sein (PTOK 2000). PTOK betont, dass gerade bei Kindern mit Sprachentwicklungsrückstand, gutem Tonschwellenaudiogramm und nachweisbaren EOAE differentialdiagnostisch eine auditorische Neuropathie in Erwägung zu ziehen ist und diese auf keinen Fall mit einer

Innenohrschwerhörigkeit verwechselt werden darf. Laut BERLIN et al. (2003) sind 10% der schwerhörigen Kinder von einer auditorischen Neuropathie oder Synchronisationsstörung betroffen. Diese Kinder können ohne Screening-BERA nicht erfasst werden und zeigen keine Hörbesserung durch Hörgeräte. PTOK (2000) weist darauf hin, dass bei Kindern, die eine auffällige Sprachaudiometrie zeigen - auch wenn OAE nachweisbar sind - eine Hirnstammaudiometrie unverzichtbar ist, um die gesamte Symptomatik einer auditorischen Neuropathie zu erkennen. Gegebenenfalls ist eine Elektrocochleographie erforderlich.

Die Funktionsfähigkeit der Hirnrinde wird mit der Hirnstammaudiometrie nicht erfasst. Hier können aber auch Defizite bestehen, z.B. auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (APD, Auditory Processing Disorder; PTOK 2006). Dabei handelt es sich um eine Störung der Verarbeitung auditorischer Informationen im ZNS, wie z. B. Probleme beim Richtungshören, in der auditorischen Diskrimination, im Erkennen auditorischer Muster, in der temporalen Auflösung bei Maskierungsphänomenen etc. Bei verzögertem Spracherwerb kann eine auditive Verarbeitungsstörung als mitverursachender Faktor vorhanden sein, muss es aber nicht. Auch wenn bei einer diagnostizierten auditiven Verarbeitungsstörung eine zielgerichtete Therapie erfolgen soll, bedeutet eine Verbesserung der auditiven Verarbeitung nicht zwingend eine Verbesserung höherer Funktionen im Sinne von sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten. Laut DAVIS et al. (2001) haben VLBW-Frühgeborene ($\leq 1500\text{g}$) häufig zentral-auditive Verarbeitungsstörungen, die mit einer ungünstigen Entwicklung von Intelligenz, Schulbildung und Verhalten einhergehen.

HERRGARD et al. (1995) untersuchten 58 ehemals frühgeborene Kinder mit einem Gestationsalter ≤ 32 Wochen im Alter von 5 Jahren. Die Autoren benutzten drei verschiedene Kriterien zur Beurteilung von Hörminderungen. Nach der Klassifikation der WHO (durchschnittliche Schwelle im Tonaudiogramm >25 dB bei Frequenzen von 0,5; 1 und 2 kHz auf dem besser hörenden Ohr) waren 2 frühgeborene Kinder leicht hörgemindert. Nach dem Kriterium von Clark (unilaterale durchschnittliche Hörschwelle >15 dB bei Frequenzen von 0,5; 1 und 2 kHz) hatten 8 Kinder eine geringgradige Hörminderung, 7 von ihnen Schalleitungsprobleme. Mit dem frequenzspezifischen Kriterium (unilateral einzelfrequenzspezifisches Defizit >15 dB für 0,25 - 4 kHz) wurden

28 von 54 Kindern als hörgemindert eingestuft, die meisten von ihnen mit Schalleitungsstörungen oder unspezifischen Hördefiziten. Wenn das Level für die Definition der Hörminderung niedrig ist (frequenzspezifisches Kriterium), werden viele Kinder mit vorübergehenden Hörproblemen, wie z.B. einer Schalleitungsstörung, als hörgemindert eingestuft. Die Kriterien der WHO (1980) und von CLARK (1981) hingegen, unterschätzen die Auswirkungen des Hochfrequenzverlusts auf die Sprachwahrnehmung.

3.3 Zweiwort-Kombinationen und Ohranamnese

Betrachtet man die Ohranamnese (insbesondere Paukenergüsse und rezidivierende Otitiden) der Studienteilnehmer in den ersten beiden Lebensjahren und vergleicht diese mit ihrem Alter bei Bildung erster Zweiwort-Kombinationen, zeichnet sich Folgendes ab: Kinder mit rezidivierenden Erkrankungen des Mittelohrs sprachen durchschnittlich mit 26,66 Monaten Zweiwort-Sätze, Kinder mit „leerer“ oder fehlender Ohranamnese bereits mit 20,28 Monaten. Die Produktion von Zweiwort-Äußerungen im Alter von 24 Monaten entspricht nach BRANDT (1983) der 95. Perzentile. Die Ergebnisse zeigen, dass für die Bildung von Zweiwort-Verbindungen als *ein* wesentlicher Meilenstein der Sprachentwicklung nicht nur ein angeborener Spracherwerbsmechanismus, sondern auch das Hörvermögen in den ersten zwei Lebensjahren von eminenter Bedeutung ist. Kinder, deren Sprachwahrnehmung über längere Zeit durch Otitiden oder Paukenergüsse eingeschränkt ist, erreichen diesen Entwicklungsmeilenstein nicht zeitgerecht. Das wurde auch an nicht frühgeborenen Kindern bestätigt, wenngleich die Studienergebnisse divergent sind. Laut PARADISE et al. (2007) ergibt sich bei früher Tympanostomie bei persistierenden Paukenergüssen kein besseres Outcome bezüglich der Entwicklung im Alter von 9 bis 11 Jahren.

PARADISE et al. (2000) untersuchten in einer prospektiven Studie an 241 Kindern im Alter von 3 Jahren den Zusammenhang zwischen kumulativer Dauer von Paukenergüssen in den ersten drei Lebensjahren und Sprachentwicklungsleistungen der Produktion und der Wahrnehmung. Dabei wurden sowohl Testleistungen als auch Sprechbeispiele ausgewertet. Die Autoren fanden, dass Paukenergüsse in den ersten Lebensjahren mäßig

negativ mit dem rezeptiven Testwortschatz im Alter von 3 Jahren korrelieren. Keine signifikanten Zusammenhänge wurden zur spontanen expressiven Sprache und zur Sprachproduktion festgestellt. Kinder aus Familien mit höherem sozio-ökonomischen Status präsentierten bessere Leistungen, als Kinder aus Familien mit niedrigerem sozio-ökonomischen Status. Auch FELDMAN et al. (2003) untersuchten den Einfluss von Otitis media auf Sprachentwicklung, Wahrnehmung und Verhalten. Dafür korrelierten sie die kumulative Dauer von Paukenergüssen mit den Sprachfertigkeiten von 621 Kindern im Alter von 1, 2 und 3 Jahren. Zur Beurteilung der Sprachentwicklung wurden von den Eltern die „Mac Arthur Communicative Development Inventories“ (CDI) ausgefüllt. Es resultierten signifikante negative Korrelationen zwischen den Werten in den CDI und der kumulativen Dauer von Paukenergüssen auf allen Altersstufen. Auch hatte die Schulbildung der Mutter Einfluss auf die Sprachleistungen der Kinder im Alter von 3 Jahren. FELDMAN et al. (2003) halten es für wahrscheinlich, dass die negative Korrelation von Sprachentwicklung und Paukenergüssen unterschiedliche Faktoren widerspiegelt, die einerseits zu einer längeren Dauer von Otitis media beitragen, andererseits zu einer langsameren Entwicklung der Sprachfertigkeiten führen.

