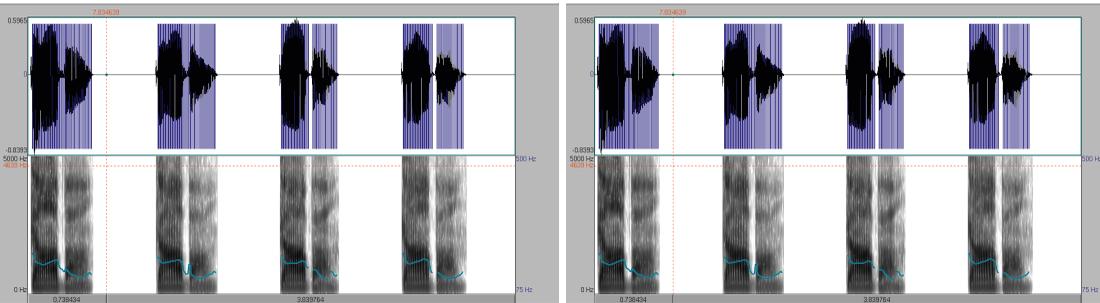




Universität Potsdam



Birgit Herold

Prosodische Verarbeitung und lexikalische Entwicklung sehr untergewichtiger Frühgeborener während des ersten Lebensjahres

Birgit Herold

**Prosodische Verarbeitung und lexikalische Entwicklung
sehr untergewichtiger Frühgeborener
während des ersten Lebensjahres**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Universitätsverlag Potsdam 2011

<http://info.ub.uni-potsdam.de/verlag.htm>

Am Neuen Palais 10, 14469 Potsdam

Tel.: +49 (0)331 977 4623 / Fax: 3474

E-Mail: verlag@uni-potsdam.de

Die Schriftenreihe **Spektrum Patholinguistik – Schriften** wird herausgegeben vom Verband für Patholinguistik e. V.

ISSN (print) 1869-3822

ISSN (online) 1869-3830

Zugl.: Potsdam, Univ., Diss., 2010

Die Umschlagabbildung zeigt die Sounddatei (wav-Datei) eines akustischen Stimulus, einen trochäischen Zweisilber, GAba, der für die Experimente verwendet wurde und hier mit dem Phonetik-Software-Programm PRAAT sichtbar gemacht wurde.

Online veröffentlicht auf dem Publikationsserver der Universität Potsdam

URL <http://pub.ub.uni-potsdam.de/volltexte/2011/4851/>

URN <urn:nbn:de:kobv:517-opus-48517>

<http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus-48517>

Zugleich gedruckt erschienen im Universitätsverlag Potsdam

ISBN 978-3-86956-107-3

Danksagung

Die Unterstützung und Hilfe vieler lieber Menschen ist in diese Arbeit eingeflossen.

Großer Dank gilt den Gutachterinnen Barbara Höhle und Frau Prof. Klann-Delius, deren anregende und helfende Kommentare diese Arbeit in vielen Bereichen verbessert haben. Die Sprachuntersuchungen wurden innerhalb des von der Universität Potsdam und der Charité gemeinsamen DFG-Projektes *Der Spracherwerb bei Frühgeborenen während der ersten beiden Lebensjahre* (HO 1960/10-2) durchgeführt. Ebenso möchte ich Frau Grimmer und Christoph Bühner danken, die geholfen haben, die Brücke zwischen der Sprachwissenschaft und der Neonatologie zu schlagen und mir viele Türen geöffnet haben. Ich möchte ganz besonders Herrn Prof. Dr. Obladen danken, der der Studie immer zur Seite stand und von dem ich so viel gelernt habe. Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. Weissenborn, der mir die Gelegenheit gab, in die linguistische Forschung einzusteigen und mit dem ich die Grundideen dieser Arbeit besprechen konnte.

Für die Unterstützung in den entwicklungsdiagnostischen Untersuchungen möchte ich Elisabeth Walch und Tanja Weber danken und Christian Peiser in der Rekrutierung der Früh- und Reifgeborenen. Herr Prof. Dr. Dudenhausen gab sein Einverständnis zur Rekrutierung der reifen Neugeborenen in der Klinik für Frauen- und Geburtsheilkunde, ohne die die Untersuchungen nicht möglich gewesen wäre. Herrn Hopfenmüller möchte ich für die statistische Beratung danken.

Ein ganz herzliches Dankeschön sei auch an alle Eltern gerichtet, die mit so viel Begeisterung und Interesse an den Untersuchungen teilgenommen haben und an die Kinder, die geduldig und auch mit Freude mitgemacht haben.

Mit am wichtigsten war all die Zeit die Unterstützung meiner Familie, Ralf, der mir immer zur Seite stand und immer an mich geglaubt hat, und Clara und Jakob, die sämtliche Pilotierungsversuche dieser Arbeit immer bereitwillig mitgemacht haben.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	v
Tabellenverzeichnis	xii
Abbildungsverzeichnis	xiv
Abkürzungsverzeichnis	xv
Einleitung	1
1 Nature oder Nurture	7
2 Der Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener	25
2.1 Definitiorische und methodische Aspekte der Frühgeborenenforschung.....	29
2.1.1 Definition von Frühgeburtlichkeit.....	29
2.1.2 Korrektur des Frühgeborenenalters.....	30
2.2 Einflüsse auf die Sprachentwicklung.....	30
2.2.1 Der Einfluss medizinischer Risikofaktoren auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener.....	30
2.2.2 Der Einfluss sozialer Risikofaktoren auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener.....	41
2.2.3 Der Einfluss des Geschlechts auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener	43
2.2.4 Der Einfluss pflegerischer Interventionen und akustischer Parameter auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener: Beschreibung der neonatalen Intensivpflegeeinheiten.....	47
2.3 Befunde zum Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener.....	53
2.3.1 Befunde auffälliger Schrei- und Lautentwicklung	54

2.3.2 Befunde eines unauffälligen Erwerbs des Lexikons bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW).....	56
2.3.3 Befunde eines verzögerten oder abweichenden Erwerbs des Lexikons bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)	60
2.3.4 Befunde eines unauffälligen Grammatikerwerbs bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW).....	61
2.3.5 Befunde eines verzögerten oder abweichenden Grammatikerwerbs bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)	62
2.3.6 Befunde unauffälliger Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen....	65
2.3.7 Befunde von Auffälligkeiten innerhalb der Informationsverarbeitung und des Gedächtnisses bei Frühgeborenen	67
3 Der Spracherwerb Reifgeborener: perzeptive Fähigkeiten und Verarbeitungsmechanismen im ersten Lebensjahr	75
3.1 Sensitivität für allgemeine und spezifische sprachliche Merkmale.....	75
3.2 Sensitivität für phonetische Merkmale von Sprache.....	78
3.3 Sensitivität für Frequenz-Eigenschaften von Sprache.....	80
3.4 Sensitivität für allgemeine prosodische Merkmale von Sprache und der Erwerb spezifisch-prosodischer Merkmale der Umgebungssprache.....	82
3.5 Verarbeitung prosodischer Information zur Segmentation von Sprache.....	91
4 Pränatale Perzeptionsleistungen und akustische Exposition vor dem Hintergrund der neuronalen und auditorischen Entwicklung im letzten Drittel der Schwangerschaft.....	103
5 Untersuchte Stichproben.....	117
5.1 Definitionen der untersuchten Stichproben.....	118
5.1.1 Definition „gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen“.....	118
5.1.2 Definition „Gesamtgruppe der Reifgeborenen“.....	118
5.1.3 Definition „study group“	118
5.2 Fallzahlschätzung.....	118
5.3 Frühgeborene.....	119
5.3.1 Einschlusskriterien	119
5.3.2 Ausschlusskriterien	120
5.4 Reifgeborene.....	120
5.4.1 Einschlusskriterien	120

5.4.2 Ausschlusskriterien.....	121
5.5 Vorüberlegungen zur Durchführbarkeit.....	121
5.6 Beschreibung der neonatalen Intensivpflegestation.....	122
5.7 Studienverlauf von der Rekrutierung bis zur Testung.....	123
5.8 Soziodemografischer Hintergrund.....	125
5.9 Klinische und soziodemografische Daten aller rekrutierten Frühgeborenen und Reifgeborenen (study group).....	125
5.10 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen.....	129
5.11 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) bei Früh- und Reifgeborenen im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe.....	130
5.12 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) im Alter von 6 Monaten zwischen den Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	132
5.13 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) bei Früh- und Reifgeborenen im Alter von 12 Monaten für die gematchte Gruppe.....	134
5.14 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) im Alter von 12 Monaten zwischen den Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	135
6 Methode der experimentellen Untersuchungen.....	137
6.1 Das Headturn Preference Paradigma (HTP).....	137
6.2 Untersuchungsaufbau und Ablauf.....	139
6.3 Vorbereitung der Messung.....	141
6.4 Auswertung und Statistik.....	142
7 Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 4 Monaten im Vergleich zu Reifgeborenen.....	147
7.1 Probanden.....	147
7.2 Stimulusmaterial.....	148
7.3 Methode.....	148
7.4 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im korrigierten Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen....	150

7.5 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen.....	151
7.6 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen.....	153
7.7 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 4 Monaten.....	154
7.8 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im korrigierten Alter von 4 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	156
8 Experiment 2: Präferenz des muttersprachlichen Betonungsmusters bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 6 Monaten im Vergleich zu Reifgeborenen.....	159
8.1 Probanden.....	159
8.2 Stimulusmaterial.....	160
8.3 Methode.....	160
8.4 Statistische Auswertung.....	160
8.5 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im korrigierten Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen.....	161
8.6 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen.....	162
8.7 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe.....	163
8.8 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 6 Monaten.....	164
8.9 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im Alter von 6 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen	166
9 Experiment 3: Untersuchung der Wortsegmentierung bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 9 Monaten.....	169
9.1 Probanden.....	169

9.2 Stimulusmaterial.....	170
9.3 Methode.....	171
9.4 Statistische Auswertung.....	171
9.5 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im korrigierten Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen.....	172
9.6 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen.....	173
9.7 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen.....	175
9.8 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 9 Monaten.....	176
9.9 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im Alter von 9 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	177
10 Überprüfung der lexikalischen Entwicklung der Frühgeborenen im Alter von 12 Monaten anhand des ELFRA 1.....	181
10.1 Material und Methode.....	182
10.2 Auswertung.....	183
10.3 Ergebnis der lexikalischen Entwicklung der Früh- und Reifgeborenen im Alter von 12 Monaten für die gematchte Gruppe.....	183
10.4 Ergebnis der lexikalischen Entwicklung im Alter von 12 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen und Vergleich zu der Gruppe der Frühgeborenen.....	184
11 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	187
12 Referenzen.....	203
13 Anhang.....	239
Geburtenstatistiken des Statistischen Bundesamtes.....	239
Statistiken der Klinik für Neonatologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin. .	240
Stimulusmaterial Experimente 1 und 2.....	241
Stimulusmaterial Experiment 3.....	243

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation bezüglich des Gestationsalters.....	29
Tabelle 2: Klassifikation bezüglich des Geburtsgewichts.....	29
Tabelle 3: HTP-Messungen: Dropouts und fehlende Messungen getrennt nach Untersuchungszeitpunkt.....	124
Tabelle 4: Klinische und soziodemografische Daten der study group.....	127
Tabelle 5: BSIDII: 6 Monate - gematchte Gruppe der Früh- und Reif- geborenen.....	132
Tabelle 6: BSIDII: 6 Monate - Frühgeborene und Gesamtgruppe der Reif- geborenen.....	133
Tabelle 7: BSIDII: 12 Monate - gematchte Gruppe der Früh- und Reif- geborenen.....	134
Tabelle 8: BSIDII: 12 Monate - Frühgeborene und Gesamtgruppe der Reif- geborenen	135
Tabelle 9: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen.	150
Tabelle 10: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen	151
Tabelle 11: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Früh- geborenen und Reifgeborenen.....	153
Tabelle 12: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 1.....	155
Tabelle 13: Auswertung Experiment 1 - Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	156
Tabelle 14: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Früh- geborenen.....	161
Tabelle 15: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen	162
Tabelle 16: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Früh- geborenen und Reifgeborenen.....	164

Tabelle 17: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 2.....	165
Tabelle 18: Auswertung Experiment 2: Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	166
Tabelle 19: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen.....	172
Tabelle 20: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen	173
Tabelle 21: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen.....	175
Tabelle 22: Auswertung Experiment 3: Mittlere Orientierungszeiten der reif- und frühgeborenen Jungen und Mädchen	176
Tabelle 23: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 3.....	177
Tabelle 24: Auswertung Experiment 3 - Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	178
Tabelle 25: Ergebnis der lexikalischen Entwicklung für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen.....	184
Tabelle 26: Ergebnis der lexikalischen Entwicklung: Vergleich zwischen der Gruppe der Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen.....	185
Tabelle 27: Geburtenrate.....	239
Tabelle 28: Häufigkeit Frühgeburtlichkeit.....	239
Tabelle 29: Überlebensrate sehr untergewichtiger Frühgeborener.....	240
Tabelle 30: Überlebensqualität extrem untergewichtiger Frühgeborener (500-999 g).....	241
Tabelle 31: Überlebensqualität sehr untergewichtiger Frühgeborener (1000-1499 g).....	241
Tabelle 32: Teststimuli für Experiment 1: GABA versus gaBA	241
Tabelle 33: Teststimuli für Experiment 2: GABA versus gaBA.....	242
Tabelle 34: Beschreibung der Sounddateien.....	242
Tabelle 35: Akustische Analyse der Silben.....	242
Tabelle 36: Trochäische Zweisilbige Wörter für die Familiarisierungsphase.....	243
Tabelle 37: Texte	243
Tabelle 38: Verwendete Versionen.....	244
Tabelle 39: Länge der Sounddateien.....	244
Tabelle 40: Akustische Analyse.....	244

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 1	152
Abbildung 2: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 2.....	163
Abbildung 3: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 3.....	174

Abkürzungsverzeichnis

AGA.....	Appropriate for gestational age (Eutrophie)
ANOVA.....	Analysis of variance
BPD.....	Bronchopulmonale Dysplasie
BSID.....	Bayley Scales for Infant Development
CPAP.....	Continuous positive airway pressure
ELFRA.....	Elternfragebogen
FG.....	Freiheitsgrade
HTP.....	Headturn preference paradigma
ICH.....	Intracranial haemorrhage (Hirnblutung)
IQR.....	Interquartile range (Interquartilen-Bereich)
ISI.....	Interstimulus-Intervall
IVH.....	Intraventricular haemorrhage (Hirnblutung)
K-ABC.....	Kaufmann Assessment Battery for Children
KH-Dauer.....	Krankenhausverweildauer
KW.....	Kruskal-Wallis-Test
MDI.....	Mental developmental index
MLU.....	Mean length of utterance
N.....	Anzahl
NEC.....	Nekrotisierende Enterokolitis
NMI.....	Neonatal medical index
p.....	Probabilität
PDI.....	Psychomotor developmental index
PVL.....	Periventrikuläre Leukomalazie
RDS.....	Respiratory distress syndrom (Atemnotsyndrom)
SD.....	Standard deviation (Standardabweichung)
SGA.....	Small for gestational age (Hypotrophie)

Einleitung

Laut Statistischem Bundesamt betrug die Rate der Frühgeburten in Deutschland zwischen 1992 und 1998 60 %. Bei einer mittleren Geburtenzahl, die in diesen Jahren 790800 pro Jahr betrug [Anhang, Tabelle 27], entsprach das pro Jahr 64631 zu früh geborenen Kindern, von denen wiederum 8850 (1,1 %) sehr früh (vor der vollendeten 32. Schwangerschaftswoche) bzw. sehr untergewichtig (< 1500 g) geboren wurden [Anhang, Tabelle 28 und Tabelle 29]. Fortschritte in der neonatalen Intensivtherapie und der präpartalen Betreuung der Schwangeren haben nicht nur zu einer erhöhten Überlebensrate der sehr untergewichtigen Frühgeborenen geführt, sondern auch zu einer verbesserten Überlebensqualität (Demissie, Rhoads, Ananth, Alexander, Kramer, Kogan & Josph 2001; Tucker & McGuire 2004; Singer 2006). Dennoch gelten diese sehr unreifen Kinder weiterhin als Hochrisikogruppe bezüglich Morbidität, Mortalität sowie lebenslanger Behinderung (Hack, Youngstrom, Cartar, Schluchter, Taylor, Flannery, Klein & Borawski 2004; Marlow, Wolke, Bracewell & Samara 2005; Wilson-Costello, Friedman, Minich, Fanaroff & Hack 2005). Aufgrund der extremen organischen Unreife der Frühgeborenen besteht ein erhöhtes Risiko postnataler Komplikationen und Erkrankungen, die die weitere Entwicklung nachteilig beeinflussen (siehe als Überblick Obladen & Maier 2007).

Lange Zeit lag der Schwerpunkt der Forschung auf der kognitiven und motorischen Entwicklung der Frühgeborenen im Vorschul- und Schulalter, und die allgemeine Meinung war dahingehend, dass Frühgeburtlichkeit mit intellektuellen Defiziten einhergehe (Taylor, Klein, Minich & Hack 2000; Hack, Youngstrom, Cartar, Schluchter, Taylor, Flannery, Klein & Borawski 2004; Hack, Taylor, Drotar, Schluchter, Cartar, Andreias & Wilson-Costello 2005).

In die Untersuchungen wurden dabei jedoch ernsthaft beeinträchtigte Kinder, beispielsweise mit schweren Hirnblutungen, Gruppen mit inhomogenem Gestationsalter oder bilinguale Kinder mit einbezogen. So werden auch etwa 20 – 40 % aller sehr untergewichtigen Frühgeborenen als sprachentwicklungsverzögert oder sprachentwicklungsgestört beschrieben, wobei es auch gegenteilige Befunde gibt (Weisglas-Kuperus, Baerts, DeGraff, van Zanten & Sauer 1993). Aufgrund der inhomogenen Vorgehensweise sind die Befunde schwer miteinander zu vergleichen. Mit steigender Überlebensrate der sehr untergewichtigen Frühgeborenen und den damit einhergehenden Komplikationen stellte sich Mitte der 90er Jahre in der Forschung eine Sensibilisierung für die Heterogenität der Frühgeborenenpopulation ein, was sich in der Berücksichtigung einzelner Subgruppen, beispielsweise in der Unterscheidung von Kindern mit und ohne medizinische Komplikationen, ausdrückt oder in der Berücksichtigung des Gestationsalters.

Innerhalb dieser Entwicklung wird nun auch die Sprachentwicklung Frühgeborener vermehrt Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Von Untersuchungen früher kommunikativer Fähigkeiten, wie Studien zu Diskriminations- und Sensitivitätsleistungen der nativen Sprache im Säuglingsalter (Bosch, Figueras, Iriando & Póo 2008) sowie von Untersuchungen zu allgemeinen Verarbeitungsprozessen, wie *speed processing*, (Rose, Feldman & Jankowski 2001) verspricht man sich Aufschluss über mögliche Ursachen und Erklärungen der im Schulalter beschriebenen Sprachentwicklungsverzögerungen oder Störungen.

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, ob Frühgeburtlichkeit als solche eine Auswirkung auf die Sprachentwicklung hat, wobei die prosodische Verarbeitung und der Erwerb zielsprachlichen prosodischen Wissens sowie dessen Einsatz zur Wortsegmentierung während des ersten Lebensjahres im Vordergrund steht und abschließend die frühe lexikalische Entwicklung überprüft wird.

Frühgeborene sind während der erforderlichen stationären Klinikversorgung in den ersten extrauterinen Lebenswochen über einen längeren Zeitraum völlig anderen akustischen Erfahrungen ausgesetzt als Reifgeborene. Mitunter werden diese Kinder bereits ab der 24. Gestationswoche mit einem konstant lauten Geräuschpegel, hervorgerufen durch maschinelle Beatmungsgeräusche und Ventilatoren im Innern des Inkubators, konfrontiert. Während sich Reifgeborene im Durchschnitt etwa 40 Wochen in der besonderen akustischen Umgebung der Gebärmutter befinden, fehlt den Frühgeborenen diese Erfahrung zum großen Teil. Die intrauterine akustische Umgebung zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass die prosodischen Merkmale der Umgebungssprache innerhalb der Gebärmutter besonders gut wahrnehmbar sind, während einzelne Segmente kaum zu identifizieren sind (Lecanuet & Granier-Deferre 1993). Die pränatale Wahrnehmung von rhythmisch-prosodischer Information begünstigt möglicherweise die nachgewiesene Sensitivität Neugeborener für diese sprachlichen Merkmale (Mehler, Jusczyk, Lambertz, Halsted, Bertoncini & Amiel-Tison 1988).

Frühgeborene, insbesondere sehr untergewichtige Frühgeborene, deren intrauterine Verweildauer durchschnittlich 26 Wochen beträgt, sind den rhythmisch-prosodischen Eigenschaften der Sprache vorgeburtlich über einen wesentlich kürzeren Zeitraum so fokussiert ausgesetzt wie Reifgeborene. Daraus ergibt sich die Frage, ob Frühgeborene im Laufe ihrer sprachlichen Entwicklung weniger stark als Reifgeborene auf die rhythmisch-prosodischen Eigenschaften ihrer Umgebungssprache reagieren.

Dieser Frage soll in der vorliegenden Arbeit in einer Reihe von experimentellen Untersuchungen nachgegangen werden. Da zahlreiche Publikationen zeigen konnten, dass spezifische Erkrankungen und Komplikationen der Frühgeborenen wie Hirnblutungen eine ungünstige kognitive und sprachliche Entwicklung prognostizieren, sind für die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit ausschließlich

gesunde, sehr untergewichtige Frühgeborene eingeschlossen und mit einer Kontrollgruppe Reifgeborener verglichen worden.

Die hier eingeschlossenen Frühgeborenen zeichnen sich dadurch aus, dass sie keine medizinischen Komplikationen oder Erkrankungen haben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können nicht nur in Hinblick auf die Frage relevant sein, ob Frühgeburtlichkeit an sich ein Risikofaktor für die sprachliche Entwicklung darstellt, sondern auch in Hinblick auf die Frage nach der Plastizität des Spracherwerbsprozesses. Hierbei steht die Frage im Vordergrund, inwieweit der frühe Spracherwerb durch präterminierte reifungsbedingte Mechanismen und Abläufe bestimmt wird und inwieweit der Erwerbsprozess und die hierbei wirksamen Mechanismen durch individuelle erfahrungsabhängige Faktoren beeinflusst werden können.

Im *ersten Kapitel* wird dazu ein Überblick zur Diskussion gegeben, ob Sprache aufgrund angeborener Mechanismen oder aufgrund von Erfahrung erworben wird. Dabei wird auf die dieser Debatte zugrunde liegende Frage eingegangen, wie Kinder auf der Grundlage beschränkter Daten eine komplexe Grammatik erwerben können. Anhand von Beispielen werden die damit verbundenen Probleme, fehlende negative Evidenz und die Armut des sprachlichen Inputs erläutert.

Das *zweite Kapitel* befasst sich mit dem Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener. Um eine begriffliche Basis für die medizinischen Aspekte zu schaffen, werden dabei zunächst grundlegende definitorische und methodische Aspekte der Frühgeborenenforschung erläutert. Im Anschluss wird herausgearbeitet, wie die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener von medizinischen und sozialen Faktoren, vom Geschlecht und von den akustischen Einflüssen der neonatalen Intensivstation mit beeinflusst wird. Vor diesem Hintergrund werden dann die Befunde zum Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener erläutert. Dabei werden unauffällige und auffällige Befunde zum Lexikonerwerb, Grammatikerwerb und der Informationsverarbeitung getrennt dargestellt.

Mit Blick auf das dieser Arbeit zugrunde liegende Thema der frühen prosodischen Verarbeitung bei Frühgeborenen, wird im *dritten Kapitel* der Stand der Forschung zur prosodischen Verarbeitung Reifgeborener dargestellt. Im Einzelnen wird auf Befunde eingegangen, die während der ersten Lebensmonate bei Reifgeborenen eine Sensitivität und Diskriminationsleistung für unterschiedliche Betonungsmuster nachgewiesen haben, eine Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster zeigen konnten sowie auf Studien, die die weitere rhythmusbasierte Wortsegmentierung untersucht haben.

Aufgrund der dabei skizzierten Datenlage werden im *vierten Kapitel* pränatale Perzeptionsleistungen sowie die akustische Exposition in utero beschrieben. An dieser Stelle wird auch auf die Neuromaturati-on und die auditive Entwicklung im letzten Drittel der Schwangerschaft eingegangen.

Kapitel fünf gibt eine vollständige klinische und soziodemografische Charakterisierung der in der vorgelegten Untersuchung eingeschlossenen Probanden. Diese umfasst Ein- und Ausschlusskriterien der Früh- und Reifgeborenen, Vorüberlegungen zur Durchführbarkeit und Beschreibung des akustischen Umfeldes der neonatalen Intensivpflegestation. Es folgt eine ausführliche Darstellung des Studienverlaufs. Im Anschluss daran werden die soziodemografischen und klinischen Daten aller rekrutierten Früh- und Reifgeborenen aufgeführt und die entwicklungsdiagnostischen Untersuchungen sowie deren Ergebnisse beschrieben.

In *Kapitel sechs* wird die Methode des Headturn-Preference Paradigmas beschrieben sowie die Auswertung und die Statistik für die folgenden experimentellen Sprachuntersuchungen.

Kapitel sieben stellt die eigene experimentelle Untersuchung und deren Ergebnis zur Überprüfung der Fähigkeit vor, ob Frühgeborene unterschiedliche Betonungsmuster diskriminieren können und damit sensitiv für prosodische Muster sind (Experiment 1).

Weiterführend wird in *Kapitel acht* untersucht, ob Frühgeborene so wie Reifgeborene eine Präferenz für das muttersprachliche Beto-

nungsmuster ausgebildet haben oder ob ihre prosodische Verarbeitung von der Reifgeborener abweicht (Experiment 2).

Kapitel neun fragt, ob Frühgeborene im weiteren Verlauf des Spracherwerbs eine rhythmusbasierte Segmentationsstrategie anwenden (Experiment 3).

Aufbauend auf den vorangegangenen Untersuchungen zur prosodischen Verarbeitung der Frühgeborenen werden in *Kapitel zehn* Befunde zur lexikalischen Entwicklung der untersuchten Stichprobe am Ende des ersten Lebensjahres berichtet. Dabei wird untersucht, ob die frühe prosodische Verarbeitung einen Einfluss auf die perzeptive und produktive Wortschatzentwicklung am Ende des ersten Lebensjahres hat.

Im abschließenden *elften Kapitel* werden die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst und im Hinblick auf die Fragestellung und den aktuellen Forschungsstand diskutiert.

1 Nature oder Nurture

Die Diskussion, ob der Mensch in seiner Entwicklung das Ergebnis seiner genetischen Anlagen ist, oder ob er vielmehr durch die Umwelt geprägt wird, ist im 20. Jahrhundert kontrovers diskutiert worden. Der wissenschaftliche Austausch reicht dabei vom genetischen Determinismus, der die körperliche und psychische Entwicklung des Menschen sowie besondere Fähigkeiten und Talente als Folge der biologischen Natur sieht (Baur 1930; Wilson 1978) bis zu den Behavioristen, die in den 1950er Jahren die Ansicht vertraten, dass der Mensch als *tabula rasa* auf die Welt komme und alleine durch seine Umwelt geformt werde (Skinner 1973; Watson 2000). Ab Mitte der 1960er Jahre rückten erneut die genetischen Anlagen des Menschen in den Fokus des wissenschaftlichen Interesses. Dabei wurden bestimmte Chromosomenaberrationen in einen vermeintlichen Zusammenhang mit Neigung zur Gewalttätigkeit gebracht (Jacobs, Brunton, Melville, Brittain & McClellmont 1965; Price & Whatmore 1967) sowie Korrelationen zwischen genetischen Determinanten und Intelligenzleistungen hergestellt (Chiang, Barysheva, Shattuck, Lee, Madsen, Avedissian, Klunder, Toga, McMahon, de Zubicaray, Wright, Srivastava, Balov & Thompson 2009).

Die Auseinandersetzung bezüglich der Anteiligkeit zwischen dem Einfluss von Anlage, den Genen (*nature*), und Umwelt, den äußeren Einflüssen und Erfahrungen (*nurture*) auf den Menschen, wird bis heute in der *nature* versus *nurture* – Debatte weiter geführt. In der neueren Forschung wird seit einiger Zeit vermehrt die Ansicht vertreten, dass sowohl die Gene als auch die Umwelt in gemeinsamer Interaktion dahingehend auf die Entwicklung des Menschen einwirken, dass die Erbanlagen von der Umwelt beeinflusst und verändert werden (Fisher 2006; Ramus 2006; Szyf 2009).

Die Frage, ob die Gene oder die Umwelt den Menschen mehr prägen, veranschaulicht das bekannt gewordene Beispiel des Psychologen Donald Hebb, der mit einer Gegenfrage antwortete: „Which contributes more to the area of a rectangle, its length or its width?“ (zitiert nach Meaney 2001, S. 50). Hebb gab zu bedenken, dass die Dimensionen Breite und Länge die Fläche des Rechtecks bestimmen und zwei Rechtecke bei unterschiedlicher Breite und Länge durchaus die gleiche Fläche haben können. So wenig wie man die Frage beantworten kann, ob die Fläche eines Rechteckes mehr durch Länge oder Breite konzipiert wird, kann man die Anteiligkeit des Einflusses von Genen und Umwelt auf den Menschen bestimmen (Meaney 2001).

In der aktuellen Diskussion heißt es nicht mehr "nature or nurture", Gene oder Umwelt, sondern "nature via nurture", die Gene in der Interaktion mit der Umwelt (Pinker 2002; Ridley 2003). Diese Entwicklung in der theoretischen Diskussion wird zum einen durch eine Vielzahl elektrophysiologischer und bildgebender Befunde und zum anderen durch neuro- und molekularbiologische Forschungsergebnisse unterstützt, die zu dem Ergebnis kommen:

„Neuromaturation is the functional development of the central nervous system (CNS). It is by its very nature a dynamic process, a continuous interaction between the genome and first the intrauterine environment, then the extrauterine environment“ (Allen 2005).

Auch in der jüngeren Spracherwerbsforschung wird allgemein eine genetische Prädisposition zum Erwerb von Sprache angenommen. Dabei haben sich zwei unterschiedliche Theorien herausgebildet. Zum einen der spezifische Nativismus, der für den Spracherwerb ein angeborenes sprachspezifisches Wissen als notwendige Voraussetzung postuliert (Chomsky 1975, 1981, 1986). Zum anderen der generelle Nativismus, der auf den Grundannahmen des Konstruktivis-

mus, vertreten von Jean Piaget, beruht, und davon ausgeht, dass dem Spracherwerb kein angeborenes domänenspezifisches Wissen zugrunde liegt, sondern dass Sprache auf der Grundlage angeborener, allgemein kognitiver Prozesse erworben wird (Piaget 1980; O'Grady 1999). Verschiedene Teilaspekte beider Richtungen werden auch in neueren Theorien zusammengefasst, wie beispielsweise in den Operationsprinzipien von Slobin (Slobin 1973; Peters 1985).

Alle Ansätze versuchen die Frage zu beantworten, wie das Kind eine komplexe Grammatik auf der Grundlage beschränkter Daten erwerben kann. Dieser Frage liegen zwei Probleme zugrunde, auf die kurz eingegangen werden soll: Das Problem der fehlenden negativen Evidenz und die Armut des sprachlichen Inputs (*poverty of the stimulus*). Negative Evidenzen sind Informationen darüber, welche sprachlichen Äußerungen des Kindes nicht grammatisch sind, und erfolgen beispielsweise durch die Korrektur der Eltern, wobei man davon ausgeht, dass keine systematische Korrektur erfolgt.

Untersuchungen des mütterlichen Korrekturverhaltens bei zweijährigen Kindern deuten auch auf nur wenig systematisches Korrekturverhalten hin. So zeigte sich, dass lediglich in 15 - 20 % auf grammatisch inkorrekte Äußerungen der Kinder ein mütterliches korrigierendes Feedback erfolgte (Bohannon & Stanowicz 1988; Farrar 1992). Zu der mangelnden Korrektur kommt erschwerend hinzu, dass Kinder oftmals korrekturresistent sind, wie das oft zitierte Beispiel von (McNeill 1966) zitiert nach Fanselow (2000) zeigt:

Kind: *Keiner mögt mich nicht*

Mutter: *Nein, das heißt, keiner mag mich*

Kind: *Keiner mögt mich nicht*

Mutter: *Nein, das heißt, keiner mag mich*

[wird 6x wiederholt]

Mutter: *Nun hör mal genau zu: Keiner mag mich*

Kind: *Ach so, keiner magt mich nicht*

Die Schwierigkeit, negative Evidenz für eine Reanalyse der Grammatik nicht ausreichend nutzen zu können, führt wiederum zu der Vermutung, dass Kinder über angeborene Mechanismen verfügen, die es ihnen erleichtern, Regelmäßigkeiten im sprachlichen Input zu erkennen und darüber Sprache zu erwerben (Farrar 1992). Jüngste Untersuchungen weisen jedoch auch daraufhin, dass Kinder bei fehlendem Feedback selbst Korrekturen vornehmen (Ramscar & Yarlett 2007). Positive Evidenz kann demgegenüber durch die im Input enthaltenen Informationen erlangt werden. Über rhythmische Regelmäßigkeiten, phonotaktische Übergangswahrscheinlichkeiten und Frequenzmerkmale können zusammengehörige linguistische Einheiten erkannt und zur weiteren sprachlichen Analyse genutzt werden (Marcus 1993; MacWhinney 2004). Auf die im Input enthaltenen Informationen wird an späterer Stelle (S. 75ff.) ausführlich eingegangen.

Ob Kinder Regelmäßigkeiten im sprachlichen Input erkennen und verarbeiten können, wurde unter anderen von konnektionistischen Spracherwerbsmodellen versucht zu erklären (Elman, Bates, Johnson, Karmiloff-Smith, Parisi & Plunkett 1996). Die Darstellung von Informationsverarbeitungs- und Lernprozessen geschieht mit Hilfe von Computersimulationen, die zeigen, wie ein neuronales Netz mit einem allgemeinen Lernalgorithmus von einem Anfangs- zu einem vorgegebenen Endzustand gelangt. Zentral ist hierbei das Konzept der neuronalen Netzwerke, in denen unterschiedliche Informationen auf vielfältige Art miteinander verknüpft sind. Lernen erfolgt dabei durch die Verarbeitung von Input auf Grund des Vergleichs von Fehler und Ziel, und bestehende Muster und Verbindungen werden durch die Weitergabe der erlernten Information verstärkt oder abgeschwächt. Es wird von einer Verarbeitung mit parallel arbeitenden kognitiven Prozessen ausgegangen (*parallel distributed processing*) (Elman, Bates, Johnson, Karmiloff-Smith, Parisi & Plunkett 1996; McLeod, Plunkett & Rolls 1998).

Auf den Spracherwerb des Kindes übertragen bedeutet das, dass das Kind über konkrete Äußerungen im sprachlichen Input zu verallgemeinerten Regelmäßigkeiten gelangt (Thomaseello 2000, 2003). Die Übertragbarkeit von Computersimulationen auf die Verarbeitung von Sprache bei Kindern wurde dabei oftmals hinterfragt (z. B. Fodor & Pylyshyn 1988; Pinker & Price 1988).

Der „Stimulusarmut“ liegt die Annahme zugrunde, dass der begrenzte sprachliche Input nicht ausreicht, um die Struktur der Sprache zu lernen und dass zudem die sprachlichen Äußerungen oft fehlerhaft und unvollständig sind. Demgegenüber stehen empirische Untersuchungen, die zu dem Ergebnis gekommen sind, dass zwischen 60 und 70 % der mütterlichen Äußerungen grammatisch korrekt sind und zudem wenige Unterbrechungen oder Stockungen durch parasprachliche Einschübe wie *ähm* oder *äh* (Newport, Gleitman & Gleitman 1977; Chapman 1981) vorkommen. Mütterliche Äußerungen enthalten auch syntaktisch korrekte Erweiterungen (Extensionen). Beispielsweise wird eine Zweiwortäußerung wie *Jakob Auto* von den Eltern aufgegriffen und zu dem grammatischen Satz *Das ist Jakobs Auto* vervollständigt. Außerdem werden semantisch nicht angemessene Wörter durch passende ersetzt oder durch zusätzliche Wörter erweitert (Expansionen).

Diese Art der Korrekturen wurden als indirekte Korrekturen bezeichnet; direkte Korrekturen wurden selten beobachtet (Brown & Hanlon 1970; Moerk 1983, 1985). Bei einer Untersuchung mit Zweijährigen (Demetras, Post & Snow 1986) konnte gezeigt werden, dass auf fehlerhafte Äußerungen der Kinder erweiterte Wiederholungen und klärende Nachfragen der Mütter erfolgten und damit ein implizites Feedback gegeben wurde. Kinder greifen bevorzugt die Erwachsenenäußerungen auf, die ihre grammatisch inkorrekten Äußerungen grammatisch korrekt wiederholen und erweitern (Farrar 1992). Reformulierungen im Sinne eines korrigierenden Feedbacks („He breaked it“- „Yes, he broke it“) scheinen das Lernen grammatischer Strukturen zu fördern und das lexikalische Wissen zu er-

weitem, indem sie dem Kind zeigen, dass es verstanden wurde und gleichzeitig die korrekte grammatische Struktur vorgeben (Thomassello 1992, 2000; Behrens 2009).

Es scheint also zumindest auf der Ebene des elterlichen Sprachinputs keine Stimulusarmut vorzuliegen, wohl aber mangelnde negative Evidenz, wie obige Untersuchungen zeigten. Bei relativ wenig systematischer Korrektur und der relativen Korrekturresistenz, die die Kinder zeigen, wird deutlich, dass für einen erfolgreichen Spracherwerb noch andere Mechanismen vorhanden sein müssen, wie eine angeborene Sensitivität für Regelmäßigkeiten im sprachlichen Input. Dies wird um so deutlicher, wenn man sich vergegenwärtigt, dass das Kind den für es zunächst unverständlichen, kontinuierlichen Sprachstrom in einzelne Segmente zerlegen muss. Gesprochene Sprache enthält keine eindeutigen Grenzen für die Markierung von Wort-, Phrasen- oder Satzgrenzen (Shillcock 1990; Cutler 1994; Christophe & Dupoux 1996). Zudem sprechen Eltern zu ihren Kindern kaum in isolierten Worten, sondern betten diese häufig in längere Äußerungen ein (Aslin, Woodward, LaMendola & Bever 1996).

Auf der anderen Seite zeigen Analysen der an das Kind gerichteten mütterlichen Sprache, der so genannten Ammensprache, auch *baby talk*, *child directed speech* oder *motherese* genannt, dass dieser spezifische Input eine Reihe von Besonderheiten aufweist, welche ein niedriges Artikulationstempo, erhöhte Stimmlage, melodische, lang ausgezogene und sich wiederholende Intonationskonturen umfassen (Papoušek 1994, S. 129 ff.; Szagun 2000, S. 187 ff.), die es dem Säugling erleichtern, den auf ihn einströmenden Sprachstrom zu segmentieren. Auch finden sich im *motherese* mehr Wiederholungen gleicher Wörter als in Äußerungen, die an Erwachsene gerichtet sind (Bernstein Ratner & Rooney 2001). Für diesen spezifischen Input besteht eine sehr frühe Sensitivität. Schon bei sieben Wochen alten Säuglingen konnte eine Vorliebe für die Ammensprache gegenüber der Erwachsenensprache nachgewiesen werden (Fernald & Kuhl 1987; Pegg, Werker & McLeod 1992) und bereits mit vier Wochen zeigen

Säuglinge bei Darbietung der mütterlichen Sprechweise eine erhöhte Aufmerksamkeit (Cooper & Aslin 1990).

Neben dem Problem der fehlenden negativen Evidenz, der Stimulusarmut und dem Segmentierungsproblem gibt es noch weitere Argumente, die zu der Annahme führen, dass angeborene Mechanismen für den Spracherwerb vorliegen. Unabhängig von der Kultur und der sozialen Umgebung folgt der Spracherwerb einem universalen Muster. In allen Sprachen wird dabei zunächst die sogenannte Babbelpphase durchlaufen, in der wiederum in verschiedenen Stadien universelle Artikulationsmerkmale eingeübt werden (Papoušek 1994, S. 56 ff). Ein sogenanntes manuelles Babbeln wurde sogar bei gehörlosen Kindern beobachtet (Petitto & Marentette 1991). Es folgen die Ein- und Zweiwortphase und die Phase der Mehrwortäußerungen, die von allen Kindern durchlaufen werden, wenn auch mit geringen individuellen Unterschieden bezüglich des Erreichens und der Dauer der einzelnen Phasen (Goodluck 1991; Klann-Delius 2008).

Untersuchungen von Fällen sprachlicher Deprivation unterstützen zudem die Annahme einer sogenannten kritischen Spracherwerbphase, an deren Ende, ungefähr zum Zeitpunkt der Adoleszenz, keine muttersprachliche Kompetenz mehr erreicht werden kann (Lenneberg 1967), wie in dem Fall „Genie“, deren Spracherwerb in ihrem 14. Lebensjahr begann und die bei normal entwickelter Intelligenz nach 5 Jahren lediglich zu einem telegrafischen Redestil gelangte, bei fehlenden Funktionswörtern und Wortstellungsproblemen (Curtiss 1977). Evidenz dafür, dass sich formale Eigenschaften natürlicher Sprache auch unter extrem eingeschränkten Inputbedingungen entfalten können, geben Untersuchungen mit taub geborenen Kindern hörender Eltern (Goldin-Meadow, Mylander & Butcher 1995; Goldin-Meadow & Mylander 1998). Die hier beobachteten Kinder erhielten bis auf wenige isolierte Gesten keinen Input. Trotzdem entwickelten sie aus diesen isolierten Gesten ein rudimentäres Zeichensystem, das kulturübergreifend einem gemeinsamen Erwerbsmuster folgte.

Ein weiteres Beispiel einer strukturell differenzierten sprachlichen Entwicklung bei einem begrenzten sprachlichen Input auf einem ganz anderen Gebiet ist die sogenannte Kreolisierung, die in großem Maße im Zuge des Kolonialismus auftrat und Folgendes bedeutet: Treffen Sprecher unterschiedlicher Sprachen aufeinander, entwickelt sich zur Überwindung der Kommunikationsbarriere das sogenannte Pidgin, eine stark vereinfachte Hilfssprache, die früher häufig auf der Grundlage der Sprachen Englisch, Französisch, Portugiesisch, Holländisch etc. entstand. Etablierte sich das Pidgin in einer bestimmten Gegend in der Weise, dass Kinder es als ihre Muttersprache erwarben, sprach und spricht man von einer Kreolsprache. Im Gegensatz zum Pidgin verfügen die Kreolsprachen jedoch erstaunlicherweise über eine ähnlich strukturelle Komplexität wie alle anderen natürlichen Sprachen (Fanselow & Felix 1993, S. 211 ff).

Auch aus der Sprachpathologie, speziell aus Untersuchungen zur Hemisphärenlateralisation gibt es Befunde, die für die Annahme angeborener Spracherwerbsmechanismen sprechen. Sprachliche Leistungsdefizite bei rechts- oder linksseitiger Hemisphärenläsion wurden bereits im vorigen Jahrhundert dokumentiert (Dennis & Whitaker 1977, S. 95). Den Dokumentationen ist zu entnehmen, dass bei einer Schädigung der linken Hemisphäre signifikant häufiger sprachliche Defizite zu beobachten sind, selbst dann, wenn eine Schädigung vor Beginn des Spracherwerbs eintritt. Dieser Befund weist auf eine bereits präverbale unterschiedliche sprachliche Disposition beider Hemisphären hin. Dabei scheint die linke Hemisphäre besonders auf die formalen Aspekte von Sprache hin ausgerichtet zu sein, dass heißt auf Syntax, Morphologie und Phonologie.

Dies verdeutlicht unter anderen die Untersuchung von Curtiss (1989), die die sprachliche und kognitive Entwicklung von drei Kindern, die prä- oder perinatal, also kurz vor oder nach der Geburt, eine Schädigung der linken Hirnhemisphäre erlitten hatten, verfolgte. Es zeigten sich Verzögerungen in der Ein- und Zweiwortphase und zwischen dem sechsten und achten Lebensjahr signifikante Stö-

rungen im Bereich der Syntax. Weitere Untersuchungen zeigten, dass bei linkshemisphärischen Läsionen häufiger innerhalb der Wortproduktion ein verspäteter Beginn der Einwortphase sowie Verzögerungen in der weiteren syntaktischen Entwicklung zu beobachten sind und bei rechtshemisphärischen Läsionen häufiger Verzögerungen im perzeptiven Lexikon auftreten (Marchman, Miller & Bates 1991; Thal, Marchman, Stiles, Aram, Trauner, Nass & Bates 1991; Eisele & Aram 1995).

Eine Reorganisation der sprachlichen interhemisphärischen Dispositionen scheint jedoch teilweise möglich zu sein, wenn die Läsion prä- oder perinatal erfolgt ist. Anfängliche Verzögerungen in der Wortschatzentwicklung sind nach der Phase der Mehrwortäußerungen oftmals nicht mehr nachzuweisen (Feldman, Holland, Kemp & Janosky 1992), während die syntaktischen Fähigkeiten allerdings erst im Alter von zehn Jahren altersentsprechend entwickelt zu sein scheinen (Reilly, Losh, Bellugi & Wulfeck 2004). Bei einem späteren Eintritt einer linken Hirnläsion können jedoch bestimmte sprachliche Fähigkeiten offensichtlich nicht mehr vollständig durch die intakte Hirnhälfte ausgeglichen werden und die weitere sprachliche Entwicklung weicht vom normalen Spracherwerb ab. Dies zeigt der Fall einer älteren Patientin, die im Alter von zwei Jahren eine Läsion der linken Hemisphäre erlitt, die mit dem völligen Verlust der bis dahin erworbenen sprachlichen Fähigkeiten einherging, und deren erneut erlerntes produktives und perzeptives Sprachvermögen im Erwachsenenalter lediglich dem eines siebenjährigen Kindes entsprach (Guerreiro, Casro-Caldas & Martins 1995).

Eine interhemisphärische Reorganisation sprachlicher Bereiche scheint demnach aber auch nach einer später erworbenen Schädigung bis zu einem gewissen Grad noch möglich zu sein. Dieser Befund ist mit der These von Karmiloff-Smith zu vereinbaren (Karmiloff-Smith 1992), die davon ausgeht, dass der kognitive Initialzustand des Kindes durch domänenspezifische Prädispositionen gekennzeichnet ist. Im Laufe der Entwicklung bilden sich bereichsspe-

zifische Gehirnareale für domänenspezifische Operationen heraus, innerhalb derer sich dann einzelne Module abkapseln. Karmiloff-Smith nimmt eine genetische Prädisposition mit spezifischem und nicht-spezifischem Wissen an. Dieses Wissen wird von prozeduralen Strukturen getragen, deren Operationen durch die Stimuli der Umgebung ausgelöst werden. So wird Entwicklung als ein dynamischer Prozess bestimmt, der sich einerseits mit Hilfe von angeborenen Eigenschaften, andererseits durch erworbenes Wissen vollzieht. Entwicklung bezieht sich damit zum einen auf Domänenspezifität, zum anderen auf eine sich ständig wiederholende Reorganisation der erworbenen Repräsentation (representational redescription) (Karmiloff-Smith 1992, S. 15).

Eine genetisch festgelegte Lokalisation sprachlicher Fähigkeiten wird von Bates und Mitarbeitern (Bates, Thal, Trauner, Fenson, Aram, Eisele & Nass 1997) bestritten. Die hier zwischen dem zehnten und vierundvierzigsten Lebensmonat untersuchten Kinder, bei denen in der prä- oder perinatalen Periode eine links- oder rechtsseitige Hemisphärenläsion aufgetreten war, lassen erkennen, dass der Ausgleich eines sprachlichen Defektes von der Art der Läsion abhängig sein könnte. Das Ergebnis dieser Studie war zunächst, dass bei rechts- oder linkshemisphärischen Läsionen keine Unterschiede in den sprachlichen Defiziten vorlagen. War jedoch der linke Temporallappen mit betroffen, traten zusätzlich größere Verzögerungen im Bereich der produktiven grammatischen Fähigkeiten und des Vokabulars auf. Lag allerdings eine Läsion des Frontallappens links oder/und rechts vor, führte dies zu sprachlichen Leistungsbeeinträchtigungen beider Hemisphären.

Aufgrund dieses bilateralen Effekts vermuten Bates und Mitarbeiter, dass die genaue Lokalisation sprachlicher Teilfunktionen nicht angeboren ist, sondern dass diese lediglich in Form von regional vorherrschenden Informationsprozessen (*"innate regional biases in style of information processing"*) angelegt sind. Daher ergeben sich bei normaler Entwicklung ähnliche Muster der sprachlichen kortikalen Organisa-

tion, die aber bei fokalen Hirnschäden auch andere Muster zulassen. Neuere physiologische Befunde aus Untersuchungen mit kortikal nicht beeinträchtigten Kindern liefern weitere Beweise für die Vermutung, dass Sprache erst im Laufe der Entwicklung in unterschiedlichen kortikalen Bereichen verarbeitet wird und Modularität das Ergebnis von Entwicklung ist (Neville & Mills 1997; Mills, Coffey-Corina & Neville 1997; Neville & Bavelier 2000, 2002).

Neville und Mitarbeiter (Neville & Bavelier 2000, 2002) zeigten unter anderem, dass die Spezialisierung der kortikalen Areale von der Zunahme des Wortschatzes und damit von der Erfahrung mit Sprache abhängt. Erst im Alter von drei Jahren konnte eine linkshemisphärische frontotemporale Präferenz bei der Verarbeitung von Funktionswörtern nachgewiesen werden, während sich im Alter von zwei Jahren noch keine unterschiedliche Verarbeitung von grammatischer und lexikalischer Information zeigte, sondern eine bilaterale Verarbeitung von Sprache. Bei einer linkshemisphärischen Disposition zur Sprachverarbeitung scheinen also neurophysiologische und erfahrungsbedingte Einflüsse zu interagieren und im Laufe der Entwicklung zu spezifischen kortikalen Aktivitäten zu führen.

Die Entdeckung des Sprachgens *FOXP2* bei einer Familie, bei der mehrere Familienmitglieder über drei Generationen eine Sprachstörung aufwiesen, spricht zunächst wiederum für eine genetische Lokalisation von Sprache (Lai, Fisher, Hurst, Vargha-Kadem & Monaco 2001). *FOXP2* wird im Gehirn, aber auch in Herz und Lungen exprimiert und ist kein spezifisch menschliches Gen, sondern konnte auch bei Mäusen nachgewiesen werden (Fisher 2006). Bei weiteren Untersuchungen der Familie zeigte sich jedoch, dass nicht nur die Sprache, sondern auch allgemein kognitive Leistungen beeinträchtigt waren und sich zudem hirnphysiologische Veränderungen zeigten (Watkins, Dronkers & Vargha-Khadem 2002; Watkins, Vargha-Kadem, Ashburner, Passingham, Connelley, Friston, Frackowiak, Mishkin & Gadian 2002). Eine Sprachstörung geht auch nicht zwangsläufig mit einer Mutation dieses Gens einher (Karmiloff-Smith 2006), so dass

weiter geklärt werden muss, welche genaue Bedeutung dieses Gen für den Erwerb von Sprache hat (Marcus & Fisher 2003).

Aufgrund des universellen Spracherwerbsmusters sowie der aufgeführten Beispiele aus den Bereichen der Sprachdeprivation, der Sprachpathologie und aufgrund des Erwerbs eines komplexen Sprachsystems vor dem Hintergrund eines eingeschränkten Inputs, stimmt die Forschung darin überein, dass Kinder mit angeborenen Mechanismen ausgestattet sind, die es ihnen ermöglichen, den Input zu analysieren und zu verarbeiten und damit Sprache zu erwerben. Die Frage, welcher Art diese Mechanismen sind, domänenspezifisch oder domänenübergreifend, wird dabei weiterhin debattiert. Externe Faktoren wie das Auftreten von Regelmäßigkeiten im sprachlichen Input spielen vermutlich eine entscheidende Rolle im Spracherwerb, unterstützt von korrigierenden Reformulierungen, die den Erwerb von Sprache erleichtern. Spracherwerb ist demnach als ein Prozess zu verstehen, der auf der Grundlage prädeterminierter Mechanismen in der Interaktion mit der sozialen Umwelt erfolgt, wobei die Diskussion über die Anteiligkeit der genetischen Anlagen und der umweltbedingten Erfahrung bis heute anhält.

Die Untersuchung der frühen sprachlichen Fähigkeiten Frühgeborener, speziell die hier untersuchte prosodische und lexikalische Verarbeitung Frühgeborener, kann unter anderem einen weiteren Beitrag zur Diskussion von Reifung und Erfahrung liefern. Frühgeborene, insbesondere sehr kleine Frühgeborene, kommen bis zu drei Monate eher zur Welt als Reifgeborene. Damit fehlt ihnen zum einen die intrauterine Reifung und zum anderen die intrauterine Hörerfahrung des gesamten letzten Schwangerschaftsdrittels. Was genau passiert im letzten Schwangerschaftsdrittels während der fetalen Reifung, insbesondere bezüglich der Hirnreifung und der Gehörentwicklung?

Bereits ab der fünften Woche der Embryonalentwicklung bilden die Nervenzellen (Neuronen) synaptische Verbindungen (Synaptogenese), die der Kommunikation untereinander dienen (Silbernagl & Despopoulos 2007; Kostovic & Judas 1995). Parallel zu den im Über-

schuss produzierten Nervenzellen und synaptischen Verbindungen sterben einige auch wieder ab (Huttenlocher 1979; Rakic, Bourgeois, Eckenhoff, Zecevic & Goldman-Rakic 1986; Huttenlocher & Dabholkar 1997; Felderhoff-Müser, Bittigau, Sifringer, Jarosz, Korobowicz, Mahler, Piening, Moysich, Grune, Thor, Heumann, Bühner & Ikonomiduo 2004; Felderhoff-Müser, Bittigau, Sifringer, Polley, Dzietko, Leineweber, Mahler, Baier, Obladen, & Bühner 2005). Dieser sogenannte programmierte Zelltod, auch Apoptose genannt, führt, in Abhängigkeit von Umwelterfahrungen, von einem zunächst mehr diffusen neuronalen Verknüpfungsmuster hin zu spezifischen, funktionellen Verknüpfungen, d. h. häufig verwendete Synapsen werden verstärkt und nicht gebrauchte sterben ab (Anand & Sclazo 2000; Thompson, Cannon, Narr, Van Erp, Poutanen, Huttunen, Lönnqvist, Standertskjöld-Nordenstam, Kaprio, Khaledey, Rajneesh, Zoumalan & Toga 2001; Bhutta & Anand 2002; Als, Duffy, McAnulty, Rivkin, Sridhar, Mulkern, Warfield, Huppi, Butler, Conneman, Fischer & Eichenwald 2004; Stranahan, Arumugam & Cutler 2008). Im letzten Schwangerschaftsdrittel ist nun zum einen eine vermehrte Synaptogenese zu beobachten, zum anderen finden entscheidende Reifungs- und Entwicklungsprozesse innerhalb der Synaptogenese zwischen der 24. und 38. Gestationswoche statt¹ (Kostovic u. Judas 1995, 2002; Rager 2004). Im letzten Drittel der Schwangerschaft schreitet auch die Myelinisierung der Nervenbahnen, die der Beschleunigung der Erregungsleitung dient, im entscheidenden Maße voran und sogenannte primitive, d. h. unreife Reflexe werden stärker und komplexer (Joseph 2000; Allen 2005). Während dieser Zeit der Wachstumsphasen, in denen Entwicklungsschübe stattfinden, ist das Gehirn besonders anfällig für Umwelteinflüsse, man spricht in diesen sensiblen Phasen auch von neuronaler Plastizität (Heubrock & Peterman 2000, S. 27f).

1 Auf die neuronale Reifung, speziell auf die Synaptogenese, wird ausführlicher in Kap. 4 eingegangen.

Bei einer zu frühen Geburt bedeutet das nun, dass sowohl ein großer Teil der Synaptogenese als auch der Myelinisierung, welche beide normalerweise intrauterin beginnen, extrauterin stattfinden. Wie wirkt sich nun aber eine frühzeitige extrauterine Exposition und Erfahrung des unreifen Nervensystems auf die neuronale Verschaltung aus?

Erkenntnisse zur Bedeutung von Umwelterfahrung auf die kortikale Entwicklung wurden zunächst durch Tierstudien gewonnen, beginnend mit den grundlegenden neurobiologischen Arbeiten von Hubel und Wiesel (Hubel & Wiesel 1960, 1962). Hubel und Wiesel konnten auf dem Gebiet der visuellen Verarbeitung zeigen, dass, solange die den speziellen Fähigkeiten zugrunde liegenden synaptischen Verbindungen noch nicht ausgebildet sind, diese plastisch und durch Erfahrung formbar bleiben (Wiesel 1982; Hubel & Wiesel 2005). Eine anregende Umgebung und mütterliche Fürsorge befördern dabei synaptische Verschaltungen und das Hirnwachstum (Greenough, Black & Wallace 1987; Diamond 1991; Liu, Diorio, Day, Francis & Meaney 2000). Durch die Weiterentwicklung bildgebender Verfahren (*diffusion tensor imaging*) können nun auch seit einiger Zeit in vivo subkortikale Strukturen beim Menschen erfasst werden. So konnte gezeigt werden, dass bei frühgeborenen Kindern eine erhöhte, individuell an das Kind angepasste pflegerische Fürsorge die Entwicklung kortikaler Funktionen und Strukturen befördert (Als, Duffy, McAnulty, Rivkin, Sridhar, Mulkern, Warfield, Huppi, Butler, Conneman, Fischer & Eichenwald 2004).

In neuester Zeit ist man vermehrt zu der Erkenntnis gelangt, dass Umwelt und Erfahrung auch die zellbiologische Ebene beeinflussen. Den größten Einfluss auf die Entwicklung eines Organismus hat sein Genotyp, der individuelle Satz an Genen, den er in seinem Zellkern enthält. Jedoch können Organismen identischen Genotyps sich in ihrem Phänotyp, beispielsweise in ihrer Haar- oder Augenfarbe, unterscheiden (vgl.: Morris 2008; Tost 2008). Monozygote (eineiige) Zwillinge, die den gleichen Genotyp besitzen, unterscheiden sich in ih-

rem Phänotyp und haben beispielsweise keine vollständig übereinstimmenden Fingerabdrücke (Schreiber 1930). Ebenso unterscheiden sie sich auch in ihrer Sprachentwicklung, von monozygoten Zwillingen ist oftmals nur einer von einer Sprachentwicklungsstörung betroffen (Stromswold 2001a, 2001b, 2008). Zellbiologische Befunde konnten nun einen Einfluss von Umweltfaktoren auf den sich entwickelnden Phänotypen nachweisen, was eine gewisse Plastizität des Phänotyps vermuten lässt. Die sogenannte Epigenetik befasst sich dabei mit Zelleigenschaften (Phänotyp), die auf der Tochterzelle vererbt werden und nicht in der DNA-Sequenz (Genotyp) festgelegt sind. Hierbei erfolgen Veränderungen an den Chromosomen, wodurch diese in ihrer Aktivität beeinflusst werden (epigenetische Veränderungen). Die DNA-Sequenz wird dabei jedoch nicht verändert. Die Vertreter der Epigenetik gehen dabei davon aus, dass epigenetische Faktoren auf verschiedene Weise den Phänotyp beeinflussen, der durch Genexpression aus identischen DNA-Sequenzen entsteht (Szyf 2009).

Bestimmte epigenetische Enzyme scheinen während der Fetalperiode und kurz nach der Geburt äußerst sensitiv zu sein für Enzymmangel, Mangelernährung und die Erhöhung von Glukokortikoid (ein Hormon der Nebennierenrinde, welches sich unter Stressbedingungen erhöht) und werden für mögliche Störungen innerhalb der weiteren Entwicklung verantwortlich gemacht (McGowan, Meaney & Szyf 2008; McGowan, Sasaki, D'Alessio, Dymov, Labonté, Szyf, Turrecki & Meaney 2009; Szyf 2009). Mütterliche Faktoren wie erhöhter Blutdruck, Diabetes und Plazentainsuffizienz führen zu einer Stresssituation für den Fetus. Dabei kommt es zur vermehrten Ausschüttung von Corticosteroiden, die wiederum einen unmittelbaren Einfluss auf die fetale Neuromaturation haben (Felderhoff-Müser, Bittigau, Sifringer, Jarosz, Korobowicz, Mahler, Piening, Moysich, Grune, Thor, Heumann, Bühler & Ikonomidou 2004; Felderhoff-Müser, Bittigau, Sifringer, Polley, Dzierko, Leineweber, Mahler, Baier, Obladen, & Bühler 2005).

Frühgeborene, deren Mütter während der Schwangerschaft Komplikationen entwickelt haben, zeigen bezüglich ihres Gestationsalters eine voran geschrittene pulmonale und neuronale Reifung. Dieser anfängliche Reifevorsprung kann wenige Wochen nach der Geburt nicht mehr beobachtet werden (Amiel-Tison, Cabrol, Denver, Jarreau, Papiernik & Piazza 2004a, 2004b; Allen 2005). Es wird auch vermutet, dass die soziale Stimulation, die kortikale Signale eliziert, ebenso einen Einfluss auf bestimmte Enzyme hat und die Genexpression beeinflusst. So zeigen z. B. weibliche erwachsene Ratten, die von Müttern mit einer geringen Sozialpflege (seltenes Ablecken des Fells) aufgezogen wurden, ihrerseits eine geringe Sozialpflege. Wird der Nachwuchs niedrig-sozialer Mütter jedoch nicht von der biologischen, sondern von einer Ziehmutter mit hohem Sozialverhalten aufgezogen, zeigen die erwachsenen Ratten wiederum ein hohes Sozialverhalten (Cameron, Shahrokh, Del Corpo, Dhir, Szyf, Champagne & Meaney 2008; Champagne, Bagot, Van Hasselt, Ramakers, Meaney, de Kloet, Joels & Krugers 2008). Verhalten ist demnach innerhalb der epigenetischen Auffassung das Ergebnis von Reifung, gesteuert durch zellbiologische Prozesse, und der Interaktion zwischen Erfahrung und Umwelt.

Im Falle einer zu frühen Geburt wird nicht nur das unreife Gehirn vorzeitig mit der extrauterinen Umgebung konfrontiert, sondern auch das unreife Gehör. Mit dem Beginn der auditorischen Funktion gehen zwischen der 20. und 35. Gestationswoche große morphologische und anatomische Veränderungen in der Kochlea (Hörschnecke) einher (Lasky & Williams 2005). Wachstum und morphologische Veränderungen der Kochlea im letzten Drittel der Schwangerschaft führen zu Veränderungen in der Schallsensitivität und in der Wahrnehmung des Frequenzbereiches. Die Frequenzwahrnehmung in utero liegt einerseits aufgrund der mechanisch noch unausgereiften anatomischen Verhältnisse der Kochlea, andererseits bedingt durch die Filterfunktion der Gebärmutter und des Fruchtwassers zunächst im niederfrequenten Bereich (Lecanuet & Granier-Deferre 1993; Lasky &

Williams 2005; Zenner 2005, S. 341). Das niederfrequente Sprachsignal zeichnet sich dadurch aus, dass einzelne Lautsegmente nicht mehr identifizierbar sind, jedoch die Intonationskontur mit Veränderungen der Grundfrequenz, Intensitätsveränderungen und die rhythmische Strukturierung des Signals durch Pausensetzung sowie der Wechsel zwischen betonten und unbetonten Silben erkennbar bleiben (Mehler, Jusczyk, Lambertz, Halsted, Bertoncini & Amiel-Tison 1988). Untersuchungen, nach denen Neugeborene die Stimme der Mutter bevorzugen, aus der die oberen Frequenzbereiche (*low-pass*) herausgefiltert wurden, verdeutlichen den Einfluss dieser pränatalen Hörerfahrung (DeCasper & Fifer 1980; Fifer & Moon 1989). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass im letzten Drittel der Schwangerschaft sowohl innerhalb der Hirnentwicklung als auch innerhalb der Gehörentwicklung entscheidende Prozesse bezüglich der Neuromaturation ablaufen. Mit dem Beginn des Hörens erfährt der Fetus in dieser Zeit eine besondere intrauterine Klangumgebung, die vornehmlich aus einem niederfrequenten, auf prosodische Eigenschaften reduzierten Sprachsignal besteht. Eine vorgeburtliche Erfahrung mit dem auf prosodische Eigenschaften fokussierten Sprachsignal könnte die Ursache sein für die von Geburt an vorhandene Sensitivität für Sprache, die durch eine Vielzahl an Studien belegt ist (Mehler, Jusczyk, Lambertz, Halsted, Bertoncini & Amiel-Tison 1988; Nazzi, Bertoncini & Mehler 1998).

Die Frühgeburtlichkeit bedeutet nicht nur das vorzeitige Ende dieser spezifischen akustischen Erfahrung, sondern auch den abrupten Wechsel von der klangspezifischen Erfahrung in der Gebärmutter in eine unphysiologische Umgebung, die vorwiegend aus Ventilations- und Beatmungsgeräuschen besteht. Während der Fetus normalerweise bis zur Geburt von der Stimme seiner Mutter begleitet wird und von hochfrequenten Geräuschen abgeschirmt ist, sind Frühgeborene während des stationären Aufenthaltes die allermeiste Zeit von der Mutterstimme getrennt und zudem allen Frequenzen einer Intensivpflegeeinheit ausgesetzt. Die kürzere intrauterine Verweil-

dauer und die geringere Erfahrung der besonderen, auf rhythmisch-prosodische Eigenschaften reduzierten intrauterinen Akustik führen möglicherweise zu einer geringeren Sensitivität für prosodische Merkmale in der Sprache. Die vorliegende Untersuchung zur prosodischen und lexikalischen Verarbeitung Frühgeborener leistet nicht nur einen Beitrag zu der Frage, ob Frühgeburtlichkeit an sich einen Risikofaktor für die sprachliche Entwicklung darstellt, sondern auch zu der Frage nach der Plastizität des Spracherwerbsprozesses. Die besondere Spracherwerbssituation Frühgeborener kann weitere Erkenntnisse liefern bezüglich der Frage, inwieweit der frühe Spracherwerb durch prädeterminierte reifungsbedingte Mechanismen und Abläufe bestimmt wird und inwieweit dessen Verlauf und die relevanten Erwerbsmechanismen durch individuelle erfahrungsabhängige Faktoren beeinflusst werden. Damit liefern die Ergebnisse auch einen weiteren Beitrag zur Nature-Nurture-Diskussion.

2 Der Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener

Die Fortschritte in der neonatalen Intensivpflege der Medizintechnik ermöglichten seit Anfang der 90er Jahre einen großen Anstieg der Überlebensrate stark untergewichtiger bzw. sehr frühgeborener Kinder (The Victorian Infant Collaborative Study Group 1997a; The Victorian Infant Collaborative Study Group 1997b). Dies führte zu einer grundsätzlich anderen Population von Frühgeborenen mit veränderten medizinischen und entwicklungsneurologischen Risiken (Tucker & McGuire 2004; Wilson-Costello, Friedman, Minich, Fanaroff & Hack 2005; Singer 2006).

Ungefähr 20 - 40 % der sehr untergewichtigen Frühgeborenen werden im Vorschulalter oder Schulalter als sprachentwicklungsverzögert beschrieben (Casiro, Moddemann, Stanwick, Cheang & Cowan 1991; Weisglas-Kuperus, Baerts, DeGraff, van Zanten & Sauer 1993). 50 - 70 % zeigen Beeinträchtigungen wie Verhaltensauffälligkeiten, Teilleistungsstörungen, Essschwierigkeiten oder dissoziale Persönlichkeitsstörungen wie Borderline-Intelligenz (Hack, Youngstrom, Cartar, Schluchter, Taylor, Flannery, Klein & Borawski 2004; Marlow, Wolke, Bracewell & Samara 2005). Verhaltensauffälligkeiten, Aufmerksamkeits- und Lernstörungen sowie motorische Probleme, bedingt durch neurologische Störungen, sind bis zum Erwachsenenalter zu beobachten (Grunau 2002). Auf der anderen Seite kann es im Alter von zwei Jahren auffällige Befunde geben, die im Schulalter nicht mehr nachzuweisen sind (Veen, Ens-Dokkum, Schreuder, Verloove-Vanhorick, Brand & Ruys 1991).

Die Ursachen für Verhaltensauffälligkeiten und verschiedene Anpassungsprobleme Frühgeborener werden einerseits auf die emotionale

Beeinträchtigung der Mutter und die Irritierbarkeit des frühgeborenen Kindes und damit auf den beeinträchtigten Beziehungsaufbau zurückgeführt (Sarimski 1997; Bhutta & Anand 2002). Andererseits werden jedoch auch medizinische Risiken, welche beispielsweise mit einer Minderung des Hirnvolumens in Verbindung gebracht werden, als Ursache vermutet (Bhutta & Anand 2002).

Zwei der größten Längsschnittstudien im deutschsprachigen Raum, die die Auswirkung medizinischer und sozialer Risikofaktoren auf die Entwicklung Frühgeborener untersucht haben, sind die Mannheimer Risikokinderstudie (Laucht, Esser, Schmidt, Ihle, Marcus, Stöhr & Weindrich 1996; Laucht, Esser & Schmidt 1998) und die Bayerische Längsschnittstudie (Riegel, Ort, Wolke & Österlind 1995; Wolke & Meyer 1999, 2000). Die Untersuchungen der zwischen 1986 und 1988 (Mannheimer Risikokinderstudie) bzw. zwischen 1985 und 1986 (Bayerische Längsschnittstudie) geborenen Kinder erstreckten sich dabei vom Säuglingsalter bis zum Schulalter im elften Lebensjahr. Der Schwerpunkt lag in der Untersuchung auf der kognitiven Entwicklung. Beide Studien kommen zu dem Ergebnis, dass sehr kleine Frühgeborene im Alter von 4;5 Jahren ein 10 - 25fach höheres Risiko für kognitive Beeinträchtigungen und motorische Defizite haben als Reifgeborene.

Die Ergebnisse der Mannheimer Risikokinderstudie zeigten bei der Betrachtung von Subgruppen jedoch auch, dass Frühgeborene, deren Gestationsalter zwischen der 32. und 36. Woche lag und die damit nicht zu den sehr kleinen Frühgeborenen zählen (< 32 SSW), im Alter von 4;5 Jahren im allgemeinen weder kognitive noch motorische Defizite aufwiesen (Ihle, Esser, Laucht & Schmidt 1997). Die Ergebnisse der Bayerischen Längsschnittstudie berichten bei den insgesamt 4427 untersuchten Frühgeborenen im Alter von 4;8 Jahren von leichten Störungen der Koordination und Teilleistungsschwächen zum Beispiel im Bereich der visuellmotorischen Integration und des Kurzzeitgedächtnisses. Bei ca. 30 % der Kinder traten Schulleistungsdefizite im Lesen, Schreiben und Rechnen sowie Defizite in der verbalen

Ausdrucksfähigkeit auf, und 18 % zeigten schwere Retardierungen im Sprachverständnis (Wolke 1997). Mit sechs Jahren hatten 14 % der Kinder große Schwierigkeiten mit der Anwendung grammatischer Regeln und der Korrektur von semantischen Fehlern im Heidelberger Sprachentwicklungstest (Grimm & Schöler 1991). Weitere 12 %, deren Leistungen ein bis zwei Standardabweichungen unter den Normwerten lagen, zeigten leichtere Sprachentwicklungsdefizite. Zudem hatten 30 % der Kinder Schwierigkeiten mit Aufgaben, die Vorausläuferfähigkeiten für den späteren Leselernprozess überprüfen, beispielsweise das Erkennen von Reimwörtern, die Unterscheidung einzelner Laute sowie das Benennen von Buchstaben und Ziffern (Sarimski 2000). Besondere Schwierigkeiten waren auch innerhalb der simultanen und sequentiellen Informationsverarbeitung zu beobachten. Hier waren sehr kleine Frühgeborene über 30 mal häufiger betroffen als Reifgeborene (Wolke 1997, S. 273-274).

Eine Sonderbeschulung war für sehr untergewichtige Frühgeborene häufiger nötig als für Reifgeborene. Dabei besuchten die meisten der in dieser Studie untersuchten Frühgeborenen eine Schule für Lernbehinderte (41,9 %) und ein kleinerer Teil eine Schule für geistig Behinderte (29 %) (Wolke & Meyer 2000). Bei den Schulleistungsschwierigkeiten wird auf den Zusammenhang von Minderleistungen und Aufmerksamkeitsstörungen hingewiesen, die nicht generell Zeichen verminderter Intelligenz sind (Heubrock & Petermann 2000).

In der Frühgeborenenforschung ist in den letzten Jahren deutlich geworden, dass verschiedene durch die Frühgeburtlichkeit bedingte medizinische Komplikationen und der Grad der Unreife die sprachliche und kognitive Entwicklung der Frühgeborenen entscheidend beeinflussen. Je früher das Kind geboren wird und je leichter sein Geburtsgewicht ist, desto größer sind die durch Unreife hervorgerufenen medizinischen Risiken für eine schlechte Entwicklung. Zusätzlich scheinen soziale Faktoren wie Bildungsstand und Lebensumstände der Eltern zum einen damit verbunden zu sein, dass es zu einer verfrühten Geburt kommt, und zum anderen beeinflussen sie die

frühe Entwicklung des Kindes (Vohr, Wright, Dusick, Mele, Verter, Steichen, Simon, Wilson, Broyles, Bauer, Delaney-Black, Yolton, Fleisher, Papile & Kaplan 2000; Cusson 2003; Ment, Vohr, Alan, Karol, Katz, Schneider & Makuch 2003; Singer 2006).

Dieser Zusammenhang ist auch im Design der Nachuntersuchungen der zweiten Phase der Bayerischen Langzeitstudie berücksichtigt worden (Wolke, Schulz & Meyer 2001). Es wurde eine Stichprobe von 273 sehr untergewichtigen Frühgeborenen (< 32 SSW, < 1500 g) untersucht, stratifiziert nach den Faktoren Geschlecht, neonatales Risiko (eine explizite Auflistung der medizinischen Risiken konnte nicht gefunden werden) und soziale Schicht. Nach zweijähriger Beschulung zeigten die Frühgeborenen im Alter von 8;5 Jahren im Vergleich zu der reifgeborenen Kontrollgruppe 10 mal häufiger schwere kognitive Defizite. 24,3 % der Frühgeborenen lagen in der *Kaufman Assessment Battery for Children* (K-ABC) (Kaufmann & Kaufmann 1983) in der Skala „intellektuelle Fähigkeiten“ zwei Standardabweichungen unter den Normwerten, während es bei der Kontrollgruppe lediglich 2,6 % waren. Auch in der Fertigkeitenskala wiesen 25 % der Frühgeborenen schwere Defizite auf gegenüber lediglich 2,3 % der Kinder der Kontrollgruppe. Die mit der Frühgeburtlichkeit einhergehenden medizinischen Risiken hatten auf die intellektuellen Leistungen einen größeren Einfluss als die soziale Schicht und führten zu kognitiven und sprachlichen Verzögerungen und Beeinträchtigungen. Da die sprachlichen und kognitiven Leistungen der jeweils untersuchten Frühgeborenen-Population offenbar unmittelbar mit der Höhe des medizinischen Risikos und den sozioökonomischen Lebensumständen zusammenhängen, müssen die Ergebnisse der einzelnen Studien hinsichtlich dieser Faktoren differenziert betrachtet werden.

Zur allgemeinen Verständlichkeit werden zunächst verschiedene, in der Frühgeborenenforschung etablierte Begrifflichkeiten definiert.

2.1 Definitiorische und methodische Aspekte der Frühgeborenenforschung

2.1.1 Definition von Frühgeburlichkeit

Eine normale Schwangerschaft dauert durchschnittlich 40 Wochen. Frühgeborene werden laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert als Kinder, die vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche (SSW) geboren werden.

Eine Klassifikation Frühgeborener erfolgt sowohl hinsichtlich des Gestationsalters (Alter des Kindes ab dem mutmaßlichen Tag der Befruchtung, angegeben als Schwangerschaftswoche, Tabelle 1), als auch hinsichtlich des Geburtsgewichts (Tabelle 2). In der Forschungsliteratur sind beide Einteilungen gleichermaßen vertreten. Die Empfehlung der WHO ist jedoch, eine Klassifikation nach dem Geburtsgewicht vorzunehmen, da der Zeitpunkt der Empfängnis oftmals nicht genau festgelegt werden kann und damit auch das Gestationsalter nicht genau bestimmt werden kann (Hinweise zum Kode P07, WHO 2006).

Tabelle 1: Klassifikation bezüglich des Gestationsalters

Bedeutung	Bedeutung	Definition
Frühgeborene	Preterms - P	37 – 32 SSW
Sehr Frühgeborene	Very preterm infants - VP	32 – 28 SSW
Extrem Frühgeborene	Extremely preterm infants - EP	≤ 28 SSW

Tabelle 2: Klassifikation bezüglich des Geburtsgewichts

Bedeutung	Bedeutung	Definition
Untergewichtige Frühgeborene	Low birth weight - LBW	< 2500 g
Sehr untergewichtige Frühgeborene	Very low birth weight - VLBW	< 1500 g
Extrem untergewichtige Frühgeborene	Extremely low birthweight - ELBW	< 1000 g

2.1.2 Korrektur des Frühgeborenenalters

Unter Alterskorrektur versteht man das Abziehen der Wochen des Zufrühgeboreneins vom chronologischen, dem eigentlichen Lebensalter. Frühgeborene sind im Vergleich zu Reifgeborenen mit chronologisch gleichem Alter genau um die Zeit jünger, die sie zu früh geboren sind. Danach ist beispielsweise der Entwicklungsstand eines Kindes, das acht Wochen vor dem errechneten Entbindungstermin zur Welt gekommen ist, im chronologischen Alter von zwölf Wochen nach der Alterskorrektur (minus acht Wochen), mit dem Entwicklungsstand eines vier Wochen alten reifgeborenen Kindes zu vergleichen (Rauh 2002).

Die Alterskorrektur ist eine gängige Vorgehensweise zur Berechnung des Entwicklungsalters während der ersten beiden Lebensjahre. Strittig ist noch, bis zu welchem Lebensalter eine Alterskorrektur durchgeführt werden sollte. Über diese Frage sind zwei Untersuchungen unabhängig voneinander zu dem Ergebnis gekommen, dass die Testergebnisse im ersten Lebensjahr, denen das korrigierte Alter zugrunde liegt, die sprachliche und kognitive Entwicklung im Alter von drei und fünf Jahren besser voraussagen als Testergebnisse, denen das chronologische Alter zugrunde liegt (Siegel 1983; Dunn 1986). Es kann somit für die Untersuchungen der Frühgeborenen im ersten Lebensjahr in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen werden, dass eine Alterskorrektur mindestens bis zum 12. Lebensmonat sinnvoll ist.

2.2 Einflüsse auf die Sprachentwicklung

2.2.1 Der Einfluss medizinischer Risikofaktoren auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener

Der Zusammenhang spezifischer Erkrankungen Frühgeborener und deren ungünstiger Einfluss auf die sprachliche und kognitive Ent-

wicklung ist in zahlreichen Studien dokumentiert. Im Folgenden werden die häufigsten Prädiktoren einer beeinträchtigten Langzeitprognose im Hinblick auf die kognitive und sprachliche Entwicklung diskutiert.

Die zum Teil extreme organische Unreife zu früh geborener Kinder führt zu vielen Anpassungsproblemen an die Umwelt, welche die Temperaturregelung, Atmung, Blutzirkulation, Ernährung, Ausscheidung, Immunität und den Stoffwechsel betreffen, und geht mit einer erhöhten Mortalität einher (Obladen & Maier 2007, S. 7 ff).

2.2.1.1 Störungen der Atmung

Bei der Geburt kann es zu einer speziellen Art des Atemstillstandes, der *Asphyxie* (Pulslosigkeit), kommen. Diese kann beispielsweise durch Verlegung der Atemwege, Abdrücken der Nabelschnur oder Herz-Kreislauf-Versagen hervorgerufen werden, welches insbesondere bei Frühgeborenen auftritt. Die Komplikationen der Sauerstoffunterversorgung reichen von schwerwiegenden neurologischen Störungen bis zum Tod (Vannucci 1990; Roland & Hill 1992; Obladen & Maier 2007, S. 25 f).

Eines der größten Probleme, die eine zu frühe Geburt mit sich bringt, ist die Unreife der Lungen und die Notwendigkeit der Atemunterstützung. Aufgrund der Unreife des Atemzentrums treten immer wieder Atemaussetzer, so genannte Apnoen, auf. Mit der Entwicklung von Surfactant, einem Phospholipid, das erst ab der 35. Schwangerschaftswoche ausreichend gebildet wird und das für die Formerhaltung und Funktion der Lungenalveolen notwendig ist, konnte das mitunter zum Tode führende *Atemnotsyndrom* (*respiratory distress syndrome* - RDS) seit Ende der 1980er Jahre behandelt werden und die Überlebenschancen sehr untergewichtiger Frühgeborener konnten erheblich verbessert werden (Yost & Soll 2008). Das durch Surfactantmangel hervorgerufene Atemnotsyndrom führt zu einer Reduktion der Sauerstoffaufnahme. Sauerstoffmangelversorgung führt unter anderem zu einer Schädigung des Striatums, welches ein

Teil der Basalganglien im Großhirn ist und als Bestandteil neuronaler Regelkreise das Zusammenspiel von Motivation, Emotion, Kognition und Bewegungsverhalten koordiniert. Schädigungen in diesem Bereich können zu Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen führen (Obladen & Maier 2007, S. 178). Durch den Einsatz eines so genannten Nasen-CPAPs (*continuous positive airway pressure*), der kontinuierlichen Applikation eines Luftstroms in den Nasen-Rachenraum, kann eine erschöpfungsabhängige Ateminsuffizienz stabilisiert und die Notwendigkeit einer endotrachealen Intubation und kontrollierten Beatmung reduziert werden (Obladen & Maier 2007, S. 128).

Ross und Mitarbeiter (Ross, Lipper & Auld 1996) stellten neben anderen Risiken auch einen Zusammenhang zwischen einem Atemnotsyndrom und verminderten kognitiven und sprachlichen Leistungen im achten Lebensjahr fest. Im mittleren Alter von 7;5 Jahren lagen von insgesamt 88 untersuchten Frühgeborenen 57 im Normbereich der Intelligenztestungen. Von diesen befanden sich allerdings 22 (37 %) Kinder in den kognitiven Entwicklungstestungen (*academic achievement scores*) in ihren Leistungen unter der 25. Perzentile, das heißt unter der Norm, und wurden damit als lernbeeinträchtigt klassifiziert. Die Gruppe der lernbeeinträchtigten Kinder zeichnete sich unter anderem dadurch aus, dass sie nach der Geburt häufiger ein schweres Atemnotsyndrom entwickelt und damit einhergehend eine reduzierte Sauerstoffversorgung erlitten hatten. Sie zeigten signifikant schlechtere Leistungen im Schreiben und Buchstabieren sowie in Gedächtnisleistungen auf der Wort- und Satzebene. Die Gesamtleistungen im verbalen Bereich waren signifikant schlechter als die der Frühgeborenen ohne Lernbeeinträchtigung, besonders im Bereich der Informationsverarbeitung und Arithmetik. Die Beeinträchtigungen im Alter von acht Jahren korrelierten auch mit signifikant schlechteren Leistungen im mentalen und psychomotorischen Entwicklungsquotienten der *Bayley Scales* (Bayley 1993) im Alter von

zwölf Monaten und mit Schwierigkeiten in der Artikulation im dritten Lebensjahr.

Kommt es zu einer endotrachealen Intubation und kontrollierten Beatmung, ist eine der gefürchteten Komplikation die *Bronchopulmonale Dysplasie (BPD)*. Diese chronisch verlaufende Lungenerkrankung ist eine der häufigsten Komplikationen bei Frühgeborenen nach einem Atemnotsyndrom (Obladen & Maier 2007, S. 194ff). Die BPD geht teilweise mit einer Reihe von konsekutiven Risikofaktoren einher, wie Wachstumsretardierung, Komplikationen des Herz-Lungen Kreislaufs und des Zentralnervensystems, die die sensorische, motorische und kognitive Leistung der Sprachentwicklung beeinträchtigen können. Beobachtet wurde eine höhere Rate an Gehörschädigungen (Sauve & Singhal 1985) sowie Bewegungsstörungen, charakterisiert durch schnelle, willkürliche, ruckartige Bewegungen, die Hals, Glieder, Rumpf und den oral-lingualen Bereich betreffen (Perlman & Volpe 1989). Zudem geht die BPD mit einer Sauerstoffunterversorgung einher, die wiederum zu zerebralen Schäden führen und damit auch die Sprache beeinträchtigen kann.

Singer und Mitarbeiter (Singer, Siegel, Lewis, Hawkins, Yamashita, Toyoko & Baley 2001) verglichen sehr untergewichtige Frühgeborene mit BPD mit sehr untergewichtigen Frühgeborenen ohne BPD bezüglich ihrer kognitiven und sprachlichen Entwicklung im Alter von drei Jahren. Die Frühgeborenen mit BPD schnitten sowohl innerhalb der rezeptiven als auch der expressiven sprachlichen Fähigkeiten schlechter ab als die Frühgeborenen ohne BPD, wobei ein signifikanter Gruppenunterschied nur bei den rezeptiven Fähigkeiten auftrat. Eine spezifisch rezeptive Beeinträchtigung sehr kleiner Frühgeborener mit BPD im Schulalter stellte auch eine andere Untersuchung fest (Robertson, Ethes, Goldson & Kyle 1992). Die Autoren schließen nicht aus, dass den Beeinträchtigungen im rezeptiven Bereich Schwierigkeiten in der auditiven Informationsverarbeitung zugrunde liegen. Die BPD-Gruppe hatte durch das erhöhte Auftreten von Anfallsleiden und Hirnblutungen insgesamt ein erhöhtes Risiko für

eine schlechte neurologische Entwicklung und insgesamt einen niedrigeren IQ als die Gruppe ohne BPD. Eine neuere Studie (Gray, O'Callaghan & Poulen 2008) stellte im Schulalter von acht Jahren keine Unterschiede zwischen sehr untergewichtigen Frühgeborenen mit BPD und Frühgeborenen ohne BPD bezüglich sozialer und kognitiver Fähigkeiten fest. Jedoch gab es signifikante Unterschiede im Vergleich zu den reifgeborenen Mitschülern. Die Frühgeborenen mit BPD zeigten ein weniger aufgeschlossenes und ängstliches Verhalten, waren eher um ein angepasstes Verhalten bemüht und hatten häufiger Konzentrationsschwierigkeiten.

2.2.1.2 Zerebrale Schädigungen

Aufgrund der Unreife des Gehirns erleiden etwa 20 % aller sehr kleinen Frühgeborenen peri- oder intraventrikuläre Hirnblutungen. Neunzig Prozent der Blutungen treten innerhalb der ersten drei Lebenstage auf (Obladen & Maier 2007, S. 416 ff).

Die *Intraventrikuläre Blutung (IVH)* folgt der Klassifizierung nach Papile (Papile 1978) und wird in vier Stadien unterteilt, wobei Grad 1 eine leichte und Grad 4 eine schwere Hirnblutung bedeuten. Zahlreiche Studien haben die IVH als einen medizinischen Risikofaktor für die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener dokumentiert. Brown und Mitarbeiter (Brown, Bendersky & Chapman 1986) stellten bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen mit IVH Grad 1 - 4 sowohl im ersten als auch im zweiten Lebensjahr Verzögerungen in der Sprachentwicklung fest. Anhand einer Liste von sprachlichen Äußerungen, welche ab der Geburt bis zum Alter von zwei Jahren auftreten, wurde für jedes Kind vom Beginn des Babbelns bis zur Zwei-Wort-Kombination ein Sprachalter festgelegt. Das Sprachalter der Frühgeborenen mit IVH war signifikant verzögert im Vergleich zu Reifgeborenen aber auch im Vergleich zu der frühgeborenen Kontrollgruppe ohne IVH. Auch die Zeitspanne des Beginns einer lautlichen Äußerung war größer als die bei der Kontrollgruppe der Reifgeborenen.

Beeinträchtigungen im Sprachverständnis im zweiten Lebensjahr sind bereits bei leichten Hirnblutungen, wie sie bei Grad I - II vorliegen, festzustellen, dabei scheinen besonders linksventrikuläre Schädigungen Beeinträchtigungen im Sprachverständnis nach sich zu ziehen (Janowsky 1987; Bendersky & Lewis 1990). Liegen bilaterale Schädigungen vor, zeigen sich auch noch im Alter von acht Jahren visuell-motorische und kognitive Probleme sowie Störungen in der Neuromotorik (Vollmer, Roth, Riley, O'Brien, Baudin, De Haan, Khadem, Neville & Wyatt 2006). Leichte Hirnblutungen ziehen auch im Alter von zwei Jahren Beeinträchtigungen in spezifischen kognitiven Fähigkeiten nach sich, wie das Erinnern, wo ein Objekt zuletzt versteckt wurde (Lokationsgedächtnis) oder Diskriminationsleistungen von Objekten (Ross, Boatright, Auld & Nass 1996). Beeinträchtigungen in der Entwicklung des Lexikons, geringes Sprachverständnis, Schwierigkeiten in der auditorischen Verarbeitung sowie in der Argumentation konnten im Alter von drei Jahren mit dem Vorliegen einer IVH in Verbindung gebracht werden (Grunau, Kearney & Whitfield 1990). Insgesamt prognostiziert die IVH vielfältige kognitive und sprachliche Beeinträchtigungen, die sich bis ins Schulalter fortsetzen (Jakobson, Frisk, Knight, Downie & Whyte 2001; Van de Bor & Den Ouden 2004; Luu, Vohr, Schneider, Katz, Tucker, Allan & Ment 2009).

Durch Sauerstoffmangel und Mangel durchblutung kann es bei Frühgeborenen zu einer *Periventriculären Leukomalazie (PVL)* kommen. Hierbei kommt es zum Absterben von Hirnzellen und der Bildung von Zysten im Gehirn. Abhängig von der Ausprägung der Störung kommt es zu unterschiedlichen Ausfällen der Motorik, zu Spastiken, Epilepsien und kognitiven Beeinträchtigungen (Obladen & Maier 2007, S. 426 f sowie S. 579 ff). Bis zum Schulalter sind Schwierigkeiten bezüglich rezeptiver und produktiver Sprachfähigkeiten nachzuweisen und es bestehen Lese- und Rechenprobleme (Vohr, Walter, Westerveld, Schneider, Katz, Makuch & Ment 2003).

2.2.1.3 Nekrotisierende Enterokolitis

Die *Nekrotisierende Enterokolitis (NEC)* ist eine akute Entzündungsreaktion des Darmes, die mit einer Nekrose (Gewebeabsterben) einhergeht und häufig zu einer Perforation (Durchbruch) führt (Obladen & Maier 2007, S. 313). Die NEC wird nach Walsh in vier Stadien unterteilt (Walsh & Kliegmann 1986) und ist bis Stadium IIb konservativ, mit Medikamenten, und ab Stadium IIIa chirurgisch zu behandeln. Bereits ein leichter Verlauf dieser Erkrankung geht mit einer akuten Verschlechterung des Allgemeinzustandes einher, wie Trinkunlust, Apnoen und einer Verlangsamung des Herzschlages (Bradykardie), und kann bei einem schweren Verlauf zu einer schweren Sepsis und Multiorganversagen führen. Kognitive Beeinträchtigungen in den mentalen und psychomotorischen Entwicklungsskalen, die beispielsweise von den *Bayley Scales of Infant Development* erfasst werden können, sind in erster Linie die Folge von Begleiterkrankungen des schwerwiegenderen Verlaufs, beispielsweise die Folgen einer Sepsis (Soraisham, Amin, Al-Hindi, Singhal & Sauve 2006). In einer Untersuchung wurden extrem untergewichtige Frühgeborene < 1000 g mit einer NEC Stadium II und III nach Walsh mit einer Kontrollgruppe ohne NEC verglichen (Salhab, Perlman, Silver & Broyles 2004). Bis auf die NEC unterschieden sich die beiden Gruppen in keinem klinischen Parameter.