GRIMM et al. (2000) hingegen konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Otitis media und den Sprachleistungen feststellen, dabei erwähnen sie jedoch einschränkend, dass chronische Verläufe möglicherweise nicht präzise genug erfasst wurden. Kinder mit Verdacht auf schlechtes Hören bzw. hörgeräteversorgte Kinder zeigten vor allem beim Verstehen von Sätzen sowie in der Satzproduktion signifikant schlechtere Leistungen. JOHNSON et al. (2007) sind der Ansicht, dass Paukenergüsse in den ersten drei Lebensjahren keinen negativen Einfluss auf die weitere Sprachentwicklung in den ersten Schuljahren haben. NITTROUER und BURTON (2005) analysierten 49 Kinder im Alter von 5 Jahren mit Paukenergüssen bei Otitis media, solche mit niedrigem sozio-ökonomischen Status, solche die beide Kriterien erfüllten sowie eine Kontrollgruppe. Alle drei Gruppen erreichten schlechtere Ergebnisse als die Kontrollgruppe bezüglich Sprachwahrnehmung und phonologischer Bewusstheit. Die Kinder mit Paukenergüssen bei Otitis media machten mehr Fehler bei Aufgaben, die das verbale Arbeitsgedächtnis einbezogen. Des Weiteren hatten sie mehr Probleme im Satzverständnis als die Kontrollgruppe. Defizite in der temporalen Verarbeitung ließen sich hingegen nicht nachweisen.

3.4 Sprachentwicklungstestleistungen (SETK-2)

Frühgeborene Jungen und Mädchen erreichten hier annähernd gleich gute Testleistungen. Ebenso wenig zeigten sich in den Sprachtestleistungen signifikante Unterschiede bezüglich des Gestationsalters (≤ 30 SSW vs. > 30 SSW). Auch das Geburtsgewicht (≤ 1300 g vs. > 1300 g) hatte keinen Einfluss auf die Ergebnisse im Sprachentwicklungstest. GRIMM et al. (2000) stellten bei Very-Low-Birth-Weight-Frühgeborenen (< 1500 g) signifikant niedrigere Leistungen in der Satzproduktion (SETK-2) fest. Sogar hoch signifikant unterschieden sich Leistungen von VLBW-Frühgeborenen (< 1100 g) in der Satzproduktion von der von Termingeborenen. Dieser relativ geringe Gewichtsunterschied scheint jedoch entscheidend für die Ausprägung der Fähigkeit, Sprache im rezeptiven und produktiven Bereich verarbeiten zu können. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen wiesen CASIRO et al. (1990) und JANSSON-VERKASALO et al. (2004) keinen Zusammenhang zwischen den Sprachtestergebnissen im Alter von 2 Jahren und dem Geburtsgewicht nach. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der hier eingesetzte Sprachtest SETK-2 nur bedingt mit den Ergebnissen eines anderen Sprachtests vergleichbar ist und es zudem keine Kontrollgruppe an Kindern mit normalem Geburtsgewicht gab. Unterschiede in den Sprachleistungen zeigten sich in der vorliegenden Studie zwischen den Kindern, die zum Zeitpunkt der Sprachtestung ≤ 29 Monate alt waren und jenen, die älter waren. Ältere, da reifere Kinder hatten im arithmetischen Mittel durchgängig bessere Sprachleistungen, die sich statistisch signifikant, von denen der jüngeren Kinder unterschieden.

JANSSON-VERKASALO et al. (2004) verglichen 17 VLBW-Frühgeborene im Alter von 2 und 4 Jahren mit einer Kontrollgruppe hinsichtlich ihrer Sprachentwicklung. Im Alter von 2 Jahren hatten die Frühgeborenen wesentlich niedrigere Werte im Untertest „Sprachverständnis“ der „Reynell Developmental Language Scales“ als die Kontrollkinder. Auch noch im Alter von 4 Jahren zeigten die Frühgeborenen schlechtere Leistungen als die Kontrollgruppe im Sprachverständnis und in der auditorischen Diskrimination (Reynell Developmental Language Scales). Ebenso hatten die Frühgeborenen mehr Schwierigkeiten in einer sprachproduktiven Prüfung, dem „Boston Naming Test“. Die Ergebnisse des Sprachverständnistests im Alter von 2 Jahren und die der auditorischen Diskrimination mit 4 Jahren korrelierten signifikant bei ehemals

VLBW-Frühgeborenen. Ebenso kamen CASIRO et al. (1990) zu dem Ergebnis, dass VLBW-Frühgeborene schlechtere Sprachtestergebnisse zeigen („Reynell Developmental Language Scales“; „Receptive- Expressive Emergent Language Scales“). Darüber hinaus stellten sie statistisch positive Zusammenhänge zwischen Sprachentwicklungsquotient und Gestationsalter sowie dem 5-Minuten-Apgar-Score fest.

JANSSON-VERKASALO et al. (2004) wiesen darauf hin, dass die Sprachentwicklung VLBW-Frühgeborener von Geburt an besonderer Aufmerksamkeit bedarf. Besondere Beachtung sollte auch die Hörverarbeitung finden, die die Grundlage für die lautsprachliche Entwicklung darstellt. MARSCHIK et al. (2007) analysierten in einer Follow-up Studie 30 termingeborene Kinder bezüglich Einflussfaktoren auf die Sprachentwicklung (Austrian Communicative Development Inventories; Bayley Scales of Infant Development; Griffiths Developmental Scales) und kamen zu dem Ergebnis, dass ein niedriger Apgar-Score und ein neonataler Intensivstationaufenthalt mit einer verzögerten Wortproduktion einhergehen. Bei Kindern, die spät zu sprechen begannen, war die Schulbildung der Eltern niedriger. Soziale Kompetenz korrelierte mit früher Wortschatzkompetenz. Auch MENT et al. (2003) kamen zu dem Ergebnis, dass es bei VLBW-Frühgeborenen im Verlauf der Entwicklung zu einer Verbesserung in Sprach- (und Intelligenz-) Leistungen kommt. Einen signifikant positiven Einfluss dabei hatte der sozio-ökonomische Status sowie die Schulbildung der Mutter. STOLT et al. (2007) untersuchten 66 VLBW-Frühgeborene sowie eine Kontrollgruppe termingeborene Kinder (n = 87) im Alter von 2;0 Jahren hinsichtlich ihres Wortschatzes mit Hilfe der finnischen Version des CDI (Mac Arthur Communicative Developmental Inventory). Beide Gruppen unterschieden sich nicht in der Größe ihres Wortschatzes. Auch der normalerweise vorhandene Vorsprung der Mädchen im Wortschatz ließ sich in der VLBW-Gruppe nicht nachweisen. Es zeigten sich aber signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung des Wortschatzes. So hatten VLBW-Kinder bei einem Vokabular von >425 Wörtern einen prozentual größeren Anteil an Nomen mit einem geringeren Anteil an grammatikalischen Funktionswörtern. Letzterer lag signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe.

DOYLE et al. (1992) untersuchten Extremely-Low-Birth-Weight-Kinder (<1000g) im Alter von 8 Jahren und stellten Probleme im auditorischen Kurzzeitgedächtnis bei denjenigen

fest, die in der Neugeborenenperiode an einer Hyperbilirubinämie litten. Außerdem hatten diese Kinder mit 8 Jahren eine signifikant reduzierte Intelligenz sowie Lesefähigkeit. SANSAVINI et al. (2006) untersuchten bei 73 Frühgeborenen im Alter von 2;6 Jahren die Sprachentwicklung (Italian Test of Repetition of Sentences; italienische Version des CDI) und stellten fest, dass VLBW-Frühgeborene, Very-Low-for-Gestational-Age-Frühgeborene sowie Jungen ein geringfügig höheres Risiko einer lexikalischen und grammatischen Entwicklungsverzögerung aufwiesen (nicht signifikant). Die meisten Frühgeborenen zeigten im Vergleich mit der Kontrollgruppe allerdings eine normale Sprachentwicklung.

3.5 Interpeaklatenz und Sprachtestleistungen

Die vorliegende Studie ergab keinen Hinweis dafür, dass die postnatal gemessene Interpeaklatenz Indikator für eine später zu diagnostizierende Sprachentwicklungsstörung ist. Die Sprachentwicklungstestleistungen im 3. Lebensjahr zeigten keine signifikante Korrelation mit der postnatal gemessenen Interpeaklatenz. Möglicherweise hätten sich bei einem größeren Kollektiv bestimmte Trends erkennen lassen.

VON SUCHODOLETZ und WOLFRAM (1996) leiteten bei 25 Jungen im Vorschulalter mit einer expressiven Sprachentwicklungsstörung frühe akustisch evozierte Potentiale (FAEP) ab. Im Vergleich mit der normalhörigen Kontrollgruppe wurde eine statistisch signifikante Verzögerung der Wellen III, IV, und V der FAEP bei den Kindern mit Sprachentwicklungsstörung nachgewiesen. Die Autoren folgerten daraus, dass eine Verzögerung oder Unterbrechung in der Weiterleitung akustischer Stimuli über die Hörbahn eine bedeutsame Rolle in der Pathogenese von Sprachentwicklungsstörungen spielt.

FUESS et al. (2002) führten bei 81 Kindern mit Sprachentwicklungsverzögerung im Alter von durchschnittlich 3 Jahren eine BERA durch. Sie evaluierten mit Hilfe eines Fragebogens anamnestische Angaben der Eltern zum Stand der Sprachentwicklung sowie der psychomotorischen Entwicklung, eine Re-Evaluierung von 29 Kindern erfolgte nach 2 Jahren. In einem Follow-up nach durchschnittlich 3 Jahren wurde erneut eine BERA

durchgeführt. Bei allen Kindern wurden Verbesserungen in der Sprachentwicklung sowie in der Hörbahnleitgeschwindigkeit festgestellt, wenngleich die meisten Kinder unterhalb der Norm blieben. FUESS et al. (2002) betonen, dass jedes Neugeborene mit Risikofaktoren sowie jedes Kind, das im Alter von 2 Jahren keine rudimentären Sprachfähigkeiten aufweist, eine BERA erhalten sollte. Bei pathologischem Ergebnis sei schnellstmöglich eine Stimulationstherapie einzuleiten. Auch wenn FUESS et al. (2002) ein größeres Kollektiv als das hier vorliegende untersuchten, ist an ihrer Studie doch zu kritisieren, dass sie die Sprachentwicklung mit Hilfe von anamnestischen Angaben der Eltern evaluierten; in der vorliegenden Arbeit kam hingegen ein standardisierter Sprachtest (SETK-2) zum Einsatz.

CRYER et al. (2005) untersuchten, ob eine Verzögerung in der Hörbahnreifung ein erhöhtes Risiko für eine Sprachentwicklungsstörung darstellt. Dazu wurden 11 Kinder mit Hörbahnreifungsverzögerung einer Tympanometrie sowie einer Reintonaudiometrie unterzogen. Die Sprachleistung wurde mit dem Sprachentwicklungstest für Kinder (SETK-3-5) bestimmt. Zusammenfassend kamen sie zu dem Ergebnis, dass Kinder mit einer Verzögerung in der Hörbahnreifung kein erhöhtes Risiko für eine Sprachentwicklungsverzögerung tragen. Sie relativieren jedoch ihre Aussage, indem sie zu bedenken geben, dass es möglich sei, dass für die Thematik sensibilisierte Eltern ihr Kind verstärkt fördern.