Die Gruppe mit NEC war im korrigierten mittleren Alter von 20 Monaten signifikant schlechter in den mentalen Skalen des *Bayley Scales of Infant Development*. Sie schnitt in den neurologischen Testungen schlechter ab und hatte ein schlechteres Wachstum und einen kleineren Kopfumfang. Letzteres geht oftmals mit geringerer Intelligenzleistung einher (Rushton 1995; Thompson, Cannon, Narr, Van Erp, Poutanen, Huttunen, Lönnqvist, Standertskjöld-Nordenstam, Kaprio, Khaledey, Rajneesh, Zoumalan & Toga 2001). Je schwerwiegender das Krankheitsbild verläuft, desto schwerwiegender sind die Auswirkungen auf die allgemeine Entwicklung. So konnte gezeigt werden, dass eine NEC mit leichtem Verlauf (Stadium I-II nach

Walsh) (Walsh & Kliegmann 1986) keine gravierenden Einflüsse auf die Kognition hat. Kinder mit einem schweren Verlauf (Stadium II-III) zeigten dagegen im mittleren korrigierten Alter von 20 Monaten mentale und psychomotorische Auffälligkeiten, eine allgemein schlechte neurologische Entwicklung und Wachstumsretardierung (Hintz, Kendrick, Stoll, Vohr, Fanaroff, Donavan, Poole, Blakely, Wright & Higgins 2005).

2.2.1.4 Small for gestational age

Small for gestational age (SGA) ist eine international gebräuchliche medizinische Bezeichnung für Neugeborene, deren Geburtsgewicht bezogen auf das Reifealter im unteren Bereich der Normverteilung liegt. Die Ursache dafür, dass ein Neu- oder Frühgeborenes für sein Reife- oder Gestationsalter zu klein (*hypotroph*) ist, liegt oftmals an einer intrauterinen Mangelernährung (Obladen & Maier 2007, S. 8f). Kinder, deren Geburtsgewicht bezogen auf das Reifealter innerhalb der Norm liegt, werden dementsprechend mit *appropriate for gestational age (AGA)* bezeichnet.

Ein Zusammenhang zwischen SGA und einer beeinträchtigten kognitiven und sprachlichen Entwicklung konnte vielfach nachgewiesen werden (Foster-Cohen, Edgin, Champion & Woodward 2007). In dieser Untersuchung zeigten sehr untergewichtige Frühgeborene im korrigierten Alter von zwei Jahren einen reduzierten Wortschatz und Probleme in Morphologie und Syntax. Die Wortschatzproduktion korrelierte mit dem Gestationsalter: Je geringer das Gestationsalter, desto geringer war der Wortschatz. So hatten die extrem untergewichtigen Frühgeborenen ein um 30 % kleineres Vokabular als Reifgeborene im Alter von zwei Jahren. Ebenso bestanden Schwierigkeiten beim Referieren auf Vergangenes oder Zukünftiges, wobei auch hier die extrem kleinen Frühgeborenen am schlechtesten abschnitten, da nur 37 % der extrem untergewichtigen im Vergleich zu 72 % der sehr untergewichtigen Frühgeborenen und 83 % der Reifgeborenen das Futur benutzten. Extrem untergewichtige Frühgeborene benutz-

ten zu 50 % weniger morphologische Endungen zur Pluralmarkierung, zur Markierung von Vergangenheitsformen und Possessiva und nutzten zu 30 % weniger Zwei-Wort-Äußerungen.

Monset-Couchard, De Bethmann & Relier (2004) wiesen eine Sprachentwicklungsverzögerung bei 31% von 150 untersuchten sehr untergewichtigen Frühgeborenen mit SGA zwischen dem zweiten und neunten Lebensjahr nach. Kok, Den Ouden, Verloove-Vanhorick & Brand (1998) wiesen im Alter von fünf Jahren signifikant häufiger kognitive Defizite bei Frühgeborenen mit SGA als bei Frühgeborenen ohne SGA nach. Diese Kinder benötigten im Alter von neun Jahren auch auffällig häufiger zusätzliche Unterstützung im schulischen Bereich.

Ein Vergleich zwischen extrem untergewichtigen Frühgeborenen mit und ohne SGA (Monset-Couchard, De Bethmann & Relier 2004) zeigte, dass die Frühgeborenen mit SGA bis zur Adoleszenz im Alter von 17 Jahren eine geringere Körpergröße und einen kleineren Kopfumfang hatten als die Frühgeborenen ohne SGA. Sie hatten motorische Defizite, Verhaltensauffälligkeiten, einen geringeren IQ und Sprachprobleme.

2.2.1.5 Risiken gemessen am pH-Wert des Nabelschnurblutes

Mit dem *Nabelschnur pH-Wert* bestimmt man unmittelbar nach der Geburt die vorgeburtliche Sauerstoffversorgung des Neugeborenen. Der normale arterielle Nabelschnur pH-Wert liegt bei Reifgeborenen zwischen 7,27 und 7,28, bei Frühgeborenen zwischen 7,26 und 7,29 (Moore & Roberts 1998, S. 156). Eine Übersäuerung des Blutes bei einem pH-Wert zwischen 7,00 und 7,20 geht meistens mit einem normalen Apgar-Wert und einer unauffälligen neurologischen Entwicklung des Kindes einher. Ein pH-Wert < 7,00 ist jedoch ein Indikator für eine Sauerstoffunterversorgung und spätere neurologische Störungen (Winkler, Hauth & Tucker 1991).

Da ein niedriger pH-Wert somit ein medizinisches Risiko für eine ungünstige Entwicklung bedeuten kann, ist er bei der Beschreibung einer Frühgeborenen-Population immer mit anzugeben.

2.2.1.6 Risiken gemessen am Apgar-Wert

Der *Apgar-Wert*, nach der amerikanischen Anästhesistin Virginia Apgar benannt, gibt die Vitalität des Kindes bei der Geburt wieder (Apgar 1953). Der Apgar-Wert kommt durch die Vergabe von Punkten zustande, die in der ersten, fünften und zehnten Minute nach der Geburt für die Beurteilung der fünf Vitalzeichen Herzfrequenz, Atmung, Reflexauslösbarkeit, Muskeltonus und Hautfarbe vergeben werden. Der Apgar-Wert reicht von 1 - 10 Punkten. Dabei ist der Wert, der nach fünf Minuten erfasst wird, der prognostisch aussagekräftigste (Finster & Wood 2005). Niedrige Werte können Hinweise auf eine spätere problematische Entwicklung im kognitiven Bereich geben (Ballard 1998, S. 331; Forsblad, Källén, Marsál & Hellström-Westas 2007).

Das Apgar-Schema ist für die postnatale Beurteilung von Frühgeborenen nicht im gleichen Maße aussagekräftig wie bei reifen Neugeborenen, da Atmung, Muskeltonus und Reflexerregbarkeit stark vom Gestationsalter abhängig sind (Obladen & Maier 2007, S. 22ff). Dennoch ist es eine gängige Vorgehensweise, den Apgar-Wert auch bei der Beschreibung der Frühgeborenen-Population mit anzugeben.

2.2.1.7 Die Zusammenfassung unterschiedlicher medizinischer Risiken: Der neonatale medizinische Risikoindex

Nicht zuletzt durch die Änderung der Frühgeborenenpopulation durch sinkendes Gestationsalter und qualitativ besseren Entwicklungsverlauf der Frühgeborenen seit Anfang der 90er Jahre sind viele Studien zu einer differenzierteren Betrachtung der zu untersuchenden Gruppe Frühgeborener übergegangen.

Art und Schweregrad der im Einzelfall vorliegenden medizinischen Risiken werden in ihrer Summe bei der Entwicklungsprognose be-

rücksichtigt und führen zu einem Summenwert, dem sogenannten neonatalen medizinischen Risikoindex (*neonatal medical index – NMI*). Korner und Mitarbeiter (Korner, Stevenson, Kramer, Spiker, Scott, Constantinou & Dimiceli 1993) fassten beispielsweise die in ihrer Population vorliegenden medizinischen Risikofaktoren wie Atemnotsyndrom, Beatmungsmodalität und -dauer, Anzahl der Apnoen, Gehirnblutung, periventrikuläre Leukomalazie und zerebrale Krampfanfälle zusammen und teilten die Studienkinder nach ihrem NMI-Wert in fünf Gruppen ein, um sie dann bezüglich ihrer kognitiven und sprachlichen Entwicklung zu vergleichen.

Ein Zusammenhang zwischen dem NMI und der Qualität der Entwicklung konnte nur für die sehr untergewichtigen Frühgeborenen gezeigt werden, die bis zum 36. Lebensmonat in allen untersuchten Entwicklungsbereichen beeinträchtigt waren. Die mangelnde Prädiktion des NMI für weniger unreife Frühgeborene mag damit zusammenhängen, dass mit weniger reduziertem Gestationsalter die Schwere der Komplikationen abnimmt.

Auch Taylor und Mitarbeiter (Taylor, Klein, Schatschneider & Hack 1998) stellten einen Zusammenhang her zwischen der Summe medizinischer Risiken sehr untergewichtiger Frühgeborener und ihrer weiteren Entwicklung im Alter von 6;8 Jahren. Spezifische Risiken, die in den Summenwert eingingen, waren Geburtsgewicht, Gehirnblutungen, Bronchopulmonale Dysplasie, Nekrotisierende Enterokolitis und Apnoen. Kinder mit *extrem* niedrigem Geburtsgewicht hatten in der *Kaufmann Assessment Battery for Children, K-ABC* (Melchers & Preuss 1994) in Wortschatzaufgaben, perzeptuell-motorischen Aufgaben sowie im Schreiben und Rechnen drei bis acht Mal häufiger unter der Norm liegende Werte als Kinder mit sehr niedrigem Geburtsgewicht.

2.2.2 Der Einfluss sozialer Risikofaktoren auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener

Neben der medizinischen Risikobelastung, die einen entscheidenden Einfluss auf die weitere Entwicklung des Kindes hat, beeinflusst auch der sozioökonomische Hintergrund der Eltern, beispielsweise Bildungsstand und Einkommen, den Entwicklungsverlauf und den Spracherwerb der Frühgeborenen. Niedriger Sozialstatus wird auch bei Reifgeborenen mit einer schlechteren kognitiven Entwicklung im Schulalter in Verbindung gebracht (Zhong-Cheng, Wilkins & Kramer 2006; Joseph, Liston, Dodds, Dahlgren & Allen 2007) und scheint bereits im Alter von zwei Jahren einen Einfluss auf den Lexikonerwerb zu haben (Hoff 2003).

Ergebnisse aus einer zehn Jahre dauernden Langzeitstudie zeigen, dass Kinder aus Familien mit niedrigem Einkommen und geringem Bildungsstand im Alter von sieben Monaten bis drei Jahren einem im Umfang beschränkten Vokabular ausgesetzt sind, das unter anderem zu schlechteren Intelligenzleistungen führte (Hart & Risley 1992) und sich im Schulalter in Problemen rezeptiver und produktiver Fähigkeiten manifestierte, wie einer geringeren durchschnittlichen Länge der Äußerungen (*mean length of utterance - MLU*) und Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten (Walker, Greenwood, Hart & Carta 1994). Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass viele Studien zu dem Ergebnis gekommen sind, dass soziale Risikofaktoren bei Reifgeborenen erst nach dem ersten Lebensjahr einen Einfluss auf die weitere Entwicklung haben (Laucht, Esser & Schmidt 1997; Wolke 1997; Bregman 1998; Ong, Boo & Chandran 2001; Aylward 2002).

Bei den Frühgeborenen wird zusätzlich angenommen, dass sich soziale Benachteiligung mitunter negativ potenzierend auf die intellektuelle Entwicklung des Frühgeborenen auswirkt (Wolke 1997). Es scheint jedoch bei den Frühgeborenen so zu sein, dass die medizinischen Risikofaktoren in den ersten drei Jahren einen größeren Einfluss auf die Entwicklung nehmen als die sozioökonomischen. Liegt keine irreversible zerebrale Schädigung vor, scheint der Einfluss me-

dizinischer Risiken mit zunehmendem Alter abzunehmen, wohingegen sozioökonomische und psychosoziale Variablen weiter an Bedeutung gewinnen (Korner, Stevenson, Kramer, Spiker, Scott, Constantinou & Dimiceli 1993; Thompson, Gustafson, Oehler, Catlett, Brazy & Goldstein 1997). Thompson und Mitarbeiter (1997) stellten beispielsweise fest, dass fast die Hälfte (47 %) der von ihnen untersuchten sehr untergewichtigen Frühgeborenen, die ein hohes medizinisches Risiko hatten, im Alter von vier Jahren eine „gute“ kognitive Entwicklung aufwiesen. Im Vergleich dazu zeigten immerhin 26% der Kinder, die eigentlich ein niedriges medizinisches Risiko hatten, eine „schlechte“ kognitive Entwicklung. Während die gute Entwicklung der Hoch-Risikokinder mit keinen Faktoren in Korrelation gebracht werden konnte, war die schlechte Entwicklung der Niedrig-Risikokinder assoziiert mit niedrigem Bildungsniveau der Mutter und ungünstigen sozioökonomischen Verhältnissen. Der Einfluss physiologischer Risiken blieb jedoch bis zum Alter von vier Jahren nachweisbar (Thompson, Gustafson, Oehler, Catlett, Brazy & Goldstein 1997).

In der Mannheimer Risikokinderstudie zeigte sich, dass sozioökonomischer Hintergrund und psychosoziale Risiken wie niedriger Bildungsstand, ungünstige Wohnverhältnisse sowie die Unfähigkeit, das Erlebnis der Frühgeburt zu verarbeiten, in der weiteren Entwicklung des Kindes zunehmend an Bedeutung gewannen (Laucht, Esser & Schmidt 1998). Auch die Bayerische Längsschnittstudie stellte einen Zusammenhang zwischen sozioökonomischem Status der Familie und intellektueller Entwicklung fest. Die Gesamtsumme der Kaufmann-ABC-Skalen korrelierte mit dem Sozialstatus, war jedoch unabhängig vom Status der Frühgeburtlichkeit. Alle Kinder, Früh- und Reifgeborene, lagen in ihren Leistungen durchschnittlich bis zu zwölf Punkte niedriger, wenn sie einen sozial schwachen Hintergrund hatten. Es zeigte sich jedoch auch, dass die sehr untergewichtigen Frühgeborenen mit hohem sozioökonomischen Hintergrund geringere intellektuelle Leistungen zeigten als die Reifgeborenen mit

niedrigem sozioökonomischen Hintergrund. Die medizinischen Risiken und der Einfluss der Unreife waren hier bis zum Alter von 6;3 Jahren wesentlich größer als soziale Einflüsse (Wolke 1997).

Das *National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network*, in welchem sich zwölf Neonatal-Zentren zusammengeschlossen haben, kam in seiner Langzeitstudie, in der zwischen 1993 und 1994 insgesamt 1480 sehr untergewichtige Frühgeborene untersucht wurden, zu dem Ergebnis, dass mit sinkendem Gestationsalter und den damit verbundenen medizinischen Risiken entwicklungsneurologische und funktionale Störungen im zweiten Lebensjahr zunehmen. Die Entwicklungsprognose war jedoch günstiger bei höherem Gestationsalter, weiblichem Geschlecht des Frühgeborenen und hohem mütterlichen Bildungsstand (Vohr, Wright, Dussick, Mele, Verter, Steichen, Simon, Wilson, Broyles, Bauer, Delaney-Black, Yolton, Fleisher, Papile & Kaplan 2000).

Ment und Mitarbeiter stellten bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen im Alter von acht Jahren fest, dass die Kinder, die mit beiden Eltern zusammen lebten und deren Mütter einen hohen Bildungsstand hatten, signifikant höhere verbale Leistungen zeigten als die Kinder, deren Eltern getrennt lebten und deren Mütter einen niedrigen Bildungsstand hatten (Ment, Vohr, Alan, Karol, Katz, Schneider & Makuch 2003). Insgesamt haben geringes Gestationsalter, medizinische Risiken und sozioökonomische Variablen einen Einfluss auf die weitere Entwicklung des Frühgeborenen. Dabei scheinen die medizinischen Risiken im Verlauf der Entwicklung an Bedeutung zu verlieren und die sozioökonomischen Variablen an Bedeutung zu gewinnen.

2.2.3 Der Einfluss des Geschlechts auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener

Der dritte Faktor, der die weitere Entwicklung der Frühgeborenen ungünstig beeinflussen kann, ist das Geschlecht. Der Einfluss des Geschlechts auf die kognitive und sprachliche Entwicklung bei Reifgeborenen wird kontrovers diskutiert (Hyde & Linn 1988). Bei

männlichen Frühgeborenen, insbesondere bei extrem untergewichtigen Frühgeborenen, ist jedoch bekannt, dass gegenüber weiblichen Frühgeborenen ein erhöhtes Risiko zu Hirnblutungen, kognitiven Beeinträchtigungen und Lernschwierigkeiten besteht (Wolke 1998; Heuchem, Evans, Henderson Smart & Simpson 2002), deren Ätiologie bis jetzt nicht geklärt ist (Ornstein, Ohlsson, Edmonds & Asztalos 1991).

In einer neueren Untersuchung von Hindmarsh und Mitarbeitern (Hindmarsh, O'Callaghan, Mohay & Rogers 2000) wurde bei extrem untergewichtigen Frühgeborenen (ELBW) im Alter von zwei Jahren der Frage nachgegangen, ob der Faktor des Geschlechts einen Einfluss auf die Sprache hat oder ob der Einfluss des Geschlechts lediglich in Zusammenhang mit dem Auftreten medizinischer Risikofaktoren zu sehen ist. Dazu wurden 395 ELBW zwischen 1977 und 1993 rekrutiert, von denen im Alter von zwei Jahren 33 % schwerwiegende neurologische, sensorische oder motorische Defizite aufwiesen, die in eine gesonderte Untergruppe gefasst wurden. Die verbliebenen Frühgeborenen wurden als Kinder mit hohem medizinischen Risiko eingestuft, wenn schwerwiegende Hirnblutungen (IVH, PVL) oder eine nekrotisierende Darmerkrankung (NEC) diagnostiziert wurde oder die Kinder mit Sauerstoff-Therapie entlassen wurden. Im Gesamtindex der Griffiths-Entwicklungsskalen (Griffiths 1983) der Gesamtgruppe der Frühgeborenen schnitten die Mädchen im Alter von zwei Jahren (außer in der Motorik) in allen Untertests, besonders jedoch in den Skalen psychosoziales Verhalten und Sprache und Hören, signifikant besser ab als die Jungen. Dieses Ergebnis blieb auch nach Ausschluss der körperlich beeinträchtigten Untergruppe bestehen. In einer Multiregressionsanalyse zeigte sich, dass der Gesamtentwicklungsquotient der Griffiths-Skalen in Abhängigkeit von den Faktoren Geschlecht, medizinischer Risikostatus, Alter und Bildungsstand der Mutter bei den Mädchen signifikant höher war als bei den Jungen. Betrachtete man nur die Unterskala Sprechen und Hören in Abhängigkeit von den genannten Faktoren schnitten die

Mädchen wiederum weitaus besser ab als die Jungen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen also, dass weibliche extrem untergewichtige Frühgeborene im Alter von zwei Jahren bessere sprachliche Fähigkeiten haben als die männlichen Frühgeborenen, unabhängig von medizinischen Risikofaktoren und sozialen Faktoren.

Jennische und Mitarbeiter (Jennische & Sedin 2003) setzten einen anderen Schwerpunkt bei ihren Untersuchungen zum Einfluss des Geschlechts auf die sprachliche Entwicklung. Sie verglichen nicht nur den Spracherwerb zwischen frühgeborenen Jungen und Mädchen, sondern verglichen auch die jeweilige Geschlechtergruppe der Frühgeborenen mit einer Kontrollgruppe Reifgeborener. Untersucht wurden 230 Frühgeborene im Alter von 6;5 Jahren, die zwischen den Jahren 1986 und 1989 geboren wurden. Auch hier wurde eine Gruppe mit schwerwiegenden körperlichen Beeinträchtigungen im Alter von 6;5 Jahren zu einer Untergruppe zusammengefasst. Die Frühgeborenen wurden nach dem Gestationsalter in drei Gruppen eingeteilt (Frühgeborene, sehr Frühgeborene und extrem Frühgeborene). In der Gesamtgruppe der Frühgeborenen zeigten die Mädchen signifikant bessere Ergebnisse als die männlichen Frühgeborenen in der Spontansprache bezüglich Information, Aussprache, Wortfindung, Wortfluss und Gesprächsinteraktion und wiesen auch eine bessere Feinmotorik auf. In der Gesamtgruppe der Reifgeborenen erzielten die Mädchen ebenfalls signifikant bessere Ergebnisse als die Jungen bezüglich Grammatik, Memorisierungsaufgaben und Ausdrucksfähigkeit und zeigten auch eine bessere Feinmotorik.

Das besondere Ergebnis ist jedoch, dass sich die frühgeborenen Mädchen bezüglich ihrer sprachlichen Fähigkeiten stärker von den reifgeborenen Mädchen unterscheiden als die frühgeborenen Jungen von den reifgeborenen Jungen. Die Leistungen der frühgeborenen Mädchen lagen im Bereich Spontansprache bezüglich Ausdruck, Interaktion, Motivation, Wiedergabe einer Geschichte, logischer grammatischer Konstruktionen, auditiver Diskriminationsleistungen sowie Redeflüssigkeit signifikant unterhalb der Leistungen der reifge-

borenen Mädchen. Die frühgeborenen Jungen schnitten im Bereich Spontansprache lediglich bezüglich Information und Aussprache und im Phoneminventar signifikant schlechter ab. Regressionsanalysen ergaben, dass das Gestationsalter und die medizinischen Risikofaktoren der hier untersuchten Frühgeborenen in Zusammenhang standen mit den niedrigen Ergebnissen der Spontansprache, der motorischen Koordination und den linguistischen Fähigkeiten.

Obwohl die in dieser Studie untersuchten frühgeborenen Mädchen eine bessere Sprachentwicklung hatten als die frühgeborenen Jungen, erreichten sie nicht das sprachliche Niveau der reifgeborenen Mädchen. Die frühgeborenen Jungen hingegen erreichten innerhalb der Spontansprache das Niveau der reifgeborenen Jungen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen nahe, dass die Sprachentwicklung frühgeborener Jungen weniger von den medizinischen Risiken und intensivmedizinischen Behandlungsmaßnahmen beeinflusst wird als die Sprachentwicklung frühgeborener Mädchen.

Eine schlechtere Sprachentwicklung bei männlichen Frühgeborenen im Vergleich zu weiblichen Frühgeborenen stellten auch Sansavini und Mitarbeiter fest (Sansavini, Guarini, Alessandroni, Faldella, Giovaneli & Salvioli 2006). Sie untersuchten die lexikalische und grammatikalische Entwicklung von 73 sehr untergewichtigen Frühgeborenen, die zwischen 1995 und 1999 geboren wurden, im Alter von 2;6 Jahren. Die Gruppe der Frühgeborenen war durch medizinische Risikofaktoren charakterisiert wie Atemnotsyndrom (RDS), Bronchopulmonale Dysplasie (BPD), Intraventrikuläre Hirnblutung (IVH, Grad I-II) sowie Wachstumsretardierung (SGA). Im Vergleich zu der Kontrollgruppe der Reifgeborenen zeigte die Gesamtgruppe der Frühgeborenen einen unauffälligen Lexikonerwerb. Allerdings zeigten die Daten der Frühgeborenen eine hohe interindividuelle Variabilität, die nach weiteren Analysen auf den Faktor Geschlecht zurückgeführt werden konnte. Die männlichen Frühgeborenen produzierten im Mittel signifikant weniger Worte im korrigierten Alter von 2;6 Jahren als die weiblichen Frühgeborenen.

Die geringere Wortproduktion stand auch im Zusammenhang mit dem Gewicht, d. h., mit sinkendem Gewicht verschlechterte sich die Leistung der männlichen Frühgeborenen. Die Kontrollgruppe der Reifgeborenen zeigte keinen Geschlechtsunterschied in der Lexikontwicklung. Soziodemografische Faktoren, wie die mütterliche Schulbildung, oder medizinische Risikofaktoren zeigten hier keine Einwirkung auf die Sprachentwicklung der Frühgeborenen. Auch die durchschnittliche Länge der Wortäußerungen (*mean length of utterance* – *MLU*) war bei den männlichen Frühgeborenen niedriger als bei den weiblichen Frühgeborenen, erreichte jedoch keine Signifikanz. Ein signifikanter Geschlechtsunterschied zeigte sich in dieser Studie jedoch bei den reifgeborenen Kindern.

2.2.4 Der Einfluss pflegerischer Interventionen und akustischer Parameter auf die kognitive und sprachliche Entwicklung Frühgeborener: Beschreibung der neonatalen Intensivpflegeeinheiten

In den letzten Jahren richtete sich das Interesse der Forschung vermehrt auf die Beschaffenheit der neonatalen Intensivpflegeeinheiten (NICU) und der neonatalen Intensivpflegebehandlung sowie deren Einfluss auf das Verhalten und die Entwicklung Frühgeborener. Einen Überblick über die unterschiedlichen Untersuchungsbereiche innerhalb der neonatalen Intensivpflegebehandlung gibt die Cochrane-Datenbank (Symington & Pinelli 2006). Im Hinblick auf das unmittelbare physiologische Verhalten wie Atmung, Affektzustand, Gewichtszunahme, aber auch auf Schlaf-Wach-Rhythmus, Länge des Krankenhausaufenthaltes und die kognitive Entwicklung Frühgeborener wurde unter anderem die Auswirkung verschiedener Arten von Stimulationen (vestibulär, auditiv, visuell und taktil) untersucht. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine allgemeine Aussage erschwert wird durch die Tatsache, dass positive Ergebnisse einzelner Untersuchungen auf sehr kleinen Fallzahlen beruhen und Langzeitstudien kaum vorhanden sind.

Nach diesem Überblick gibt es allerdings nur sehr begrenzte Evidenz für einen positiven Effekt von entwicklungsfördernden pflegerischen Interventionen bei Frühgeborenen.

Eine Ausnahme bildet die sogenannte „Känguru-Methode“, die nachweislich einen allgemein positiven Effekt auf die kognitive Entwicklung Frühgeborener erzielt und weltweit in Krankenhäusern praktiziert wird, die Frühgeborene versorgen (Whitelaw 1990; de Leeuw, Colin, Dunebier & Mirmiran 1991; Christensson, Siles, Moreno, Belaustequi, De La Furente, Lagerkrantz, Puyol & Winberg 1992; Bergmann & Jurisoo 1994; Ludington-Hoe, Thompson & Smith 1994; Sloan, Camacho, Rojas & Stem 1994; Legault & Goulet 1995). Beim „Känguruhen“ wird das Frühgeborene zugedeckt auf die nackte Brust gelegt, so dass direkter Haut- und Blickkontakt besteht. Das Kind bleibt während der gesamten Zeit mit den medizinischen Überwachungsmonitoren verbunden, die den Blutdruck, den Sauerstoffgehalt des Blutes, die Atem- und Herzfrequenz anzeigen. Dabei ist zu beobachten, dass sich diese Vitalwerte stabilisieren (Anderson 1991; Bauer, Uhrig, Sperling, Pasel, Wieland & Versmold 1997; Steining 1997; Strobel 2004).

Frühgeborene, die Känguru-Pflege erhalten haben, haben eine geringere Verweildauer im Inkubator, eine schnellere Gewichtszunahme und eine kürzere Hospitalisation (Anderson 1991; Bauer, Sontheimer, Fischer & Linderkamp 1996; Bauer, Uhrig, Sperling, Pasel, Wieland & Versmold 1997; Ramanathan, Paul, Deorari, Taneja & George 2001; Field 2002) und zeigen in einschlägigen Entwicklungstests wie den *Bayley Scales of Infant Development* im mentalen und psychomotorischen Entwicklungsquotienten im korrigierten Alter von sechs und zwölf Monaten ein besseres Ergebnis als Frühgeborene, die keine Känguru-Pflege erhalten haben (Feldman, Weller, Sirota & Eidelman 2002; Oghi, Fukuda, Moriuchi, Kusumoto, Akiyama, Nugent, Brazelton, Arisawa, Takahashi & Saitoh 2002; Tessier, Cristo, Velez, Giron, Nadeau & Calume 2003).

Im Hinblick auf die sprachliche Entwicklung Frühgeborener sind auch die akustischen Gegebenheiten der so genannten NICU-Einheiten untersucht worden. Die Reifung des auditorischen Systems ist zwar nicht beeinträchtigt durch die Frühgeburtlichkeit, jedoch werden Frühgeborene von Fall zu Fall schon ab der 24. Gestationswoche von der gewohnten intrauterinen auditorischen Erfahrungswelt getrennt, gerade zu dem Zeitpunkt, an dem das auditorische System ausgereift ist und erste Hörerfahrungen gemacht werden können (Hall 2000; Lasky & Williams 2005). Während reifgeborene Kinder bis zu 40 Wochen und mitunter darüber hinaus die physiologische klangliche Umgebung im Uterus erfahren, die Mutterstimme und die Herzgeräusche wahrnehmen, sind frühgeborene Kinder postnatal abrupt einer unphysiologischen, lauten Umgebung in einer Intensivpflegeeinheit ausgesetzt, in der ein kontinuierlicher Geräuschpegel zwischen 38 und 75 dB herrscht (Philbin 2000).

Zum Schutz der öffentlichen Gesundheit empfiehlt die US Environmental Protection Agency tagsüber höchstens eine Lautstärke von 55 dB und nachts, während der Schlafenszeit, eine Lautstärke von 45 dB (Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control 1974) sowie für Krankenhäuser tagsüber sogar nur 45 dB und nachts 35 dB.

Diesen Empfehlungen kann in der Neonatalpflege nicht immer nachgekommen werden. Die Lautstärke im Innern des Inkubators variiert zwischen den Hochfrequenz-Ventilatoren zwischen 48 - 70 dB (Hoehn, Busch & Krause 2000). Aufgrund von Schallreflexion in dem geschlossenen Raum des Inkubators kann die Lautstärke noch weiter ansteigen, insbesondere, wenn das Frühgeborene schreit (Philbin 2000). Messungen im Gehörgang von Frühgeborenen im Innern des Inkubators bei unterschiedlichen Beatmungsmodi zeigten eine mittlere Lautstärke von 39,5 dB bei endotrachealer Intubation, 55,1 dB bei Atemunterstützung (CPAP) und 41,7 dB ohne Beatmung. Messungen im mittleren Innenohr mithilfe einer speziellen Messsonde ergaben bei der Atemunterstützung (CPAP) Spitzen von bis zu 102

dB (Surenthiran, Wilbraham, May, Chant, Emmerson & Newton 2003). Ist keine Beatmungsmaschine im Einsatz, herrschen im Innern des Inkubators neben den Geräuschen, die von außen zum Kind dringen, Ventilationsgeräusche und Geräusche des Temperaturkontroll-Systems vor. Dabei liegt eine konstante Frequenz- und Lautstärkeverteilung vor, was als sogenanntes weißes Rauschen (*white noise*) bezeichnet wird. Weißes Rauschen enthält gleichmäßig verteilt Töne aller hörbaren Frequenzen und hat die Eigenschaft, normale Geräusche der Umgebung zu übertönen (Hess 1983; Görne 2006). Der Höreindruck des weißen Rauschens wird als rauschendes Wasser aus einem Wasserhahn beschrieben, oder als stimmloses „sch“ und hat eine leicht betäubende Wirkung auf das Gehör (Berens 1999).

Neben dem konstant lauten Geräuschpegel lösen plötzliche Geräusche, beispielsweise Monitoralarm oder das abrupte Öffnen der Inkubatorklappen, die oftmals Spitzen von 80 dB erreichen und damit das kontinuierliche Lautstärkelevel deutlich überschreiten (Benini, Magnavita, Lago, Arslan & Pisan 1996), Stressreaktionen bei Frühgeborenen aus, die wiederum eine Auswirkung auf Herzfrequenz, Blutdruck, Sauerstoffbedarf, Atemfrequenz, Glucoseverbrauch, Darmperistaltik und Schlaf haben (Graven 2000; Morris, Philbin & Bose 2000). Bekannte Langzeiteffekte bei Exposition in einer kontinuierlich lauten Umgebung um oder über 60 dB sind Schlafstörungen (Philbin 2000) und spezifische Hörschäden, nachgewiesen beispielsweise bei Schulkindern, deren Mütter während der Schwangerschaft 8 Stunden täglich in einer Umgebung gearbeitet haben, in der sie einem Geräuschpegel zwischen 65 - 85 dB ausgesetzt waren (Daniel & Laciak 1982; Buehler, Als, Duffy, McAnulty & Liederer 1995; Lalande & Lambert 1986; Surenthiran, Wilbraham, May, Chant, Emmerson & Newton 2003). Ebenso wurde bei schwangeren Frauen, die täglich acht Stunden in einer Lautstärkeumgebung von 80 dB verbrachten, eine erhöhte Rate an Frühgeburten beobachtet (Mamelle, Laumon & Lazar 1984).

Aufgrund des konstant lauten Geräuschpegels, dem die Frühgeborenen im geschlossenen Inkubator ausgesetzt sind, stellt sich die Frage, welche Art von sprachlichem Input die Kinder während dieser Zeit rezipieren. Robertson und Mitarbeiter (Robertson, Stuart & Walker 2001) untersuchten die Übertragung der menschlichen Stimme in Abhängigkeit von der Position des Sprechers (sitzend oder stehend), von der Position des Inkubators (offenes oder geschlossenes Fenster) und von der Ventilationsfrequenz des Inkubators. Darüber hinaus wurde gemessen, welcher Frequenzbereich der Stimme im Inkubator hörbar ist. Bei den Messungen sollten der männliche und der weibliche Sprecher die Stimme so anheben, dass der Hintergrundgeräuschpegel der Intensivpflegeeinheit von 55 - 58 dB übertönt würde. Der größte Signalverlust entstand bei stehender Position der Sprecher, bei geschlossenem Inkubatorfenster und hohen Ventilationsfrequenzen. Für eine bestmögliche Übertragung der menschlichen Stimme zum Kind im Inkubator empfahlen die Autoren eine sitzende Position bei geöffneten Inkubatorfenstern. Vor dem Hintergrundgeräuschpegel hoben die Sprecher ihre Stimme um 5 - 10 dB an. Selbst in einem optimalen Zustand, d. h. sitzender Sprecher und geöffnete Inkubatorfenster, wurde bei dem Sprach-Rauschverhältnis von 5 - 10 dB lediglich das mittlere Frequenzspektrum der Sprache über 500 Hz im Inkubator hörbar. Frequenzen unter 500 Hz wurden durch die Motorgeräusche des Inkubators überdeckt.

In einer retrospektiven Befragung von 382 Eltern monolingual aufwachsender Frühgeborener gingen Stromswold und Sheffield (2004) dem Zusammenhang zwischen konstant lauter Exposition auf einer neonatalen Intensivstation und der weiteren Sprachentwicklung nach. Die Eltern sollten dabei einschätzen, wie laut die Intensivstation war, auf der sich ihr Kind während der Neonatalzeit befand. Das mittlere korrigierte Alter der Kinder zum Zeitpunkt der Befragung betrug 39 Monate, davon waren 18 % unter 18 Monate, 40 % waren Kleinkinder im Alter zwischen 18 und 35 Monaten, 23 % waren Vorschulkinder im Alter zwischen 36 und 65 Monaten 19 % waren

Schulkinder über 65 Monate. Das mittlere Gestationsalter dieser Gruppe war 31,8 Wochen (10 % extrem Frühgeborene; 25 % sehr Frühgeborene und 65 % Frühgeborene). 55 % waren männlich und 75 % der Kinder waren Zwillinge. In einer Multiregressionsanalyse wurden unterschiedliche Geräuschpegel unter Berücksichtigung der neonatalen medizinischen Risiken, der Apgar-Werte, der Gesamtkrankenhaustage, der Beatmungstage, des Gestationsalters und des Gewichts im Hinblick auf die Sprachentwicklung, Beginn des Babbelns, erste Wörter, Mehrwortäußerungen und Artikulation untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Kinder, die nach Einschätzung der Eltern in einer lauterer Pflegeeinheit waren, eine bessere Sprachentwicklung hatten als die Kinder, die in einer leisen Pflegeeinheit waren.

Die Autoren erklären dieses Ergebnis damit, dass die Eltern in lauten Pflegeeinheiten ihre Stimme anheben und damit stärker prosodische Parameter akzentuieren, welches auch Newman (Newman 2003) berichtet. Wenn der hohe Geräuschpegel der von Stromswold beschriebenen neonatalen Intensivpflegeeinheiten und das weiße Rauschen im Innern des Inkubators phonemische, semantische und syntaktische Aspekte des sprachlichen Inputs maskieren und eine Exposition dieser Aspekte blockieren und eine Akzentuierung prosodischer Parameter gegeben war, würde dies, bis auf die Exposition zur Frequenz, welche sich intrauterin nur auf den niedrigfrequenten Bereich beschränkt (Abrams & Gerhardt 2000), im wesentlichen den akustischen Gegebenheiten im Mutterleib entsprechen.

Die vorausgegangen Ausführungen haben gezeigt, und darin stimmt die Forschung überein, dass mit sinkendem Geburtsgewicht und Gestationsalter das medizinische Risiko steigt und sich damit die Prognose für die weitere kognitive, motorische und sprachliche Entwicklung verschlechtert. Mit steigendem Gestationsalter nehmen die medizinischen Risiken hingegen ab und die kognitive und sprachliche Entwicklung ist mit der Reifgeborener vergleichbar, wie beispielsweise die Ergebnisse der Mannheimer Risikokinderstudie

zeigen, die eine unauffällige Entwicklung bei Frühgeborenen mit einem Gestationsalter zwischen der 32. und 36. Schwangerschaftswoche im Alter von 4;5 Jahren feststellten.

In den ersten Lebensjahren stellt ein niedriges Gestationsalter offenbar ein größeres Risiko für eine ungünstige kognitive und sprachliche Entwicklung dar als ungünstige soziodemografische Faktoren, die erst mit zunehmendem Alter an Einfluss gewinnen. Aufgrund der dargestellten Befunde wird deutlich, dass bei Untersuchungen zur Sprachentwicklung Frühgeborener berücksichtigt werden muss, dass die Faktoren Gestationsalter, Gewicht, medizinische Risiken und Komplikationen sowie sozioökonomischer Hintergrund und das Geschlecht zu unterschiedlichen Zeitpunkten einen unterschiedlichen Einfluss haben können. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass die Vergleichbarkeit der Studien durch die Verwendung unterschiedlicher Testinstrumente zusätzlich erschwert wird. Je nach Testinstrument wurden mitunter in der gleichen Population unterschiedliche Schweregrade beispielsweise der motorischen Behinderung festgestellt (Foulder-Hughes & Cooke 2003).

2.3 Befunde zum Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener

Das folgende Kapitel widmet sich dem Spracherwerb sehr untergewichtiger Frühgeborener. Dabei werden von der Lautentwicklung bis zum Grammatikerwerb sowohl unauffällige als auch auffällige Spracherwerbsbefunde vorgestellt. Im Allgemeinen lag bei den hier referierten Studien das korrigierte Alter zu Grunde. Wurden die Kinder zum chronologischen Alter getestet, wird an der Stelle explizit darauf hin gewiesen.

2.3.1 Befunde auffälliger Schrei- und Lautentwicklung

Im Gegensatz zu den Schreien reifer Neugeborener, die unterschiedliche Affektzustände anzeigen und gut zu unterscheiden sind, sind die Schreie frühgeborener Säuglinge in ihrer Bedeutung weniger eindeutig und ihre Interpretation bereitet den Müttern Schwierigkeiten (Worchel & Allen 1997; Goberman & Robb 1999). Schreie Frühgeborener ähneln denen zerebralgeschädigter Säuglinge und zeigen charakteristische Merkmale in bestimmten Schreiparametern, insbesondere in der Grundfrequenz und der Tonhöhe (Michelsson 1971).

Menyuk und Mitarbeiter (Menyuk, Liebergott & Schultz 1995) stellten im ersten und dritten Lebensmonat zwischen Früh- und Reifgeborenen ein prosodisch unterschiedliches Schreimuster fest. Während die reifgeborenen Säuglinge den ersten Schreibogen stärker betonten und den zweiten weniger, fand sich bei den frühgeborenen Säuglingen das umgekehrte Muster, sie betonten den ersten Schreibogen weniger und den zweiten stärker (ebd., S. 56). Zwischen dem qualitativ anderen Schreimuster und der frühen Wortschatzentwicklung der Frühgeborenen konnte jedoch kein Zusammenhang festgestellt werden.

Eilers und Mitarbeiter (Eilers, Oller, Levine, Basinger, Lynch & Urbano 1993) untersuchten Anfang der 90er Jahre den Beginn des kanonischen Babbels (Silbenwiederholung wie ba ba oder ga ga) an einer Gruppe von 20 sehr untergewichtigen Frühgeborenen (1400 g und 2100 g). In dieser Studie wurden die meisten Komplikationen, die mit der Frühgeburtlichkeit einhergehen, ausgeschlossen und nur solche Frühgeborenen eingeschlossen, deren Apgar-Wert nicht < 7 war. Damit liegt hier eine sehr homogene Gruppe Frühgeborener vor. Die Ergebnisse wurden bezüglich des chronologischen und des korrigierten Alters interpretiert. Wurde das chronologische Alter der Frühgeborenen zugrundegelegt, war der Beginn des kanonischen Babbels bei den Frühgeborenen signifikant später als bei den Reifgeborenen. Wurde jedoch um die Zeit des zu früh Geborens korrigiert, schnitten die Frühgeborenen nicht schlechter als die Reifge-

borenen ab und das kanonische Babbeln begann sogar früher. Eilers und Mitarbeiter erklären den frühen Beginn des kanonischen Babbels bei Frühgeborenen im korrigierten Alter zum einen damit, dass diese Kinder im Vergleich zu den Reifgeborenen ihre Stimme früher hören und damit früher ihr stimmliches Repertoire ausprobieren können, und zum anderen argumentieren sie, dass die Entwicklung des phonologischen Systems biologisch determiniert sei, da es relativ stabil bezüglich vorgeburtlicher Veränderungen ist.

Neuere Untersuchungen stellten eine Verzögerung bezüglich der Diskriminationsleistung bei Vokalen fest (Bosch, Figueras, Iriando & Póo 2008). Achtzehn sehr untergewichtigen bilingual spanisch-katalanisch aufwachsenden Frühgeborenen wurden im korrigierten Alter von vier und acht Monaten zwei unterschiedliche Zweisilber *dodidi* dargeboten. Die Frühgeborenen diskriminierten die unterschiedlichen Vokale erst mit acht Monaten, nicht jedoch mit vier Monaten, während die reifgeborene Kontrollgruppe sowohl mit vier als auch mit acht Monaten diskriminierte. Präsentierte man den Frühgeborenen die unterschiedlichen Vokale als Einsilber, konnten sie diese dann auch im Alter von vier Monaten voneinander unterscheiden. Eine zweite Frage dieser Untersuchung war es, ob die bilingualen Frühgeborenen mit vier Monaten die beiden rhythmisch ähnlichen Sprachen voneinander unterscheiden können. Von der reifgeborenen Kontrollgruppe zeigten 46% eine kürzere Orientierungszeit für die dominante Sprache und 54% präferierten die nicht-dominante Sprache. Die Frühgeborenen zeigten keine Präferenzen. Die kürzere Orientierungszeit könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Reifgeborenen die für sie dominante Sprache bereits verinnerlicht haben und für die nicht dominante Sprache einen höheren Verarbeitungsaufwand und damit eine längere Orientierungszeit benötigen. Die Frühgeborenen hingegen zeigen keinerlei Unterschiede in den Orientierungszeiten und damit im Vergleich zu den Reifgeborenen eine Verzögerung in der Verarbeitung und Diskrimination der beiden unterschiedlichen Sprachen.

2.3.2 Befunde eines unauffälligen Erwerbs des Lexikons bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)

Menyuk und Mitarbeiter (Menyuk, Liebergott, Schultz, Chesnick & Ferrier 1991; Menyuk, Liebergott & Schultz 1995) untersuchten Ende der 80er Jahre eine Gruppe von 28 Frühgeborenen vom Zeitpunkt der Geburt bis zum dritten Lebensjahr. Das Gewicht der Frühgeborenen reichte von 794 - 2500 g, und 12 waren sehr untergewichtig (VLBW). Das Gestationsalter wird lediglich mit „< 37 SSW“ angegeben, der Range ist nicht bekannt. Als medizinische Risikofaktoren, die eine schlechte Entwicklung prognostizieren, werden bei den hier untersuchten Frühgeborenen unter anderen genannt: Hirnblutungen, Atemnotsyndrom und ein niedriger Apgar-Wert. Da das Risiko einer schlechten Entwicklung von dem Schweregrad der Hirnblutung und von der Stärke des Atemnotsyndroms abhängt, kann keine explizite Aussage über den Schweregrad des medizinischen Risikos gemacht werden. Bei den in dieser Studie untersuchten Frühgeborenen lag der Apgar-Wert mit 5 Minuten zwischen 1 und 9 im Gegensatz zu den Reifgeborenen, deren Apgar-Wert zwischen 7 und 10 lag. Damit liegt hier eine sehr inhomogene Gruppe Frühgeborener vor, die sich bezüglich des Gewichts und bezüglich der medizinischen Risiken stark voneinander unterscheiden.

Menyuk interpretiert ihre Ergebnisse sowohl vor dem chronologischen als auch vor dem korrigierten Alter. Obwohl die Frühgeborenen im chronologischen Alter in allen kognitiven und psychologischen Messungen im Normbereich lagen, zeigten sie mit 13 Monaten in der Motorik signifikant schlechtere Ergebnisse als die Reifgeborenen und ebenso in den kognitiven und psychologischen Messungen im Alter von 20, 30 und 36 Monaten. Wendete man das korrigierte Alter an, nivellierten sich diese Unterschiede. Die Untergruppe der 12 sehr untergewichtigen Frühgeborenen lag allerdings in allen kognitiven Entwicklungstestungen 3,5 Monate hinter den Reifgeborenen (Menyuk, Liebergott, Schultz, Chesnick & Ferrier 1991).

Die lexikalische Entwicklung der Kinder wurde von den Müttern in Tagebuchaufzeichnungen dokumentiert. Die Frühgeborenen unterschieden sich im zweiten Lebensjahr hinsichtlich ihrer lexikalischen Entwicklung nicht von den Reifgeborenen. Der rezeptive Wortschatz der Frühgeborenen umfasste ebenso wie der Wortschatz der Reifgeborenen im chronologischen Alter von 14 Monaten durchschnittlich 50 Wörter und im Alter von 16,6 Monaten 100 Wörter. Der produktive Wortschatz umfasste bei beiden Gruppen durchschnittlich mit 19 Monaten 50 Wörter.

Korrigierte man das Untersuchungsalter um die Zeit, die die Kinder zu früh geboren waren, erreichten die Frühgeborenen die 50- und 100-Wort-Schwelle des Wortverständnisses und die 50-Wort-Schwelle der Wortproduktion sogar signifikant früher als die Reifgeborenen. Auch die Subgruppe der zwölf sehr untergewichtigen Frühgeborenen unterschied sich in ihrer lexikalischen Entwicklung nicht von den Reifgeborenen. Die sehr untergewichtigen Frühgeborenen lagen lediglich in dem Alter, als sie 10 Wörter verstanden, ca. 1,5 Monate hinter den Reifgeborenen. Interessanterweise waren die Frühgeborenen in der Erwerbsrate des Wortverständnisses (25,8 Wörter pro Monat) schneller als die Reifgeborenen (17,6 Wörter pro Monat) (Mennyuk, Liebergott, Schultz, Chesnick & Ferrier 1991). Es waren keine Unterschiede innerhalb der Gruppen Früh- versus Reifgeborene festzustellen, wohl aber intraindividuelle Unterschiede, d. h. Kinder, die die 100-Wort-Schwelle im Wortverständnis früh erreicht hatten, erreichten auch die 50-Wort-Schwelle in der Wortproduktion früh (Mennyuk, Liebergott & Schultz 1995, S. 89). Die unauffällige Lexikonalentwicklung der Frühgeborenen in dieser Studie ist insofern erstaunlich, als die Gruppe der sehr untergewichtigen Frühgeborenen, die immerhin fast die Hälfte der Gesamtgruppe ausmachte, bis zum korrigierten Alter von 3 Jahren in allen kognitiven Tests 3,5 Monate hinter der Entwicklung der Reifgeborenen zurücklag.

Auch die Befunde von Ment und Mitarbeitern (Ment, Vohr, Alan, Karol, Katz, Schneider & Makuch 2003) sprechen für einen unauffälli-

gen Lexikonerwerb bei Frühgeborenen. Untersucht wurden 505 extrem und sehr untergewichtige Frühgeborene, die nach dem Gewicht klassifiziert wurden, das zwischen 600 g und 1250 g lag. Die Kinder wurden zwischen 1989 und 1992 in den USA geboren. Überprüft werden sollte die Hypothese, ob sich die verbalen und kognitiven Fähigkeiten sehr kleiner Frühgeborener im Verlauf der frühen Kindheit aufgrund kompensatorischer Prozesse des heranreifenden Gehirns verbessern. Dazu wurde die Entwicklung kognitiver und sprachlicher Fähigkeiten im korrigierten Alter von 36, 54, 72 und 96 Monaten mit dem *Peabody Picture Vocabulary Test* untersucht. Unmittelbar nach der Geburt erhielten alle Frühgeborene eine kraniale Ultraschalluntersuchung, um das Vorliegen einer intraventrikulären Hirnblutung (IVH) zu überprüfen. Entsprechend den Befunden wurde der größte Teil der Frühgeborenen in IVH-negativ (N = 431), respektive ein kleinerer Teil in IVH-früh positiv (N = 74) eingeteilt.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich die verbalen Leistungen aller Frühgeborener im Verlauf vom dritten bis zum achten Lebensjahr verbesserten, wobei die Leistungen der IVH negativ-Gruppe im Mittel tendenziell besser waren als die der IVH früh positiv-Gruppe. Verbale und kognitive Leistungsverbesserungen interagierten unter anderem aber auch damit, ob die Mutter allein erziehend war oder ob beide Elternteile zusammenlebten. Weiterhin bestand auch ein direkter Zusammenhang zwischen einer allgemeinen Leistungsverbesserung der Frühgeborenen und der mütterlichen Schulbildung; die Mütter, die keinen high school-Abschluss hatten, nahmen signifikant weniger unterstützende Therapien und Nachsorgekonzepte wahr.

Kiese-Himmel (2005) untersuchte mit dem Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder (SETK-2) (Grimm, Aktas & Frever 2000) eine Gruppe von 39 Frühgeborenen im chronologischen Alter von zwei Jahren, deren Gestationsalter von der 25. bis zur 34. SSW und deren Geburtsgewicht von 390 g bis 2590 g reichte. Die Frühgeborenen waren Ende der 90er Jahre geboren und ohne neurologische Auffälligkeiten. Die Gesamtgruppe der Frühgeborenen lag in fast allen Berei-

chen des SETK im Normbereich. Sowohl der Beginn der Wortproduktion (59 % aller Frühgeborenen) als auch der Beginn der Zwei-Wort-Kombination waren altersgerecht, ebenso Wortperzeption (84 %) und Satzperzeption (70 %). Lediglich bei der Satzproduktion erzielte nur ein Drittel der Frühgeborenen (31 %) normgerechte Ergebnisse. Während die perzeptiven Sprachleistungen altersgemäß entwickelt waren, lag die Wortproduktion im unteren Normbereich und die Satzproduktion war unterdurchschnittlich. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass Mehrlinge mit einbezogen wurden, die eventuell auch zu dem Ergebnis der verzögerten Sprachproduktion beigetragen haben könnten. Bei der Bildung von Subgruppen zeigte sich, dass die sehr untergewichtigen Frühgeborenen < 1500 g, verglichen mit den Frühgeborenen > 1500 g, im Schnitt 1,5 Monate später mit dem freien Laufen begannen und 4,2 Monate später Zwei-Wort-Kombinationen bildeten.

Die Untersuchung von Sansavini und Mitarbeitern mit einer Gruppe sehr untergewichtiger Italienisch sprechender Kinder (Sansavini, Guarini, Alessandroni, Faldella, Giovaneli & Salvioli 2006) stellte eine unauffällige, altersentsprechende Entwicklung des Lexikons und der Grammatik im Alter von 2;6 Jahren fest. Sansavini und Mitarbeiter berichteten in ihren Daten von einer großen interindividuellen Variabilität und überprüften, ob die Variabilität mit den biologischen Variablen Geburtsgewicht, Gestationsalter und Geschlecht oder sozioökonomischen Variablen wie Bildungsstand der Eltern korrelierte. Während der Bildungsstand der Eltern keinen Effekt zeigte, hatten die biologischen Variablen einen Einfluss auf die Lexikonentwicklung. Die männlichen extrem untergewichtigen Frühgeborenen mit extrem niedrigen Gestationsalter zeigten eine leichte Verzögerung im Lexikonerwerb und im Erwerb der Grammatik.

2.3.3 Befunde eines verzögerten oder abweichenden Erwerbs des Lexikons bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)

Briscoe und Mitarbeiter (Briscoe, Gathercole & Marlow 1998) untersuchten sehr untergewichtige Frühgeborene im Alter von drei und vier Jahren, die in den Jahren 1991 und 1992 geboren wurden. Im Vergleich zur reifgeborenen Kontrollgruppe schnitten die Frühgeborenen bei Aufgaben zum phonologischen Kurzzeitgedächtnis sowie in Wortverständnisleistungen und Wortproduktion schlechter ab.

Rushe und Mitarbeiter (Rushe, Rifkin, Stewart, Townsend, Roth, Wyatt & Murray 2001) untersuchten 75 ehemals sehr untergewichtige Frühgeborene im Alter von 14 und 15 Jahren. Von der untersuchten Gruppe zeigten 55 % eine abweichende Hirnphysiognomie, wie ventrikuläre Erweiterungen oder Atrophien im Bereich des Corpus Callosum, welches die beiden Hirnhälften miteinander verbindet. Trotz der auffälligen Hirnbefunde lagen die Fähigkeiten der ehemaligen Frühgeborenen in den Bereichen Aufmerksamkeit, verbale Gedächtnisleistungen, visuell-motorische Leistungen sowie Lesen und Buchstabieren innerhalb der Norm. In der Wortproduktion waren die Leistungen jedoch auffallend schlechter im Vergleich zur reifgeborenen Kontrollgruppe.

Neueste Befunde (Luu, Vohr, Schneider, Katz, Tucker, Allan & Ment 2009) zeigen auch wieder verzögerte Leistungen innerhalb des perzeptiven Lexikons, welche aber auch direkt mit Hirnblutungen oder geringer mütterlicher Schulbildung korrelieren. Der hier verwendete *Peabody Picture Vocabulary Test* ergab, dass sich das Wortverständnis bei Frühgeborenen mit einer schwerwiegenden Hirnblutung (IVH > II) zwischen dem dritten und zwölften Lebensjahr langsamer entwickelte als bei Frühgeborenen, die keine oder nur eine geringe Hirnblutung erlitten hatten. Leider fehlt hier der Vergleich mit einer Kontrollgruppe Reifgeborener, da es in dieser Studie primär um die Wirkung eines Medikamentes zur Prävention bei Hirnblutungen ging. Es zeigte sich jedoch, dass die frühgeborenen Mädchen, die medika-

mentös nicht präventiv behandelt wurden, im Alter von drei und viereinhalb Jahren im Wortverständnis eine Standardabweichung unter der Norm lagen, was jedoch ab dem sechsten Lebensjahr nicht mehr der Fall war.

2.3.4 Befunde eines unauffälligen Grammatikerwerbs bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)

Für einen unauffälligen Spracherwerb bei Frühgeborenen sprechen wiederum die Befunde von Menyuk und Mitarbeitern (Menyuk, Liebergott & Schultz 1995), die auch im morpho-syntaktischen Bereich keine Unterschiede zwischen Früh- und Reifgeborenen feststellten. Untersucht wurde im dritten Lebensjahr die durchschnittliche Länge der Äußerungen (*mean length of utterance – MLU*), die als Maß der syntaktischen Entwicklung verwendet wird (Miller & Chapman 1981; Scarborough & et al. 1986; Scarborough, Rescorla, Tager-Flusberg, Fowler & Sudhalter 1991; Rescorla, Dahlsgaard & Roberts 2000). Dabei zeigten die Frühgeborenen im Alter von 20, 25, 29 und 35 Monaten keinen Unterschied zu den Reifgeborenen (Menyuk, Liebergott & Schultz 1995, S. 107). Auch die sehr kleinen Frühgeborenen unterschieden sich nicht von den Reifgeborenen. Mit 27 Monaten wurde das Satzverständnis getestet. Dabei war nicht so sehr die Länge des Satzes ausschlaggebend für das Verständnis, als vielmehr die Komplexität der Satzstruktur, beispielsweise, wenn ein Satz Subjekt, Verb, Objekt und Präpositionalphrase beinhaltet (ebd., S. 117ff). Die Gesamtgruppe der Frühgeborenen verstand im Mittel 51,9 % (SD = 27,07) der Sätze richtig und unterschied sich damit nicht von den Reifgeborenen, die im Mittel 54,2 % (SD = 23,5) der Sätze richtig verstanden. Obwohl die Untergruppe der 12 sehr kleinen Frühgeborenen lediglich 39,3 % der Sätze richtig verstand (ebd., S. 117f), zeigte sich jedoch auch hier im Vergleich zu den Reifgeborenen kein signifikanter Unterschied, was mit der großen Variabilität der Daten erklärt wurde.

Im Alter von 25, 29 und 35 Monaten untersuchten Menyuk und Mitarbeiter den Erwerb morphologischer Marker. Morphologische Marker können im Deutschen Kasus, Numerus, Genus und Tempus bestimmen oder auch den Besitz anzeigen, das ist *meins*, oder im englischsprachigen Raum, wie in der Untersuchung von Menyuk ersichtlich wird, die Pluralmarkierung *s* oder die Markierung der Vergangenheit *ed* (ebd., S. 127ff). Weder die Frühgeborenen als Gesamtgruppe noch die Untergruppe der sehr kleinen Frühgeborenen unterschieden sich im Erwerbsalter von den Reifgeborenen. Wie schon beim Erreichen der 50- und 100-Wort-Schwelle zeigten sich auch beim Erwerb der morphologischen Marker eine individuelle sprachliche Entwicklungsrate, die nicht auf die Gruppenzugehörigkeit (früh- versus reifgeboren) zurückzuführen war.

2.3.5 Befunde eines verzögerten oder abweichenden Grammatikerwerbs bei sehr untergewichtigen Frühgeborenen (VLBW)

Einen von der Norm abweichenden Grammatikerwerb fanden Rice und Mitarbeiter (Rice, Spitz & O'Brien 1999) im Alter von vier Jahren bei ehemals sehr untergewichtigen Frühgeborenen. Von den 69 untersuchten Frühgeborenen lagen 46 % bei lexikalischen und semantischen Verständnisaufgaben eine Standardabweichung und 22 % zwei Standardabweichungen unter dem Normbereich. Auch eine Beeinträchtigung im morpho-syntaktischen Bereich lag vor. Bei der Markierung von Vergangenheitsformen (past-tense marking) lagen 59 % der Frühgeborenen eine Standardabweichung unter dem Normbereich. Die erwartete MLU für Morpheme, die im Alter von vier Jahren nach Leadholm und Miller (Leadholm & Miller 1992) mit 4,22 angegeben wird, wurde von zehn Frühgeborenen mit einer Standardabweichung unterschritten. Ein niedriger mütterlicher Bildungsstand korrelierte mit den Beeinträchtigungen im lexikalischen und semantischen Bereich, jedoch nicht mit den unter der Norm liegenden Leistungen im morpho-syntaktischen Bereich. Es konnte

kein Einfluss der medizinischen Risiken, hier in der Hauptsache Atemnotsyndrom (RDS) und Sauerstoffmangel bei Geburt (Asphyxie) auf die sprachlichen Leistungen nachgewiesen werden.

Le Normand und Mitarbeiter (Le Normand & Cohen 1999) untersuchten bei 51 Frühgeborenen im Alter von 3;6 und 5 Jahren die Wortproduktion. Im Einzelnen wurde in einer standardisierten Spielsituation die Spontanproduktion konjugierter Verben (drink, run, sleep), Hilfsverben (have, be) sowie nicht-finitiver Verben überprüft. Die Gruppe der Frühgeborenen wurden unterteilt in extrem untergewichtige, sehr untergewichtige und untergewichtige Frühgeborene. Unabhängig vom Gestationsalter schnitten die Frühgeborenen in der Verbproduktion generell schlechter ab, d. h. sie benutzten alle drei Verbtypen signifikant weniger als die Kontrollgruppe der Reifgeborenen. Es ist nicht auszuschließen, dass die geringere Verbproduktion wesentlich von den sieben Frühgeborenen mit der Diagnose *small for gestational age* (SGA) beeinflusst wurde, da Wachstumsretardierung zu den medizinischen Risikofaktoren gehört, die am stärksten eine schlechte kognitive und sprachliche Entwicklung prognostizieren.

Crunelle und Mitarbeiter (Crunelle, LeNorman & Delfosse 2003) stellten bei 28 % der 50 von ihnen untersuchten ehemals sehr kleinen Frühgeborenen Schwierigkeiten in der Sprachproduktion fest, welche auch hier wieder mit einer geringeren mütterlichen Bildung in Zusammenhang gebracht werden konnte. Im Alter von 3,5 und 5 Jahren zeigten die Frühgeborenen im Vergleich zu der Kontrollgruppe der Reifgeborenen eine geringere MLU und produzierten signifikant weniger Auxiliar- und Modalverben.

Gayraud und Mitarbeiter (Gayraud & Kern 2007) untersuchten eine Kohorte von 323 Frühgeborenen und 166 Reifgeborenen im Alter von 24 Monaten. Die Autoren unterteilten die Gruppe der Frühgeborenen nach Gestationsalter in drei Gruppen (Frühgeborene, sehr Frühgeborene und extrem Frühgeborene). Sehr und extrem Frühgeborene hatten ein kleineres Lexikon und produzierten weniger Verben und

Adjektive sowie weniger closed-class items (Präpositionen, Artikel, Konjunktionen, Pronomen) als die reifgeborene Kontrollgruppe. Die extrem Frühgeborenen produzierten zudem im Vergleich zu den anderen Frühgeborenen und zu den Reifgeborenen mehr Nomen und Onomatopoeica, was auf einen verzögerten Spracherwerb hinweist, da mehrere Befunde zeigen, dass zu Beginn des Lexikonerwerbs oftmals die zuletzt genannten Kategorien vorherrschen, während beispielsweise closed-class items später erworben werden, wenn die Kinder bereits über ein größeres lexikalisches Wissen verfügen (Fenson, Dale, Reznick, Thal, Bates, Hartung, Pethick & Reilly 1993; Caselli, Bates, Casadio, Fenson, Fenson, Sanderl & Weir 1995; Bassano, Eme & Champaud 2005). Auch in der Untersuchung von Gayraud und Mitarbeitern (Gayraud & Kern 2007) wurde eine geringere MLU der Frühgeborenen gegenüber den Reifgeborenen festgestellt, wobei die Gruppe der extrem Frühgeborenen das schlechteste Ergebnis zeigte.

Im Gegensatz zu den sehr Frühgeborenen, die in den meisten grammatischen Bereichen beeinträchtigt waren, und den extrem Frühgeborenen, die in allen grammatischen Bereichen beeinträchtigt waren, zeigten die Frühgeborenen (in dieser Untersuchung mit einem Gestationsalter zwischen der 33. und 36. Schwangerschaftswoche) im Vergleich zu der reifgeborenen Kontrollgruppe keine Abweichungen im Grammatikerwerb. Während das Gestationsalter als medizinischer Risikofaktor in dieser Untersuchung einen Einfluss auf die Sprachentwicklung hatte, konnte kein Einfluss der mütterlichen Bildung auf die Sprachentwicklung im Alter von 24 Monaten nachgewiesen werden.

Die bisher dargestellten Untersuchungen verdeutlichen ebenfalls, wie inhomogenes Gestationsalter, medizinische Risikofaktoren, Geschlecht und soziodemografische Faktoren das Ergebnis der Untersuchungen beeinflussen können, was es schwierig macht, eine allgemeine Aussage zum Spracherwerb Frühgeborener zu treffen.

2.3.6 Befunde unauffälliger Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen

Die Informationsverarbeitung ist einer der am häufigsten untersuchten Bereiche innerhalb kognitiver und sprachlicher Untersuchungen Frühgeborener. Im Zusammenhang mit der Informationsverarbeitung wird auch die Dauer des *Interstimulus-Intervalls* (ISI) diskutiert. Aufgrund der Tatsache, dass auch für die Untersuchungen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, Interstimulus-Intervalle für die akustischen Darbietungen gewählt werden mussten, soll im folgenden Kapitel kurz auf den Stand der Forschung dazu eingegangen werden.

Das *Interstimulus-Intervall* (ISI) bezeichnet die Zeit, die zwischen dem Ende eines Reizes und dem Beginn des nächsten vergeht. Die Bedeutung des ISI soll anhand des Gedächtnisspurenmodells und der Entstehung der *Mismatch Negativity* (MMN) erklärt werden.

Näätänen und Mitarbeiter (Näätänen, Paavilainen, Alho, Reinikainen & Sams 1989) gehen in ihren Überlegungen davon aus, dass bei wiederholter Darbietung beispielsweise eines akustischen Reizes eine neuronale Repräsentation bzw. eine Gedächtnisspur angelegt wird, in der die akustischen Merkmale für kurze Zeit gespeichert werden. Ein neuer akustischer Reiz wird automatisch mit der bereits vorhandenen Gedächtnisspur verglichen. Stimmen die gespeicherten Merkmale der akustischen Informationen mit dem neu dargebotenen Reiz nicht überein, wird dieser detektiert, und es kommt bei elektrophysiologischen Messungen zu einer negativen ereigniskorrelierten Komponente, die als *Mismatch Negativity* (MMN) bezeichnet wird. Mehrere Untersuchungen konnten nachweisen, dass die auditive Verarbeitung eines neuen Reizes von der Dauer des ISI abhängig ist (Näätänen 1992; Livingstone 1993). Während bei Erwachsenen bei einem ISI von bis zu 10 s eine MMN nachgewiesen werden konnte (Lauer 1999), muss bei Kindern das ISI wesentlich kürzer gesetzt werden, um eine Mismatch Response zu erhalten.

Dies führte zu der Vermutung, dass die Speicherung von Information unter anderem vom Grad der Hirnreifung abhängig ist.

Cheour und Mitarbeiter (Cheour, Čeponienė, Lepäänen, Alho, Kujala, Rendlund, Fellmann & Näätänen 2002) konnten bei reifen Neugeborenen zwischen dem ersten und vierten Lebenstag mit einem ISI von 800 ms eine MMN generieren. Eine MMN zeigte sich jedoch weder bei einem ISI von 450 ms noch bei 1500 ms, was darauf hindeutet, dass das ISI weder zu kurz noch zu lang sein darf, da die Information möglicherweise sonst nicht auditorisch verarbeitet werden kann. Im Alter von drei und sechs Monaten konnte bei gesunden Reifgeborenen bei einem ISI von 600 ms eine MMN evoziert werden (Dehaene-Lambertz 2000; Leppänen, Richardson, Pihko, Eklund, Guttorm, Aro & Lyytinen 2002).

Cheour und Mitarbeiter (Cheour, Alho, Čeponienė, Reinikainen, Sainio, Pohjvuori, Aaltonen & Näätänen 1998) verglichen die MMN-Response auf unterschiedliche Sprachstimuli mit einem ISI von 800 ms bei Frühgeborenen zwischen der 30. und 35. Schwangerschaftswoche (geboren zwischen der 25. und 30. Gestationswoche), reifen Neugeborenen zwischen dem ersten und fünften Lebenstag und drei Monate alten Reifgeborenen. Alle drei Gruppen zeigten eine MMN-Response zwischen 100 ms und 300 ms. Die Amplitude der MMN bei Früh- und Reifgeborenen zeigte keinen Alterseffekt.

Auch die Untersuchung von Stolarova und Mitarbeitern (Stolarova et al. 2003) weist darauf hin, dass nach entsprechender Alterskorrektur Früh- und Reifgeborene einen ähnlichen neuronalen Reifungsgrad aufweisen. Untersucht wurden 20 Frühgeborene, die mit einem Gestationsalter zwischen der 31. und 33. SSW geboren wurden, im chronologischen Alter von sechs bzw. im korrigierten Alter von vier Monaten. Diese wurden mit sechs und vier Monate alten Reifgeborenen verglichen. Bei den Frühgeborenen wurden ausschließlich Kinder ohne medizinische Komplikationen einbezogen. In einer visuellen Wiedererkennungsaufgabe wurde eine *Negative Centrale Komponente (Nc)* evoziert. Die Latenz und Topographie der *Nc*, welche grundlegende Orientierungsprozesse anzeigt, war ähnlich bei den Frühgeborenen im korrigierten Alter von vier Monaten und den

Reifgeborenen im Alter von vier Monaten. Sie unterschied sich jedoch, wenn bei den Frühgeborenen das chronologische Alter zugrunde gelegt wurde oder wenn die Frühgeborenen mit den sechs Monate alten Reifgeborenen verglichen wurden.

Die Autoren interpretierten das Ergebnis dahingehend, dass die Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von vier Monaten der Informationsverarbeitung der altersgleichen vier Monate alten Reifgeborenen entspreche und damit keine Verzögerung oder Beeinträchtigung vorliege. Die Hirnentwicklung folge in diesem frühen Stadium vielmehr ihrer natürlichen Reifungsspur (*maturational trajectory*) und sei weniger von der Erfahrung oder der Frühgeburtlichkeit abhängig. Für diese Annahme spricht auch der Befund von Cheour und Mitarbeitern (Cheour-Luhtanen, Alho, Sainio, Rinne, Reinikainen, Pohjavuori, Renlund, Aaltonen, Eerola & Näätänen 1996), die bei neurologisch unauffälligen Frühgeborenen mit einem mittleren Gestationsalter von 32 Wochen (zum Zeitpunkt der Testung) feststellten, dass die MMN auf den devianten Vokal /i/ in Morphologie und Topografie der MMN Reifgeborener entspricht. Die Speicherung und Verarbeitung von Reizen innerhalb zeitlicher Intervalle scheint somit einer Entwicklung zu unterliegen. Während bei Erwachsenen nach Reizdarbietung eine Gedächtnisspur von bis zu zehn Sekunden nachgewiesen werden konnte, verblasst die Gedächtnisspur bei Neugeborenen und Säuglingen bereits nach 600 - 800 ms, wesentlich schneller. Bei der kortikalen Reifung konnte bezüglich der Informationsverarbeitung zwischen Frühgeborenen ohne medizinische Risiken und Reifgeborenen im ersten Lebensjahr kein Unterschied festgestellt werden.

2.3.7 Befunde von Auffälligkeiten innerhalb der Informationsverarbeitung und des Gedächtnisses bei Frühgeborenen

Verzögerte Informationsverarbeitung, *processing speed*, ist eines der bekanntesten und oft dokumentierten Probleme von Frühgeborenen im Vorschul- und Schulalter, und die zahlreichen Befunde stehen im

Kontrast zu der zuvor dargestellten maturational gleichen und damit unauffälligen kortikalen Reaktion Frühgeborener gegenüber Reifgeborenen innerhalb der Informationsverarbeitung im ersten halben Lebensjahr (Rose & Feldman 1996, 1997; Rose, Feldman & Jankowski 2001, 2005; Rose, Feldman, Jankowski & Caro 2002; Rose, Feldman, Jankowski & Van Rossem 2005; Gomot, Bruneau, Laurent, Barthélemy & Saliba 2007; Mikkola, Kushnerenko, Partanen, Serenius-Sirve, Leipälä, Huotilainen & Felman 2007).

Allgemein ist zu sagen, dass die Beeinträchtigungen in der Informationsverarbeitung dabei sowohl innerhalb der auditiven als auch innerhalb der visuellen Verarbeitung sowie bei cross-modalen Verarbeitungsleistungen zu beobachten sind. Bei den Studien zur Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen sind jedoch lediglich Studien bekannt, die Frühgeborene mit medizinischen Komplikationen eingeschlossen haben, die oftmals in einen direkten Zusammenhang mit einer verzögerten Informationsverarbeitung gebracht werden. Eine Aussage zur Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen ohne medizinische Komplikationen kann daher bisher nicht getroffen werden.

Störungen in der auditiven Verarbeitung äußern sich beispielsweise in einer verzögerten phonologischen Verarbeitung (Jansson-Verkasalo et al. 2004). Zwölf sehr untergewichtige Frühgeborene, die zwischen 1993 und 1995 geboren wurden, wurden im sechsten Lebensjahr einer behavioralen Objekt-Benennungsaufgabe und einer elektrophysiologischen Messung unterzogen, in der den Kindern phonologisch unterschiedliche Einsilber dargeboten wurden. Im Vergleich zu den Reifgeborenen schnitten die Frühgeborenen in den Benennungsaufgaben signifikant schlechter ab und zeigten eine reduzierte Mismatch response (MMN) bei der phonologischen Verarbeitungsaufgabe.

Mit dem bildgebenden Verfahren der Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) wurden bei neurologisch unauffälligen, ehemals sehr untergewichtigen Frühgeborenen im siebten Lebensjahr hirnpophysio-

logische Veränderungen gezeigt, die in einem beidseitig kleineren Hippocampus bestand (Isaacs, Lucas, Chong, Wood, Johnson, Marshall, Vargha-Khadem & Gadian 2000). In Memorisierungsaufgaben zeigten sich spezifische Defizite und die Frühgeborenen unterschieden sich signifikant in ihren Gedächtnisleistungen von der Kontrollgruppe der Reifgeborenen.

Auch elektrophysiologische Untersuchungen weisen auf hirnpfysiologische Beeinträchtigungen hin, die eine Auswirkung auf die auditive Informationsverarbeitung haben. So stellten Mikkola und Mitarbeiter (Mikkola, Kushnerenko, Partanen, Serenius-Sirve, Leipälä, Huotilainen & Felman 2007) bei Frühgeborenen im Alter von fünf Jahren eine verkleinerte Amplitude einer Positivierung fest, die nach 100 ms (P1) als Reaktion auf einen neuen auditiven Reiz erschien. Untersucht wurden 37 sehr untergewichtige Frühgeborene, die zwischen 1998 und 2000 in Finnland geboren wurden. Alle Kinder hatten ernsthafte medizinische Beeinträchtigungen. Aus Untersuchungen mit Erwachsenen ist bekannt, dass die P1 in der so genannten Heschel-Querwindung generiert wird und auditorische Prozesse reflektiert (Liegeois-Chauvel, Musolino, Badier, Marquis & Chauvel 1994; Godey, Schwartz, de Graaf, Chauvel & Liegeois-Chauvel 2001). Die Amplitude der P1 vergrößert sich mit zunehmender Reife des Kindes bis zum zehnten Lebensjahr (Ponton, Eggermont, Kwong & Don 2000; Ceponiene, Rinne & Näätänen 2002). Die Autoren vermuten bei der verminderten P1 der Frühgeborenen daher ebenfalls eine Beeinträchtigung innerhalb des auditorischen Verarbeitungsprozesses.

Ebenso vermuteten auch Gomot und Mitarbeiter (Gomot, Bruneau, Laurent, Barthélémy & Saliba 2007) aufgrund ihrer Ergebnisse eine Beeinträchtigung innerhalb auditorischer Verarbeitungsprozesse bei Frühgeborenen. Fünfzehn ehemals sehr untergewichtige Frühgeborene zeigten im Alter von neun Jahren unter einer Reihe sich wiederholender Standard-Töne, die von einem Devianten-Ton unterbrochen wurden, im Vergleich zu Reifgeborenen eine kleinere Amplitu-

de einer Negativierung bei 250 ms (N250), die mit einer geringeren zerebralen Aktivität frontal und links temporal einherging.

Eine der ersten Arbeitsgruppen, die sich mit Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen beschäftigte, ist die Gruppe von Susan Rose. Sie rekrutierte bereits zwischen 1979 und 1981 63 sehr untergewichtige Frühgeborene und verglich diese mit 46 Reifgeborenen (Rose, Feldman, Wallace & McCarton 1989; Rose, Feldman & Wallace 1992). Untersucht wurden im Alter von sieben Monaten visuelle Behaltens- und Gedächtnisleistungen (visual recognition memory), cross-modale Verarbeitungsleistungen und Objektpermanenz im Alter von zwölf Monaten, um diese im Alter von sechs Jahren mit verschiedenen kognitiven Fähigkeiten, allgemeiner Intelligenz, sprachliche Fertigkeiten, frühem Lesen, quantitativen Fähigkeiten und verschiedenen Aspekten der perzeptuellen Organisation zu vergleichen. Von den sehr untergewichtigen Frühgeborenen waren 44 % wachstumsretardiert (SGA) und 73 % hatten ein Atemnotsyndrom (RDS). Da in diesen Geburtsjahren in diesem Krankenhaus noch keine routinemäßige Ultraschalluntersuchung auf das Vorliegen einer Hirnblutung durchgeführt wurde, ist der Anteil derjenigen Frühgeborenen, die eine Hirnblutung erlitten, ungewiss (vgl.: Rose, Feldman & Wallace 1992).

Die kognitiven Entwicklungstestungen mit sechs Jahren wurden mit den *Wechsler Intelligence Scales for Children - Revised - WISC-R* (Wechsler 1974) durchgeführt und umfassten Sprachverständnisaufgaben, Sprachproduktionsaufgaben, Lesekompetenz und mathematisches Verständnis sowie perzeptuelle Organisation. Sowohl mit sieben als auch mit zwölf Monaten waren die Reifgeborenen in den visuellen Memorisierungsaufgaben und in den Aufgaben zur Objektpermanenz signifikant besser als die Frühgeborenen, und auch in den kognitiven Leistungen zeigten die Reifgeborenen mit sechs Jahren bessere Leistungen innerhalb des Sprachverständnisses, der Sprachproduktion, Lesekompetenz sowie der mathematischen Fähigkeiten. Sie schnitten ebenso besser in der perzeptuellen Organisation-, und im

Erinnern von Formsequenzen ab und hatten einen höheren Intelligenzquotienten als Frühgeborene. Während die Reifgeborenen in allen Testungen im Normbereich lagen, lagen die Frühgeborenen 8 - 10 Punkte unter dem Normbereich.

Neugeborene, die wie in dieser Studie Ende der 70er Jahre geboren wurden, wurden anders medizinisch versorgt als Kinder, die nach 1990 geboren wurden und beispielsweise zur routinemäßigen Erfassung schwerwiegender Hirnblutungen eine Ultraschalluntersuchung des Gehirns erhalten oder zur Behandlung des Atemnotsyndroms Surfactant substituiert bekommen, was zu einem allgemeinem Rückgang des Atemnotsyndroms geführt hat. Möglicherweise hat der hohe Anteil von 73 % der Kinder mit Atemnotsyndrom zu dem Ergebnis der verlangsamten Informationsverarbeitung bei den Frühgeborenen beigetragen. Wie erläutert wurde, bedingt das Atemnotsyndrom eine unzureichende Sauerstoffversorgung des Gehirns, die zum Untergang von Hirnzellen führt (*hypoxische Ischämie*). Durch die hypoxische Ischämie kann es zu selektiver Zerstörung von Hirnarealen im Bereich des Hippocampus kommen und damit zu Beeinträchtigungen bei unterschiedlichen Memorisierungsaufgaben, an denen der Hippocampus wesentlich beteiligt ist (Huimin, Aggleton & Brown 1999; Stark & Squire 2001; Manns, Hopkins, Reed, Kitchener & Squire 2003; Broadbent, Squire & Clark 2004).

In einer neueren Studie von Rose und Mitarbeitern (Rose, Feldman & Jankowski 2001; Rose, Feldman, Jankowski & Caro 2002) mit sehr untergewichtigen und extrem untergewichtigen Frühgeborenen, die zwischen 1994 und 1997 geboren wurden, wurden erneut im Alter von fünf, sieben und zwölf Monaten Aufgaben zur visuellen Informationsverarbeitung dargeboten. Die Frühgeborenen waren durchschnittlich 10,4 Wochen älter als die reifgeborenen Kinder der Kontrollgruppe. Die Gruppe der Frühgeborenen umfasste je nach Testzeitpunkt zwischen 50 und 60 Kinder, wovon 34 % wachstumsretardiert waren (SGA), 50 % ein Atemnotsyndrom (*respiratory distress*

syndrom - RDS) und 50 % eine Hirnblutung (IVH) hatten, davon 12 % sogar eine schwerwiegende Hirnblutung Grad 3.

Präsentiert wurden 19 Bilder verschiedener Gesichter, wovon eines als bekannter, sogenannter familiärer, d. h. immer wieder kehrender Stimulus (Standard) und die restlichen 18 als neue, sogenannte Novelty-Stimuli (Deviant) verwendet wurden. Die Stimuli wurden paarweise für insgesamt 4 Sekunden präsentiert. Jeder der 36 trials bestand aus dem einen immer gleichen Standard-Stimulus und einem immer wechselnden Novelty-Stimulus. Die trials wurden so lange präsentiert, bis die Kinder eine Novelty-Präferenz zeigten und länger zum Novelty-Stimulus guckten. Bis sich eine Novelty-Präferenz zeigte, benötigten die Frühgeborenen im Alter von 5, 7 und 12 Monaten 20 % mehr trials, und die generelle Orientierungszeit zum visuellen Stimulus der paarweise dargebotenen Gesichter war 30% länger als die der Reifgeborenen. Im Alter von fünf und sieben Monaten bestand bei den Frühgeborenen ein direkter Zusammenhang zwischen den medizinischen Risikofaktoren Atemnotsyndrom, längere Beatmungszeiten, längere Hospitalisation, niedrige Apgar-Werte und verlangsamten Verarbeitungsprozessen. Dieser Zusammenhang konnte jedoch im Alter von zwölf Monaten nicht mehr nachgewiesen werden. Der nachteilige Einfluss des Atemnotsyndroms auf die Verarbeitungsgeschwindigkeit visueller Memorierungsleistungen konnte nicht nur im ersten Lebensjahr (Rose, Feldman & McCarton 1988; Rose, Feldman & Jankowski 2001), sondern auch noch im Alter von elf Jahren nachgewiesen werden (Rose & Feldman 1996).

Neuere Studien (Rose, Feldman, Jankowski & Van Rossem 2005) zeigen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen beeinträchtigten Verarbeitungsprozessen, speziell visueller Memorisierungsaufgaben, und einer Beeinträchtigung in der kognitiven Entwicklung im Alter von zwei und drei Jahren innerhalb der mentalen Skalen der *Bayley Scales of Infant Development* (Bayley 1993) sowie eine persistierende Schwäche bei Behaltens- und Wiederholungsleistungen (*recall memo-*

ry) im Alter von eins, zwei und drei Jahren (Rose, Feldman & Janowski 2005). Eine verlangsamte Verarbeitung visueller Reize bei Frühgeborenen konnte auch noch im Alter von neun Jahren, jedoch nicht mehr mit 16 Jahren nachgewiesen werden (Saavalainen, Luoma, Bowler, Timonn, Määttä, Laukkanen & Herrgard 2006).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bislang lediglich ein Zusammenhang zwischen einer verzögerten Informationsverarbeitung bei Frühgeborenen mit medizinischen Risiken nachgewiesen wurde und zur Informationsverarbeitung bei neurologisch unauffälligen Frühgeborenen, ohne medizinische Risiken, bis zum jetzigen Zeitpunkt nichts bekannt ist. Die kortikale Reaktion Frühgeborener auf auditive Stimuli, die im ersten halben Jahr auf eine den Reifgeborenen vergleichbare Neuromaturation hinweist, steht dazu zunächst einmal im Kontrast, kann möglicherweise jedoch damit erklärt werden, dass die Auswirkungen einer frühzeitigen extrauterinen Erfahrung auf das unreife Gehirn erst zu einem späteren Zeitpunkt hervortreten und Störungen bei der Verarbeitung komplexer kortikaler Prozesse, wie der Informationsverarbeitung, sich erst im späteren Entwicklungsverlauf zeigen.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen zum Spracherwerb bei Frühgeborenen, dass die Befundlage uneinheitlich ist. Diese Variabilität kann auf diverse methodische Unterschiede zwischen den Studien zurückgeführt werden, wie unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Korrektur des Frühgeborenenalters, Untersuchung von Gruppen mit inhomogenem Gestationsalter, Einbezug von Frühgeborenen mit unterschiedlichen medizinischen Risiken, unterschiedlichem soziodemografischen Hintergrund sowie die Verwendung unterschiedlicher Testinstrumente. Wie jedoch gezeigt wurde, können diese Faktoren einen gravierenden Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse haben. Ob der Spracherwerb von Frühgeborenen im Vergleich zu Reifgeborenen insgesamt verzögert ist oder abweicht, kann vor dem Hintergrund der inhomogenen Befundlage nicht eindeutig beantwortet werden. Es ist jedoch deutlich geworden, dass mit sinkendem

Gestationsalter die medizinischen Risiken steigen und sich die Prognose für eine unauffällige Sprachentwicklung verschlechtert und mit steigendem Gestationsalter die medizinischen Risiken abnehmen und eine unauffällige und den Reifgeborenen vergleichbare Sprachentwicklung prognostiziert werden kann.

Der derzeitige Kenntnisstand bezüglich der Sprachentwicklung bei Frühgeborenen belegt die Notwendigkeit, die Heterogenität der Gruppe der Frühgeborenen bei der Betrachtung der kognitiven und sprachlichen Leistungen zu berücksichtigen, weil Gestationsalter, Gewicht, medizinische Risiken und Komplikationen sowie sozioökonomischer Hintergrund und das Geschlecht unterschiedliche Einflussgrößen auf die Langzeitentwicklung sind.

3 Der Spracherwerb Reifgeborener: perzeptive Fähigkeiten und Verarbeitungsmechanismen im ersten Lebensjahr

Reife Neugeborene sind mit einer Vielzahl sensitiver Fähigkeiten ausgestattet, die es ihnen erleichtern, den kontinuierlichen Sprachstrom in kleinere, strukturell relevante Einheiten zu gliedern und diese dann im Weiteren für die syntaktische und lexikalische Verarbeitung zu nutzen. Die Sensitivität für Regularitäten im sprachlichen Input erstreckt sich auf die Phonemebene, die prosodische und distributionelle Ebene. Da der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit auf der prosodischen Verarbeitung liegt, wird bei der folgenden Darstellung die Sensitivität und die Verarbeitung prosodischer Merkmale im sprachlichen Input besonders berücksichtigt.

3.1 Sensitivität für allgemeine und spezifische sprachliche Merkmale

Reifgeborene Kinder sind sensitiv gegenüber suprasegmentalen prosodischen Strukturmerkmalen von Sprache sowie gegenüber segmental-distributioneller Information des sprachlichen Inputs. Eine Sensitivität für prosodische Merkmale von Sprache ist bereits bei Neugeborenen vorhanden.

So können Neugeborene und zwei Monate alte Säuglinge unterschiedliche Sprachen voneinander unterscheiden. Mit Hilfe der *High-Amplitude Sucking Method (HAS)*, einer speziellen Saugvorrich-

tung, mit der man bereits bei Neugeborenen anhand der Saugrate Präferenzen für unterschiedliche Stimuli feststellen kann, stellten Mehler und Mitarbeiter (Mehler, Jusczyk, Lambertz, Halsted, Bertoncini & Amiel-Tison 1988) in einer Reihe von Untersuchungen fest, dass Neugeborene, deren Mütter Französisch sprachen, ihre Muttersprache von Russisch unterscheiden konnten. Die Saugrate nahm zu, wenn den Kindern die ihnen bekannte französische Sprache vorgespielt wurde. Das Ergebnis war das gleiche, wenn die Sprachstimuli auf eine Frequenz von 400 Hz *low-pass* gefiltert vorgespielt wurden. Bei dieser Frequenz werden prosodische, nicht aber phonetische Merkmale der Sprache bewahrt.

Das Ergebnis dieser Untersuchung deutet zunächst daraufhin, dass Kinder bereits pränatale Erfahrung mit muttersprachspezifischer prosodischer und suprasegmentaler Information haben. Weitere Versuche in dieser Untersuchungsreihe erhärteten diese Vermutung. Neugeborene, deren Mütter weder Französisch noch Russisch sprachen, konnten diese beiden Sprachen nicht voneinander unterscheiden. Ebenso konnten die Kinder, deren Mütter Französisch sprachen, Englisch und Italienisch nicht voneinander unterscheiden. Zwei Monate alte amerikanische Kinder konnten hingegen, wie die französischen Kinder, ihre Muttersprache Englisch von Italienisch unterscheiden, auch als *low-pass* gefilterte Version, nicht jedoch die ihnen beiden unbekannt Sprachen Französisch und Russisch voneinander unterscheiden.

Die Ergebnisse zu den Diskriminationsleistungen wurden in einer späteren Wiederaufnahme der Daten insofern revidiert, als nachträglich gefunden wurde, dass die Neugeborenen - unabhängig von ihrer Muttersprache - unterschiedliche Sprachen voneinander unterscheiden konnten (Mehler, Dupoux, Nazzi & Dehaene-Lambertz 1996). Diese Befunde konnten repliziert werden. So unterschieden beispielsweise fünf Monate alte spanische und englische Kinder diese beiden Sprachen voneinander (Bahrck & Pickens 1988). Weiterführende Untersuchungen gelangten zu dem Kenntnis, dass unterschied-

liche Sprachen aufgrund ihrer rhythmischen Struktur voneinander unterschieden werden. Nazzi und Mitarbeiter (Nazzi, Bertoncini & Mehler 1998) fanden in einer Reihe von Experimenten heraus, dass französische Neugeborene das akzentzählende Englisch vom morenzählenden Japanisch unterscheiden konnten, nicht jedoch zwischen rhythmisch gleichen Sprachen, hier dem akzentzählenden Englisch und dem ebenfalls akzentzählenden Niederländisch. Ebenso konnten die französischen Neugeborenen zwischen dem akzentzählenden Englisch und/oder Niederländisch und dem silbenzählenden Spanisch und/oder Italienisch unterscheiden. Alle Sätze, die die Neugeborenen zu hören bekamen, waren *low-pass* gefiltert. Die genannten Befunde sprechen für eine von Geburt an vorhandene Sensitivität für prosodische, insbesondere rhythmische Merkmale von Sprache.

Im Zusammenhang mit der von Geburt an vorhandenen Sensitivität für rhythmische Merkmale von Sprache und den frühen Diskriminationsleistungen rhythmisch unterschiedlicher Sprachen stellt sich die Frage, zu welchem Zeitpunkt sich eine Präferenz für die spezifischen Merkmale der Muttersprache zeigt. Für eine generelle Präferenz der Muttersprache spricht das Ergebnis von Moon und Mitarbeitern (Moon, Cooper & Fifer 1993). Sie zeigten in ihrer Untersuchung, dass zwei Tage alte Neugeborene ihre Muttersprache gegenüber einer anderen Sprache bevorzugten. Dabei bevorzugten Neugeborene Spanisch sprechender Mütter das silbenzählende Spanisch gegenüber dem akzentzählenden Englisch und Neugeborene Englisch sprechender Mütter das Englische gegenüber dem Spanischen.

Eine Präferenz für die Muttersprache bei Präsentation rhythmisch gleicher Sprachen konnte jedoch erst etwas später in der Entwicklung nachgewiesen werden. Bosch und Mitarbeiter (Bosch & Sebastián-Gallés 1997) fanden in einem audio-visuellen Orientierungsparadigma mit vier Monate alten spanischen und katalanischen Säuglingen heraus, dass Säuglinge aus einem rein Spanisch sprechenden Elternhaus sich mehr zur spanischen als zur katalanischen Sprache und Säuglinge aus einem rein Katalanisch sprechenden Elternhaus

sich mehr zur katalanischen Sprache als zur spanischen Sprache hin orientierten. Dies traf auch zu, wenn die Stimuli *low-pass* gefiltert wurden. Da Spanisch und Katalanisch keinen unterschiedlichen rhythmischen Klassen zuzuordnen sind, müssen beim Erkennen der Muttersprache noch andere Faktoren eine Rolle spielen wie Unterschiede auf segmentaler Ebene, die sich hier beispielsweise in der Abschwächung von Vokalen zeigt, die es nur im Katalanischen gibt. Auch Wortsequenzen zeigen im Spanischen teilweise eine andere Phonotaktik als im Katalanischen, welches teilweise eine andere wortfinale Silbenstruktur aufweist. Während die häufigste Wortstruktur im Spanischen das Muster CVCVCV aufweist, ist diese Struktur im Katalanischen weniger frequent, und hier kommen häufiger einsilbige Worte mit Vollvokalen vor (ebd. S. 44).