Im Rahmen der GLAD-Langzeitstudie („German Language Development Study“) wurden 193 termingeborene, gesunde, monolingual deutschsprachig aufwachsende Kinder von Geburt an interdisziplinär untersucht. PENNER et al. (2006) aus dem Forscherteam stellten fest, dass zwischen der Interpeaklatenz in der BERA im Alter von 6 Monaten und späteren Sprachleistungen signifikante Korrelationen bestehen. Kinder mit einer langsameren Hörbahnleitgeschwindigkeit hatten sowohl gemäß Elternfragebogen ELFRA-1 im Alter von 18 Monaten als auch gemäß ELFRA-2 (GRIMM und DOIL 2000) im Alter von 24 Monaten, signifikant weniger Wörter in ihrem produktiven Wortschatz als jene Kinder mit schnellerer Hörbahnleitgeschwindigkeit. Eine signifikante Korrelation ergab sich ebenfalls zwischen Sprachproduktion im SETK-2 - dem hier verwandten Test - und der BERA im Alter von 6 Monaten. Obwohl bei den Leitgeschwindigkeiten der Hörbahn im Alter von 14

Monaten keine signifikanten Unterschiede mehr bestanden, also Kinder mit langsamerer Reifung der Hörbahn ihre Verzögerung zwischen dem 6. und dem 13. Monat aufholten, so scheint trotzdem ein Risiko für Defizite in der späteren Sprachentwicklung zu bestehen.

3.6 Stichprobe

Die vorliegende Arbeit umfasst 39 Frühgeborene mit definiertem Risikoprofil (20 Jungen; 19 Mädchen). Die Kinder wurden postnatal einer BERA unterzogen und im Lebensalter von 2 bis 3 Jahren hinsichtlich ihres peripheren Hörvermögens und ihrer Sprachentwicklung nachuntersucht. Das bedeutet einen vermehrten Aufwand für die Eltern mit Anfahrtsweg, Wartezeit, Untersuchungszeit etc., da nur wenige Eltern aus Göttingen kamen.

Ein wichtiger Bestandteil von Follow-up Untersuchungen bei Kindern ist die Compliance ihrer Eltern. Nur wenn möglichst viele Eltern ihr Kind zu einer weiteren Untersuchung vorstellen, ist ein Ergebnis an einem Kollektiv repräsentativen Umfangs zu erzielen. Die vorliegende Stichprobengröße von $n = 39$ ist als zufriedenstellend bis gut zu bewerten. JANSSON-VERKASALO et al. (2004) verglichen z.B. 17 VLBW-Frühgeborene in einer Follow-up Studie über zwei Jahre. CRYER et al. (2005) starteten mit einem Kollektiv von 20 Kindern, nach 5 Jahren kam nur noch die Hälfte (10 Kinder) zur Follow-up Untersuchung.

Doch bleibt zu bedenken, dass ein umfangreiches Kollektiv nicht zwangsläufig ein repräsentatives Kollektiv darstellt. So werden vermutlich eher jene Kinder im Follow-up erfasst, deren Eltern Interesse an einer weiteren Diagnostik haben. Solche Eltern achten häufig schon von sich aus vermehrt auf die Gesundheit ihres Kindes. Eltern mit einem niedrigen Interesse an der gesundheitlichen Förderung ihrer Kinder erscheinen häufig gar nicht zum Follow-up.

Auch ist anzunehmen, dass Eltern, die für die Thematik der möglichen Hörstörung sensibilisiert sind, der Hör- und Sprachentwicklung ihres Kindes besondere

Aufmerksamkeit schenken. Aus der Literatur ist bekannt, dass sich vermehrte mütterliche Aufmerksamkeit positiv auf expressive und kognitive Sprachfertigkeiten von Früh- und Termingeborenen auswirkt (SMITH et al. 1996). Neben dem genetisch vorgegebenen Einfluss respektive Reifungsprozessen spielt vor allem der Sprachinput im Sinne von verbaler Interaktion mit sprachkompetenten Eltern eine wichtige Rolle, sowie die elterliche Fähigkeit, ein allgemeines und insbesondere sprachlich positives Klima aufzubauen und zu gestalten.

Laut KEEGSTRA et al. (2007) sorgen sich Eltern mit mittlerem bzw. höherem Bildungsstand mehr um die Sprachentwicklung ihrer Kinder. In der vorliegenden Arbeit hatte von 5,13 % der Kinder mindestens ein Elternteil Abitur, in 53,85 % der Fälle lag bei mindestens einem Elternteil ein Realschulabschluss vor, und bei 30,77 % der Kinder gab mindestens ein Elternteil an, einen Hauptschulabschluss zu haben. In 5,13 % der Fälle wurde keine Auskunft bezüglich des Schulabschlusses gegeben, bei weiteren 5,13 % hatte ein Elternteil keinen Schulabschluss und der andere Elternteil hatte die Auskunft zum Schulabschluss verweigert. So steht zu vermuten, dass es sich bei dem hier untersuchten Kollektiv um Kinder handelt, deren Eltern an der Gesundheit ihres Kindes sehr interessiert waren und möglicherweise auf Grund dessen auch deren Sprachentwicklung über das übliche Maß hinausgehend anregten.

3.7 Schlussfolgerungen

Es ließen sich einige in Zusammenhang mit dem Reifestatus stehende, messbare Parameter bei Frühgeborenen als risikohaft für die spätere Hör-/Sprachentwicklung evaluieren. Dies bedeutet, dass es weiterhin nur durch ein obligatorisches Neugeborenen-Hörscreening mit Tracking sowie regelmäßigen pädaudiologischen Kontrollen im jungen Kindesalter möglich ist, Kinder mit einer pathologischen Hörentwicklung zu erfassen, um diese einer entsprechenden Therapie und Förderung zuzuführen, um letztendlich auch eine gesunde Sprachentwicklung zu ermöglichen. Bei Risikokindern wie z.B. extrem oder sehr früh geborenen Kindern oder solchen mit schweren Neugeborenenhyperbilirubinämien reicht ein Hörscreening nicht aus. Bei ihnen ist eine eingehende pädaudiologische Diagnostik

erforderlich. Insbesondere ist vermehrt darauf zu achten, dass bei Kindern nicht zu lange Zeit Paukenergüsse bzw. Otitiden bestehen, damit diese nicht durch „eine schlechte Jahreshörbilanz“ in ihrer Sprachentwicklung gehemmt werden.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit hatte sich zur Aufgabe gestellt, das periphere Hörvermögen frühgeborener Kinder sowie deren Sprachentwicklungsleistungen mit dem aktuellen postnatalen Hörstatus im Alter von 2 Jahren in Beziehung zu setzen. Berücksichtigung fanden somatische Geburtsparameter sowie anamnestische Angaben bezüglich des Hörvermögens und des Sprechbeginns.