Aufbauend auf ihren vorangegangenen Untersuchungen gingen auch Nazzi und Mitarbeiter (Nazzi, Jusczyk & Johnson 2000) weiter der Frage nach, ob Kinder unterschiedliche Sprachen innerhalb rhythmisch gleicher Klassen unterscheiden können. Dabei fanden sie heraus, dass fünf Monate alte amerikanische Kinder zwischen den rhythmisch gleichen Klassen Englisch und Niederländisch unterscheiden konnten, wenn eine der präsentierten Sprachen ihre Muttersprache (amerikanisches Englisch) oder eine Variante (britisches Englisch) war.

3.2 Sensitivität für phonetische Merkmale von Sprache

Der Frage nach der Sensitivität für phonetische Segmente der Muttersprache gingen Jusczyk und Mitarbeiter nach (Jusczyk 1997, S. 88f). Um herauszubekommen, ob die Kinder phonotaktische Informationen nutzen, um Worte ihrer Muttersprache von Worten einer fremden Sprache zu unterscheiden, wurden prosodisch ähnliche Sprachen (Englisch und Niederländisch) gewählt. Die Wortliste für die jeweiligen Sprachen enthielt items mit für die jeweils andere

Sprache unzulässigen phonetischen und phonotaktischen Strukturen wie beispielsweise das [d], welches im Englischen an wortfinaler Position stehen kann, im Niederländischen jedoch nicht, oder die phonetischen Sequenzen [kn] und [zw], mit denen im Niederländischen viele Silben beginnen, im Englischen jedoch nicht. Sowohl die Englisch sprechenden als auch die Niederländisch sprechenden Kinder präferierten im Alter von neun nicht jedoch im Alter von sechs Monaten die muttersprachlichen Worte gegenüber den nicht-muttersprachlichen.

Der Befund, dass die Kinder bei *low-pass* gefiltertem Material, in dem phonetische Merkmale nicht mehr vorhanden sind, keine Präferenzen zeigten, untermauerte die Vermutung, dass eine Präferenz für phonetische und phonotaktische Segmente der Muttersprache vorhanden ist, die sich zwischen dem sechsten und neunten Monat herausbildet. Eine Sensitivität für phonotaktische Regelmäßigkeiten wurde auch bei neunten Monate alten niederländischen Kindern gefunden, die länger solchen Äußerungen zuhörten, die phonotaktische Regelmäßigkeiten ihrer Sprache enthielt, als Äußerungen, die die Regelmäßigkeiten verletzten (Friederici & Wessels 1993). Die Sensitivität für phonotaktische Regelmäßigkeiten der Sprache zwischen dem sechsten und neunten Lebensmonat erleichtert es den Kindern möglicherweise, Worte und Wortgrenzen in einem kontinuierlichen Sprachstrom zu segmentieren.

Etwa zum gleichen Entwicklungszeitpunkt, zu dem die Kinder sich perzeptiv auf die phonetischen Besonderheiten ihrer Muttersprache ausrichten, nimmt die Sensitivität für phonetische Merkmale, die nicht ihre Umgebungssprache betreffen, ab. So konnte eine nachlassende Sensitivität gegenüber nicht-nativen Kontrasten bei englischen Kindern im ersten Lebensjahr nachgewiesen werden (Werker & Tees 1984; Werker & Lalonde 1988). Während englische Kinder zwischen dem sechsten und achten Lebensmonat spezifische Phoneme der Sprachen Hindi und Nthlakapmx unterscheiden konnten, nahm diese Sensitivität zwischen dem achten und zehnten Monat ab und war

zwischen dem zehnten und zwölften Monat nicht mehr nachzuweisen. Eine andere Untersuchung testete japanische Kinder bezüglich ihrer Fähigkeit, zielsprachliche Phonem-Paare und nicht-zielsprachliche Phonem-Paare zu unterscheiden (Tsushima, Takizawa, Sasaki, Siraki, Nishi, Kohno, Menyuk & Best 1994). Während die Kinder im Alter zwischen sechs und acht Monaten sowohl die zielsprachlichen Phonem-Paare *wa* versus *ya* als auch die nicht-zielsprachlichen Phonem-Paare *ra* versus *la* unterscheiden konnten, war zwischen dem zehnten und zwölften Monat die Sensitivität für die Phoneme, die nicht in der japanischen Sprache vorkamen, nicht mehr vorhanden, und die Kinder waren nicht mehr in der Lage, diese voneinander zu unterscheiden.

Eine weitere Untersuchung englischer Kinder zur Unterscheidungsfähigkeit deutscher Vokalkontraste *y* versus *u* ergab, dass dieser Kontrast zwischen dem zehnten und zwölften Monat nicht mehr wahrgenommen wurde (Polka & Werker 1994).

3.3 Sensitivität für Frequenz-Eigenschaften von Sprache

Weitere Untersuchungen zeigten, dass Kinder nicht nur für die Regelmäßigkeit phonotaktischer Sequenzen sensitiv sind, sondern auch für deren Frequenz. Sie können zwischen Silbensequenzen unterscheiden, die häufig und die nicht so häufig in ihrer Muttersprache vorkommen. Jusczyk und Mitarbeiter (Jusczyk, Luce & Charles-Luce 1994) präsentierten amerikanischen Kindern eine Liste von Einsilbern, deren phonetische Sequenzen alle in der englischen Sprache erlaubt sind. Eine Hälfte der Einsilber beinhaltete jedoch phonetische Sequenzen, die häufig innerhalb englischer Wörter vorkommen, wohingegen die andere Hälfte phonetische Sequenzen beinhaltete, die weniger häufig im Englischen sind.

Es zeigte sich, dass 9, jedoch nicht 6 Monate alte Kinder zu den im Englischen hoch-frequenten phonotaktischen Sequenzen länger hin

hörten als zu den Sequenzen, die im Englischen weniger frequent sind.

Saffran und Mitarbeiter (Saffran, Aslin & Newport 1996) untersuchten dann, ob acht Monate alte Kinder aufgrund von Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Silben Wortgrenzen erkennen. Dazu wurde den Kindern zwei Minuten lang in einer Familiarisierungs- und Lernphase eine Reihe dreisilbiger Sequenzen in Form eines kontinuierlichen Lautstroms präsentiert, z. B. *bidakupadotigolabubidaku*. Die Markierung der Wortgrenzen erfolgte dabei über die Übergangswahrscheinlichkeit der Silben. Die dreisilbigen Pseudowörter wurden dabei so präsentiert, dass die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Silben innerhalb eines Pseudowortes 100 % betrug während die Übergangswahrscheinlichkeit zwischen der jeweils letzten und ersten Silbe der unterschiedlichen Pseudowörter lediglich 30 % betrug. In einer anschließenden Testphase wurde die Präferenz der Kinder gegenüber den bekannten Pseudowörtern aus der Familiarisierungsphase (z. B. *bidaku*) und neuen Pseudowörtern, die aus der ersten Silbe eines Pseudowortes und den letzten beiden Silben eines anderen Pseudowortes der Familiarisierungsphase gebildet wurden (z. B. *kupado*), überprüft. Die Kinder orientierten sich länger zu den neuen Pseudowörtern.

Die Sensitivität für distributionelle Segmentierungshinweise wie die Übergangswahrscheinlichkeiten von Silben scheint demnach hoch zu sein, wenn bereits nach einer nur zwei-minütigen Lernsequenz frequenziell unterschiedliche Übergangswahrscheinlichkeiten unterschieden werden können.

3.4 Sensitivität für allgemeine prosodische Merkmale von Sprache und der Erwerb spezifisch-prosodischer Merkmale der Umgebungssprache

Untersuchungen zu suprasegmentalen prosodischen Strukturmerkmalen von Sprache, insbesondere zur Diskriminationsfähigkeit unterschiedlicher Betonungsmuster, wurden bereits sehr früh durchgeführt. Mit Hilfe der *High-Amplitude Sucking Method* konnten Spring und Dale (Spring & Dale 1977) bei ein bis vier Monate alten Säuglingen aus dem Englisch sprechenden Sprachraum zeigen, dass diese trochäische und jambische, auf der ersten bzw. zweiten Silbe betonte Zweisilber, mit gleichem Phoneminventar (*BAbA* vs *baBA*) unterscheiden konnten. Auch Jusczyk und Thompson (Jusczyk & Thompson 1978) konnten eine Diskriminationsfähigkeit für unterschiedliche Betonungsmuster nachweisen. Die von ihnen untersuchten zwei Monate alten Säuglinge zeigten unterschiedliche Saugraten bei der Darbietung trochäischer und jambischer Zweisilber mit unterschiedlichen Phonemen (*BAda* vs. *baDA*, *GAda* vs *gaDA*, *DAbA* vs. *daBA* und *DAGa* vs *daGA*). Bereits Neugeborene zeigen eine Sensitivität für Betonungsmerkmale.

Eine Untersuchung von Christophe und Mitarbeitern (Christophe, Dupoux, Bertoncini & Mehler 1994) zeigte, dass drei Tage alte Säuglinge, deren Mütter Französisch sprachen, unterschiedliche Silben innerhalb einer Zweiersequenz aufgrund ihrer akustischen Dauer und Tonhöhe unterscheiden konnten. Die Zweiersequenz *mati* setzte sich einmal aus zwei Silben des Wortes *mathématicien* zusammen und einmal aus den zwei unterschiedlichen Wörtern *pyjama tissé* zusammen. Die phonetische Analyse ergab, dass die Betonung (definiert hier durch längere Dauer und höhere Frequenz) der ersten Silbe größer war, wenn sie eigentlich eine wortfinale Position hatte wie in *pyjama*. Demgegenüber war die Betonung der ersten Silbe nicht so groß, wenn sie eigentlich eine wortinterne Position hatte.

Aufbauend auf diesen frühen Untersuchungen konnten Sansavini und Mitarbeiter (Sansavini, Bertoncini & Giovanelli 1997) bereits bei zwei bis drei Tage alten Neugeborenen eine Diskriminationsfähigkeit zwischen unterschiedlich betonten Zweisilbern mit gleichen Phonemen (MAma vs. maMA) nachweisen. Darüber hinaus ergaben ihre Untersuchungen, dass Neugeborene unterschiedliche Betonungsmuster auch bei Dreisilbern unterscheiden konnten, deren Phoneme sich in den Konsonanten unterschieden und bei denen das Betonungsmuster nicht an finaler Stelle war (*TAKala* vs. *taKAla*). Wenn Betonung ein effizienter Hinweis zur Segmentierung sprachlicher Einheiten ist, so die Überlegung der Autoren, dürfte die Sensitivität für rhythmische Einheiten auch dann nicht beeinträchtigt sein, wenn die präsentierten Phoneme untereinander alle variieren. In einem weiteren Experiment konnten sie nachweisen, dass Neugeborene auch dann eine Änderung des Betonungsmusters erkennen, wenn die präsentierten Zweisilber segmental alle unterschiedlich sind (*DAga NAta MAra BAga LAma Taka* vs. *daGA naTA maRA baGA laMA taKA*). Die genannten Befunde deuten darauf hin, dass eine Sensitivität für Betonungsmuster von Geburt an vorhanden ist und damit eine der frühesten Ressourcen darstellt, die Säuglinge nutzen können, um den Sprachstrom in Einheiten zu gliedern.

Dem Erwerb spezifischer prosodischer Charakteristika der jeweiligen Muttersprache ging die Forschergruppe um Jusczyk in einer Reihe von Untersuchungen nach (Jusczyk, Friederici, Wessels, Svenkerud & Jusczyk 1993). Unter anderem wurde untersucht, ob Kinder im Alter von 6 Monaten Wörter ihrer Muttersprache allein auf der Grundlage der jeweiligen spezifischen prosodischen Charakteristika erkennen können. Mit Hilfe des *Headturn Preference Paradigmas* (HTP) wurde Englisch lernenden Kindern eine Reihe englischer und norwegischer Wörter präsentiert. Neben den phonetischen und phonotaktischen Unterschieden unterscheiden sich die beiden Sprachen auch in prosodischer Hinsicht. Anders als im Englischen ist im Norwegischen die Frequenz (*pitch*) der finalen Silbe erhöht (Haugen &

Joos 1952). Ein weiterer Unterschied zum Englischen besteht darin, dass im Norwegischen die Frequenz für unbetonte Wörter höher ist als für betonte (Peters 1997). Die Untersuchung ergab, dass die Kinder sich die englischen Wörter länger anhörten. Diese Präferenz für die Wörter der eigenen Muttersprache zeigte sich auch, wenn die Wörter *low-pass* gefiltert dargeboten wurden und somit phonetische und phonotaktische Hinweise herausgefiltert worden waren.

In weiterführenden Untersuchungen fokussierten Jusczyk und Mitarbeiter (Jusczyk, Cutler & Redanz 1993) die Sensitivität der Kinder für die unterschiedlichen Betonungsmuster von Wörtern innerhalb ihrer Muttersprache. Der Untersuchung lag eine große Korpusanalyse gesprochener Sprache von Cutler und Carter (Cutler & Carter 1987) zugrunde, in der die Häufigkeit von Wörtern mit initial starker (Primär- oder Sekundärakzent) oder schwacher Silbe (kein Akzent) überprüft wurde. Die Analyse ergab, dass 90% aller Inhaltswörter im Englischen mit einer starken Silbe beginnen. Um zu überprüfen, ab wann sich eine Sensitivität für das spezifische Betonungsmuster der Muttersprache herausbildet, präsentierten Jusczyk und Mitarbeiter amerikanischen, sechs Monate alten Kindern eine Reihe zweisilbiger Wörter, die entweder dem trochäischen Muster (stark-schwach) oder dem jambischen Muster (schwach-stark) folgten. Die Kinder zeigten mit sechs Monaten keinen Unterschied in ihren Orientierungszeiten, wohl aber mit neun Monaten. Demnach scheint sich bei amerikanischen Kindern eine Präferenz für das in der englischen Sprache vorherrschende trochäische Betonungsmuster zwischen dem sechsten und dem neunten Lebensmonat herauszubilden.

Mit der Adaption an das spezifische Betonungsmuster der Umgebungssprache geht eine nachlassende Sensitivität für nicht-ziel-sprachliche prosodische Hinweise einher. In sogenannten Tonsprachen, wie dem Chinesischen, werden beispielsweise Tonhöhenverläufe lexikalisch bedeutungsunterscheidend eingesetzt. Diese Tonhöhenunterschiede sind für Sprecher einer nicht-tonalen Sprache wie dem Englischen im Erwachsenenalter nur noch sehr schwer wahr-

nehmbar (Wang, Spence, Jongman & Sereno 1999). In einer crosslinguistischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Fähigkeit, diese Tonhöhenunterschiede wahrzunehmen, bei englischen Kindern im Gegensatz zu chinesischen Kindern, bereits zwischen dem sechsten und neunten Lebensmonat abnimmt (Mattock & Burnham 2006). Diese nachlassende Sensitivität für Tonhöhenunterschiede konnte auch bei rhythmisch unterschiedlichen Sprachen, also nicht nur innerhalb des akzentzählenden Englischen, sondern auch innerhalb des silbenzählenden Französisch nachgewiesen werden. Sowohl Kinder, deren Muttersprache Englisch, als solche, deren Muttersprache Französisch war, konnten unterschiedliche Töne des Thailändischen im Alter von vier und sechs Monaten, jedoch nicht mehr im Alter von neun Monaten unterscheiden (Mattock, Molnar, Polka & Burnham 2008).

Die Exposition zu sprachspezifischen prosodischen Regularitäten führt somit innerhalb des ersten Lebensjahres zu einer zunehmenden Sensitivität und Präferenz für diese und damit einhergehend zu einer nachlassenden Sensitivität für nicht-zielsprachliche prosodische Merkmale.

Wie sehr spezifische Charakteristika der Muttersprache die Verarbeitung von Prosodie beeinflussen, zeigen auch Befunde aus dem Spanischen und dem Französischen. Im Spanischen hat die Betonung kontrastiven Charakter, d. h. im Gegensatz zum Französischen kann im Spanischen ein Wort allein durch die Änderung der Betonung die Bedeutung wechseln wie *bebe* (das Baby) und *bebe* (er, sie, es trinkt) oder *topo* (der Maulwurf) und *topo* (er, sie, es hat gestoßen). Während im Spanischen die Betonung auf eine der letzten drei Silben eines Wortes fallen kann, werden im Französischen hingegen alle Inhaltswörter final betont, womit die Betonung eindeutig festgelegt ist. So haben französische Muttersprachler im Gegensatz zu spanischen Muttersprachlern im Erwachsenenalter auch Schwierigkeiten, unterschiedliche Betonungsmuster zu diskriminieren, wenn die Stimuli phonetisch unterschiedlich sind (Dupoux, Pallier, Sebastian & Meh-

ler 1997), nicht jedoch wenn die Stimuli phonetisch gleich sind (Dupoux, Peperkamp & Sebastián-Gallés 2001).

Neueste cross-linguistische Untersuchungen konnten nun zeigen, dass dieses Muster bereits bei neun Monate alten französischen Kindern nachzuweisen ist (Skoruppa, Pons, Christophe, Bosch, Dupoux, Sebastián-Gallés, Limissuri & Peperkamp 2009). Neun Monate alten spanischen und französischen Kindern wurden zweisilbige Pseudowörter mit unterschiedlichen Phonemen präsentiert, die entweder auf der ersten oder der letzten Silbe betont waren (*LApi*, *NAku*, *Nlla*, *TUli* vs. *kiBU*, *luTA*, *piMA*, *puKI*). In der Familiarisierungsphase hörten die Kinder zuvor alternierend eine Reihe von Zweisilbern, die auf der ersten oder der zweiten Silbe betont waren. Es zeigte sich bei den spanischen Kindern eine Novelty Präferenz, d. h. wurden sie mit den trochäischen Zweisilbern familiarisiert, zeigten sie in der Testphase längere Orientierungszeiten für den Jambus, wurden sie mit den jambischen Zweisilbern familiarisiert, zeigten sie längere Orientierungszeiten für den Trochäus. Damit konnten sie die unterschiedlichen Betonungsmuster diskriminieren. Die französischen Kinder hingegen machten in ihrer Orientierungszeit keinerlei Unterschied, bei ihnen konnte die Fähigkeit, unterschiedliche Betonungsmuster zu unterscheiden, nicht nachgewiesen werden. In einem weiteren Experiment konnte jedoch gezeigt werden, dass französische Kinder unterschiedliche Betonungsmuster diskriminieren können, wenn die Stimuli weniger komplex sind. Präsentiert wurde das zweisilbige Pseudowort *pima*, abwechselnd auf der ersten oder der letzten Silbe betont. Eine Gruppe der Kinder wurde zuvor wieder mit dem Trochäus familiarisiert, eine andere mit dem Jambus. Dieses Mal zeigten die französischen Kinder eine Novelty Präferenz und damit die Fähigkeit, unterschiedliche Betonungsmuster zu diskriminieren.

Diese Ergebnisse führen zu der Vermutung, dass Kinder, die einer Sprache mit kontrastiver Wortbetonung ausgesetzt sind, wie dem Spanischen, Betonung nicht nur auf der akustischen, sondern auch auf der phonologischen Ebene verarbeiten. Während Kinder, die ei-

ner Sprache mit einem festgelegten Betonungsmuster ausgesetzt sind, wie dem Französischen, bei der Verarbeitung von Betonung auf der phonologischen Ebene Schwierigkeiten haben. Die unterschiedliche Verarbeitung auf der rhythmisch-prosodischen Ebene spricht für eine Adaption an die spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Umgebungssprache.

Behaviorale und elektroфизиologische Befunde zeigen für deutsche Kinder früher als die berichteten englischen Untersuchungsergebnisse eine Sensitivität und Präferenz für das Betonungsmuster ihrer Umgebungssprache. Das Deutsche wird, wie das Englische, den akzentzählenden Sprachen zugeordnet, und das vorherrschende Betonungsmuster ist ebenfalls der Trochäus (Wiese 1996). In Anlehnung an die Korpusanalyse der englischen Sprache wurde eine Analyse des deutschsprachigen Korpus der CELEX Datenbank (Baayen, Piepenbrock & van Rijn 1993) durchgeführt (Höhle 2002). Das Ergebnis ist, dass unter Berücksichtigung der Wortfrequenz ca. 91% aller zweisilbigen Inhaltswörter (Nomen, Verben, Adjektive) eine initial starke Silbe aufweisen, was dem Ergebnis der Korpusanalyse von Cutler und Carter (1987) entspricht.

Neueste cross-linguistische Untersuchungen mit deutschen und französischen Kindern zur Präferenz der Umgebungssprache zeigte, dass deutsche Kinder bereits im Alter von sechs Monaten ihr muttersprachliches Betonungsmuster, den Trochäus bevorzugen (Höhle 2009). Den Kindern wurde mit dem *Headturn Preference Paradigm* der Zweisilber *gaba*, abwechselnd mit trochäischer und mit jambischer Betonung präsentiert. Die Kinder zeigten längere Orientierungszeiten bei dem trochäischen Betonungsmuster. Um zu überprüfen, ob die Trochäuspräferenz mit sechs Monaten bereits eine Anpassung an die Gegebenheiten der Umgebungssprache ist, oder ob eine grundsätzliche Ausrichtung deutscher Kinder zum Trochäus vorliegt, wurden Kinder mit dem gleichen Material im Alter von vier Monaten getestet. Es zeigten sich keine Unterschiede in den Orientierungszeiten bezüglich des trochäischen und jambischen Betonungs-

musters. Eine grundsätzliche Ausrichtung deutscher Kinder zum Trochäus scheint damit zunächst nicht vorzuliegen.

Diese Ergebnisse sprechen für eine Anpassung an das trochäische Betonungsmuster im Deutschen im Alter von sechs Monaten. Die Tatsache, dass englische Kinder drei Monate später, nämlich erst mit neun Monaten unterschiedliche Betonungsmuster wahrnehmen, mag zum Einen an dem Stimulusmaterial liegen, welches sich in den beiden Studien sehr voneinander unterschied. Während die Stimuli in der Untersuchung von (Höhle 2009) lediglich aus zwei CVCV-Silben mit identischen Vokalen bestanden, verwendeten Jusczyk und Mitarbeiter (Jusczyk, Cutler & Redanz 1993) jeweils 18 verschiedene zweisilbige Wörter mit unterschiedlichem Phoneminventar, die entweder auf der ersten oder zweiten Silbe betont waren. Die phonetische Variation im englischen Stimulusmaterial könnte das Erkennen des zielsprachlichen trochäischen Betonungsmusters erschwert haben. Zum Anderen könnte die frühere Präferenz des muttersprachlichen Betonungsmuster der deutschen Kinder auch aufgrund des salienten trochäischen Musters in der deutschen Sprache erklärt werden. Während die Korpusanalyse für das Englische ergab, dass 12 % aller Inhaltswörter einsilbige Worte sind (Cutler & Carter 1987), konnte für das Deutsche gezeigt werden, dass lediglich 3 % der Inhaltswörter einsilbige Worte sind (Höhle, Bijeljic-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi 2009).

Neben der Tatsache, dass das zweisilbige trochäische Nomen mit Schwa-Silbe die kanonische Nomenform im Deutschen ist (Wiese 1996), ist eine weitere Erklärung für das geringe Vorkommen einsilbiger Worte im Deutschen das häufige Vorkommen von Flexionen, die oft in Form von Silben an einen Wortstamm gehängt werden, und so das vormals einsilbige zu einem zweisilbigen Wort mit initialer Betonung machen. Ebenso werden hochfrequente Funktionswörter im Deutschen durch Flexionsendungen zu trochäischen Zweisilbern, wie *ein-er*, *mein-er*.

Weiterhin konnte in der Untersuchung zur Rhythmuserkennung von Höhle und Mitarbeitern (Höhle, Bijeljac-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi 2009) gezeigt werden, dass bei den französischen Kindern im Alter von sechs Monaten weder für das trochäische noch für das jambische Betonungsmuster eine Präferenz vorlag. Um zu überprüfen, ob die französischen Kinder bei der Verarbeitung unterschiedlicher Betonungsmuster überhaupt eine Sensitivität zeigen und diese unterscheiden können, wurden in einem weiteren Experiment in einer Familiarisierungsphase entweder nur trochäische oder nur jambische Zweisilber präsentiert und in der anschließenden Testphase wurden abwechselnd trochäische und jambische Zweisilber dargeboten. Die Kinder orientierten sich in der Testphase länger zu dem zur Familiarisierungsphase jeweils anderen Betonungsmuster hin und konnten damit die unterschiedlichen Betonungsmuster diskriminieren.

Die Trochäuspräferenz der deutschen Kinder scheint damit das Resultat der Anpassung an die spezifischen Charakteristika der Muttersprache zu sein. Auch das Resultat der französischen Kinder, die keine Präferenz für ein bestimmtes metrisches Betonungsmuster zeigten, wohl aber unterschiedliche Betonungsmuster unterscheiden konnten, spricht für eine Anpassung an die spezifischen Gegebenheiten der Muttersprache, dem Französischen, das zu den Silben-zählenden Sprachen zählt und für welches Betonung auf der lexikalischen Ebene nicht bedeutungsunterscheidend gebraucht wird.

Elektrophysiologische Untersuchungen mit deutschen und französischen Kindern im Alter zwischen vier und fünf Monaten zeigten dagegen, dass die französischen Kinder trochäische und jambische Betonungsmuster unterschiedlich verarbeiten (Friederici, Friedrich & Christophe 2007). Den Kindern wurde eine Sequenz gleicher, sich wiederholender Zweisilber als Standardreiz präsentiert, die in regelmäßigen Abständen von einem anderen, unbekanntem Zweisilber (Deviant) unterbrochen wurde. Als Standard diente einmal der trochäische Zweisilber *BAba*, unterbrochen von dem jambischen Zwei-

silber *baBA* als Deviant, oder der jambische Zweisilber *baBA*, unterbrochen von dem trochäischen Zweisilber *BAbA* als Deviant. Die deutschen Kinder zeigten eine deutliche Positivierung auf den jambischen Devianten, die französischen Kinder hingegen zeigten eine Positivierung auf den trochäischen Devianten. Die Autoren interpretierten dieses Ergebnis dahingehend, dass die Kinder bereits eine neuronale Repräsentation ihrer Umgebungssprache erworben hatten und lediglich für den nicht-zielsprachlichen Stimulus einen erhöhten Aufwand in der Verarbeitung benötigten, der sich in einer Positivierung zeigte. Die Tatsache, dass sowohl die französischen als auch die deutschen Kinder unter der elektrophysiologischen Messung bereits mit 4,5 Monaten auf das Betonungsmuster ihrer jeweiligen Umgebungssprache reagieren, mag darauf beruhen, dass die ereigniskorelierten Potentiale eine direkte Reflexion neuronaler Prozesse sind und die schnelle Verarbeitung bekannter, d. h. in diesem Fall zielsprachlicher Stimuli, sichtbar machen können (Thierry, Vihman & Roberts 2003).

Neueste Untersuchungen (Mampe, Friederici, Christophe & Wermke 2009) anhand von Schreianalysen zwei bis fünf Tage alter Neugeborener, die in monolingual Deutsch oder Französisch sprechenden Familien geboren wurden, ergaben, dass bereits die Schreie Neugeborener von der Prosodie ihrer jeweiligen Muttersprache geprägt sind. Während die Schreibögen französischer Säuglinge eine ansteigende Kontur aufwiesen, zeigten die Schreibögen deutscher Säuglinge eine absteigende Kontur.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass sich in der ersten Hälfte des ersten Lebensjahres eine Sensitivität für das vorherrschende Betonungsmuster der Umgebungssprache herausbildet. Während dieser Herausbildung beginnt die Sensitivität für nicht-zielsprachlich relevante sprachliche Einheiten abzunehmen. Es scheint so zu sein, dass die Aufmerksamkeit der Kinder zu dem Zeitpunkt, zu dem sie für die wiederkehrenden Muster im zielsprachlichen Input aufmerksam werden, für die akustischen Eigenschaften, die im zielsprachli-

chen Input weniger häufig sind, nachlässt, was zu dem Resultat führt, die Regularitäten der zielsprachlichen Äußerungen zu erkennen.

3.5 Verarbeitung prosodischer Information zur Segmentation von Sprache

In der Hypothese zum prosodischen Bootstrapping (Gleitman & Wanner 1982) wird die Ansicht vertreten, dass prosodische Hinweise im Sprachsignal es dem Kind erleichtern, den Sprachstrom in syntaktische Einheiten zu gliedern. Innerhalb der verschiedenen Bootstrapping-Ansätze wird generell davon ausgegangen, dass das Kind Zugriff auf Informationen auf einer sprachlichen Ebene hat und diese Information zum Aufbau einer Repräsentation auf der nächst höheren Ebene nutzt. Zur Lösung des Bootstrapping-Problems, wie das Kind in seinem sprachspezifischen Input beginnt, die für ihn wesentlichen Informationen heraus zu filtern (Pinker 1984, 1987), wurde innerhalb des prosodischen Bootstrapping der Vorschlag gemacht, dass „an infant who is innately biased to treat intonationally circumscribed utterance segments as potential syntactic constituents would be at considerable advantage in learning the syntactic rules of his language“ (Gleitman & Wanner 1982, S. 26).

Das Ergebnis der Korpusanalyse von Cutler und Carter (Cutler & Carter 1987), welches ergab, dass 90 % aller Inhaltswörter im Englischen mit einer starken Silbe beginnen, zeigt, dass eine Segmentierungsstrategie, die Wortgrenzen vor initial betonten Silben annimmt, sehr effizient wäre. Untersuchungen zur Wortsegmentierung Englisch-sprechender Erwachsener konnten dann auch zeigen, dass starke von schwachen Silben (Silben mit einem reduzierten Vokal – Schwa) unterschieden werden und Wörter schneller detektiert werden, deren Silbenfolge stark-schwach ist (Cutler & Norris 1988). Cutler und Mitarbeiter (Cutler, Mehler, Norris und Segui 1992) gehen davon aus, dass bereits Neugeborene mit der Fähigkeit, rhythmische

Einheiten zu segmentieren, ausgestattet sind und sich diese Fähigkeit im Laufe des Spracherwerbs an die spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Muttersprache anpasst.

Die Annahme von Cutler und Norris (Cutler & Norris 1988), dass für englische Sprecher eine starke Silbe den Beginn eines neuen Wortes markiert und die folgenden schwachen als zu diesem Wort zugehörig behandelt werden und dieser Hinweis dazu dient, den Sprachstrom zu segmentieren, wurde unter dem Begriff *metrical segmentation strategy* zusammen gefasst (Jusczyk 1997, S 94). Die metrische Segmentierungsstrategie wurde in einer Reihe von Untersuchungen überprüft. Morgan (Morgan 1994) fand heraus, dass 8 Monate alte englische Kinder ein Störgeräusch langsamer detektieren, wenn es innerhalb anstatt außerhalb einer rhythmisch strukturierten Einheit auftritt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass rhythmische Eigenschaften der Sprache die Segmentierung des Inputs beeinflussen, denn perzeptuelle Einheiten widersetzen sich Unterbrechungen wie Störgeräuschen. In dieser Untersuchung reagierten die Kinder sowohl bei Unterbrechung trochäischer als auch jambischer Zweisilber durch ein Störgeräusch langsamer, was dafür sprechen würde, dass die Kinder im Alter von acht Monaten trochäische und jambische Zweisilber gleichermaßen als Einheiten repräsentieren. Dies steht jedoch im Widerspruch zu den Ergebnissen von Jusczyk, Cutler und Redanz (Jusczyk, Cutler & Redanz 1993), nach denen neun Monate alte englische Kinder, also nur vier Wochen später, eine Präferenz für trochäische Einheiten zeigen. Die Autoren erklären die unterschiedlichen Ergebnisse damit, dass die von ihnen untersuchten Kinder sowohl in der Konditionierungs- als auch in der Testphase relativ lange die gleichen Silbensequenzen gehört hatten, sich damit die unterschiedlichen Betonungsmuster neutralisiert hatten und die Kinder gelernt hatten, auch die jambischen Zweisilber als Einheiten zu erkennen (Morgan & Saffran 1995).

Dieser Vermutung ging Morgan (Morgan 1996) in einer weiteren Reihe von Experimenten mit sechs und neun Monate alten Kindern

nach. Im Unterschied zu der vorangegangenen Untersuchung wurde den Kindern in der Testphase neben den immer gleichen, aus der Konditionierungsphase bereits bekannten Zweisilbern, nun zusätzlich neue Zweisilber dargeboten, die die Kinder zuvor nicht gehört hatten. Das Ergebnis war, dass 9 Monate alte Kinder bei den trochäischen Einheiten sowohl bei den bereits bekannten als auch bei den neu dargebotenen Zweisilbern langsamer reagierten, wenn ein Störgeräusch innerhalb der trochäischen Zweisilber war als wenn das Störgeräusch außerhalb der Zweisilber war. Bei den jambischen Einheiten zeigte sich nur bei den bereits bekannten Zweisilbern eine langsamere Reaktion. Im Alter von sechs Monaten zeigte sich dieser Unterschied hingegen nicht. Die Reaktion auf die beiden unterschiedlichen rhythmischen Einheiten war gleich, sowohl bei den bekannten als auch bei den neuen Zweisilbern reagierten die Kinder langsamer auf Störgeräusche, die innerhalb einer Einheit waren als auf Störgeräusche, die außerhalb einer Einheit waren.

Auch Echols und Mitarbeiter (Echols, Crowhurst & Childers 1997) gingen der Frage nach, ob Englisch lernende Kinder trochäische Sequenzen leichter als jambische aus einem Sprachstrom extrahieren können. Dazu präsentierten sie sieben und neun Monate alten Kindern zwei unterschiedliche Dreisilber, deren Silbenabfolge unbetont-betont-unbetont war. Bei der ersten Version wurde eine Pause vor die betonte Silbe gesetzt, welches ein trochäisches Muster als Einheit implizierte *be-GUdi*, während bei der zweiten Sequenz die Pause hinter der betonten Silbe gesetzt wurde *beGU-di*, was ein jambisches Muster als Einheit implizierte. Während die sieben Monate alten Kinder keinen Unterschied in ihren Orientierungszeiten zwischen dem trochäischen und jambischen Betonungsmuster machten, orientierten sich die Kinder mit neun Monaten signifikant länger zu den trochäischen Einheiten hin. Echols und Mitarbeiter interpretierten dieses Ergebnis dahingehend, dass ein trochäisches Betonungsmuster leichter als eine zusammengehörige Einheit erkannt wird als ein jambisches Muster und dass die Kinder mit neun Monaten damit ge-

lernt haben, dass trochäische Sequenzen im Englischen eine Einheit bilden.

Damit fügt sich auch dieses Ergebnis in die Reihe der Befunde ein, die übereinstimmend zeigen, dass sich bei englischen Kindern im Alter von neun Monaten eine Präferenz für den Trochäus herausgebildet hat und trochäische Zweisilber als Einheiten erkannt werden. Im Alter von sechs Monaten zeigt sich hingegen noch keine Präferenz für ein bestimmtes Betonungsmuster und trochäische und jambische Zweisilber werden gleichermaßen als zusammengehörende Einheiten erkannt.

Jusczyk und Mitarbeiter gingen der Frage nach, ob die rhythmische Segmentierungsstrategie auch in längeren sprachlichen Äußerungen eine Rolle spielt (Jusczyk, Houston & Newsome 1999). Hierbei lag die Vermutung zugrunde, dass bei Darbietung eines Wortes, welches mit einer schwachen Silbe beginnt, eine Fehlsegmentation zu erwarten ist. Dazu wurden Kinder im Alter von 7,5 Monaten mit Hilfe des *Headturn Preference Paradigmas* mit zwei trochäischen Wörtern wie *doctor* und *candle* oder *kingdom* und *hamlet* familiarisiert. In der anschließenden Testphase hörten die Kinder vier unterschiedliche Textpassagen, von denen zwei Passagen jeweils eines der familiarisierten Wörter enthielten und die beiden anderen Passagen jeweils ein unbekanntes trochäisches Wort beinhalteten. Die Kinder hörten signifikant länger zu den Passagen hin, die das familiarisierte trochäische Wort enthielten. In weiteren Untersuchungen wurden die Kinder nun mit jambischen zweisilbigen Wörtern familiarisiert wie *beret* oder *device* und bekamen in der anschließenden Testphase Textpassagen vorgespielt, die das familiarisierte Wort enthielten oder unbekannte jambische Wörter enthielten. Im Gegensatz zu dem vorherigen Experiment wurden die familiarisierten Wörter in den Textpassagen nicht erkannt.

Die Vermutung, dass trochäische Wörter in diesem Alter schon als Einheiten erkannt werden, wird durch weitere Experimente der selben Studie untermauert. Nach einer Familiarisierung mit starken Sil-

ben trochäischer Wörter, beispielsweise *king* aus *kingdom* oder *doc* aus *doctor*, welche entweder in einer Textpassage oder isoliert präsentiert wurden, zeigten sich in der anschließenden Darbietung trochäischer Wörter keine Erkennensleistungen. Eine Familiarisierung mit einem trochäischen Wort führte ebenso wenig zu einer Erkennensleistung der isolierten starken Silbe. Umgekehrt zeigte sich jedoch, nach Familiarisierung mit der isolierten Silbe eines jambischen Wortes, beispielsweise *tar* aus *guitar*, eine längere Orientierungszeit für das jambische Wort in der Textpassage und nach Familiarisierung mit dem jambischen Wort zeigte sich eine längere Orientierungszeit für die isolierten Silben.

Die bis hierhin aufgeführten Befunde sprechen dafür, dass die Kinder mit 7,5 Monaten trochäische Wörter als Einheiten erkennen, wobei eine erfolgreiche Segmentierung der starken Silbe mitunter von der Art der Präsentation abzuhängen scheint. Ebenso wird hier deutlich, dass die starke Silbe im Jambus auch als ein möglicher Segmentierungshinweis genutzt werden kann. Dies wurde in einem weiteren Experiment bestätigt. In der Familiarisierungsphase wurden Textpassagen mit jambischen Wörter präsentiert, auf die immer die gleiche Silbe folgte wie zum Beispiel: *Your guitar is really a fine instrument. But she says that the old guitar is great.* In der anschließenden Testphase wurde die letzte Silbe des jambischen Zweisilbers, *tar*, mit dem in der Familiarisierungsphase folgenden Wort *is* zusammengefügt, sodass aus der schwach-starken eine stark-schwache Silbenabfolge wurde, d. h., aus dem jambischen Wort *guitar is* wurde das trochäische Pseudowort *Taris*. Die Kinder erkannten in der Testphase die trochäischen Pseudowörter wieder. Dieses Ergebnis führte zu der Vermutung, dass die Kinder die starke, zweite Silbe des Jambus *tar* inkorrekt als einen Wortbeginn segmentiert hatten und die Silbe *is* angehängt hatten, um das bevorzugte trochäische Betonungsmuster zu bilden. Die Autoren vermuten weiter, dass bei der Segmentierung auch distributionelle Hinweise genutzt wurden, da innerhalb der

Textpassage in jedem Satz auf das jambische Zielwort immer die gleiche Silbe folgte.

Bei Wiederholung einiger dieser Untersuchungen im Alter von zehn und elf Monaten zeigten sich keine Unterschiede mehr in der Verarbeitung trochäischer und jambischer Wörter, in diesem Alter wurden sowohl trochäische als auch jambische Wörter wieder erkannt. Möglicherweise zeigt sich hier nun die erhöhte Sensibilität für weitere Segmentierungshinweise und die Fähigkeit, diese in die Verarbeitung und Segmentierung des Sprachstroms zu integrieren.

Die Fähigkeit, zwischen zehn und elf Monaten trochäische Wörter in längeren sprachlichen Äußerungen als Einheiten zu erkennen, wird auch durch die Studie von Myers und Mitarbeitern belegt (Myers, Jusczyk, Kemler Nelson, Charles Luce, Woodward & Hirsh-Pasek 1996). Die kritischen Wörter *animal*, *elephant*, *mother* und *peanuts* waren alle trochäisch. Die hier getesteten Kinder hatten längere Orientierungszeiten und damit eine Präferenz für Texte, in denen Pausen zwischen den Wörtern eingefügt worden waren, gegenüber Texten mit Pausen, die zwischen Silben innerhalb eines Wortes eingefügt worden waren. Wurden die gleichen Texte *low-pass* gefiltert dargeboten, zeigten sich keine Unterschiede in den Orientierungszeiten. Das lässt vermuten, dass die Präferenz für Texte mit Pausen zwischen den trochäischen Worten auf weiteren Informationen beruht als nur auf der Interaktion zwischen prosodischer Information und Wortgrenzen.

Weitere Untersuchungen zeigten, dass die Kinder sowohl trochäische als auch jambische Einheiten in längeren sprachlichen Äußerungen erkennen, wenn Pausen zwischen Wörtern eingefügt waren. Eine akustische Analyse des Stimulusmaterials ergab, dass deutliche phonotaktische Unterschiede zwischen den verwendeten trochäischen und jambischen Wörtern bestanden, sodass möglicherweise die phonotaktischen Hinweise, die in den jambischen Beispielen deutlicher waren als in den trochäischen, die prosodischen Hinweise überlagerten, was wiederum zu der Vermutung führt, dass Kinder

im Alter zwischen 10 und 11 Monaten über die Lokation einer starken Silbe hinaus weitere Informationen zur Segmentierung des Sprachstroms nutzen.

In Anlehnung an die Untersuchungen von Jusczyk und Mitarbeitern (Jusczyk, Houston & Newsome 1999), gingen Thiessen und Mitarbeiter (Thiessen & Saffran 2003) in weiterführenden Untersuchungen der Frage nach, ob neun Monate alte Kinder metrische Segmentierungshinweise gegenüber distributionellen Hinweisen vorziehen. Sollten Kinder in diesem Alter metrische gegenüber distributionellen Hinweisen vorziehen, würden sie betonte Silben in einem Sprachkontinuum für die Erkennung der Wortgrenzen bevorzugen, ungeachtet der distributionellen Eigenschaften des Inputs. Bevorzugen sie jedoch distributionelle Hinweise, sollten sie in der Lage sein, Worte unabhängig von ihrem Betonungsmuster zu segmentieren.

Zur Beantwortung dieser Frage entwarfen Thiessen und Saffran folgendes Design: Das Material bestand aus zwei unterschiedlichen Familiarisierungsversionen. In der ersten Version wurde den Kindern in einer Familiarisierungsphase ein kontinuierlicher Strom jambischer Zweisilber präsentiert, beispielsweise *daPUbuGodiTidoBI*. In der Testphase wurden die Silbensequenzen als kontinuierlicher Strom ohne Betonung präsentiert, beispielsweise *dapubugoditidobi*. Folgen die Kinder im Alter von 9 Monaten metrischen Hinweisen zur Wortsegmentierung, würden sie, nach der Interpretation der Untersuchungsbefunde durch Jusczyk und Mitarbeiter (Jusczyk, Houston & Newsome 1999) den jambisch betonten Sprachstrom inkorrekt segmentieren und beispielsweise Tido als ein Wort segmentieren, da die betonte Silbe als den Beginn eines neuen Wortes verstanden wird. Sollte die distributionelle Information im Alter von 9 Monaten jedoch stärker genutzt werden als die metrische, dann sollten die Kinder in der Lage sein, die Wörter im kontinuierlichen Sprachstrom korrekt zu segmentieren, und zwar nicht aufgrund prosodischer Information, sondern nur aufgrund von Übergangswahrscheinlichkeiten. In der zweiten Version wurde den Kindern in einer

Familiarisierungsphase ein kontinuierlicher Strom trochäischer Zweisilber präsentiert, *DApuBUgoDitiDObi*. In der anschließenden Testphase wurden die Silbensequenzen wieder ohne Betonung präsentiert. Die jambische und die trochäische Familiarisierungssequenz enthielten die gleichen distributionellen Hinweise für Wortgrenzen. Sowohl die Übergangswahrscheinlichkeit innerhalb einer Silbe als auch zwischen den Silbengrenzen unterschied sich nicht zwischen den Familiarisierungsversionen. Unterschiedlich war jedoch das Verhältnis von metrischen und distributionellen Hinweisen zwischen der jambischen und der trochäischen Familiarisierungssequenz. In der trochäischen Familiarisierungssequenz markierten die betonte Silbe und die distributionellen Hinweise gleichermaßen die Wortgrenzen. Dadurch, dass keine widersprüchlichen Hinweise vorhanden waren, konnte davon ausgegangen werden, dass in dieser Version die Wörter korrekt segmentiert werden, wie bereits in früheren Untersuchungen von Saffran und Mitarbeitern gezeigt wurde (Saffran, Aslin & Newport 1996). In der jambischen Familiarisierungssequenz dagegen konfligierten die metrischen und distributionellen Hinweise. Ausgewertet wurden die Orientierungszeiten für die zweisilbigen Kunstwörter wie *dapu* oder *bugo* und die Orientierungszeiten, die sich ergaben, wenn die jeweils letzte und erste Silbe zweier Silbenpaare fokussiert wurden wie beispielsweise in *dapu#bugo* die Sequenz *pubu*. Die Hypothese der Autoren bestätigte sich.

Die Kinder, die in der Familiarisierungsphase die trochäische Sequenz gehört hatten, zeigten längere Orientierungszeiten bei den zweisilbigen Kunstwörtern als bei Sequenzen, die aus der jeweils letzten und ersten Silbe zweier Silbenpaare bestanden. Die Kinder, die in der Familiarisierungsphase die jambische Sequenz gehört hatten, zeigten längere Orientierungszeiten für die Sequenzen, die aus der jeweils letzten und ersten Silbe zweier Silbenpaare bestanden als für die zweisilbigen Kunstwörter. Damit hatten die Kinder der metrischen Segmentierungsstrategie folgend die zuvor gehörten jambischen Einheiten in das bevorzugte trochäische Betonungsmuster seg-

mentiert. Wenn metrische und distributionelle Hinweise konfliktieren, gewichten neun Monate alte Kinder die metrischen Segmentierungshinweise offenbar stärker als die distributionellen. Die gleiche Untersuchung wurde an Kindern im Alter von sieben Monaten durchgeführt und es zeigte sich, dass die Kinder unabhängig von der jambischen oder trochäischen Familiarisierung durchweg längere Orientierungszeiten bei Sequenzen zeigten, die aus der jeweils letzten und ersten Silbe zweier Silbenpaare bestanden. Die Autoren folgerten, dass Kinder im Alter von sieben Monaten distributionelle Hinweise stärker gewichten als metrische, wenn diese zueinander in Konflikt stehen, während neun Monate alte Kinder zur Segmentierung von Wortgrenzen aufmerksamer für metrische Hinweise sind. Eine mögliche Erklärung für das unterschiedliche Orientierungsverhalten nach der Familiarisierung mit der trochäischen Sequenz sehen die Autoren darin, dass der Unterschied (mismatch) zwischen den betonten items der Familiarisierungsphase und den unbetonten items der Testphase für die neun Monate alten Kinder salienter ist als für die sieben Monate alten, da ihre Aufmerksamkeit für metrische Hinweise ausgeprägter ist als bei den jüngeren Kindern. Dies könnte möglicherweise dazu geführt haben, dass es für die neun Monate alten Kinder schwieriger war, die Testitems mit den Familiarisierungsitems zu matchen und sie daher nach Darbietung der trochäischen Sequenz einen Familiarisierungseffekt, d. h. längere Orientierungszeiten für die zweisilbigen trochäischen Wörter zeigten.

Jüngste Untersuchungen konnten zeigen, dass elf Monate alte Kinder weiterhin sensitiv sind für distributionelle Segmentierungshinweise, bei konfliktierenden metrischen und distributionellen Hinweisen jedoch wiederum eine stärkere Aufmerksamkeit für die metrischen Hinweise zeigen (Johnson & Seidl 2009). Dies zeigt, dass metrische Segmentierungshinweise sehr starke Hinweisreize sind und trotz der vorhandenen Sensibilität für andere Merkmale im Sprachsignal, weiterhin salient sind. So konnte gezeigt werden (Houston Jusczyk, Kuijpers, Coolen, Cutler 2000), dass englische Kinder im Al-

ter von neun Monaten, in einem Alter, in dem sie bereits Unterschiede zwischen ihrer Muttersprache und einer Fremdsprache anhand segmentaler Eigenschaften erkennen (Jusczyk, Cutler, Redanz 1993), die metrische Segmentierungsstrategie auch auf Fremdsprachen anwenden. In den Untersuchungen von Houston Jusczyk, Kuijpers, Coolen, Cutler (2000) erkannten englische Kinder so wie die niederländischen Kinder mit neun Monaten trochäische Wörter in niederländischen Textpassagen wieder. Da das Niederländische und das Englische rhythmisch ähnlich sind (Baayen, Piepenbrock & van Rijn 1993; Cutler and Carter 1987), führte die Anwendung der metrischen Segmentierungsstrategie, die die englischen Kinder in ihrer Muttersprache erworben hatten, auch bei der Segmentierung niederländischer Wörter zum Erfolg.

Aufgrund der rhythmischen Ähnlichkeit der beiden Sprachen wurde in Anlehnung an die Untersuchungsreihe von Jusczyk, Houston & Newsome (1999) überprüft, ob auch niederländische Kinder die metrische Segmentierungsstrategie anwenden (Kuijpers, Coolen, Houston 1998). Die Kinder wurden im Alter von 7,5 Monaten mit zwei trochäischen niederländischen Wörtern wie *bokser* (Boxer) und *karper* (Karpfen) oder *pendel* (Pendel) und *kusten* (Küste) mit dem Headturn Preference Paradigma familiarisiert. In der anschließenden Testphase hörten die Kinder vier unterschiedliche Textpassagen, von denen zwei Passagen jeweils eines der familiarisierten Wörter enthielten und die beiden anderen Passagen jeweils ein unbekanntes trochäisches Wort beinhalteten. Es zeigten sich keine Unterschiede in den Orientierungszeiten zu den familiarisierten oder den nicht familiarisierten Wörtern. Um auszuschließen, dass dieses Ergebnis auf phonologische Unterschiede zwischen dem englischen und dem niederländischen Stimulusmaterial zurückzuführen ist, wurden in einer weiteren Untersuchung wiederum niederländische Kinder, dieses Mal jedoch mit dem bereits in der Studie von Jusczyk, Houston & Newsome (1999) verwendeten englischen Stimulusmaterial, getestet.

Die Kinder erkannten jedoch auch bei dem englischen Material die trochäischen Wörter im Text im Alter von 7,5 Monaten nicht wieder. Erst im Alter von neun Monaten zeigten die niederländischen Kinder eine Tendenz, die trochäischen englischen Wörter im Text wieder zu erkennen. Die Autoren sahen eine Erklärung für die cross-linguistischen Unterschiede darin, dass der Frequenzunterschied (pitch) der starken und schwachen Silben bei den verwendeten englischen Wörtern stärker war als bei den niederländischen Wörtern und damit die englischen Wörter ein salienteres Betonungsmuster hatten. Eine weitere Erklärung für die unterschiedlichen cross-linguistischen Leistungen, könnte auch die charakteristische Distribution starker und schwacher Silben im Englischen und Niederländischen sein und die Tatsache, dass das Niederländische weniger sensitiv für Vokalreduktion ist (Van der Hulst 1984). Während im Englischen ein Vollvokal immer eine starke Silbe impliziert, kann im Niederländischen ein Vollvokal ebenso in einer schwachen Silbe vorkommen. Ebenso folgt im Englischen auf eine starke meistens eine schwache Silbe, während im Niederländischen auf eine starke Silbe eine schwache oder eine starke Silbe folgen kann (Van der Hulst 1998). Während mit behavioralen Methoden im Alter von neun Monaten bereits eine Tendenz zur Segmentierung trochäischer Wörter in längeren sprachlichen Äußerungen festgestellt wurde, zeigen neuere elektroфизиologische Befunde deutlich, dass niederländische Kinder im Alter von zehn Monaten zweisilbige Wörter in einem kontinuierlichen Sprachstrom erkennen (Kooijman, Hagoort, Cutler 2005, 2009).

Nazzi und Mitarbeiter (Nazzi, Iakimova, Bertoncini, Frédonie & Alcantara 2006) fanden heraus, dass französische Kinder im Alter von 16 Monaten, nicht jedoch mit zwölf Monaten zweisilbige Wörter in länger sprachlichen Äußerungen wieder erkennen. Mit zwölf Monaten segmentierten die französischen Kinder jedoch sowohl die zuvor isoliert dargebotene letzte als auch die erste Silbe der zweisilbigen Wörter in einem kontinuierlichen Sprachstrom, was jedoch mit 16 Monaten nicht mehr der Fall war. Demnach scheinen französische

Kinder zweisilbige Wörter im Alter von 16 Monaten als eine zusammengehörige Einheit zu erkennen, jedoch im Alter von zwölf Monaten zunächst lediglich die einzelnen Silben der zweisilbigen Wörter zu segmentieren.

Dieser Befund spricht für die Annahme, dass die Silbe die Einheit für die prosodische Segmentierung im Französischen bildet und zeigt darüber hinaus, dass der Erwerb der Segmentierungsstrategien sich in Abhängigkeit der rhythmischen Klasse der einzelnen Sprachen unterscheidet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass englische und auch niederländische Kinder im Alter zwischen sieben und neun Monaten zur Segmentierung der Sprache eine metrische Segmentierungsstrategie anwenden, die durch das dominierende Betonungsmuster der Umgebungssprache geprägt ist. Bei der Verarbeitung prosodischer Information zur Segmentierung von Sprache gibt es abhängig vom Sprachtypus (akzent- oder silbenzählend) cross-linguistische Unterschiede.

4 Pränatale Perzeptionsleistungen und akustische Exposition vor dem Hintergrund der neuronalen und auditorischen Entwicklung im letzten Drittel der Schwangerschaft

Die bisher ausgeführten Befunde zeigen, dass die rhythmisch-prosodischen Eigenschaften menschlicher Sprache zu den frühesten Eigenschaften von Sprache gehören, die vom Kind wahrgenommen werden und deren sprachspezifischen Ausprägungen innerhalb des ersten Lebensjahres rasch erworben werden. Die von Geburt an vorhandene Sensitivität für prosodische Eigenschaften von Sprache lässt vermuten, dass Säuglinge bereits pränatal Zugang zu prosodischer Information haben.

Das auditorische System des Fetus ist zwischen der 23. und 25. Gestationswoche funktionell ausgereift (Hall 2000; Lasky & Williams 2005). Verschiedene Studien konnten zeigen, dass externe akustische Stimulation während der letzten Wochen der Schwangerschaft physiologische Reaktionen des Fetus wie Veränderung der Herzfrequenz und vermehrte Bewegung hervorruft (Abrams & Gerhardt 2000). Birnholtz und Mitarbeitern gelang es als eine der ersten, in der 25. Gestationswoche unter vibroakustischer Stimulation bei 110 dB eine fetale Reaktion hervorzurufen (Birnholtz & Benacerraf 1983). Die früheste Reaktion konnten Hepper und Mitarbeiter (Hepper & Shahidullah 1994) bereits in der 19. Gestationswoche mit einem Ton

bei 500 Hz hervorrufen, wobei alle untersuchten Feten in der 27. Gestationswoche auf Töne von 250 Hz und 500 Hz reagierten.

In weiteren Untersuchungen gingen sie der Frage nach, ob der Fetus unterschiedliche Frequenzen erkennt und diese voneinander unterscheiden kann (Shahidullah & Hepper 1994). In einem Habituiierungsparadigma (Habituation wird definiert als nachlassender Response auf einen wiederholt dargebotenen Stimulus (Thompson & Spencer 1966) wurden Feten in der 27. und in der 35. Gestationswoche alternierend mit einem Ton, dessen Frequenz 250 Hz oder 500 Hz bei 110 dB betrug, habituiert, bis beim Fetus unter Ultraschall keine motorischen Bewegungen als Reaktion auf die akustische Dargebietung mehr zu erkennen waren. Anschließend wurde der jeweils nicht-habituierter Ton vorgespielt. In der 27. Gestationswoche reagierten von 24 Feten lediglich 6 mit verstärkten motorischen Bewegungen auf den nicht-habituierter Ton, während in der 35. Gestationswoche 23 von 24 Feten dishabituierteren. Zusätzlich benötigten die Feten in der 27. Gestationswoche eine wesentlich längere Habituiierungszeit. Um sicher zu gehen, dass die verminderte Responsivität in der 27. Gestationswoche auf den neuen Stimulus nicht auf Ermüdung aufgrund der extremen Unreife zurückzuführen ist, sondern tatsächlich eine verminderte Diskriminationsleistung zwischen den Frequenzen von 250 Hz und 500 Hz vorliegt, wurden zehn weitere Feten mit einer Frequenz von 250 Hz habituiert und anschließend mit einem Breitbandstimulus, dessen Frequenzspektrum zwischen 80 und 2000 Hz lag, konfrontiert. Von den zehn Feten zeigten neun verstärkte motorische Bewegungen. Das Ergebnis zeigt, dass akustische Diskriminationsleistungen bereits in der 27. Gestationswoche erbracht werden, unterschiedliche Frequenzen jedoch noch nicht so differenziert wahrgenommen werden wie in der 35. Gestationswoche.

Der Fetus reagiert nicht nur auf unterschiedliche Frequenzen, sondern auch auf die unterschiedliche Intensität, die Lautstärke der Töne. Es konnte gezeigt werden (Querleu, Renard, Versyp, Paris-Del-

rue & Crepin 1988), dass Töne unterschiedlicher Frequenz in ihrer Intensität in utero unterschiedlich abgeschwächt werden und 250 Hz-Töne um 2 dB, 500 Hz-Töne dagegen um 15 dB reduziert werden. Um die Möglichkeit auszuschließen, dass frequenzabhängige Intensitätsunterschiede die Diskriminationsleistung beeinflusst haben könnten, wurden erneut 10 Feten mit 250 Hz und einer Intensität von 105 dB habituiert und anschließend mit 500 Hz und einer Intensität von 118 dB konfrontiert. Alle zehn Feten dishabituieren. Bei gleich bleibender Schallintensität kann somit davon ausgegangen werden, dass in der 35. Gestationswoche unterschiedliche Frequenzen diskriminiert werden können.

James und Mitarbeiter (James, Spencer, Stepsis 2002) gingen der Frage nach, ob pränatale Exposition zur Musik postnatal von den Neugeborenen nachweislich wieder erkannt und damit gelernt wird. Die Feten hörten sechs Tage vor ihrer Geburt für jeweils drei Minuten, über Kopfhörer, die über den Bauch der Mutter angebracht waren, Musik. Die Neugeborenen zeigten innerhalb der vierwöchigen Neonatalperiode bei erneuter Exposition zur pränatal gehörten Musik im Vergleich zu einer Kontrollgruppe Neugeborener, die pränatal keine musikalische Exposition erfahren hatte, eine höhere Herzfrequenz und einen höheren Wachheitsgrad.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Dirix und Mitarbeiter, die das Vorhandensein eines pränatalen Kurz- und Langzeitgedächtnisses überprüften (Dirix, Nijhuis, Jongma, Hornstra 2009). Dreiundneunzig Feten erhielten zwischen der 30. und 38. Schwangerschaftswoche vibro-akustische Stimulation. Zeigten sich unter Ultraschall keine vermehrten Bewegungen mehr und war die Herzfrequenz wieder an der ursprünglichen Basislinie, galten die Feten als habituiert. Nach erfolgter Habituation wurde zehn Minuten später erneut eine vibro-akustische Stimulation durchgeführt. Aufgrund des unterschiedlichen Gestationsalters wurden fünf Gruppen gebildet (30. SSW = Gruppe I bis 38. SSW = Gruppe IV). Unabhängig vom Gestationsalter war bei allen Feten ein Absinken der Herzfrequenz zu

beobachten. Die Feten zwischen der 30. und 36. Schwangerschaftswoche erhielten in der 38. Woche erneut eine vibro-akustische Stimulation. Verglichen wurde der Unterschied zwischen der Basislinie der Herzfrequenz zum Zeitpunkt der Habituation und dem Anstieg der Herzfrequenz zum Zeitpunkt der Stimulation mit 38 Wochen. Obwohl bei allen wieder ein Absinken der Herzfrequenz zu beobachten war, zeigte sich lediglich bei den Feten ein signifikanter Unterschied, die zum Zeitpunkt der Habituation ein Gestationsalter von 34 und 36 Wochen hatten. Die fehlende Signifikanz der anderen Kinder erklären die Autoren mit der zu geringen Power der Gruppe. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ab einem Gestationsalter von 30 Wochen Informationen gespeichert und kurzfristig wieder abgerufen werden können und ab einem Gestationsalter von 34 Wochen auch nach vier Wochen und damit auch längerfristig Informationen gespeichert werden können.

Nicht nur Töne, sondern auch unterschiedliche Silbenfolgen können intrauterin von Feten gelernt und unterschieden werden. Bei mehrmaliger akustischer Darbietung des Zweisilbers BABI und anschließender Umkehrung der Silbenfolge in BIBA, zeigte sich eine Verlangsamung des Herzschlags bei Feten zwischen der 35. und 38. Gestationswoche (Lecanuet, Granier-Deferre & Busnel 1989). Innerhalb ihrer Untersuchungsreihe zur Diskrimination unterschiedlicher Frequenzbereiche testeten Shahidullah und Mitarbeiter (Shahidullah & Hepper 1994) auch die Diskriminationsfähigkeit zweier Silbenpaare in der 27. und in der 35. Gestationswoche. Die Feten wurden zunächst mit der Silbenfolge BABA habituiert und bekamen anschließend die Silbenfolge BIBI vorgespielt. Während in der 27. Gestationswoche drei von 18 Feten dishabituieren, waren es in der 35. Gestationswoche 17 von 18 Feten. In der 27. Gestationswoche wurde zudem wieder eine signifikant längere Habituerungszeit benötigt.

Die genannten Befunde verdeutlichen nicht nur, wie erstaunlich differenziert perzeptive Fähigkeiten bereits vorgeburtlich ausgeprägt sind, sondern zeigen auch die Zunahme der Leistungen mit dem

Grad der Reifung. Darüber hinaus sprechen die Ergebnisse dafür, dass nicht nur prosodische, sondern auch segmentale Eigenschaften von Sprache pränatal wahrgenommen werden, allerdings nur, wenn der Fetus nahe des Geburtstermins ist. Dabei werden Vokale vermutlich intrauterin besser wahrgenommen als Konsonanten, da erstere stimmhaft sind und die Formanten teilweise in den unteren Frequenzbereichen liegen, die vermutlich, wie die Grundfrequenz, gut wahrnehmbar sind (Jakobson 1986, S. 87-131). Die Evaluation intrauteriner Aufnahmen im Innenohr des Fetus' eines Schafes kurz vor der Geburt ergaben, dass lediglich 40 % der intrauterin aufgenommenen Sätze für das menschliche Ohr verständlich waren, was für die Annahme spricht, dass Vokale intrauterin besser wahrgenommen werden als Konsonanten, die eine höhere Frequenz als Vokale haben (Smith, Gerhard, Griffiths et al. 2003).

Die aufgeführten Habituationsexperimente zeigen, dass die Fähigkeit zu Lernen, bereits intrauterin vorhanden ist. Habituation in utero bedeutet damit nicht nur die Rezeption des Stimulus, sondern ebenso die Aufnahme und Verarbeitung in subkortikalen Regionen. Doch inwieweit sind hirnpfysiologische Strukturen, die eine auditive Verarbeitung akustischer Reize ermöglichen, bei dem Fetus überhaupt schon entwickelt? Tatsächlich ist bereits ab einem Gestationsalter von 27 Wochen eine neuroanatomische Vergrößerung des der Sprachwahrnehmung zugeschriebenen linken planum temporale nachzuweisen (Witelson & Pallie 1973), welches auch bei 88 % aller Neugeborenen größer als das rechte ist (Wada, Clarke & Hamm 1975). Nicht nur eine anatomische, sondern auch eine funktionale Asymmetrie der Hemisphären konnte bei drei Monate alten Säuglingen in eben diesem Bereich dargestellt werden (Dehaene-Lambertz, Hertz-Pannier, Dubois, Mériaux, Roche, Sigman & Dehaene 2006). Weitere Studien konnten bereits bei wenigen Wochen alten Neugeborenen eine Asymmetrie weiterer Hirnstrukturen aufzeigen. So war im Kortikospinaltrakt (eine Ansammlung von Nervenzellen, die sich zwischen dem zerebralen Kortex und dem Rückenmark bewegen),

die Organisation und Maturation links-kortikal weiter voran geschritten als rechts-kortikal. Dies lässt vermuten, dass diese links-hemisphärische Maturation mit einer späteren funktionalen Lateralisation wie der Sprachverarbeitung in Beziehung stehen könnte (Dehaene-Lambertz, Dehaene & Hertz-Pannier 2002; Pena, Maki, Kovacić, Dehaene-Lambertz, Koizumi, Bouquet & Mehler 2003; Dubois, Hertz-Pannier, Cachia, Le Bihan & Dehaene-Lambertz 2009).

Die aufgeführten Befunde verdeutlichen auch, dass mit zunehmendem Reifegrad die Perzeptionsleistungen zunehmen und die Verarbeitung von Reizen schneller erfolgt. Das führt zu der Frage, was passiert genau während des letzten Drittels der Schwangerschaft bezüglich der fetalen Neuromaturation und was passiert innerhalb der Gehörentwicklung?

Während und nach der Neurulation, der Bildung des Neuralrohrs als Anlage des späteren zentralen Nervensystems (ZNS), entstehen aus der Teilung von Neuroepithelzellen die Nervenzellen (Neuronen), die dazu bestimmt sind, Teil des Nervensystems zu werden (Rakic 1995; Silbernagl & Despopoulos 2007). Nach der Zellteilung, der Neurogenese, beginnt die Migration der Nervenzellen, die sich, durch molekulargenetische Prozesse gesteuert, zu vorbestimmten Regionen des Gehirns bewegen. Um untereinander zu kommunizieren, benötigen die Neuronen synaptische Verbindungen. Die Verschaltung der Nervenzellen, die Synaptogenese, beginnt bereits in der fünften Woche der Embryonalentwicklung und dauert die gesamte Zeit der Schwangerschaft einschließlich eines großen Teils des ersten Lebensjahres hindurch an. Die Synaptogenese ist essentiell für die weitere neuronale Differenzierung und die Bildung eines neuronalen Netzwerkes (Thompson, Cannon, Narr, Van Erp, Poutanen, Huttunen, Lönnqvist, Standertskjöld-Nordenstam, Kaprio, Khaledey, Rajneesh, Zoumalan & Toga 2001). Das Dendritenwachstum und die Zunahme der Synapsen, die mit einem enormen Wachstum der Großhirnrinde verbunden sind, zeichnen sich durch drei Wachstumsschübe aus: Eine vermehrte Synaptogenese ist erstmals zwi-

schen der 13. und 15. Gestationswoche innerhalb der Zone der kortikalen Unterplatte zu beobachten.² Zwischen der 16. und 19. Gestationswoche wachsen dann vermehrt die Fortsätze der Nervenzellen, die Axone, in die Unterplatte ein und eine dritte intensive Phase der Synaptogenese geschieht zwischen der 24. und 28. Gestationswoche, wenn thalamokortikale Phasern die Unterplatte verlassen und die kortikale Platte durchdringen. Die späte Fetalperiode, zwischen der 25. und 38. Gestationswoche ist durch die Transformation der fetalen Isokortexschichten hin zu einer allmählich sechs-schichtigen Laminierung, ähnlich der Erwachsener, gekennzeichnet (Kostovic & Judas 1995, S. 5f; Kostovic & Judas 2002; Rager 2004).

Nervenzellen und Synapsen werden während der Fetalperiode im Überschuss produziert. Zeitgleich zu ihrer Produktion sterben jedoch überschüssige Nervenzellen und synaptische Verbindungen in allen Stadien der Entwicklung auch wieder ab (Huttenlocher 1979; Rakic, Bourgeois, Eckenhoff, Zecevic & Goldman-Rakic 1986; Huttenlocher & Dabholkar 1997; Thompson, Cannon, Narr, Van Erp, Poutanen, Huttunen, Lönnqvist, Standertskjöld-Nordenstam, Kaprio, Khaledey, Rajneesh, Zoumalan & Toga 2001). Dieser sogenannte programmierte Zelltod, auch Apoptose genannt, führt von einem zunächst mehr diffusen neuronalen Verknüpfungsmuster hin zu spezifischen, funktionellen Verknüpfungen. Dies zeigt sich beispielsweise unter anderem darin, dass bei Neugeborenen eine Vielzahl von Reflexen ausgelöst werden können (z. B. Saug- und Greifreflex, oder der bekannte Babinsky Reflex – Großzehenstreckung bei gleichzeitiger Kleinzehenbeugung), die sich während des ersten Lebensjahres zurückbilden (Kugler 2004, S. 258ff). Nachdem Wachstum und Steuerung der Nervenzellen zunächst molekulargenetischen Prozessen unterliegen, wird die Differenzierung der synaptischen Verschaltungen verstärkt von der Umwelt beeinflusst. So vermutet man als Ursache für einen vermehrten Zelltod bei Frühgeborenen unter an-

2 Die Unterplatte (*subplate*) ist eine transiente Erscheinung innerhalb der sechs kortikalen Schichten des Isokortex der Großhirnrinde (Kostovic 1995, S. 5; Rager 2004, S. 459-461).

derem wiederholt oder andauernd schmerzhafte Manipulationen, metabolischen Stress durch mütterlichen Diabetes während der Schwangerschaft und fehlende soziale Stimulation (Anand & Scalzo 2000; Bhutta & Anand 2002; Stranahan, Arumugam & Cutler 2008).

Neben der Synaptogenese gibt es noch einen weiteren wichtigen Faktor innerhalb der neuronalen Entwicklung, die Myelinisierung. Die Myelinscheide dient der elektrischen Isolierung der Axone der Nervenbahnen und gleichzeitig der Beschleunigung der Erregungsleitung. Die Nervenleitgeschwindigkeit schreitet mit zunehmendem Gestationsalter voran (Silbernagl & Despopoulos 2007, S. 42). Die Myelinisierung beginnt etwa in der Mitte der Schwangerschaft um die 20. Woche herum und kann in einigen Hirnregionen bis zum dreißigsten Lebensjahr andauern. Phylogenetisch ältere Hirnregionen, die grundlegende vegetative Funktionen und Reflexfunktionen steuern, bilden ihre Myelinscheide dabei früher aus als die Nervenfasern in kognitiv höher entwickelten Bereichen (Joseph 2000). Zwischen der 24. und 32. Gestationswoche beginnt die aufwärts steigende Progression der Myelinisierung im Rückenmarkskanal und die zunächst „primitiven“, unreifen Reflexe werden stärker und komplexer. Mit Beginn der 32. Gestationswoche myelinisieren die motorisch höher organisierten kortikospinalen Nervenbahnen, was innerhalb der ersten beiden Lebensjahre über graduelle Reifung zum Laufen und zur Kontrolle über die Feinmotorik führt (Allen 2005). Etwa zur gleichen Zeit, zwischen der 23. und 37. Gestationswoche, verschaltet sich das Gehirn mit den Sinnesorganen und erste Reflexe, wie beispielsweise Blinzeln, zunehmende Atembewegungen und Anstieg der Herzfrequenz als Reaktion auf akustische Ereignisse, sind zu beobachten (Joseph 2000; Allen 2005).

Entscheidende Veränderungen während des letzten Drittels der Schwangerschaft finden jedoch nicht nur innerhalb der Neuromaturation statt, sondern auch innerhalb der Gehörentwicklung. Mit dem Beginn der auditorischen Funktion gehen zwischen der 20. und 35. Gestationswoche große morphologische und anatomische Verän-

derungen in der Cochlea (Hörschnecke) einher (Lasky & Williams 2005). Die Cochlea bildet zusammen mit dem vestibulären Labyrinth, welches für den Gleichgewichtssinn zuständig ist, das Innenohr und ist für die Schallverarbeitung zuständig. Wachstum und morphologische Veränderungen der Cochlea im letzten Drittel der Schwangerschaft betreffen zum großen Teil das sogenannte Corti-Organ, eine von vier schlauchförmigen Schichten der Cochlea, welche die Hörsinneszellen (Haarzellen) enthält und führen zu einer allmählichen Verschiebung der Basilar-Membran, welche das Corti-Organ von den anderen Schichten abgrenzt. Die Verschiebung der Basilar-Membran führt mit zunehmendem Gestationsalter zu Veränderungen in der Schallsensitivität und in der Wahrnehmung des Frequenzbereiches. Anatomische Veränderungen der Gehörknöchelchen des Mittelohres sowie des Gehörganges zwischen der 20. und 32. Gestationswoche dienen zur Vorbereitung der Wahrnehmung höherer Frequenzen. Obwohl die Myelinisierung des Nervus Vestibulocochlearis, des achten Hirnnervs, der die von den inneren Haarzellen kommenden elektrischen Impulse zum Hirnstamm auf die Hörbahn leitet, bereits um die 20. Gestationswoche erfolgt ist, dauert die neuronale Reifung der auditorischen Nervenbahnen bis ins zweite Lebensjahr an (Lasky & Williams 2005). Insgesamt ist festzuhalten, dass im letzten Drittel der Schwangerschaft entscheidende Entwicklungen innerhalb der neuromaturation und innerhalb der Gehörentwicklung stattfinden.

Die klangliche Exposition *in utero* unterscheidet sich grundlegend von der klanglichen Exposition in der externen Umgebung. Der Uterus und das Fruchtwasser wirken wie ein Filter, der die Geräusche der mütterlichen Umgebung und die mütterliche Stimme nur in einem Frequenzbereich um 250 Hz überträgt (Abrams & Gerhardt 2000). Je höher die Frequenz ist, desto stärker wird sie in ihrer Intensität intrauterin abgeschwächt (Querleu, Renard, Versyp, Paris-Delrue & Crepin 1988). Während männliche Stimmen in der Intensität um 2,1 dB und weibliche Stimmen um 3,2 dB intrauterin abge-

schwächt werden, ist die mütterliche Stimme aufgrund der inneren Schalleitung intrauterin in ihrer Intensität im Mittel 5,2 dB stärker als extrauterin (Richards, Frentzen, Gerhardt, McCann & Abrams 1992). Begleitet von respiratorischen, kardiovaskulären und gastrointestinalen Geräuschen der Mutter dominieren in der intrauterinen Klangumgebung niederfrequente Geräusche bei einer Intensität von 50 dB (Abrams & Gerhardt 2000). Im niederfrequenten Sprachsignal werden Intonationskonturen, Frequenz- und Intensitätsänderungen wahrgenommen und bei weit voran geschrittenem Gestationsalter können auch einfache Lautsegmente unterschieden werden (Lecanuet & Granier-Deferre 1993).

Für eine pränatale Wahrnehmung der niederfrequenten Komponenten der mütterlichen Sprache sprechen Befunde, nach denen Neugeborene entsprechend den intrauterinen Schallbedingungen die *low-pass* gefilterte Sprachversion ihrer Mutter der nicht-gefilterten Version vorziehen. Mit der *High-Amplitude Sucking Method* wurden hierzu Kindern einmal die Mutterstimme vorgespielt, wie sie extrauterin zu hören ist und einmal wie sie intrauterin zu hören ist. Für letzteres wurde die Sprache mit einem Filter auf die intrauterine mütterliche Stimmfrequenz von 250 Hz gesampelt. Die Saugrate stieg an, wenn die *low-pass* gefilterte Version der Mutterstimme zu hören war, nicht jedoch wenn die nicht gefilterte Version zu hören war (Spence & DeCasper 1987). Für einen pränatalen Zugang zu prosodischer Information und stimmspezifischen Merkmalen sprechen noch weitere Befunde wie die Vorliebe des Säuglings für die Stimme der Mutter gegenüber einer fremden Frauenstimme (DeCasper & Fifer 1980). Neugeborene können weibliche von männlichen Stimmen unterscheiden und präferieren weibliche gegenüber männlichen Stimmen (Wolff 1963; Brazelton 1978). Im Gegensatz zu der Vorliebe für die Mutterstimme gegenüber einer fremden Frauenstimme bevorzugen sie jedoch nicht die Vaterstimme gegenüber einer fremden Männerstimme (DeCasper & Prescott 1984).

Diese Befunde könnten möglicherweise mit der intrauterin unterschiedlichen Intensitätsübertragung weiblicher und männlicher Stimmfrequenzen erklärt werden. Über die Verarbeitung stimmspezifischer prosodischer Merkmale hinaus scheinen pränatal noch weitere suprasegmentale Merkmale der Sprache verarbeitet zu werden. Neugeborene bevorzugen von zwei Geschichten diejenige, die ihm die Mutter sechs Wochen vor der Geburt täglich vorgelesen hat, unabhängig davon, ob die Geschichte mit der Stimme der Mutter oder mit einer fremden Stimme wiedergegeben wird (DeCasper & Spence 1986). Auch intrauterin werden häufig gehörte Geschichten gegenüber unbekanntem Geschichten bevorzugt: Zwischen der 33. und der 37. Gestationswoche rezitierten schwangere Mütter drei Mal am Tag einen Kinderreim. Nach vier Wochen wurde den Feten die rezitierte, bekannte Geschichte sowie eine unbekanntes vorgespielt. Die Feten reagierten mit einem Absinken der Herzfrequenz, wenn sie die bekannte Geschichte hörten, während sich bei der unbekanntes Geschichte keine Veränderung zeigte (DeCasper, Lecanuet, Busnel & Granier-Deferre 1994). Obwohl pränatale Erfahrung mit prosodischen und suprasegmentalen Merkmalen der Sprache zu einer Prädisposition des Säuglings für spezifische Merkmale seiner Muttersprache zu führen scheint, geben andere Befunde, wie die Lokalisation der Sprachverarbeitung bei Neugeborenen und Säuglingen in der linken Hemisphäre (Molfese, Freeman & Palermo 1975; Dehaene-Lambertz 2000) auch einen Hinweis darauf, dass die Verarbeitung von Sprache ebenso genetisch prädestiniert zu sein scheint.

Es stellt sich nun die Frage, ob der frühe Spracherwerb anders verläuft, wenn ein Kind nicht bis zur vollendeten 40. Schwangerschaftswoche intrauterin dem speziellen akustischen Muster der Muttersprache ausgesetzt ist, sondern bis zu zwölf Wochen vor dem errechneten Entbindungstermin zur Welt kommt und ohne diese pränatale Erfahrung bis zum errechneten Entbindungstermin in einer unphysiologischen Umgebung weitestgehend ohne prosodische Stimulati-

on heranreift, wie es bei einem sehr untergewichtigen Frühgeborenen der Fall ist.

Damit unmittelbar verbunden ist die Frage nach der Anteiligkeit zwischen dem Einfluss von genetischer Anlage und den äußeren Einflüssen und Erfahrungen. Wenn beim Fetus bereits in der 27. Schwangerschaftswoche neuroanatomische Vergrößerungen an der Sprachverarbeitung beteiligter hirnpysiologischer Strukturen nachzuweisen sind, kann die teilweise bis zu drei Monate fehlende intrauterine Erfahrung mit Prosodie nach der Geburt ebenso extrauterin erfahren werden? Hinderlich ist dabei sicherlich die Tatsache, dass sich das Frühgeborene zunächst in einem geschlossenen Inkubator befindet und damit erst einmal von prosodischer Erfahrung weithin abgeschottet ist. Neben dem Mangel an prosodischen Input scheint jedoch vor allen Dingen auch die unterschiedliche Qualität der prosodischen Erfahrung intra- und extrauterin von Bedeutung zu sein. Wie ausgeführt wurde, befindet sich der Fetus intrauterin in einem niederen Frequenzspektrum, in welchem er zunächst weitestgehend von segmentaler Information abgeschirmt ist. Die Prosodie ist damit intrauterin salienter als extrauterin, da sie weniger von segmentaler Variation überdeckt ist. Es ist also zunächst davon auszugehen, dass das Frühgeborene im Vergleich zu einem Reifgeborenen deutlich weniger fokussierten prosodischen Input erhält.

In den vorliegenden Untersuchungen wird der Frage nachgegangen, ob die spezifische Sensitivität für rhythmisch-prosodische Merkmale der Sprache, die Reifgeborene von Geburt an zeigen, mit einer pränatalen Fokussierung auf diese Merkmale bedingt durch die Besonderheiten der intrauterinen Sprachwahrnehmung zusammenhängt. Es wird überprüft, ob Frühgeborene, die kaum oder weniger Erfahrung mit diesem spezifischen sprachlichen Input haben, eine geringere Sensitivität für rhythmisch-prosodische Merkmale im ersten Lebensjahr zeigen, was einen entscheidenden Einfluss auf die weitere Sprachverarbeitung Frühgeborener haben könnte. Um speziell diesen Faktor, der unterschiedlichen vorgeburtlichen Erfahrung unter-

suchen zu können, sind ausschließlich gesunde Frühgeborene in die Untersuchung einbezogen worden. Die untersuchte Stichprobe der Frühgeborenen zeichnet sich damit dadurch aus, dass die Kinder neurologisch und entwicklungsdiagnostisch unauffällig sind und alle medizinischen Risiken und Komplikationen, die, wie ausgeführt wurde, mit der Frühgeburtlichkeit einhergehen können, als Ausschlusskriterium galten, womit sich diese Stichprobe von den aller meisten Stichproben in anderen Untersuchungen grundsätzlich unterscheidet. Um dies zu gewährleisten, wurde bei allen in die Studie eingeschlossenen Frühgeborenen eine standardisierte kognitive Entwicklungstestung mit den *Bayley Scales of Infant Development II* (Bayley 1993) im Alter von sechs und zwölf Monaten durchgeführt. Zusätzlich erhielten alle eine vollständige körperliche und entwicklungsneurologische Untersuchung durch einen Pädiater sowie eine Hörprüfung. Zu der Studiengruppe der Frühgeborenen erfolgte die Rekrutierung einer Kontrollgruppe Reifgeborener, die ebenfalls zu den genannten Zeitpunkten alle genannten Untersuchungen erhielten.

Bevor die eigentliche Untersuchung und die ihr zugrunde liegende Fragestellung, ob Frühgeborene so wie Reifgeborene eine Sensitivität für rhythmisch-prosodische Merkmale der Sprache zeigen, berichtet wird, folgt zunächst die Beschreibung der untersuchten Stichprobe. Nach der Darstellung von Konzeption und Durchführung der Studie, wird die Charakterisierung aller Früh- und Reifgeborenen bezüglich der klinischen und soziodemografischen Daten gegeben. Weiterhin wird die Entwicklungstestung mit den *Bayley Scales of Infant Development* beschrieben sowie deren Ergebnisse für die Früh- und Reifgeborenen im Alter von sechs und zwölf Monaten.

Im daran anschließenden Kapitel zu den experimentellen Sprachuntersuchungen wird zunächst auf die verwendete Methode, das *Headturn Preference Paradigma* (HTP) eingegangen, mit der die sprachlichen Daten im Alter von vier, sechs und neun Monaten erhoben wurden. Anschließend folgt die Darstellung der experimentellen Un-

tersuchungen zur Rhythmusdiskrimination im Alter von vier Monaten, zur Rhythmuspräferenz im Alter von sechs Monaten und zur rhythmusbasierten Segmentationsstrategie im Alter von neun Monaten. Bei der weiteren Sprachverarbeitung wird die lexikalische Entwicklung im Alter von zwölf Monaten mit dem Elternfragebogen (ELFRA1) (Grimm und Doyle 2000) untersucht. Es handelt sich hier im wesentlichen um eine Längsschnittuntersuchung.

5 Untersuchte Stichproben

In den vorangegangenen Ausführungen wurde gezeigt, dass medizinische und soziale Risiken, das Geschlecht und die akustische Umgebung einen Einfluss auf die weitere kognitive und sprachliche Entwicklung der Frühgeborenen haben. Nach der Darstellung der Vorüberlegungen, wie erforderliche Fallzahlschätzung und Durchführbarkeit der Studie, werden deswegen im Folgenden definierte Kriterien zu den Frühgeborenen und zu der Kontrollgruppe der Reifgeborenen wie Ein- und Ausschlusskriterien gegeben. Eine Übersicht über den Studienverlauf verdeutlicht und begründet Dropouts und Messabbrüche über alle HTP-Messungen (Tabelle 3). Außerdem erfolgt eine Beschreibung der neonatalen Intensivpflegestation des Virchow-Klinikums und der dort erfahrenen Lautstärke.

Alle rekrutierten Früh- und Reifgeborenen werden bezüglich ihrer klinischen Daten (Gestationsalter, Geburtsgewicht, Geschlecht etc.) sowie ihres soziodemografischen Hintergrunds beschrieben. Weiter werden Inhalt und Ablauf der entwicklungsdiagnostischen Untersuchungen und der *Bayley Scales of Infant Development* geschildert und die Ergebnisse der Bayley-Testungen dargestellt, die verdeutlichen, dass die in dieser Arbeit untersuchten Frühgeborenen innerhalb der Norm liegen und keine kognitiven oder neurologischen Auffälligkeiten zeigen. Um eventuelle Unterschiede transparent zu machen, werden die Ergebnisse der Bayley-Testungen sowohl für die nach Alter, Geschlecht und Testversion gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen gezeigt, als auch für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen.

5.1 Definitionen der untersuchten Stichproben

5.1.1 Definition „gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen“

Die Gruppe der Frühgeborenen enthält alle auswertbaren Datensätze. Die Gruppe der Reifgeborenen enthält Datensätze von Reifgeborenen, die dem jeweiligen Datensatz eines Frühgeborenen bezüglich Alter, Geschlecht und Testversion zugeordnet wurden.

5.1.2 Definition „Gesamtgruppe der Reifgeborenen“

Die Gesamtgruppe enthält alle auswertbaren Datensätze der Reifgeborenen, unabhängig davon, ob sie einem Frühgeborenen zugeordnet wurden.

5.1.3 Definition „study group“

Die *study group* umfasst alle rekrutierten Frühgeborenen ($N = 50$) und Reifgeborenen ($N = 100$).

5.2 Fallzahlschätzung

Die erforderliche Anzahl an auswertbaren Messungen für eine statistisch zuverlässige Analyse zu einem einzelnen Untersuchungszeitpunkt wurde auf 30 pro Probandengruppe geschätzt: Ein zweiseitiger t-Test hat bei einem Signifikanzniveau von 5 % eine Power von 80 %, wenn eine um durchschnittlich 25 % unterschiedliche mittlere Orientierungszeit zwischen 30 Kontrollprobanden (Reifgeborene) und 30 Testprobanden (Frühgeborene) bei einer Standardabweichung von 3500 ms (bekannte Ergebnisse der Kontrollgruppe) angenommen wird. Die Annahme einer durchschnittlich um 25 % unterschiedlichen Orientierungszeit zwischen Kontroll- und Testprobanden beruhte auf den in früheren Experimenten gefundenen signifikanten Unterschieden.

5.3 Frühgeborene

Um die nach der obigen Fallzahlschätzung erforderliche Anzahl von auswertbaren Testprobanden zu gewährleisten, wurde insgesamt eine Gruppengröße von 50 zu untersuchenden Frühgeborenen angestrebt. Diese Gruppengröße ist erforderlich, weil im Alter von 4 Monaten bei der einzelnen Messung mit der HTP-Methode mit einer Abbruchquote von ca. 20 % (Fowler, Best & McRoberts 1990) zu rechnen ist. Im Alter von 6 Monaten liegt diese Abbruchquote bei 6 - 8 % (Jusczyk & Aslin 1995; Jusczyk, Houston & Newsome 1999; Mattys & Jusczyk 1999) und im Alter von 9 Monaten bei 2 - 5 % (Echols, Crowhurst & Childers 1997). Eigene vorausgegangene Erfahrungen entsprechen diesen Abbruchquoten.

Zusätzlich macht der Anteil der Kinder, die im Alter von 12 Monaten pathologische pädiatrisch-neurologische Untersuchungsbefunde zeigen, möglicherweise noch einmal bis zu 20 % der Testprobanden aus (Precht 1980; Aylward, Pfeiffer, Wright & Verhulst 1989; Bühner, Grimmer, Metzke & Obladen 2000).

5.3.1 Einschlusskriterien

Einschlusskriterien für die Aufnahme in die Untersuchung waren:

- Frühgeborenes Kind mit einem Geburtsgewicht unter 1500 g
- Eutroph (entsprechend dem Gestationsalter, der intrauterinen Entwicklungszeit, die der Schwangerschaftsdauer in Wochen, post menstruationem entspricht; das Geburtsgewicht der Kinder liegt zwischen der 10. und 90. Perzentile)
- Einling
- Medizinische Versorgung in der Klinik für Neonatologie, Charité – Campus Virchow-Klinikum
- Monolingual deutsch aufwachsend
- Schriftliche Einwilligung der Sorgeberechtigten.

5.3.2 Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien für die Aufnahme in die Untersuchung waren:

- Azidose
- Asphyxie
- Intrauterine Wachstumsretardierung
- Intraventrikuläre Blutung (IVH, Grad 1 - 4 nach Papile)
- Periventrikuläre Leukomalazie (PVL)
- Bronchopulmonale Dysplasie (BPD)
- Nekrotisierende Enterokolitis (NEC ab Stadium IIb nach Walsh)
- Hydrocephalus
- Pathologische Hörschwelle
- Syndromale Erkrankungen
- Stoffwechsel- oder genetische Erkrankungen
- Mehrlinge
- Bilingual aufwachsende Kinder

5.4 Reifgeborene

Zeitgleich während der Rekrutierung der Frühgeborenen erfolgte die Rekrutierung einer Kontrollgruppe Reifgeborener. Dabei wurden für jedes Frühgeborene zwei Reifgeborene einbezogen, um nach dem erwarteten Dropout, vor allem bei den Reifgeborenen aufgrund von Rücktritt von der Studie, Terminabsagen, Krankheit und Wegzug, für jedes Frühgeborene einen vergleichbaren Datensatz zu haben. Es wurde auf ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis geachtet.

5.4.1 Einschlusskriterien

Einschlusskriterien für die Aufnahme in die Untersuchung waren:

- Gestationsalter mindestens 37+0 und höchstens 41+6 SSW
- Eutroph
- Einling
- Monolingual deutsch aufwachsend

5.4.2 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien entsprachen denen der Frühgeborenen sowie Entbindung durch Kaiserschnitt aus anderer als aus mütterlicher Indikation³ und wegen Fehllage sowie längerer gravierender Erkrankungen während der Schwangerschaft.

5.5 Vorüberlegungen zur Durchführbarkeit

Für die Konzeption und Durchführbarkeit der Studie, d. h. für die Rekrutierung der Frühgeborenen sowie deren notwendigen Diagnostik war es notwendig, an ein großes Perinatalzentrum angeschlossen zu sein. Dies war durch die Kooperation mit der Klinik für Neonatologie, Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum möglich, wo neben der pädiatrischen Untersuchung aller Studienkinder auch die Testungen mit den *Bayley Scales of Infant Development* durchgeführt wurden. Vorüberlegungen für die benötigte Rekrutierungszeit der Frühgeborenen mit den erforderlichen Einschlusskriterien konnte der Datenbank für Geburtenrate und Überlebensrate der Klinik für Neonatologie entnommen werden [Anhang, 13.2]. Die Sprachtestungen wurden im Sprachlabor der Humboldt-Universität, Berlin durchgeführt.

Es konnte davon ausgegangen werden, dass die erforderliche Anzahl von 50 Probanden in einem Zeitraum von ungefähr eineinhalb Jahren rekrutiert werden konnte: Während der Planung der Studie, im Jahr 2003 betrug die Geburtenrate sehr untergewichtiger Frühgeborener (< 1500g) der Klinik für Neonatologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum, 126 Kinder. Die Überlebensrate dieser Frühgeborenen lag bei 84 % (106 Kinder). Von diesen wuchsen 60 % monolingual deutsch auf (63 Kinder). Damit erfüllten

3 Jede medizinische Unterbrechung der Schwangerschaft aus anderer Indikation geschieht aufgrund akuter medizinischer Gefährdung des Kindes, wie Verschlechterung kindlicher Herztöne, intrauterine Mangelernährung, Fehlbildungen, Herzfehler etc.

voraussichtlich ungefähr 63 Frühgeborene pro Jahr die Einschlusskriterien. Nach den Erfahrungswerten der sozialpädiatrischen Nachsorge der Klinik für Neonatologie war von einer 80 %igen Teilnahme an den Sprachuntersuchungen auszugehen (Daten zur Überlebensrate sehr unreifer Frühgeborener im Anhang, Tabelle 7).

Fünzig Frühgeborene und hundert Reifgeborene wurden zwischen Dezember 2004 und Juni 2006 in der Charité - Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum, rekrutiert. Die Rekrutierung der Früh- und Reifgeborenen erfolgte über den diensthabenden Neonatologen. Entsprach ein Früh- oder Reifgeborenes den Einschlusskriterien, wurden die Eltern durch den Arzt über die Sprachstudie informiert, erhielten Informationsmaterial und bei Interesse wurde das Sprachlabor informiert. Bei konstant stabilem Zustand des Frühgeborenen, erfolgte kurz vor der stationären Entlassung des Kindes eine ausführliche Aufklärung der Eltern über den Hintergrund und die Durchführung der Studie. Die Eltern Reifgeborener wurden im Allgemeinen zwei Wochen nach der Entbindung zu Hause oder telefonisch aufgeklärt, wenn sichergestellt war, dass eine gewisse Routine eingekehrt war.