39 Frühgeborene des Geburtsjahrgangs 1999 mit bestimmten Risikofaktoren wurden postnatal mit einer Brainstem Electrical Response Audiometry (BERA) untersucht. In einem Follow-up im 3. Lebensjahr erfolgte eine pädaudiologische Untersuchung mit Erhebung der Ohranamnese und Ableitung von OAE. Des Weiteren wurden die Kinder hinsichtlich ihres aktuellen Sprachentwicklungsstandes mit dem Sprachentwicklungstest für 2jährige Kinder (SETK-2) bewertet. Darüber hinaus wurden anamnestische Angaben der Eltern zu somatischen Geburtsparametern und zur Entwicklung ihres Kindes sowie zum sozio-ökonomischen Hintergrund erhoben.

Ergebnisse: Ein ausgeprägter signifikanter Zusammenhang ließ sich zwischen dem Gestationsalter zum Zeitpunkt der frühkindlichen BERA-Untersuchung und der Interpeaklatenz als Indikator für die Hörbahnleitgeschwindigkeit nachweisen ($r = -0,61$; $p = 0,0003$). Lebensalter zum Zeitpunkt der BERA und Interpeaklatenz korrelierten ebenfalls statistisch bedeutsam in mittlerer Stärke ($r = -0,50$; $p = 0,0046$). Gestationsalter zum Zeitpunkt der Geburt und Interpeaklatenz korrelierten demgegenüber schwächer ($r = -0,43$; $p = 0,02$). Geburtsgewicht respektive Körperlänge bei Geburt wiesen keine statistisch signifikante Beziehung zur Interpeaklatenz auf ($r = -0,27$ respektive $r = -0,35$).

Kinder mit unklarer Hörsituation im 3. Lebensjahr hatten postnatal eine langsamere Leitgeschwindigkeit ($p = 0,024$) im Vergleich zu normalhörigen Kindern. Dabei ist einschränkend anzumerken, dass die Klassifikation „unklare Hörsituation“ aufgrund der Ableitung von OAE vielfältige Ursachen haben kann und diese Ergebniskategorie nur 5 Kinder umfasste.

Ein deutlicher Zusammenhang bestand zwischen Ohranamnese und dem Auftreten von Zweiwort-Kombinationen in der Spontansprache. So bildeten Kinder, die gemäß anamnestischer Auskunft an rezidivierenden Otitiden und Paukenergüssen litten, später Zweiwort-Kombinationen als dies die entwicklungspsychologische Literatur für normalhörige Kinder angibt. In der standardisierten Sprachentwicklungstestung im 3. Lebensjahr zeigten frühgeborene Jungen und Mädchen annähernd gleich gute Leistungen. Weder Gestationsalter noch Geburtsgewicht hatten Einfluss auf ihre Sprachtestergebnisse. Lediglich Kinder, die zum Zeitpunkt der Sprachtestung älter waren (in der 2. Hälfte des 3. Lebensjahres), hatten bessere Sprachleistungen. Die Sprachentwicklungstestleistungen im 3. Lebensjahr zeigten keine signifikante Korrelation mit der postnatal gemessenen Interpeaklatenz.

Fazit: Die Hörbahnleitgeschwindigkeit frühgeborener Kinder nahm mit dem Gestationsalter zum Untersuchungszeitpunkt zu, stand jedoch in keinem Zusammenhang mit der späteren Sprachentwicklung. Die Interpeaklatenz als Indikator für die Reife der Hörbahn ist bei Frühgeborenen mit einem definierten Risikoprofil scheinbar nicht als Biomarker für den testpsychologisch zu messenden Sprachentwicklungsstand im 3. Lebensjahr geeignet. Hingegen sind rezidivierende Otitiden und Paukenergüsse risikohaft für die Sprachentwicklung. Vorliegende Ergebnisse vermögen nichts über den langfristigen Sprachentwicklungs-Outcome eines frühgeborenen Kindes auszusagen.

5 ANHANG

5.1 Elternbrief

Zentrum Augenheilkunde und HNO-Heilkunde

Abt. Phoniatrie und Pädaudiologie

Direktor: Prof. Dr. E. Kruse

**Abt. Phoniatrie und
Pädaudiologie**

Direktor: Prof. Dr. E. Kruse
Robert-Koch-Str. 40
37075 Göttingen
Telefon: +49 5 51 39-2811
Telefax: +49 5 51 39-2812
e-mail: phonpaed@med.uni-
goettingen.de
Az: Prof.Dr.Kie./si

EMPFÄNGERADRESSE einfügen

Sehr geehrte Familie

Ihr(e) Kind(er) geb. am wurden nach der Geburt in der hiesigen Abteilung zur Hördiagnostik vorgestellt, weil sie zu früh geboren wurden. Eine Frühgeburt kann mit Entwicklungsstörungen vielfältiger Art einhergehen, z. B. einer Hörstörung.

Eine Hörstörung stellt nicht nur eine Beeinträchtigung des Hörsystems dar, sondern hat unter Umständen weitere Entwicklungsstörungen zur Folge im Sprechen, in der Sprache, in der Aneignung verbalen Wissens in der sozialen Integration, der Bildungslaufbahn etc.

Sie werden verstehen, daß wir es als unsere Pflicht ansehen, durch entsprechende Untersuchungen etwaige Störungen früh zu erkennen und zu behandeln. Wir bieten Ihnen deshalb eine Kontrolluntersuchung des Hörvermögens bei uns an sowie eine Sprachentwicklungsstandbestimmung.

Um unnötige Wartezeiten zu vermeiden, sind wir bemüht, mit Ihnen einen Termin abzustimmen, der den Belangen Ihrer Familie entgegenkommt.

Daher bitten wir Sie, den unteren Teil des Briefes auszufüllen und an uns zurückzusenden (frankierter Rückumschlag liegt bei). Wir werden uns dann mit Ihnen telefonisch in Verbindung setzen, um einen günstigen Termin abzustimmen.

Die Untersuchungen insgesamt werden etwa 1,5 Stunden betragen; dies schließt ein Gespräch mit Ihnen ein. Es ist für uns hilfreich, wenn Sie für Ihr Kind das Vorsorgeuntersuchungsheft mitbringen.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. E. Kruse
Direktor der Klinik

Prof. Dr. C. Kiese-Himmel
Klinische Psychologin

.....
bitte abtrennen u. im beiliegenden frankierten Umschlag zurücksenden

Ich möchte mein(e) Kind(er) zur Hör-/Sprachuntersuchung vorstellen:

Ja

Nein

(bitte ankreuzen)

Ich bitte um Terminvergabe

- ◆ fernmündlich unter der Nummer
- ◆ in der Zeit von Uhr
- ◆ schriftlich.