Stimmten die Eltern einer Teilnahme zu, wurde die schriftliche Einwilligung beider Erziehungsberechtigter eingeholt. Die Untersuchung wurde von der Ethikkommission der Universität Potsdam begutachtet und positiv bewertet. Alle Kinder erhielten vor Entlassung eine Hörprüfung (*Otoakustische Emmission – OAE*).

5.6 Beschreibung der neonatalen Intensivpflegestation

Da der Geräuschpegel neonataler Intensivpflegestationen sehr unterschiedlich ist und die akustische Umgebung während des stationären Aufenthaltes einen erheblichen Einfluss auf die perzeptive Sprachwahrnehmung des Frühgeborenen nehmen kann (Kapitel 2.2.4, S. 47), wird die Station der hier untersuchten Frühgeborenen

im folgenden kurz beschrieben. Die neonatale Intensivpflegestation der Charité, Campus Virchow-Klinikum folgt den Richtlinien und empfohlenen Standards für Neugeborene (Graven 2000; Martin 2003; White 2006). Dies umfasst die Berücksichtigung des Schlaf-Wach-Rhythmus des Kindes, die zeitliche Zusammenlegung pflegerischer und medizinischer Maßnahmen, die darüber hinaus auf das medizinische Minimum beschränkt werden, sowie maximale Reduktion der Umgebungsgeräusche.

Die Frühgeborenen werden standardmäßig in geschlossenen, doppelwandigen Inkubatoren (Typ 8000 IC, Draegerwerk Lübeck), bei einem inneren Geräuschlevel von 45 dB, bis zu einem Gewicht von 1500 g gepflegt. Bei der hier rekrutierten Gruppe sehr untergewichtiger Frühgeborener entsprach das im Mittel 38,5 Tagen im geschlossenen Inkubator (siehe Tabelle 4: Klinische und soziodemografische Daten der study group, S. 127). Bei stabilem Allgemeinzustand werden die Kinder anschließend in einem offenen Wärmebett gepflegt.

5.7 Studienverlauf von der Rekrutierung bis zur Testung

Eine Übersicht über sämtliche Dropouts und fehlende Messungen bei den HTP-Messungen im Alter von jeweils 4, 6 und 9 Monaten gibt die folgende Tabelle 3, in der auch die individuellen Gründe vermerkt sind.

Dementsprechend konnten beispielsweise zum Zeitpunkt 6 Monate HTP-Messungen von 34 Frühgeborenen ausgewertet werden (50 rekrutiert – 7 Dropouts vier Monate – 5 Dropouts sechs Monate – 2 Messabbrüche – 2 fehlende Messungen).

Aufgrund der Dropouts und fehlenden Messungen unterscheidet sich die gematchte Gruppe der Frühgeborenen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, trotz des längsschnittlichen Designs.

Tabelle 3: HTP-Messungen: Dropouts und fehlende Messungen getrennt nach Untersuchungszeitpunkt

Untersuchungszeitpunkt [Monate]	Frühgeborene*			Reifgeborene		
	4	6	9	4	6	9
Dropout**	7 ⁴	5 ⁵	-	12 ⁶	3 ⁷	1 ⁸
Abbruch der Messung	7 ⁹	29	39	129	29	89
Schlechte Messung	-	-	-	5 ¹⁰	210	1010
Keine Messung vorhanden	4 ¹¹	211	211	-	1	411
Messung außerhalb des Zeitfensters (+/- 7 Tage)	-	-	-	8	4	6
Gematchte Früh- und Reifgeborene	32	34	33	32	34	33

* Initial wurden 50 Frühgeborene rekrutiert; es fand keine Nachrekrutierung statt.

** Vollständiger Dropout bezüglich der HTP-Messungen; es gab kein Dropin.

In die Auswertung konnten HTP-Messungen von 27 Frühgeborenen zu allen drei Zeitpunkten eingehen. Die sich jeweils ergebende Zusammensetzung der Gruppe ist in den Kapiteln 8.1, 8.1 und 9.1 erläutert.

-
- 4 Gründe: 1 Alkoholembyopathie, 1 spät festgestellte IVH II, 3 ohne Angabe von Gründen, 1 Wegzug, 1 wächst nicht weiter monolingual auf.
 - 5 Gründe: 1 Familiäre Probleme, 4 ohne Angabe von Gründen.
 - 6 Gründe: 1 Apnoen, 1 OAE unklar, 1 Wegzug, 2 familiäre Probleme, 7 ohne Angabe von Gründen.
 - 7 Gründe: 2 Familiäre Probleme, 1 ohne Angabe von Gründen.
 - 8 Grund: Meningitis.
 - 9 Gründe: Unruhe, Weinen oder eingeschlafen während der Messung.
 - 10 Gründe: Unruhe, Kind geriet teilweise aus dem Kamerafokus, OZ konnte daher teilweise nicht für alle trials sicher festgehalten werden.
 - 11 Gründe: Kind wiederholt an Infekt erkrankt, Termenschwierigkeiten der Eltern.

5.8 Soziodemografischer Hintergrund

Die demografischen Parameter, welche erhoben wurden, sind: Alter der Mutter bei der Geburt, mütterlicher Bildungsstand, Wohnbezirk und Lebensqualität (Sozialstatus) und Familienstand. Bei der Erhebung des Bildungsabschlusses wurden die vier Kategorien kein Abschluss, Hauptschulabschluss, Realschulabschluss und Hochschulabschluss zugrunde gelegt. Der Erhebung „Wohnbezirk und Lebensqualität“ liegen die Daten des Sozialstrukturatlases von Berlin, Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz zugrunde (Knake-Werner 2003). In diesem Sozialstrukturatlas befinden sich Informationen zur demografischen Struktur, Nationalität, Anzahl der Sozialhilfeempfänger, Einkommen, Lebenserwartung sowie der Gesundheitsversorgung für jeden Bezirk und jede Straße innerhalb Berlins.

Der Sozialstatus wird dabei auf einer Skala von 1 - 7 beschrieben, wobei 1 ein sehr hoher und 7 ein sehr niedriger Lebensstandard ist.

Der Familienstand ist kodiert mit G = getrennt lebend und allein erziehend, P = in einer Partnerschaft lebend, jedoch nicht verheiratet und V = verheiratet.

Der Bildungsabschluss ist kodiert mit K = kein Abschluss, H = Hauptschulabschluss, R = Realschulabschluss, A = Hochschulreife / Abitur.

5.9 Klinische und soziodemografische Daten aller rekrutierten Frühgeborenen und Reifgeborenen (study group)

Die wichtigsten Charakteristika der rekrutierten Kinder zum Zeitpunkt der Rekrutierung sind in diesem Abschnitt tabelliert und werden zwischen Früh- und Reifgeborenen verglichen. Diese klinischen und soziodemografischen Ausgangsdaten werden in späteren Kapi-

teln zur Klärung ihrer Bedeutung für die Sprachentwicklung heran gezogen.

Insgesamt wurden 50 Früh- und 100 Reifgeborene rekrutiert, die im Folgenden mit study group bezeichnet werden. In der Tabelle finden sich die Angaben zu den biologischen, klinischen und sozialen Parametern der Probandengruppen und ihrem statistischen Vergleich. Die Angaben beziehen sich auf den Median (interquartiler Bereich in Klammern, IQR) oder die Anzahl (prozentuale Häufigkeit in Klammern, %). Zum statistischen Vergleich der Werte zwischen den Früh- und den Reifgeborenen wurde für kontinuierliche Daten der t-Test (für näherungsweise normalverteilte Daten) oder der Kruskal-Wallis-Test (KW) für ungepaarte Stichproben und für den Vergleich von Häufigkeiten der χ^2 -Test eingesetzt.

Die soziodemografischen Daten aller 50 rekrutierten Frühgeborenen und mindestens 93 der 100 rekrutierten Reifgeborenen konnten erhoben werden (Spalte N in Tabelle 4).

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist die Geschlechtsverteilung zwischen der Gruppe der Frühgeborenen und der Gruppe der Reifgeborenen weitestgehend gleich. Die Unterschiede der klinischen Charakteristika (Schwangerschaftswoche bis Krankenhausverweildauer, KH-Dauer [in Tagen]) sind unmittelbar mit der Früh- oder Reifgeburtlichkeit verbunden. Die Darstellung der durchschnittlichen Schwangerschaftswoche und des Gewichts, insbesondere die Darstellung des interquartilen Bereichs (IQR) verdeutlicht, dass die Frühgeborenen bezüglich dieser Kriterien eine weitestgehend homogene Gruppe darstellen. Die Daten der Gesamtbeatmungsdauer (Beatmung [in Tagen]), die sich aus der unterstützenden Sauerstoffgabe (CPAP [in Tagen]) und der trachealen Intubationsbeatmung (SIMV [in Tagen]) zusammen setzt, zeigen eine nicht unerwartete Variabilität.

Tabelle 4: Klinische und soziodemografische Daten der study group

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		N	Statistik			
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		p	Wert	FG	Test
Geschlecht	24/26 (M/W)	48/52 (%)	50	47/53 (M/W)	47/53 (%)	100	0,95	0,0033	1	X ²
Schwanger- schaftswoche	27,57	(26,46- 29,86)	50	40	(39,43- 40,71)	94	< 0,001	97	1	KW
Geburts- gewicht [g]	1012	(797,8- 1305)	50	3580	(3250- 3920)	97	< 0,001	98	1	KW
pH-Wert	7,29	(7,26-7,33)	50	7,28	(7,24-7,3)	94	0,023	5,2	1	KW
Apgar	8	(6-9)	49	10	(10-10)	93	< 0,001	84	1	KW
Inkubator [d]	38,5	(23-56,75)	50	0	(0-0)	100	< 0,001	130	1	KW
Beatmung [d]	8,5	(1-26,75)	50	0	(0-0)	100	< 0,001	100	1	KW
CPAP [d]	6	(0,25- 16,75)	50	0	(0-0)	100	< 0,001	95	1	KW
SIMV [d]	0,25	(0-4)	50	0	(0-0)	100	< 0,001	59	1	KW
KH-Dauer [d]	57	(37-83)	50	0	(0-0)	100	< 0,001	130	1	KW
Alter Mutter [J]	31,36	6,979	48	33,69	4,51	86	0,041	2,1	69	t
Schulbildung Mutter	1/6/19/19 (K/H/R/A)	2,2/13/42/ 42 (%)	45	0/2/18/69 (K/H/R/A)	0/2,2/20/ 78 (%)	89	< 0,001	19	3	X ²
Familienstand	3/24/18 (G/P/V)	6,7/53/ 40 (%)	45	2/28/59 (G/P/V)	2,2/31/ 66 (%)	89	0,012	8,8	2	X ²
Sozialstatus	4	(3-6)	44	5	(3-6)	88	0,24	1,4	1	KW

Legende: Schulbildung Mutter: K = kein Abschluss, H = Hauptschulabschluss, R = Realschulabschluss, A = Hochschulreife / Abitur. Familienstand: G = getrennt lebend und allein erziehend, P = in einer Partnerschaft lebend, jedoch nicht verheiratet, V = verheiratet. Sozialstatus: 1 = sehr hoher bis 7 = sehr niedriger Lebensstandard.

Die Spannweite der Dauer der Pflege im geschlossenen Inkubator (Inkubator [in Tagen]) und die Krankenhausverweildauer sind auf individuelle Anpassungsschwierigkeiten zurückzuführen, von denen zunächst keine Beeinträchtigungen auf die Gesamtentwicklung bekannt sind, wie beispielsweise langsamere Gewichtszunahme oder Schwierigkeiten bei der Temperaturregelung, d. h. das Frühgeborene kann die eigene Körpertemperatur noch nicht selbständig halten.

Bezüglich der für die kognitiven Entwicklung bedeutsamen klinischen Werte pH und Apgar zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Früh- und Reifgeborenen:

Obwohl der pH-Wert der Frühgeborenen minimal höher ist als der pH-Wert der Reifgeborenen, ist die Verteilung der pH-Werte zwischen den beiden Gruppen jedoch weitgehend identisch und zudem für beide Gruppen im klinischen Normbereich (Frühgeborene: interquartiler Bereich 7,29 bis 7,33; Reifgeborene: interquartiler Bereich 7,27 bis 7,30). Dies entspricht zudem den in Kapitel 2.2.1.5 erläuterten Werten für Reifgeborene. Die bei Frühgeborenen gemessenen Werte liegen etwas höher als gemäß Kapitel 2.2.1.5 erwartet, mit der Folge, dass für die hier untersuchte Gruppe – im Gegensatz zu anderen Studien – eine Assoziation von Frühgeburtslichkeit und niedrigem pH-Wert nicht anzunehmen und daher nicht in die Auswertung einzubeziehen ist.

Die Bestimmung des 5-Minuten-Apgar-Wertes zeigte bei fast allen Reifgeborenen den (Maximal-) Wert 10, bei Frühgeborenen jedoch einen interquartilen Bereich von nur 6 bis 9 (lediglich ein Frühgeborenes hatte einen Wert von 5, keines einen niedrigeren Wert). Wie in Kapitel 2.2.1.5 erwähnt, ist ein niedrigerer Apgar-Wert mit einer schlechteren kognitiven Entwicklung assoziiert. Diese Assoziation ist besonders stark für das zwischenzeitliche Eintreten medizinischer Komplikationen wie beispielsweise einer schwerwiegenden Hirnblutung. Frühgeborene mit einer solchen Komplikation sind jedoch in dieser Untersuchung nicht eingeschlossen.

Die bei Forsblad (Forsblad, Källén, Marsál & Hellström-Westas 2007) gezeigte Zunahme des Überlebens in der Gesamtgruppe aller Frühgeborenen nach 24 Schwangerschaftswochen ist stark für Apgar-Werte zwischen 0 und 5 bis 6 und nur gering für Apgar-Werte von 6 bis 10. Daher können die hier bei Frühgeborenen gemessenen Apgar-Werte nicht von vornherein als unabhängiger Risikofaktor betrachtet werden. Die prognostische Bedeutung der niedrigeren Apgar-Werte bei Frühgeborenen im Vergleich zu Reifgeborenen ist auf-

grund des Ausschlusses jeder medizinischer Komplikationen deutlich geringer als in anderen Studien einzuschätzen.

Die sozialen Charakteristika, Schulbildung der Mutter und Familienstand unterscheiden sich zwischen der Gruppe der Früh- und Reifgeborenen. Im Vergleich aller rekrutierten Früh- und Reifgeborenen haben die Mütter der Frühgeborenen im Durchschnitt eine geringere Schulbildung als die Mütter der Reifgeborenen. Mütter von Reifgeborenen sind deutlich häufiger verheiratet als Mütter von Frühgeborenen.

Obgleich eine Assoziation unter den Sozialvariablen besteht, ergibt sich kein konsistentes Bild über alle Sozialvariablen hinweg: Der Sozialstatus ist beispielsweise nicht zwischen den zwei Gruppen zu unterscheiden, und das mittlere Alter der Mütter der Frühgeborenen ist nur zwei Jahre unter dem der Müttern der Reifgeborenen. Nichtsdestoweniger ist der Anteil der Mütter mit Hochschulreife (Abitur, A) unter den Müttern der Reifgeborenen sicherlich überdurchschnittlich hoch. Um die Bedeutung der klinischen und sozialen Charakteristika im konkreten Bezug zu den Ergebnissen der Sprachtests auswerten zu können, werden diese immer entsprechend der jeweils getesteten Gruppe erneut angegeben und statistisch verglichen.

5.10 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen

Die entwicklungsdiagnostischen Untersuchungen wurden sowohl bei den Frühgeborenen als auch bei den Reifgeborenen im Alter von 6 und 12 Monaten durchgeführt. Bei Frühgeborenen wurde das korrigierte Alter zugrunde gelegt. Die Untersuchungen umfassten drei Teile:

- Anamnesegespräch: Erfassen aktueller Probleme, Überprüfung der Entwicklungsfortschritte sowie das Erfragen zwischenzeitlicher Erkrankungen, stationärer Aufenthalte, der Ernährung, der Medikation, unterstützender Therapien (z. B. Physiotherapie), des Impfstatus und des familiär-sozialen Umfeldes.

- Körperliche Untersuchung: Die körperliche Untersuchung umfasste eine standardisierte, vollständige pädiatrisch-inter-nistische und -neurologische Untersuchung nach (Morgan & Aldag 1996) sowie das Erfassen von Körperlänge, Körperge-wicht und Kopfumfang durch eine Fachärztin für Kinder-heilkunde und Jugendmedizin mit Fachweiterbildung Neo-natologie.
- Entwicklungsdiagnostik: Die Entwicklungsdiagnostik wur-de anhand der *Bayley Scales of Infant Development II (BSID II)* (Bayley 1993) mit 6 und 12 Monaten durchgeführt.

Der standardisierte BSIDII ist der international verbreitetste Ent-wicklungstest für das Alter von einem bis 42 Monaten. Der Vorteil der BSIDII liegt in der Vergleichbarkeit mit internationalen Studien. Der Entwicklungstest deckt alle Bereiche der Entwicklung eines Säuglings und Kleinkindes ab (kognitiv, sprachlich, persönlich-sozi-al, grob- und feinmotorisch) und wird in die Skalen mentale Ent-wicklung (*MDI, mental developmental index*), psychomotorische Ent-wicklung (*PDI, psychomotor developmental index*) und in die Verhal-ten beurteilung unterteilt. Der besondere Wert des BSIDII liegt dar-in, Entwicklungsverzögerungen zu entdecken und Interventionsstra-tegien planen zu können.

5.11 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) bei Früh- und Reifgeborenen im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe

Der BSIDII ist skaliert auf den Mittelwert von 100 (SD 15). Für die Berechnung der Skala der mentalen Entwicklung (MDI) und der Skala der psychomotorischen Entwicklung (PDI) wurden die Roh-werte zugrunde gelegt sowie der Schwellenwert für einen pathologi-schen Befund von < 85. Im Alter von 6 Monaten lagen bei der rekrui-

tierten Gruppe der 50 Frühgeborenen insgesamt 10 Dropouts vor, 2 Kinder entwickelten medizinische Indikationen, die zum Ausschluss von den Sprachuntersuchungen führte, bei 2 Kindern konnte keine HTP-Messung durchgeführt werden und es gab 2 Messabbrüche.¹² Damit konnten für die HTP-Untersuchung im Alter von 6 Monaten 34 Frühgeborene und 34 Reifgeborene gematcht werden.

Alle diese Kinder konnten anhand der *Bayley Scales of Infant Development* getestet werden. Die Gruppe der gematchten Frühgeborenen (15 männlich, 19 weiblich) und der gematchten Reifgeborenen (14 männlich, 20 weiblich) wurde im Alter von 6 Monaten +/- 2 Wochen getestet. Aufgrund von Dropouts, sowie fehlenden Messungen und Messabbrüchen entstand eine Ungleichverteilung des Geschlechts. Es wurde im weiteren beim Matchen darauf geachtet, dass jedem Datensatz eines Frühgeborenen ein im Geschlecht und Version (trochäische oder jambische Testversion bei den Sprachuntersuchungen mit 4 und 6 Monaten) vergleichbarer Datensatz eines Reifgeborenen zugeordnet wurde und zudem zu allen Untersuchungszeitpunkten möglichst die gleichen Kinder in die Auswertung eingingen. So ist das Geschlechterverhältnis zwar innerhalb der einzelnen Gruppe leicht unausgewogen, jedoch nicht zwischen den Gruppen. Die etwas ungleiche Geschlechterverteilung (44 % männlich zu 56 % weiblich) wurde zugunsten einer ausgewogenen Verteilung der Testversion hingenommen.

Im Alter von 6 Monaten und bezogen auf die Rohwerte, entsprechen Mittelwert und Standardabweichung (SD) der Kinder der gematchten Gruppe hinsichtlich MDI und PDI der Norm des BSIDII (Mittelwert 100, SD 15), und die Gruppe der Früh- und Reifgeborenen unterscheiden sich nicht voneinander (Zeilen 1 und 3 in Tabelle 5).

12 Anzahl und Erläuterungen der Dropouts, Messabbrüche und fehlenden Messungen im Alter von 4, 6 und 9 Monaten werden detailliert in einer Übersichtstabelle (Tabelle 3) veranschaulicht.

Tabelle 5: BSIDII: 6 Monate - gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen

Wert	Frühgeborene			Reifgeborene			Statistik			
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	FG	Test
MDI	101,1	12,68	34	99,94	9,39	34	0,67	-0,42	61	t
MDI (<85)	5/29 (<85/>=85)	15/85 (%)	34	3/31 (<85/>=85)	8,8/91 (%)	34	0,71	0,14	1	X ²
PDI	87,24	16,03	34	92,59	12,72	34	0,13	1,5	63	t
PDI (<85)	14/20 (<85/>=85)	41/59 (%)	34	9/25 (<85/>=85)	26/74 (%)	34	0,31	1,1	1	X ²

Bezogen auf die Normbereich-Definition des BSIDII (Rohwert 85) zeigt sich ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied, wenn auch 5 Frühgeborene und 3 Reifgeborene unter die Norm im MDI und 14 Frühgeborene und 9 Reifgeborene unter die Norm im PDI fallen (Zeilen 2 und 4 in Tabelle 5).

5.12 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) im Alter von 6 Monaten zwischen den Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Um zu verdeutlichen, dass in den Entwicklungstestungen auch kein Unterschied zwischen der Gesamtgruppe der Reifgeborenen und den Frühgeborenen besteht, werden auch diese Gruppen im Folgenden verglichen. Im Alter von 6 Monaten lagen bei der rekrutierten Gruppe der 100 Reifgeborenen insgesamt 15 dropouts vor, 2 schlechte Messungen, bei einem Kind konnte aufgrund andauernder Infekte keine HTP-Messung durchgeführt werden und es gab 2 Messabbrüche. Damit lagen im Alter von 6 Monaten insgesamt 80 Datensätze von HTP-Messungen bei Reifgeborenen vor.

Tabelle 6: BSIDII: 6 Monate - Frühgeborene und Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Wert	Frühgeborene		N	Reifgeborene		Statistik				
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	FG	Test
MDI	101,1	12,68	34	100,9	8,45	80	0,95	-0,064	46	t
MDI (<85)	5/29 (<85/>=85)	15/85 (%)	34	4/76 (<85/>=85)	5/95 (%)	80	0,17	1,9	1	X ²
PDI	87,24	16,03	34	92,78	12,86	80	0,08	1,8	52	t
PDI (<85)	14/20 (<85/>=85)	41/59 (%)	34	23/57 (<85/>=85)	29/71 (%)	80	0,28	1,2	1	X ²

Alle diese Kinder konnten anhand der *Bayley Scales of Infant Development* getestet werden. Die Gesamtgruppe der Reifgeborenen (37 männlich, 43 weiblich) wurde im Alter von 6 Monaten +/- 7 Tagen getestet.

Im Alter von 6 Monaten und bezogen auf die Rohwerte, entsprechen Mittelwert und SD der Gesamtgruppe der Reifgeborenen hinsichtlich MDI und PDI der Norm des BSIDII (Mittelwert 100, SD 15), und die Gruppe der Frühgeborenen unterscheidet sich auch nicht von der Gesamtgruppe der Reifgeborenen (Zeilen 1 und 3 in Tabelle). Bezogen auf die Normbereich-Definition des BSIDII (Rohwert 85) zeigt sich ebenfalls kein Unterschied. Hier fallen 4 Reifgeborene unter den Normbereich < 85 im MDI und 9 Reifgeborene fallen unter den Normbereich im PDI < 85. Ein zweiseitiger t-Test sowie der X²-Test zeigen keine signifikanten Unterschiede an (Zeilen 2 und 4 in Tabelle 6).

5.13 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) bei Früh- und Reifgeborenen im Alter von 12 Monaten für die gematchte Gruppe

Bis auf ein Frühgeborenes (15 männlich, 19 weiblich) erhielten alle Kinder, die im Alter von 6 Monaten in der Gruppe der Früh- und Reifgeborenen gematcht wurden, auch im Alter von 12 Monaten +/- 2 Wochen eine Entwicklungstestung anhand der *Bayley Scales of Infant Development*. Von den Reifgeborenen (14 männlich, 20 weiblich) erhielten alle eine Entwicklungstestung im Alter von 12 Monaten +/- 2 Wochen.

Tabelle 7: BSIDII: 12 Monate - gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen

Wert	Frühgeborene			Reifgeborene			Statistik			
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	FG	Test
MDI	94,7	22,61	33	107,9	10,12	34	0,0038	3,1	44	t
MDI (<85)	9/24 (<85/>=85)	27/73 (%)	33	0/34 (<85/>=85)	0/100 (%)	34	0,0036	8,5	1	X ²
PDI	90,55	19,77	33	92,32	17,95	34	0,7	0,39	64	t
PDI (<85)	10/23 (<85/>=85)	30/70 (%)	33	12/22 (<85/>=85)	35/65 (%)	34	0,86	0,031	1	X ²

Die Frühgeborenen der gematchten Gruppe (N = 33) liegen auch im Alter von 12 Monaten bezüglich der Rohwerte im MDI und PDI im Normbereich. Trotzdem ergibt sich im MDI zwischen der Gruppe der Früh- und Reifgeborenen ein signifikanter Unterschied. Ein Grund dafür könnte die überdurchschnittliche Leistung der gematchten Gruppe der Reifgeborenen (N = 34) im MDI sein. Der Mittelwert der Reifgeborenen liegt mit 107,9 deutlich höher als der Durchschnittswert 100. Bezogen auf die untere Grenze des Normbereichs und auf die Abgrenzung von pathologischen Bayleyergebnissen < 85, zeigt sich jedoch ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Früh- und Reifgeborenen. Während 9 von 33 Frühgeborenen im MDI

1 SD unter dem Normbereich liegen, liegt keines der Reifgeborenen unter dem Normbereich. Die überdurchschnittliche Leistung der Reifgeborenen mag einerseits mit der durchschnittlich höheren Ausbildung der Mütter zusammenhängen. Andererseits könnte sich bereits hier im Alter von 12 Monaten bei den Frühgeborenen im mentalen Bereich eine Beeinträchtigung oder Verzögerung zeigen.

5.14 Entwicklungsdiagnostische Untersuchungen anhand der Bayley Scales of Infant Development (BSIDII) im Alter von 12 Monaten zwischen den Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Alle Kinder der Gesamtgruppe der Reifgeborenen, die im Alter von 6 Monaten eine Entwicklungstestung erhielten, konnten auch im Alter von 12 Monaten +/- 2 Wochen getestet werden.

Tabelle 8: BSIDII: 12 Monate - Frühgeborene und Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Wert	Frühgeborene		N	Reifgeborene		N	Statistik			
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		p	Wert	FG	Test
MDI	94.7	22.61	33	107	12.59	80	0.0052	3	40	t
MDI (<85)	9/24 (<85/>=85)	27/73 (%)	33	5/75 (<85/>=85)	6.2/94 (%)	80	0.0056	7.7	1	X ²
PDI	90.55	19.77	33	91.86	18.14	80	0.74	0.33	55	t
PDI (<85)	10/23 (<85/>=85)	30/70 (%)	33	28/52 (<85/>=85)	35/65 (%)	80	0.79	0.068	1	X ²

Auch die Gesamtgruppe der Reifgeborenen zeigt im MDI überdurchschnittliche Leistungen und zeigt damit das gleiche Ergebnis wie die gematchte Gruppe. Die Gesamtgruppe der Reifgeborenen unterscheidet sich ebenfalls sowohl bezüglich der Rohwerte als auch bezüglich des Normbereichs im MDI signifikant von der Gruppe der Frühgeborenen.

6 Methode der experimentellen Untersuchungen

Für die experimentellen Sprachuntersuchungen der Frühgeborenen galt es, eine Methode zu finden, die weder für das Kind noch für die Mutter belastend ist. Säuglinge, insbesondere frühgeborene Säuglinge, haben noch keine lange Aufmerksamkeitsspanne und sind leicht irritierbar und schnell überfordert. Dies bedeutete bestimmte Anforderungen an die Methode, wie keine lange Messvorbereitung, kurze Untersuchungszeit, geringe körperliche und kognitive Anstrengung sowie keinerlei invasive Maßnahmen.

Die behaviorale Methode des *Headturn Preference Paradigma (HTP)* ist sehr geeignet für die Untersuchung Frühgeborener, denn sie ist zeitlich begrenzt und beruht auf der freiwilligen Reaktion des Kindes, welches sich in einem ausgeglichenen, freundlichen Zustand befinden sollte.

6.1 Das Headturn Preference Paradigma (HTP)

Das *Headturn Preference Paradigma (HTP)* misst die Länge der Orientierungszeit, in der ein Kind den Kopf zu einem akustischen Stimulus hinwendet und zuhört. Die Länge der Orientierungszeit gilt als Indikator für das Interesse des Kindes an einem Stimulus und als Indikator für die Unterscheidungsfähigkeit zwischen verschiedenen Stimuli und für eine etwaige Präferenz für einen Stimulustypen.

Das Paradigma wurde Mitte der 80er Jahre von Fernald in die frühe Spracherwerbsforschung eingeführt (Fernald 1985). In den Anfangszeiten wurde jedoch nicht die Orientierungszeit als abhängige Variable gemessen, sondern die Anzahl der Kopfdrehungen, die ein Kind

zu unterschiedlichen akustischen Stimuli machte. Die Seitenpräsentation des Stimulus war dabei vorher festgelegt. In einer Trainingsphase lernte das Kind, das ein Stimulustyp, z. B. *child directed speech*, von der rechten Seite und ein anderer, z. B. *adult directed speech*, von der linken Seite kam. In der Testphase konnte das Kind quasi durch Kopfdrehung den Stimulustyp selber auswählen, d. h., drehte das Kind den Kopf mindestens 30° nach links bzw. rechts, wurde auf der vom Kind gewählten Seite der entsprechende Stimulus gestartet. In der Untersuchung von Fernald machten die Kinder signifikant mehr Kopfdrehungen zu der Seite, von der *child directed speech* präsentiert wurde als zu der Seite, von der *adult directed speech* präsentiert wurde. Hirsh-Pasek und Mitarbeiter zeigten jedoch, dass die Länge der Orientierungszeit ein aussagekräftiger Indikator für die Präferenz eines Stimulus ist als die Anzahl der Kopfdrehungen (Hirsh-Pasek, Kemler Nelson, Jusczyk, Wright Cassidy, Druss & Kennedy 1987).

Das *Headturn Preference Paradigma* ist seitdem eine etablierte behaviorale Methode zur Untersuchung des frühen Spracherwerbs und zahlreiche Studien konnten demonstrieren, dass die Orientierungszeit eine verlässliche Messgröße für die Präferenz eines Stimulus ist (für einen Überblick siehe Jusczyk 1997) und sich ebenso als Paradigma für die langzeitliche Entwicklung eignet. Newman und Mitarbeiter (Newman, Ratner, Jusczyk, Jusczyk & Dow 2006) testeten Kinder im Alter von 24 Monaten, die alle vor ihrem zweiten Lebensjahr in den John Hopkins Laboratorien unter Verwendung des HTPs an mehreren Segmentierungsexperimenten teilgenommen hatten (Houston & Jusczyk 2000; Houston, Jusczyk, Kuipers, Coolen & Cutler 2000; Johnson & Jusczyk 2001; Johnson, Jusczyk, Cutler & Norris 2003; Houston, Santelmann, L & Jusczyk 2004). Dabei konnten sie einen Zusammenhang feststellen zwischen frühen Segmentierungsfähigkeiten und der weiteren Sprachentwicklung im Alter von 24 Monaten.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass eine Präferenz für den Stimulus vorliegt, bei dem sich eine längere Orientierungszeit zeigt.

Eine Untersuchung mit dem HTP kann entweder nur in einer Testphase oder in einer Familiarisierung mit anschließender Testphase bestehen. In der Variante, in der lediglich die Testphase durchgeführt wird, kann überprüft werden, ob das Kind zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits über ein bestimmtes Wissen verfügt. So wurde beispielsweise überprüft, ab wann Kinder grammatische von ungrammatischen Sätzen unterscheiden können (Höhle, Weissenborn, Schmitz & Ischebeck 2001).

In der von (Jusczyk & Aslin 1995) entwickelten Variante, in der die Kinder zunächst eine Familiarisierungsphase und anschließend eine Testphase erhalten, können Lern- und Verarbeitungsmechanismen überprüft werden. Dabei werden zwei unterschiedliche Stimuli oder ein Stimulus unter unterschiedlichen Bedingungen präsentiert. Jusczyk und Aslin präsentierten dabei in einer Familiarisierungsphase einzelne Wörter und in der anschließenden Testphase zwei unterschiedliche Textpassagen, die die zuvor gehörten Wörter enthielten oder nicht. Aus den unterschiedlichen Orientierungszeiten folgerten sie, dass die Kinder zum Zeitpunkt der Untersuchung die einzelnen Wörter in einem kontinuierlichen Sprachstrom segmentieren und damit verarbeiten konnten.

In Abhängigkeit vom Alter, von der Länge und Häufigkeit der Exposition zum familiarisierten Stimulus und von der Aufgabenkomplexität, zeigt sich eine Präferenz für den bekannten, familiarisierten Stimulus (Familiaritätseffekt) oder für den neuen, unbekanntes Stimulus (Neuigkeitseffekt). Mit zunehmender Maturation zeigen ältere Kinder eher den Neuigkeits- und jüngere den Familiaritätseffekt (Hunter & Ames 1988; Houston-Price & Nakai 2004).

6.2 Untersuchungsaufbau und Ablauf

Die Untersuchung findet in einer Testkabine statt, die aus einer vorderen und zwei seitlichen Wänden besteht. Die Betreuungsperson sitzt in der Mitte der Kabine auf einem Stuhl und hält das Kind wäh-

rend der Untersuchung auf ihrem Schoß. In Blickhöhe des Kindes befindet sich an der vorderen Wand eine grüne und an den seitlichen Wänden jeweils eine rote Lampe. Über der grünen Lampe ist eine kleine Öffnung, in welches das Objektiv der Videokamera eingefügt ist, mit welcher die Untersuchung aufgezeichnet wird. Hinter den Lampen, auf der Rückseite der Kabine sind Lautsprecher angebracht, über welche die akustischen Stimuli dargeboten werden. Der Versuchsleiter sitzt im Nebenraum und verfolgt die Messung über Videokamera auf einem Bildschirm.

Zu Beginn der Untersuchung blinkt zunächst die grüne Lampe, die die Aufmerksamkeit des Kindes zentrieren soll. Blickt das Kind zur grünen Lampe, erlischt diese und entweder die rechte oder linke rote Lampe beginnt zu blinken. In dem Moment, in dem das Kind den Kopf zur Seite der blinkenden Lampe dreht und sie fixiert, wird die Präsentation des akustischen Stimulus auf der gleichen Seite gestartet. Die Zeit, während der das Kind zur Seite der Stimuluspräsentation blickt und so zuhört, ist die so genannte Orientierungszeit. Sie wird mit einem Computerprogramm aufgezeichnet. Es wird nur die Zeit aufgezeichnet, in der das Kind die rote Lampe fixiert und damit dem Stimulus konzentriert zuhört. Dreht das Kind den Kopf weg, geht man davon aus, dass die Aufmerksamkeit nachlässt, diese Zeit wird nicht aufgezeichnet. Schaut das Kind länger als zwei Sekunden weg, bricht der Durchgang automatisch ab und es beginnt die nächste Stimuluspräsentation. Je nachdem, wie schnell sich das Kind dem Stimulus zuwendet und wie lange es jedem einzelnen Durchgang zuhört, dauert eine Untersuchung zwischen drei und sechs Minuten. Um die Untersuchung nicht zu beeinflussen, hört die Betreuungsperson während der Untersuchung über Kopfhörer Musik.

In die Auswertung gehen die Orientierungszeiten der unterschiedlichen Stimuli ein. Die Aufmerksamkeit von Säuglingen und sehr kleinen Kindern nimmt während der Untersuchung schnell ab. Aus diesem Grund ist die Länge der Untersuchung im ersten Lebensjahr im Allgemeinen auf 12 Durchgänge und damit auf zwei unterschiedli-

che Bedingungen beschränkt. Als Bedingung werden beispielsweise die unterschiedlichen Arten von Stimuli bezeichnet wie trochäische und jambischer Zweisilber.

Mit dem Verfahren des HTP können Kinder bereits im Säuglingsalter untersucht werden. Durch eine kleine Änderung des Versuchsaufbaus kann eine Orientierung zum Stimulus allein durch Augenbewegung und eine minimale Kopfdrehung erfolgen, wozu schon 4 Monate alte Säuglinge in der Lage sind.

6.3 Vorbereitung der Messung

Um gute Messergebnisse zu erhalten, sollte sich das Kind in einem ausgeglichenen und ausgeruhten Zustand befinden (Prechtl 1980). Tag und Uhrzeit der Messung in der vorgelegten Untersuchung richteten sich nach dem Befinden und dem Rhythmus des Kindes. Kam das Kind schlafend zum vereinbarten Termin, wurde gewartet, bis es aufwachte, war das Kind hungrig, wurde es zunächst gestillt oder gefüttert.

Die Betreuungsperson erhielt eine ausführliche Einweisung in den Ablauf der Messung, damit sie das Kind gegebenenfalls unterstützen konnte. So sollten sie bei eventueller Unruhe das Kind beruhigend streicheln oder, wenn es das Kind gewohnt war, den Beruhigungssauger anbieten. Um die unmittelbare Umgebung des Kindes so reizarm wie möglich zu halten, wurde die Betreuungsperson gebeten, Uhr und eventuelle Armbänder und Ringe, die zum ablenkenden Spiel führen konnten, abzulegen. Ebenso waren farbig auffällige Strümpfe und Schuhe sowie interessante Ketten, die der Befestigung des Beruhigungssaugers dienten, vorher zu entfernen.

So war ein weitgehend einheitliches Vorgehen und standardisierter Ablauf der Untersuchungen gewährleistet.

6.4 Auswertung und Statistik

Dem Datensatz eines Frühgeborenen wurde der paarweisen Rekrutierung folgend ein Datensatz eines Reifgeborenen entsprechend dem Geschlecht (weiblich/männlich), dem initialen Stimulus (Trochäus/Jambus bei Experiment 1 und 2) bzw. Testversion (A, B, C, D bei Experiment 3) zugeordnet (Matchverfahren). Die Zeitpunkte der Untersuchungen waren der 4., 6., 9. und 12. Lebensmonat (bei den Frühgeborenen korrigiertes Alter) +/- 7 Tage. Ein paarweises Matchen war nicht immer möglich, da teilweise für den Datensatz eines Frühgeborenen kein passender Datensatz eines Reifgeborenen vorhanden war aus den Gründen:

- Dropouts (vollständiger Ausfall aus der Untersuchung, beispielsweise wegen Wegzug, familiären Probleme, oder ohne Angabe von Gründen)
- Kind entwickelt eine medizinische Indikation, die zum Ausschluss von den Sprachuntersuchungen führt
- Keine Messung vorhanden (die Eltern konnten zu einem Messzeitpunkt nicht kommen, da sie längere Zeit vereist waren oder das Kind über einen längeren Zeitraum immer wieder krank war)
- Keine Messung innerhalb des vorgesehenen Zeitraumes +/- 7 Tage möglich gewesen (oftmals aufgrund von Termenschwierigkeiten der Eltern)
- Abbruch der Untersuchung oder kein vollständiger Datensatz aufgrund qualitativ schlechter Messung, d. h. die Aufmerksamkeit des Kindes konnte nicht während des gesamten Experimentes gehalten werden, das Kind wurde motorisch unruhig und geriet teilweise während der akustischen Darbietung eines trials aus dem Kamerafokus, sodass nicht ersichtlich war, ob es die rote Lampe noch fixiert hat und weiterhin aufmerksam für den Stimulus war, das Kind fing an zu weinen, oder schlief ein, oder es war abgelenkt und reagierte bei einem oder mehreren trials nicht, d. h. es drehte den Kopf nicht zum Stimulus hin.

Es wurde außerdem angestrebt, über alle Messungen möglichst die selben Kinder in der gematchten Gruppe auszuwerten.

Zu der Auswertung einer gematchten Gruppe erfolgt zusätzlich die Auswertung der Gesamtgruppe der Reifgeborenen. Die Gesamtgruppe der Reifgeborenen umfasst alle Kinder, bei denen eine vollständige HTP-Messung durchgeführt werden konnte (vgl. Kapitel 5.1.2). Es wird so während der gesamten Auswertung verfahren, um zu zeigen, dass die gematchte Gruppe der Reifgeborenen sich im Wesentlichen nicht von der Gesamtgruppe der Reifgeborenen bezüglich der erwarteten Diskriminationsleistung in den Sprachuntersuchungen unterscheidet. Um mögliche Einflüsse soziodemografischer und klinischer Parameter auf die sprachlichen Ergebnisse transparent zu machen, werden diese bei jeder Auswertung der sprachlichen Daten der gematchten Gruppe im Alter von 4, 6, 9 und 12 Monaten neu berechnet. Darüber hinaus wird eine Sensitivitätsanalyse der HTP-Daten dieser Gruppe durchgeführt, um auszuschließen, dass sich die gematchte Gruppe von der Gesamtgruppe unterscheidet.

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit R durchgeführt (R Development Core Team 2006). Alle statistischen Vergleiche werden zweiseitig durchgeführt. Das Signifikanzniveau wird auf 5 % festgelegt. Signifikanzwerte (P) unter 0,001 werden als $< 0,001$ dargestellt. Die Freiheitsgrade (FG) sowie die Testprüfgröße (F, t oder H) werden angegeben.

Die Auswertung umfasst die Darstellung und den Vergleich einzelner Variablen (Probandencharakteristika) zwischen Probandengruppen sowie eine Analyse der Orientierungszeit in Abhängigkeit von mehreren Variablen. Die trochäische oder jambische Betonungskategorie der Stimuli (die Stimulus-Kategorie) wird als die hauptsächliche Erklärungsvariable für die Orientierungszeit angenommen und untersucht. Die Vorgehensweise zur Auswertung wurde vor der Durchführung der Experimente wie folgt festgelegt.

Variablen mit kategorialer Ausprägung (beispielsweise Geschlecht) werden als absolute und relative (in Prozent) Häufigkeiten dargestellt und mit Hilfe des χ^2 -Tests verglichen.

Variablen mit kontinuierlicher Ausprägung werden parametrisch dargestellt und verglichen, wenn eine Normalverteilung theoretisch oder näherungsweise angenommen werden kann (beispielsweise Alter der Mutter), oder parameterfrei, wenn dies nicht angenommen werden kann und eine probatorische Transformation der Variablen keine grundsätzliche Annäherung zeigt. Demzufolge werden klinisch-medizinische Variablen (beispielsweise Gestationsalter) zu meist parameterfrei ausgewertet. Die parametrisch ausgewerteten Variablen werden als Mittelwert und Standardabweichung (in Klammern) dargestellt und mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben verglichen. Parameterfrei ausgewertete Variablen werden als Median und interquartile Spanne (in Klammern) dargestellt und mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests für unabhängige Stichproben verglichen.

Die Orientierungszeit wurde mit Hilfe einer Varianzanalyse ausgewertet, wobei die in einem Experiment je Proband durchgeführten Wiederholungen der Stimuli berücksichtigt wurden („*repeated measures ANOVA*“). Dazu wurde in die Varianzanalyse der Orientierungszeit ein Zufallsfehler für den Effekt der Stimulus-Kategorie je Proband eingeführt. Die Gesamtvariabilität der Orientierungszeit wurde so aufgeteilt auf (1) zwischen Probanden unterschiedlich ausgeprägte Variablen (beispielsweise Geschlecht und initiale Stimulus-Kategorie), (2) unterschiedlich je Proband sich auswirkende Variablen (beispielsweise Stimulus-Kategorie und ihre Interaktionen) und (3) innerhalb jedes Probanden sich wiederholende Variablen (Stimulusnummer, nicht weiter dargestellt).

Mit dieser Vorgehensweise kann der Informationsgehalt der Orientierungszeit-Messungen besonders ausgenutzt und der Einfluss der Stimulus-Kategorie auf die Orientierungszeit zuverlässiger ermittelt werden. Zusätzlich wurden Interaktionen der Stimulus-Kategorie

mit dem Geschlecht und der initialen Stimulus-Kategorie in der Varianzanalyse der Orientierungszeit dargestellt, da eine gegenseitige Beeinflussung dieser Variablen vermutet und in anderen Experimenten gefunden wurde.

Die Varianzanalyse der Orientierungszeit erfolgt zunächst jeweils für die Gruppe der Frühgeborenen und der Reifgeborenen getrennt, und der Vergleich der Gruppen wird durch die Diskussion der jeweiligen Ergebnisse vorgenommen. Als „erweitert“ wird eine zusätzliche Varianzanalyse bezeichnet, die beide Gruppen sowie die Variable „Früh- oder Reifgeburtlichkeit“ umfasst, da deren Einfluss einen statistischen Vergleich der Gruppen bezüglich der Auswirkung der Stimulus-Kategorie auf die Orientierungszeit ermöglicht.

Die tabellarische Darstellung der Ergebnisse zu bestimmten Variablen mit Hilfe der Varianzanalyse der Orientierungszeiten wird ergänzt durch einen Vergleich der mittleren Orientierungszeiten je Stimulus-Kategorie mit Hilfe des t-Tests für gepaarte Stichproben von Wiederholungswerten.

Im folgenden werden zunächst alle rekrutierten Kinder (im weiteren Text mit *study group* bezeichnet), 50 Frühgeborene und 100 Reifgeborene, hinsichtlich ihrer klinischen und soziodemografischen Daten charakterisiert und miteinander verglichen. Es folgen dann die Ergebnisse der Entwicklungstestung anhand der *Bayley Scales of Infant Development* im Alter von 6 und 12 Monaten für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen und für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen und im Anschluss daran die Ergebnisse der Sprachuntersuchungen.