.....
Unterschrift

5.2 Anamnestischer Untersuchungs- und Dokumentationsbogen bei WV im 3. Lebensjahr

ANAMNESTISCHER UNTERSUCHUNGS- und DOKUMENTATIONSBOGEN

bei WV im 3. Lebensjahr

Pat.-Nr.

Junge ₁ Mädchen ₂

Untersuchungsdatum

LA (in Monaten)

Geschwisterposition

1. 2. 3. 4. 5. (bitte ankreuzen)

Zwilling

Ja ₁ Nein ₀

Drilling

Ja ₁ Nein ₀

Bildungsabschluss Vater

- ₉ keine Angabe
₁ Hauptschule
₂ Realschule o. ä.
₃ Abitur
₀ kein

Bildungsabschluss Mutter

- ₉ keine Angabe
₁ Hauptschule
₂ Realschule o. ä.
₃ Abitur
₀ kein

Allein erziehendes Elternteil

Ja ₁ Nein ₀

Wird das Kind tagsüber überwiegend zu Hause betreut? Ja ₁ Nein ₀

Freies Laufen

Nein ₀ Ja ₁ mit Monaten ₂ nicht erinnerbar

Tagsüber sauber?

Nein ₀ Ja ₁ mit Monaten

Nachts sauber?

Nein ₀ Ja ₁ mit Monaten

Erste Worte

Nein ₀ Ja ₁ mit Monaten ₂ nicht erinnerbar

Zweiwort-Verbindungen

Nein ₀ Ja ₁ mit Monaten nicht erinnerbar ₂

Wieviele **Wörter** umfasst der aktuelle **aktive** Wortschatz des Kindes?
 (Schätzurteil Begleitperson)

- < 10 Wörter ₀
 > 10 Wörter ₁
 10-20 Wörter ₂
 bis 50 Wörter ₃
 bis 100 Wörter ₄
 bis 200 Wörter ₅
 > 200 Wörter ₆

Wenn noch keine ersten Worte bzw. < 10 Wörter gesprochen werden:

Hat das Kind **gelallt**?

Ja ₁ Nein ₀

nicht erinnerbar ₂

Benutzt es **Lallwörter** (Silbenverdoppelung nach KV-Prinzip wie Mama, Nana, Papa)?

Nein ₀ Ja ₁ seit wann? (Alter in Monaten) nicht erinnerbar ₂

SETK-2:

Verstehen I RW T-W nicht durchgeführt ₂ nicht durchführbar ₀ Abbruchergebnis ₉

Verstehen II RW T-W nicht durchgeführt ₂ nicht durchführbar ₀ Abbruchergebnis ₉

Produktion I RW T-W nicht durchgeführt ₂ nicht durchführbar ₀ Abbruchergebnis ₉

Produktion II RW T-W nicht durchgeführt ₂ nicht durchführbar ₀ Abbruchergebnis ₉

DAWA-RW DAWA: krit. Wert unterschritten? Ja ₁ Nein ₀

Geburt in SSW GG Gramm KL cm

BERA:

Lebensalter (in Wochen) bei Untersuchung (am)

Gestationalalter (in Wochen) bei Untersuchung

IPL

PÄDAUDIOLOGISCHE WV im 3. Lebensjahr:

Anamnestischer Verdacht auf Hörstörung Ja ₁ Nein ₀
keine Angabe ₉

Ohranamnese leer Ja ₁ Nein ₀ (z. B. Otitiden, Paukenergüsse, PR)
keine Angabe ₉

Ergebnis ₀ unklare Hörsituation rechts
₀ unklare Hörsituation links
₄ Untersuchung verweigert
₁ Normakusis rechts
₁ Normakusis links
₄ Untersuchung verweigert
₆ Drop Out

5.3 Testergebnisse in Abhängigkeit vom Lebensalter bei Sprachtestung

Sprachentwicklungstestleistungen (Rohpunkte), nach Lebensalter zum Zeitpunkt der Testung

Lebensalter zum Zeitpunkt der Testung	Verstehen		Produktion	
	Wörter	Sätze	Wörter	Sätze
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
≤29 Monate	5,60 (3,02) n = 21	2,89 (2,11) n = 18	12,70 (10,63) n = 20	11,82 (17,57) n = 17
	p = 0,011	p = 0,003	p = 0,021	p = 0,033
>29 Monate	8,00 (2,17) n = 17	5,13 (1,92) n = 15	20,06 (7,14) n = 17	24,88 (15,90) n = 16
Alle	6,70 (2,89) n = 38	3,91 (2,30) n = 33	16,08 (9,80) n = 37	18,15 (17,80) n = 33
mögliches Punkt Maximum	9	8	30	96

6 LITERATUR

- BERLIN CI, HOOD L, MORLET T, ROSE K, BRASHEARS S (2003): Auditory neuropathy/dys-synchrony: diagnosis and management. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 9, 225 – 231
- BEUTNER D, FOERST A, LANG-ROTH R, VON WEDEL H, WALGER M (2007): Risk Factors for Auditory Neuropathy/Auditory Synaptopathy. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 69, 239 – 244
- BLOOM L, MARGULIS C, TINKER E (1993): The words children learn: Evidence against a noun bias in early vocabularies. *Cognitive Development* 8, 431 - 450
- BORTZ J, LIENERT G: *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung*, 1.Auflage; Springer Verlag, Berlin 1998
- BRANDT I: *Griffith Entwicklungsskalen (GES) Deutsche Bearbeitung*; Beltz, Basel 1983
- CASIRO OG, MODDEMANN DM, STANWICK RS, PANIKKAR-THIESEN VK, COWAN H, CHEANG MS (1990): Language development of very low birth weight infants and fullterm controls at 12 month of age. *Early Hum Dev* 24, 65 - 77
- CLARK JG (1981): Uses and abuses of hearing loss classification. *ASHA* 23, 493 - 500
- CRYER A, NAPIONTEK U, SCHWEIZER M, KEILMANN A: Tragen Kinder nach einer Hörbahnentwicklungsverzögerung ein erhöhtes Risiko für eine Sprachentwicklungsstörung? In: 100 Jahre Phoniatrie in Deutschland, 22. Wissenschaftliche Jahrestagung der DGPP, Berlin, 16. - 18.09.2005; German Medical Science, Köln, Düsseldorf 2005 online (<http://www.egms.de/en/meetings/dgpp2005/05dgpp027.shtml>)
- DAVIS NM, DOYLE LW, FORD GW, KEIR E, MICHAEL J, RICKARDS AL, KELLY EA, CALLANAN C (2001): Auditory function at 14 years of age of very-low-birthweight. *Dev Med Child Neurol* 43, 191 – 196
- DECASPER AJ, LECANUET J, BUSNEL M, GRANIER-DEFERRE C, MAUGEAIS R (1994): Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behavior and Development* 17, 159-164

- DOYLE LW, KEIR E, KITCHEN WH, FORD GW, RICKARDS AL, KELLY EA (1992): Audiologic assessment of extremely low birth weight infants: a preliminary report. *Pediatrics* 90, 744 - 749
- FELDMAN HM, DOLLAGHAN CA, CAMPBELL TF, COLBORN DK, JANOSKY J, KURS-LASKY M, ROCKETTE HE, DALE PS, PARADISE JL (2003): Parent- reported language skills in relation to otitis media during the first 3 years of life. *J Speech Lang Hear Res* 46, 273 - 287
- FRICK H, LEONHARDT H, STARCK D, KÜHNEL W, PUTZ R: *Spezielle Anatomie II*, 4. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 1992
- FUESS VL, BENTO RF, DA SILVEIRA JA (2002): Delay in maturation of the auditory pathway and its relationship to language acquisition disorders. *Ear Nose Throat J* 81, 706 – 712
- GALAMBOS R, DESPLAND PA (1980): The auditory brainstem response (ABR) evaluates risk factors for hearing loss in the newborn. *Pediatr Res* 14, 159 – 163
- GRIMM H, DOIL H: *Elternfragebögen zur Früherkennung von Risikokindern (ELFRA)*, 1. Auflage; Hogrefe- Verlag, Göttingen 2000
- GRIMM H, AKTAS M, FREVERT S: *SETK-2 Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder*, 1. Auflage; Hogrefe- Verlag, Göttingen 2000
- HERRGARD E, KARJALAINEN S, MARTIKAINEN A, HEINONEN K (1995): Hearing loss at the age of 5 years of children born preterm – a matter of definition. *Acta Paediatr* 84, 1160 - 1164
- HOTH S, LENARZ T: *Elektrische Reaktionsaudiometrie*, 1. Auflage; Springer Verlag, Berlin 1994
- HÜSTER J, ZIMMERMANN H: *Statistische Prinzipien für medizinische Projekte*, 2. Auflage; Verlag Hans Huber, Bern 1996
- INAGAKI M, TOMITA Y, TAKASHIMA S, OHTANI K, ANDOH G, TAKESHITA K (1987): Functional and morphometrical maturation of the brainstem auditory pathway. *Brain Dev* 9, 597 - 601
- JANSSEN T: Otoakustische Emissionen (OAE); in: *Praxis der Audiometrie*; hrsg. v. Lehnhardt E, Laszig R unter Mitarbeit von Dillier N, Hesse G, Janssen Th, Kinkel M, Mrowinski D, 8. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2001, 79 - 104

- JANSSON-VERKASALO E, VALKAMA M, VAINIOPAA L, PAAKKO E, ILKKO E, LEHTIHALMES M (2004): Language development in very low birth weight preterm children: a follow-up study. *Folia Phoniatr Logop* 56, 108- 119
- JIANG ZD (1995): Maturation of the auditory brainstem in low risk- preterm infants: a comparison with age- matched full term infants up to 6 years. *Early Hum Dev* 42, 49 – 65
- JOHNSON DL, MCCORMICK DP, BALDWIN CD (2007): Early middle ear effusion and language at age seven. *J Commun Disord* Mar 12 online (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcomdis.2007.03.001>)
- JURKOVICOVA J, AGHOVA L, WAHAB ELMY HA, HUTTOVA M (2002): Hearing impairment in premature infants in relation to risk factors for hearing loss. *International Pediatrics* 17, 172 - 178
- KEEGSTRA AL, KNIJFF WA, POST WJ, GOORHUIS-BROUWER SM (2007): Children with language problems in a speech and hearing clinic: background variables and extent of language problems. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 71, 815 – 821
- KIESE-HIMMEL C: Sprache im Kindesalter: Ein universelles Instrument? In: *Bildung und Erziehung. Perspektiven auf die Lebenswelten von Kindern und Jugendlichen*; hrsg. v. Schavan A; Edition Suhrkamp, Frankfurt/M 2004, 45 - 63
- KIESE-HIMMEL C: *Aktiver Wortschatztest für 3- bis 5- jährige Kinder (AWST-R)*. Beltz, Göttingen 2005
- KLINKE R: Hören und Sprechen- Kommunikation des Menschen; in: *Lehrbuch der Physiologie*; hrsg. v. Klinke R, Silbernagl S u.a., 2. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 1996, 569 - 584
- KNOBELOCH C, KANOY RC (1982): Hearing and language development in high risk and normal infants. *Appl Res Ment Retard* 3, 293 – 301
- KÜTTNER K, KRAUSSLACH R, BAUMANN M (1991): Zur Veränderung des frühen akustisch- evozierten Potenzials zwischen Frühgeborenenperiode, Säuglings- und Kleinkindalter. *HNO* 39, 32 - 36
- LEHNHARDT E: Hörprüfungen beim Säugling und Kleinkind; in: *Praxis der Audiometrie*; hrsg. v. Lehnhardt E, Laszig R unter Mitarbeit von Dillier N, Hesse G,

- Janssen Th, Kinkel M, Mrowinski D, 8. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2001, 11 - 16
- MARLOW ES, HUNT LP, MARLOW N (2000): Sensorineural hearing loss and prematurity. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 82, 141 - 144
- MARSCHIK PB, EINSPIELER C, GARZAROLLI B, PRECHTL HF (2007): Events at early development: are they associated with early word production and neurodevelopmental abilities at the preschool age? *Early Hum Dev* 83, 107 - 114
- MASSINGER C, LIPPERT KL, KEILMANN A (2004): Verzögerung in der Hörbahnreifung. Differentialdiagnose bei Hörstörungen im Säuglingsalter. *HNO* 52, 927 – 934
- MENT LR, VOHR B, ALLAN W, KATZ KH, SCHNEIDER KC, WESTERVELD M, DUNCAN CC, MAKUCH RW (2003): Change in cognitive function over time in very low-birth-weight infants. *JAMA* 289, 705 - 711
- MORLET T, DESREUX V, LAPILLONNE A (1999): Precocious maturation of auditory evoked potentials in prematures: influence of gestational age and sex. *Arch Pediatr* 6, 75 - 78
- MROWINSKI D: ERA – Elektrische Reaktionsaudiometrie; in: *Praxis der Audiometrie*; hrsg. v. Lehnhardt E, Laszig R unter Mitarbeit von Dillier N, Hesse G, Janssen T, Kinkel M, Mrowinski D, 8. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2001, 251 - 288
- NITTROUER S, BURTON L (2005): The role of early language experience in the development of speech perception and phonological processing abilities: evidence from 5-year-olds with histories of otitis with effusion and low socio-economic status. *J Commun Disord* 38, 29 - 63
- PARADISE JL, DOLLAGHAN CA, CAMPBELL TF, FELDMAN HM, BERNARD BS, COLBORN DK, ROCKETTE HE, JANOSKY JE, PITCAIRN DL, SABO DL (2000): Language, speech sound production, and cognition in three-year-old children in relation to otitis media in their first three years of life. *Pediatrics* 105, 1119 – 1130
- PARADISE JL, FELDMAN HM, CAMPBELL TF, DOLLAGHAN CA, ROCKETTE HE, PITCAIRN DL, SMITH CG, COLBORN DK, BERNARD BS, KURS-LASKY M (2007):

- Tympanostomy Tubes and Developmental Outcomes at 9 to 11 Years of Age. *N Engl J Med* 356, 248 - 261
- PEARCE PS, SAUNDERS MA, CREIGHTON DE, SAUVE RS (1988): Hearing and Verbal-Cognitive Abilities in High-Risk Preterm Infants Prone to Otitis Media with Effusion. *J Dev Behav Pediatr* 9, 346 – 351
- PENNER Z, KRÜGEL C, GROSS M, HESSE V: Sehr frühe Indikatoren von Spracherwerbsverzögerungen bei gesunden, normalhörenden Kindern; in: Frühförderung interdisziplinär, 25. Jg.; Ernst Reinhardt Verlag, Basel 2006, 37- 48
- PETERS SA, GRIEVINK EH, VAN BON WH, VAN DEN BERCKEN JH, SCHILDER AG (1997): The contribution of risk factors to the effect of early otitis media with effusion on later language, reading, and spelling. *Dev Med Child Neurol* 39, 31 - 39
- PROBST R, GREVERS G, IRO H: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, 1. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2000
- PTOK M (1997): Das schwerhörige Kind. *Dtsch Ärztebl* 94, A – 1932 - 1937
- PTOK M (2000): Otoakustische Emissionen, Hirnstammpotential, Tonschwellengehör und Sprachverständlichkeit bei auditorischer Neuropathie. *HNO* 48, 28 – 32
- PTOK M (2006): Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen; Erläuterungen zum „Technical Report“ der ASHA. *HNO* 54, 6 - 8
- RODRIGUEZ-BALLESTEROS M, DEL CASTILLO FJ, MARTIN Y, MORENO-PELAYO MA, MORENA C, PRIETO F, MARCO J, MORANT A, GALLO-TERAN J, MORALES-ANGULO C (2003): Auditory neuropathy in patients carrying mutations in the otoferlin gene (OTOF). *Hum Mutat* 22, 451 – 456
- RUBEN RJ (1992): The Ontogeny of Human Hearing. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 112, 192 - 196
- RUBEN RJ (1997): A time frame of critical / sensitive periods of language development. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 117, 202 - 205
- SANSAVINI A, GUARINI A, ALESSANDRONI R, FALDELLA G, GIOVANELLI G, SALVIOLI G. (2006): Early relations between lexical and grammatical development in very immature Italian preterms. *J Child Lang* 33, 199 - 216

- SCHRÖDER A, KAUSCHKE C, DE BLESER R (2003): Messungen des Erwerbalters für konkrete Nomina. *Neurolinguistik* 17, 83 - 114
- SMITH KE, LANDRY SH, SWANK PR, BALDWIN CD, DENSON SE, WILDIN S (1996): The relation of medical risk and maternal stimulation with preterm infants' development of cognitive, language and daily living skills. *J Child Psychol Psychiatry* 37, 855 – 864
- STOLT S, KLIPPI A, LAUNONEN K, MUNCK P, LEHTONEN L, LAPINLEIMU H, HAATAJA L; THE PIPARI STUDY GROUP (2007): Size and composition of the lexicon in prematurely born very-low-birth-weight and full-term Finnish children at two years of age. *J Child Lang* 34, 283 - 310
- THAI-VAN H, COZMA S, BOUTITIE F, DISANT F, TRUY E, COLLET L (2007): The pattern of auditory brainstem response wave V maturation in cochlear-implanted children. *J Child Lang* 118, 676 - 689
- TIBUSSEK D, MEISTER H, WALGER M, FOERST A, VON WEDEL H (2002): Hearing loss in early infancy affects maturation of the auditory pathway. *Dev Med Child Neurol* 44, 123 – 129
- VON SUCHODOLETZ W, WOLFRAM I (1996): Frühe akustisch evozierte Potentiale (FAEP) bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen. *Klin Pädiatr* 208, 290 - 293
- WEISS C: *Basiswissen Medizinische Statistik*, 1. Auflage; Springer Verlag, Berlin 1999
- WHO: *International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps*. World Health Organization, Geneva 1980
- ZENNER HP: Die Kommunikation des Menschen- Hören und Sprechen; in: *Physiologie des Menschen*; hrsg. v. Schmidt RF, Thews G, Lang F u.a., 28. Auflage; Springer Verlag, Berlin 2000, 259 - 277
- ZILLES K, REHKÄMPER G: *Funktionelle Neuroanatomie*, 3. Auflage; Springer Verlag, Berlin 1998

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in der Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie im Zentrum Augenheilkunde und Hals- Nasen- Ohrenheilkunde der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen durchgeführt.

Ich danke allen, die direkt oder indirekt an der Entstehung dieser Arbeit beteiligt waren. Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Psych. C. Kiese-Himmel für die Bereitstellung des Themas, die zahlreichen Anregungen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung sowie das stetige Interesse am Fortschritt dieser Arbeit. Dem Leiter der Abteilung Herrn Prof. Dr. med. E. Kruse sei ebenso gedankt. Der Mitarbeiterin der Abteilung für medizinische Statistik der Universität Göttingen Frau Dr. Karin Neubert sowie dem Leiter Prof. Dr. E. Brunner möchte ich für die Unterstützung bei statistischen Fragen danken.