7 Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 4 Monaten im Vergleich zu Reifgeborenen

Überprüft wurde die Fähigkeit der Frühgeborenen zur Diskrimination zwischen jambischen und trochäischen Betonungsmustern analog zu Jusczyk und Thompson (Jusczyk & Thompson 1978) sowie zu Höhle und Mitarbeitern (Höhle, Bijeljic-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi 2009). Wenn die pränatale Erfahrung mit Sprache, d. h., die intrauterine Wahrnehmung rhythmisch-prosodischer Merkmale von Sprache zu einer Sensitivität dieser Merkmale führt, wie es bei Reifgeborenen von Geburt an nachgewiesen werden konnte, sollten Frühgeborene aufgrund der kürzeren intrauterinen Verweildauer und der dadurch bedingten geringeren oder gar fehlenden prosodischen Erfahrung eine geringere Sensitivität für rhythmisch-prosodische Merkmale zeigen.

7.1 Probanden

Im korrigierten Alter von 4 Monaten gab es bei den 50 rekrutierten Frühgeborenen 7 Dropouts, 7 Messabbrüche und von 4 Kindern liegen keine Messungen vor aufgrund andauernder Infekte.¹³ Somit la-

¹³ Die im Alter von 4 und 6 (sowie 9) Monaten untersuchte Gruppe unterscheidet sich minimal voneinander (vgl. Tabelle 3).

gen bei den Frühgeborenen 32 Datensätze vor, denen ein Datensatz eines passenden Reifgeborenen zugeordnet werden konnte (match). In der Gruppe der Frühgeborenen waren 15 Kinder männlich und 17 weiblich, 16 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 16 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im korrigierten Alter von 4 Monaten war 123,3 Tage (SD = 3,9 Tage). In der Gruppe der Reifgeborenen waren ebenfalls 15 Kinder männlich und 17 weiblich, 17 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 15 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 4 Monaten war 123 Tage (SD = 3,2 Tage).

7.2 Stimulusmaterial

Als Stimulusmaterial wurde die zweisilbige Sequenz *gaba* verwendet. Der Zweisilber wurde von einer deutschen Muttersprachlerin kindgerecht mehrfach eingesprochen und dabei einmal auf der ersten Silbe, im trochäischen Betonungsmuster, und einmal auf der zweiten Silbe, im jambischen Betonungsmuster, betont.

Daraus wurden jeweils 5 trochäische Sequenzen mit jeweils 16 unterschiedlichen tokens und 5 jambische Sequenzen mit jeweils 15 unterschiedlichen tokens hergestellt. Zwischen den tokens lag ein *Interstimulus-Interval (ISI)* von 600 ms. Die trochäischen Sequenzen wiesen im Mittel eine Dauer von 18,321 s auf und die jambischen Sequenzen wiesen im Mittel eine Dauer von 18,020 s auf.¹⁴ Trochäische und jambische Sequenzen wurden alternierend dargeboten.

14 Die akustische Analyse befindet sich im Anhang.

7.3 Methode

Bei dieser Untersuchung wurde der Versuchsaufbau des Headturn Preference Paradigmas leicht verändert. Da Kinder im Alter von 4 Monaten noch nicht in der Lage sind, ihren Kopf um 90° zu drehen, wurde eine Veränderung des Versuchsaufbaus nach Bosch und Mitarbeitern (Bosch & Sebastián-Gallés 1997) sowie Höhle und Mitarbeitern (Höhle, Bijeljac-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi 2009) vorgenommen. Dazu wurden die Lampen und Lautsprecher rechts und links seitlich an der vorderen Kabinenwand befestigt, um dem Säugling durch Augenbewegung oder minimale Kopfdrehung die Fixation der Lampen zu ermöglichen.

Um festzustellen, ob die Kinder im Alter von 4 Monaten unterschiedliche Betonungsmuster diskriminieren können, wurde eine von Jusczyk und Aslin eingeführte Variante des Paradigmas genutzt, in der die Kinder eine Familiarisierungs- und eine Testphase durchlaufen (Jusczyk & Aslin 1995). In der Familiarisierungsphase wurde den Kindern jeweils 30 Sekunden auf jeder Seite ein trochäischer Zweisilber wiederholt präsentiert. Während der direkt daran anschließenden Testphase wurden den Kindern alternierend 5 Sequenzen des trochäischen und 5 Sequenzen eines jambischen Zweisilbers vorgespielt.

Dabei wurde überprüft, ob die Kinder einen Unterschied in ihrer Orientierungszeit bezüglich der beiden unterschiedlichen Betonungsmuster machen und damit sensibel für rhythmisch-prosodische Muster sind. Es wird erwartet, dass die Orientierungszeit für den trochäischen Zweisilber länger ist und die Kinder damit einen sogenannten Familiaritätseffekt zeigen, d. h. den familiarisierten Stimulus wieder erkennen.

7.4 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im korrigierten Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Die folgende Tabelle 9 listet die Faktoren auf, die in die Varianzanalyse („repeated measures ANOVA“) der Orientierungszeiten eingegangen sind. Der obere Teil der Tabelle gibt zusätzlich die Auswertung der Orientierungszeiten nach der Bedingung Trochäus/Jambus mit dem t-Test für gepaarte, wiederholte Messungen wieder.

Tabelle 9: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	9,67 (3,90) - 9,40 (3,15)	0,6	0,54	31
ANOVA				
Bedingung	-0,096 (Trochäus)	0,57	0,34	1
Geschlecht	-0,65 (W)	0,71	0,14	1
Initialer Stimulus	-0,9 (Trochäus)	0,51	0,44	1
Schulbildung Mutter	-2,4/1,3/-0,32 (H / R / A)	0,78	0,36	3
Bedingung : Geschlecht	1,4 (Trochäus : W)	0,089	3,1	1
Bedingung : Initialer Stimulus	-1,2 (Trochäus : Trochäus)	0,57	0,33	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	0,57/1,7/-1,5	0,44	0,93	3

In der Gruppe der 32 Frühgeborenen, denen ein entsprechendes Reifgeborenes zugeordnet werden konnte, scheint die Orientierungszeit im korrigierten Alter von 4 Monaten nicht durch die Bedingung Trochäus/Jambus beeinflussbar zu sein. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Frühgeborenen betrug zum Trochäus 9,67 s (SD = 3,90) und zum Jambus 9,40 s (SD = 3,15), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte keinen signifikanten Unterschied an ($p = 0,6$).

Auch keiner der anderen Faktoren (initialer Stimulus, Schulbildung der Mutter) hat einen Einfluss auf die Orientierungszeit. Es besteht

eine marginale Interaktion zwischen Bedingung und Geschlecht, was darauf hin deutet, dass ein Geschlecht einen deutlicheren Unterschied zeigt als das andere.

7.5 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Tabelle 10: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	11,50 (3,16) – 9,29 (3,27)	< 0,001	5,8	31
ANOVA				
Bedingung	2 (Trochäus)	< 0,001	34	1
Geschlecht (M - W)	-2,7 (W)	0,086	3,2	1
Initialer Stimulus	2,3 (Trochäus)	0,088	3,1	1
Schulbildung Mutter	2,2	0,015	6,7	1
Bedingung : Geschlecht	0,88 (Trochäus : W)	0,46	0,56	1
Bedingung : Initialer Stimulus	0,017 (Trochäus : Trochäus)	0,82	0,054	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	-0,65	0,36	0,86	1

In der Gruppe der 32 gematchten Reifgeborenen zeigt sich, dass die Bedingung Trochäus/Jambus im Alter von 4 Monaten einen Einfluss auf die Orientierungszeit hat. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen betrug zum Trochäus 11,50 s (SD = 3,16) und zum Jambus 9,29 s (SD = 3,27), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte eine Signifikanz von $p < 0,001$.

Damit zeigten die Reifgeborenen eine durchschnittlich um etwa 2 s längere Orientierungszeit für das trochäische Betonungsmuster.

Die Faktoren Geschlecht und initialer Stimulus zeigten dabei einen marginalen Einfluss auf die Orientierungszeit, doch ihre Interaktion mit der Bedingung ist nicht signifikant.

Eine Signifikanz zeigt sich allerdings in der Abhängigkeit der Orientierungszeit insgesamt von der mütterlichen Schulbildung. In der Gruppe der gematchten Reifgeborenen haben 8 Mütter einen Realschul- oder POS-Abschluss und 23 Mütter einen Hochschulabschluss (eine Angabe fehlt). Daher kann der Einfluss (Effekt) der Schulbildung nur für diese zwei Ausprägungen geschätzt werden, wobei eine durchschnittlich um 2,2 s längere Orientierungszeit bei Kindern von Müttern mit Realschul- oder POS-Abschluss gemessen wurde, unabhängig von der Bedingung.

Die Interaktion zwischen den Faktoren Bedingung und mütterliche Schulbildung war nicht signifikant. Somit wirkt sich die mütterliche Schulbildung nicht darauf aus, wie die Bedingung die Orientierungszeit beeinflusst.

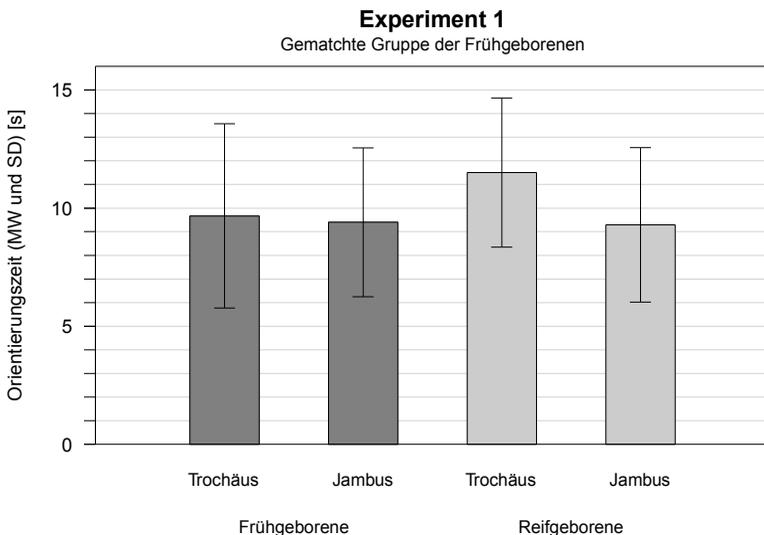


Abbildung 1: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 1

7.6 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 4 Monaten für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen

Die erweiterte Varianzanalyse dient der Analyse der Interaktionen, insbesondere der Variable Früh- bzw. Reifgeburtlichkeit mit der Trochäus/Jambus-Diskriminierungsfähigkeit, dem Geschlecht und der Schulbildung der Mutter.

Tabelle 11: Auswertung Experiment 1 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Tests				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	10,59 (3,64) - 9,35 (3,19)	< 0,001	3,7	63
Frühgeboren - reifgeboren	9,54 (5,43) - 10,40 (4,93)	0,062	-1,9	510
ANOVA				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	-0,2 (Trochäus)	< 0,001	17	1
Frühgeboren - reifgeboren	0,75 (R)	0,4	0,71	1
Geschlecht (M - W)	-1,1 (W)	0,18	1,8	1
Initiale Bedingung	0,29 (Trochäus)	0,6	0,27	1
Schulbildung Mutter	-2,1/1,3/0,15	0,71	0,46	3
Bedingung : Früh- - reifgeboren	2 (Trochäus : R)	0,0026	9,9	1
Bedingung : Geschlecht	1,2 (Trochäus : W)	0,065	3,5	1
Bedingung : Initialer Stimulus	-0,24 (Trochäus : Trochäus)	0,71	0,14	1

Es zeigt sich, dass die Bedingung und die Früh- oder Reifgeburtlichkeit im Alter von 4 Monaten interagieren ($p = 0,0026$), jedoch lässt sich kein signifikanter Effekt der Früh-/Reifgeburtlichkeit an sich nachweisen ($p = 0,4$).

Es ist ein zusätzliches Ergebnis dieser Auswertung, dass die durchschnittliche Orientierungszeit der Frühgeborenen pro Stimulus, unabhängig davon, ob es sich um einen trochäischen oder jambischen trial handelte, 9,54 s und die der Reifgeborenen pro Stimulus 10,40 s

betrug. Der t-Test für ungepaarte Stichproben ergab einen marginalen Unterschied in der durchschnittlichen Orientierungszeit zwischen der Gruppe der 32 Frühgeborenen und der gematchten Gruppe der 32 Reifgeborenen ($p = 0,062$).

Somit ergibt sich keine deutliche Unterstützung für die Annahme, dass Frühgeborene eine langsamere Informationsverarbeitung (vgl. Kapitel 2.3.7) von akustischen Stimuli im korrigierten Alter von 4 Monaten als Reifgeborene aufzeigen.

7.7 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 4 Monaten

Die klinischen und soziodemografischen Daten der rekrutierten Gruppe aller Kinder (study group) wurde im Kapitel 5.9 diskutiert, ebenso dass ein Unterschied zwischen Früh- und Reifgeborenen bezüglich des Apgar-Wertes nicht relevant ist (solange der Apgar-Wert mindestens 6 ist). Der Apgar-Wert ist per se vom Reifegrad des Neugeborenen abhängig ist, und ein unreifes Frühgeborenes kann nicht den Apgar-Wert eines Reifgeborenen erreichen (Kapitel 2.2.1.6).

Die entsprechenden Verteilungen der Daten für die gematchte Gruppe der 32 Früh- und Reifgeborenen ist in der folgenden Tabelle 12 wieder gegeben.

Bis auf vier soziodemografische Angaben bei den Frühgeborenen und sieben soziodemografische Angabe bei den Reifgeborenen sowie drei klinischen Werten bei den Reifgeborenen konnten alle klinischen und soziodemografischen Daten der gematchten Gruppe erhoben werden.

Tabelle 12: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 1

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		Statistik				
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	FG	Test
Geschlecht	15/17 (M/W)	47/53 (%)	32	15/17 (M/W)	47/53 (%)	32	0,8	0,063	1	X ²
Schwangerschaftswoche	27,29	(26,39- 29,89)	32	40	(39,29- 41)	31	< 0,001	47	1	KW
Gewicht [g]	1018	(787- 1356)	32	3575	(3250- 3785)	32	< 0,001	47	1	KW
pH-Wert	7,28	(7,24- 7,32)	32	7,25	(7,23- 7,305)	31	0,24	1,4	1	KW
Apgar	7	(6-8)	32	10	(10-10)	31	< 0,001	41	1	KW
Inkubator [d]	42,5	(24,5-59)	32	0	(0-0)	32	< 0,001	51	1	KW
Beatmung [d]	10,5	(2-29,75)	32	0	(0-0)	32	< 0,001	39	1	KW
CPAP [d]	6	(0,75-17,25)	32	0	(0-0)	32	< 0,001	35	1	KW
SIMV [d]	1,5	(0-5,5)	32	0	(0-0)	32	< 0,001	24	1	KW
KH-Dauer [d]	65	(39,25-87)	32	0	(0-0)	32	< 0,001	49	1	KW
Alter Mutter [J]	30,96	6,085	32	33,33	3,774	26	0,076	1,8	53	t
Schulbildung Mutter	1/4/13/13 (K/H/R/A)	3,2/13/42/4 2 (%)	31	0/0/8/23 (K/H/R/A)	0/0/26/74 (%)	31	0,03	9	3	X ²
Familienstand	3/14/14 (1/2/3)	9,7/45/45 (%)	31	1/12/18 (1/2/3)	3,2/39/58 (%)	31	0,44	1,7	2	X ²
Sozialstatus	4	(3-5,75)	30	5	(3-6)	31	0,22	1,5	1	KW

Innerhalb der gematchten Gruppe unterscheidet sich die Schulbildung der Mütter voneinander. Während bei den Müttern der Frühgeborenen 1x kein Schulabschluss, 4x Hauptschulabschluss, 13x Realschulabschluss und 13x Hochschulreife vorliegt (1 Angabe fehlt), haben 26 von 32 Müttern der Reifgeborenen und damit die überwiegende Mehrheit Hochschulreife. In der erweiterten Varianzanalyse konnte jedoch gezeigt werden, dass die Schulbildung der Mutter keinen Einfluss auf die Orientierungszeit im Alter von 4 Monaten hat.

7.8 Ergebnis Experiment 1: Diskrimination von Betonungsmustern im korrigierten Alter von 4 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Bei den 100 rekrutierten Reifgeborenen gab es im Alter von 4 Monaten 12 Dropouts, 12 Messabbrüche, 5 schlechte Messungen. Somit lagen insgesamt 71 auswertbare Datensätze für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen vor. Davon waren 35 Kinder männlich und 38 weiblich, 36 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 35 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter der Gesamtgruppe der Reifgeborenen zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 4 Monaten war 124,6 Tage (SD = 6,1 Tage).

Tabelle 13: Auswertung Experiment 1 - Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	10,78 (3,37) / 9,92 (3,28)	0,0061	2,8	70
ANOVA				
Bedingung	-0,26 (Trochäus)	0,0053	8,3	1
Geschlecht (M - W)	-1,2 (W)	0,31	1,1	1
Initialer Stimulus	0,066 (Trochäus)	0,82	0,051	1
Schulbildung Mutter	1,4/1 (Q)	0,056	3	2
Bedingung : Geschlecht	1,2 (Trochäus : W)	0,12	2,4	1
Bedingung : Initialer Stimulus	0,3 (Trochäus : Trochäus)	0,48	0,5	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	1,1/-1,6 (Q)	0,22	1,5	2

Für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen im Alter von 4 Monaten konnte ebenfalls ein Unterschied in der Orientierungszeit in Abhängigkeit von der Bedingung gezeigt werden. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen beträgt zum Trochäus 10,7 s (SD = 3,37) und zum Jambus 9,92 s (SD = 3,28), womit sich auch in

der Gesamtgruppe zeigt, dass sich die Reifgeborenen länger zum Trochäus hin orientieren ($p = 0,0053$). Der Faktor mütterlicher Bildungsstand sowie der Faktor Geschlecht hat hier in der Gesamtgruppe der Reifgeborenen keinen erkennbaren Einfluss auf die Orientierungszeit.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Reifgeborene im Alter von 4 Monaten unterschiedliche Betonungsmuster diskriminieren können, Frühgeborene hingegen zeigen keine Evidenz für diese Fähigkeit.

8 Experiment 2: Präferenz des muttersprachlichen Betonungsmusters bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 6 Monaten im Vergleich zu Reifgeborenen

Überprüft wurde die Präferenz des trochäischen Betonungsmusters und damit die Frage, ob die Kinder in diesem Alter bereits ziel-sprachspezifisches prosodisches Wissen erworben haben. Auch hier wurde erwartet, dass die kürzere intrauterine Verweildauer der Frühgeborenen zu einer geringeren Sensitivität gegenüber rhythmisch-prosodischer Merkmale von Sprache führt und damit zu einer fehlenden Repräsentation und Präferenz des muttersprachlichen trochäischen Betonungsmusters.

8.1 Probanden

Im korrigierten Alter von 6 Monaten kamen zuzüglich zu den 7 Dropouts mit 4 Monaten weitere 5 Dropouts bei den Frühgeborenen dazu, 2 Messabbrüche waren zu verzeichnen und von 2 Kindern liegen keine Messungen aufgrund andauernder Infekte vor. Damit lagen von den 50 rekrutierten Frühgeborenen 34 auswertbare Datensätze vor, denen ein Datensatz eines passenden Reifgeborenen zugeordnet werden konnte. In der Gruppe der Frühgeborenen waren 15 Kinder männlich und 19 weiblich, 17 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 18 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im korrigierten Alter von 6 Monaten war 183,5 Tage (SD = 5,8 Tage).

In der Gruppe der Reifgeborenen waren 14 Kinder männlich und 20 weiblich, 14 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 20 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 6 Monaten war 181,7 Tage (SD = 3,1 Tage).

8.2 Stimulusmaterial

Das Stimulusmaterial entsprach dem der Testphase aus Experiment 1, das heißt, 5 Sequenzen ausschließlich trochäischer und 5 Sequenzen ausschließlich jambischer Zweisilber, die alternierend dargeboten wurden.

Die Untersuchung zur Präferenz des muttersprachlichen Betonungsmusters wurde ohne Familiarisierungsphase durchgeführt, das heißt, es wurde die spontane Präferenz für eines der beiden Betonungsmuster untersucht.

8.3 Methode

Untersuchungsaufbau wie in Kapitel 6.2 beschrieben.

8.4 Statistische Auswertung

Statistische Auswertung wie in Experiment 1 beschrieben. Die erste trochäische und die erste jambische Stimulussequenz dienten als Übungsdurchgänge und wurden nicht mit ausgewertet.

8.5 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im korrigierten Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Tabelle 14: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	9,91 (3,16) - 9,85 (2,76)	0,89	0,15	33
ANOVA				
Bedingung	-1,7 (Trochäus)	0,89	0,021	1
Geschlecht (M - W)	0,58 (W)	0,38	0,81	1
Initialer Stimulus	-1,7 (Trochäus)	0,11	2,7	1
Schulbildung Mutter	0,62/-0,13/-0,0024	0,99	0,047	3
Bedingung : Geschlecht	1,3 (Trochäus : W)	0,25	1,4	1
Bedingung : Initialer Stimulus	1,2 (Trochäus : Trochäus)	0,16	2,1	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	1,3/-1,6/0,73	0,74	0,42	3

In der Gruppe der 34 Frühgeborenen zeigt sich in der Orientierungszeit im korrigierten Alter von 6 Monaten kein Unterschied bezüglich der Bedingung Trochäus/Jambus. Die durchschnittliche Orientie-

rungszeit der Frühgeborenen betrug zum Trochäus 9,91 s (SD = 3,16) und zum Jambus 9,85 s (SD = 2,76), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,89$). Auch keiner der anderen Faktoren (Geschlecht, initialer Stimulus, Schulbildung der Mutter) hat einen Einfluss auf die Orientierungszeit.

8.6 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Tabelle 15: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	10,50 (3,23) - 8,20 (2,38)	< 0,001	5,5	33
ANOVA				
Bedingung	2 (Trochäus)	< 0,001	34	1
Geschlecht (M - W)	-0,75 (W)	0,44	0,61	1
Initialer Stimulus	0,83 (Trochäus)	0,38	0,79	1
Schulbildung Mutter	0,032	0,97	0,0013	1
Bedingung : Geschlecht	0,5 (Trochäus : W)	0,67	0,19	1
Bedingung : Initialer Stimulus	1,7 (Trochäus : Trochäus)	0,048	4,3	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	-1,3	0,11	2,7	1

In der Gruppe der 34 gematchten Reifgeborenen zeigt sich, dass die Bedingung Trochäus/Jambus einen Einfluss auf die Orientierungszeit hat. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen betrug zum Trochäus 10,50 s (SD = 3,23) und zum Jambus 8,20 s (SD = 2,38), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte eine Signifikanz von $p < 0,001$. Damit zeigten die Reifgeborenen eine

durchschnittlich um 2 s längere Orientierungszeit für das trochäische Betonungsmuster. Die Faktoren Geschlecht und Schulbildung der Mutter zeigen dabei keinen Einfluss auf die Orientierungszeit, und auch ihre Interaktion mit der Bedingung ist nicht signifikant. Die Interaktion initialer Stimulus und Bedingung ist signifikant ($p = 0,048$), jedoch ist der Faktor initialer Stimulus allein nicht signifikant.

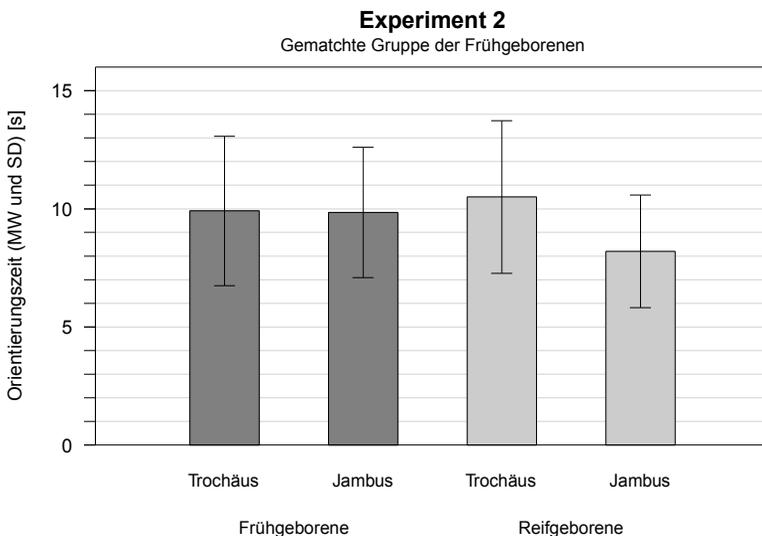


Abbildung 2: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 2

8.7 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 6 Monaten für die gematchte Gruppe

In der erweiterten Varianzanalyse wird deutlich, dass die Bedingung und die Früh- oder Reifgeburtlichkeit im Alter von 6 Monaten interagieren ($p < 0,001$), jedoch lässt sich kein signifikanter Effekt der Früh-/Reifgeburtlichkeit an sich nachweisen ($p = 0,43$). Die Signifi-

kanz und Größe der Effekte stimmt mit den oben gezeigten separaten Auswertungen überein. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Frühgeborenen pro Stimulus betrug 10,21 s (SD = 3,19), die der Reifgeborenen betrug 9,02 s (SD = 2,69). Der t-Test für ungepaarte Stichproben ergab keinen Unterschied in der durchschnittlichen Orientierungszeit zwischen der Gruppe der 34 Frühgeborenen und der gematchten Gruppe der 34 Reifgeborenen ($p = 0,2$).

Tabelle 16: Auswertung Experiment 2 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Tests				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	10,21 (3,19) / 9,02 (2,69)	< 0,001	3,7	67
Frühgeboren - reifgeboren	9,88 (4,96) / 9,35 (4,76)	0,2	1,3	540
ANOVA				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	-1,1 (Trochäus)	< 0,001	17	1
Frühgeboren - reifgeboren	-0,58 (R)	0,43	0,64	1
Geschlecht (M - W)	0,0022 (W)	0,9	0,015	1
Initiale Bedingung	-0,46 (Trochäus)	0,48	0,51	1
Schulbildung Mutter	0,018/0,21/-0,48	0,98	0,067	3
Bedingung : Früh- - reifgeboren	2,4 (R)	< 0,001	16	1
Bedingung : Geschlecht	0,76 (Trochäus : W)	0,25	1,3	1
Bedingung : Initialer Stimulus	1,4 (Trochäus : Trochäus)	0,018	5,9	1

Damit zeigt sich auch im Alter von 6 Monaten in der vorliegenden Stichprobe der Frühgeborenen keine verlangsamte Verarbeitung der akustischen Stimuli.

8.8 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 6 Monaten

Bis auf eine soziodemografische Angabe bei den Frühgeborenen und drei soziodemografischen Angaben bei den Reifgeborenen konnten alle Daten der gematchten Gruppe erhoben werden.

Auch im Alter von 6 Monaten zeigt sich wieder ein Unterschied zwischen den Gruppen der Früh- und Reifgeborenen bezüglich der mütterlichen Bildung. Während bei den Müttern der Frühgeborenen 1x kein Schulabschluss, 4x Hauptschulabschluss, 13x Realschulabschluss und 16x Hochschulreife vorliegt, haben 29 von 34 Müttern der Reifgeborenen – und damit die überwiegende Mehrheit – die Hochschulreife. Beim Faktor Familienstand fällt auf, dass die Mütter Reifgeborener signifikant häufiger verheiratet sind.

Tabelle 17: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 2

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		Statistik				
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	F G	Test
Geschlecht	15/19 (M/W)	44/56 (%)	34	14/20 (M/W)	41/59 (%)	34	1	0	1	X ²
Schwangerschaftswoche	27,14	(26,07-30,29)	34	40,29	(39,86-41)	34	<0,001	50	1	KW
Gewicht [g]	970	(671,5-1324)	34	3665	(3342-3962)	34	<0,001	50	1	KW
pH-Wert	7,28	(7,26-7,328)	34	7,28	(7,25-7,308)	34	0,21	1,5	1	KW
Apgar	7	(6-8)	33	10	(10-10)	34	<0,001	44	1	KW
Inkubator [d]	47,5	(26,25-65)	34	0	(0-0)	34	<0,001	57	1	KW
Beatmung [d]	9,5	(2-33,5)	34	0	(0-0)	34	<0,001	43	1	KW
CPAP [d]	6,5	(2-17,75)	34	0	(0-0)	34	<0,001	41	1	KW
SIMV [d]	1,5	(0-4)	34	0	(0-0)	34	<0,001	25	1	KW
KH-Dauer [d]	63,5	(41-85,25)	34	0	(0-0)	34	<0,001	52	1	KW
Alter Mutter [J]	31,88	6,34	34	33,9	4,374	31	0,14	1,5	59	t
Schulbildung Mutter	1/4/13/16 (K/H/R/A)	2,9/12/38/47 (%)	34	0/0/5/29 (K/H/R/A)	0/0/15/85 (%)	34	0,0064	12	3	X ²
Familienstand	2/19/13 (G/P/V)	5,9/56/38 (%)	34	1/9/24 (G/PV)	2,9/26/71 (%)	34	0,028	7,2	2	X ²
Sozialstatus	4	(3-6)	33	5	(3-6)	34	0,35	0,86	1	KW

In der erweiterten Varianzanalyse wurde nachgewiesen, dass die soziodemografischen Variablen keinen Einfluss auf die Orientierungszeit im Alter von 6 Monaten haben.

8.9 Ergebnis Experiment 2: Präferenz für das muttersprachliche Betonungsmuster im Alter von 6 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Bei den Reifgeborenen kamen zu den 12 Dropouts mit 4 Monaten weitere 3 hinzu, es gab 2 Messabbrüche, 2 schlechte Messungen und von einem Kind liegen keine Messergebnisse vor. Damit lagen von 100 eingangs rekrutierten Reifgeborenen 80 auswertbare Datensätze für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen vor. Davon waren 37 männlich und 43 weiblich, 35 erhielten die Version, die mit einem trochäischen trial begann und 45 die Version, die mit einem jambischen trial begann. Das durchschnittliche Alter der Gesamtgruppe der Reifgeborenen zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 6 Monaten war 182,3 Tage (SD = 3,4 Tage).

Tabelle 18: Auswertung Experiment 2: Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Bedingung (Trochäus - Jambus)	9,94 (3,04) – 8,82 (2,47)	< 0,001	4	79
ANOVA				
Bedingung	0,53 (Trochäus)	< 0,001	16	1
Geschlecht (M - W)	-0,49 (W)	0,42	0,65	1
Initialer Stimulus	0,33 (Trochäus)	0,82	0,05	1
Schulbildung Mutter	-0,21/1,2	0,15	1,9	2
Bedingung : Geschlecht	0,73 (Trochäus : W)	0,29	1,1	1
Bedingung : Initialer Stimulus	0,57 (Trochäus : Trochäus)	0,3	1,1	1
Bedingung : Schulbildung Mutter	0,036/-0,25	0,92	0,083	2

Für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen im Alter von 6 Monaten konnte ebenfalls ein Unterschied in der Orientierungszeit in Abhängigkeit von der Bedingung gezeigt werden. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen beträgt zum Trochäus 9,94 s (SD = 3,04) und zum Jambus 8,82 s (SD = 2,47), womit sich auch in

der Gesamtgruppe zeigt, dass sich die Reifgeborenen länger zum Trochäus hin orientieren ($p < 0,001$).

Insgesamt ist festzuhalten, dass Reifgeborene im Alter von 6 Monaten unterschiedliche Betonungsmuster präferieren können, für die Frühgeborenen konnte dies hingegen nicht gezeigt werden. Die Faktoren Geschlecht und mütterlicher Bildungsstand haben bei der Gesamtgruppe der Reifgeborenen keinen Einfluss auf die Orientierungszeit.

9 Experiment 3: Untersuchung der Wortsegmentierung bei Frühgeborenen im korrigierten Alter von 9 Monaten

Untersucht wurde die rhythmusbasierte Segmentationsstrategie, die reifgeborene Deutsch-lernende Kinder im Alter von 8 bis 9 Monaten anwenden (Echols, Crowhurst & Childers 1997; Jusczyk, Houston & Newsome 1999; Höhle, Giesecke & Jusczyk 2001).

Entsprechend der Ergebnisse aus Experiment 1 und 2, in denen bei Frühgeborenen die Fähigkeit, unterschiedliche Betonungsmuster zu diskriminieren, nicht nachgewiesen werden konnte, und auch keine Präferenz für das zielsprachliche Betonungsmuster gezeigt werden konnte, könnten auch Probleme bezüglich der rhythmischen Segmentierungsstrategie auftreten. Dies könnte zu einer Verzögerung der Wortsegmentierungsfähigkeiten führen und damit zu einem abweichenden Spracherwerb gegenüber den Reifgeborenen.

9.1 Probanden

Im korrigierten Alter von 9 Monaten kamen zu den 12 vorangegangenen Dropouts keine weiteren mehr dazu. Es waren 2 Messabbrüche zu verzeichnen, und von 3 Kindern lagen aufgrund andauernder Infekte keine Messungen vor. Damit lagen von den 50 rekrutierten Frühgeborenen 33 auswertbare Datensätze vor, denen ein Datensatz eines passenden Reifgeborenen zugeordnet werden konnte.

In der Gruppe der Frühgeborenen waren 14 Kinder männlich und 19 weiblich, 6 erhielten Version A (Familiarisierung mit Balken und Pinsel), 11 Version B (Familiarisierung mit Felsen und Kurbel), 10 Version C (Familiarisierung mit Pinsel und Balken), 6 Version D (Familiarisierung mit Kurbel und Felsen). Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im korrigierten Alter von 9 Monaten war 273,9 Tage (SD = 7,9).

In der Gruppe der Reifgeborenen waren 12 Kinder männlich und 21 weiblich, 8 erhielten Version A, 10 Version B, 9 Version C, 6 Version D. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 9 Monaten war 274,1 Tage (SD = 4,9).

9.2 Stimulusmaterial

Das Stimulusmaterial bestand aus vier trochäischen Wörtern (Balken, Pinsel, Kurbel, Felsen). Für jedes der vier trochäischen Wörter gab es eine Textpassage bestehend aus sechs Sätzen, in denen das kritische Wort einmal vor kam. Beispiel für eine Textpassage:

Der Balken lag quer über dem tiefen Abgrund. Es war ein sehr breiter und stabiler Balken. Über diesen Balken spazierten die Wanderer auf die andere Seite des Tales. Manchmal liefen auch Kinder den Balken entlang. Auf dem dicken Balken zu spielen war sehr gefährlich. Zum Glück ist noch nie ein Kind vom Balken gefallen.¹⁵

Die Texte wurden von einer deutschen Muttersprachlerin in kindgerechter Form ausgesprochen. Die durchschnittliche Dauer der einzelnen Textpassagen betrug 19 s (Balken-Text: 18,684 s; Pinsel-Text: 19,191 s; Felsen-Text: 19,346 s; Kurbel-Text: 19,031 s).

15 Vollständige Darstellung und akustische Analyse aller verwendeten Texte im Anhang.

Den Kindern wurden in einer Familiarisierungsphase zwei der vier Wörter mit einem Interstimulusintervall von 600 ms alternierend für insgesamt 30 s dargeboten. Die Familiarisierungssequenzen von Balken, Pinsel und Kurbel bestanden aus 28 Tokens, die Familiarisierungssequenz von Felsen bestand aus 27 Tokens.

9.3 Methode

Der Untersuchungsaufbau war wie in Kapitel 6.2 beschrieben. Während der Testphase hörten die Kinder die 4 Textpassagen für alle vier Wörter je vier Mal in einer durchmischten Reihenfolge. Eine Textpassage bestand aus 6 unterschiedlichen Sätzen, womit das kritische Wort 6 Mal vor kam, und dauerte durchschnittlich 19 s. Wenn die Kinder die zuvor isoliert dargebotenen Wörter in den Textpassagen wiedererkennen, sollten sich längere Orientierungszeiten bei Darbietung der Texte zeigen, die eines der familiarisierten Worte enthalten.

9.4 Statistische Auswertung

Es wurden die Orientierungszeiten bei Stimuli mit familiarisierten gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern verglichen. Wie bei den Experimenten 1 und 2 wurde für diese Bedingung (familiarisierte versus nicht-familiarisierte Wörter) ein Vergleich mit Hilfe des t-Tests für wiederholte gepaarte Messwerte, eine Varianzanalyse und eine erweiterte Varianzanalyse durchgeführt. Alle Stimuluspräsentationen gingen mit in die Bewertung ein.

9.5 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im korrigierten Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Tabelle 19: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	7,29 (2,22) - 7,09 (2,27)	0,49	0,69	32
ANOVA				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	0,18 (Familiarisierte Wörter)	0,5	0,46	1
Geschlecht (M - W)	0,071 (W)	0,94	0,0051	1
Schulbildung Mutter	-0,57/-0,7/0,64	0,69	0,49	3
Familiarisierte Wörter - nicht-familiarisierte Wörter : Geschlecht	0,038 (Familiarisierte Wörter : W)	0,95	0,004	1
Familiarisierte Wörter - nicht-familiarisierte Wörter : Schulbildung Mutter	1,5/-0,56/0,55 (C)	0,54	0,74	3

Die Gruppe der 33 Frühgeborenen zeigte im korrigierten Alter von 9 Monaten keine unterschiedlichen Orientierungszeiten bei den Textpassagen mit bzw. ohne familiarisierte Wörter. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Frühgeborenen betrug zu den familiarisierten Wörtern 7,29 s (SD = 2,22) und zu den nicht-familiarisierten Wörtern 7,08 s (SD = 2,27), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,69$). Auch keiner der anderen Faktoren (Geschlecht, initialer Stimulus, Schulbildung der Mutter) hat einen Einfluss auf die Orientierungszeit.

9.6 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Tabelle 20: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	7,34 (2,23) - 6,39 (2,02)	0,027	2,3	32
ANOVA				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	2,1 (Familiarisierte Wörter)	0,017	6,4	1
Geschlecht (M - W)	-0,79 (W)	0,16	2,1	1
Schulbildung Mutter (R - A)	-0,35 (R)	0,6	0,28	1
Familiarisierte Wörter - nicht-familiarisierte Wörter: Geschlecht	-2,5 (Familiarisierte Wörter : W)	0,017	6,4	1
Familiarisierte Wörter - nicht-familiarisierte Wörter : Schulbildung Mutter*	1,2 (Familiarisierte Wörter : R)	0,17	2,0	1

* Die Schulbildung der Mütter hatte nur die Werte „Realschulabschluss / POS“ oder „Abitur“, so dass der Faktor in dieser Gruppe nur einen Freiheitsgrad aufwies.

In der Gruppe der 33 gematchten Reifgeborenen zeigt sich im Alter von 9 Monaten, dass sich die Kinder länger zu den Texten hin orientieren, die die zuvor familiarisierten Wörter enthalten. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen zu den Texten mit den familiarisierten Wörtern betrug 7,34 s (SD = 2,23) und zu den Texten, die nicht die familiarisierten Wörter enthielten 6,39 s (SD = 2,02), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben zeigte eine Signifikanz von $p = 0,027$. Damit zeigten die Reifgeborenen eine durchschnittlich um 2,3 s längere Orientierungszeit für die Texte, die die familiarisierten Wörter enthielten.

Der Faktor Schulbildung der Mutter zeigt dabei keinen Einfluss auf die Orientierungszeit. Der Faktor Geschlecht an sich ist nicht signifikant, jedoch seine Interaktion mit dem Faktor Bedingung ($p = 0,017$). Somit wirkt der Faktor Geschlecht sich ungleich darauf aus, wie der Faktor Bedingung die Orientierungszeit beeinflusst. Dies ist ein Unterschied zwischen den Früh- und Reifgeborenen, der im folgenden Kapitel aufgegriffen wird.

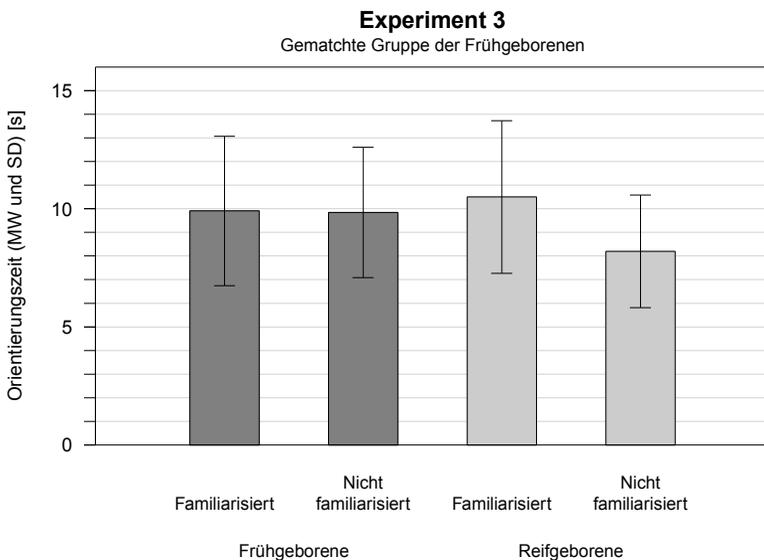


Abbildung 3: Mittlere Orientierungszeiten: Experiment 3

9.7 Erweiterte ANOVA um den Faktor Früh- oder Reifgeburtlichkeit und seine Interaktion im Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen

Tabelle 21: Auswertung Experiment 3 - gematchte Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Tests				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	7,31 (2,21) - 6,74 (2,16)	0,026	2,3	65
Frühgeboren - reifgeboren	7,18 (4,41) - 6,86 (4,41)	0,24	1,2	1100
ANOVA				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	0,74 (Familiarisierte Wörter)	0,023	5,5	1
Frühgeboren - reifgeboren (F - R)	0,063 (R)	0,5	0,45	1
Geschlecht (M - W)	-0,36 (W)	0,34	0,93	1
Schulbildung Mutter	-0,69/-0,63/0,42	0,54	0,72	3
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter : Frühgeboren - reifgeboren	0,84 (Familiarisierte Wörter : R)	0,13	2,3	1
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter : Geschlecht	-0,94 (Familiarisierte Wörter : W)	0,071	3,4	1

In der erweiterten Varianzanalyse zeigt sich, dass die Bedingung weiterhin signifikant mit der Orientierungszeit assoziiert ist ($p = 0,023$), jedoch lässt sich keine Interaktion der Bedingung mit der Früh-/Reifgeburtlichkeit nachweisen ($p = 0,5$).

Die durchschnittliche Orientierungszeit pro Stimulus betrug bei den Frühgeborenen 7,18 s (SD = 4,41) und bei den Reifgeborenen 6,86 s (SD = 4,41). Der t-Test für ungepaarte Stichproben ergab keinen Unterschied in der durchschnittlichen Orientierungszeit zwischen der

Gruppe der 33 Frühgeborenen und der gematchten Gruppe der 33 Reifgeborenen ($p = 0,24$). Die mütterliche Schulbildung hat keinen Einfluss auf die Orientierungszeit.

Zwischen dem Faktor Bedingung und dem Faktor Geschlecht besteht eine Tendenz zur Interaktion. Die folgende Tabelle verdeutlicht, dass männliche Reifgeborene sich deutlich länger zu familiarisierten Wörtern hin orientieren als weibliche Reifgeborene oder Frühgeborene.

Tabelle 22: Auswertung Experiment 3: Mittlere Orientierungszeiten der reif- und frühgeborenen Jungen und Mädchen

Mittlere OZ [s]	Frühgeborene		Reifgeborene	
	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich
Familiarisierter Stimulus	7,31	7,27	8,64	6,69
Nicht-familiarisierter Stimulus	7,13	7,05	6,35	6,41

9.8 Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe im Alter von 9 Monaten

Bis auf eine Angabe zum Wohnort bei den Frühgeborenen und vier Angaben zum mütterlichen Alter bei den Reifgeborenen konnten alle soziodemografischen und klinischen Daten der gematchten Gruppe erhoben werden.

Die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen unterscheiden sich bezüglich des Alters und der Schulbildung der Mutter sowie des Familienstandes. Die Mütter der Reifgeborenen sind durchschnittlich um drei Jahre älter, haben signifikant häufiger einen Hochschulabschluss und sind signifikant häufiger verheiratet. Wie in der erweiterten Varianzanalyse nachgewiesen werden konnte, scheinen diese soziodemografischen Variablen keinen Einfluss auf die Orientierungszeit im Alter von 9 Monaten haben.

Tabelle 23: Klinische und soziodemografische Daten der gematchten Gruppe der Frühgeborenen und Reifgeborenen: Experiment 3

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		Statistik				
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert t	FG	Test
Geschlecht	14/19 (M/W)	42/58 (%)	33	12/21 (M/W)	33/67 (%)	33	0,61	0,26	1	X ²
Schwangerschafts- woche	27,29	(26,29- 30,43)	33	40	(39,71- 40,71)	33	<0,001	49	1	KW
Gewicht [g]	1030	(730- 1350)	33	3620	(3320- 3940)	33	<0,001	49	1	KW
pH-Wert	7,29	(7,26- 7,33)	33	7,28	(7,25- 7,31)	33	0,1	2,6	1	KW
Apgar	7	(6-8,25)	32	10	(10-10)	33	<0,001	42	1	KW
Inkubator [d]	43	(25-65)	33	0	(0-0)	33	<0,001	56	1	KW
Beatmung [d]	9	(2-32)	33	0	(0-0)	33	<0,001	41	1	KW
CPAP [d]	6	(2-17)	33	0	(0-0)	33	<0,001	39	1	KW
SIMV [d]	0,5	(0-4)	33	0	(0-0)	33	<0,001	22	1	KW
KH-Dauer [d]	67	(40-86)	33	0	(0-0)	33	<0,001	51	1	KW
Alter Mutter [J]	31,7	6,45	33	34,7	3,64	29	0,026	2,3	52	t
Schulbildung Mutter	1/4/14/14 (K/H/RA)	3/12/42/ 42 (%)	33	0/0/5/28 (K/H/R/A)	0/0/15/85 (%)	33	0,003	14	3	X ²
Familienstand	2/17/14 (G/P/V)	6,1/52/4 2 (%)	33	0/9/24 (G/P/V)	0/27/73 (%)	33	0,029	7,1	2	X ²
Sozialstatus	3	(2-6)	32	5	(3-6)	33	0,44	0,58	1	KW

9.9 Ergebnis Experiment 3: Wortsegmentierung im Alter von 9 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Bei den Reifgeborenen kamen zu den bereits 15 vorliegenden Dropouts ein weiterer hinzu. Es waren 8 Messabbrüche zu verzeichnen, 10 schlechte Messungen und von 4 Kindern lagen aufgrund andauernder Infekte keine Messungen vor. Damit lagen von 100 eingangs rekrutierten Reifgeborenen 61 auswertbare Datensätze für die Ge-

samtgruppe der Reifgeborenen vor. Davon waren 27 männlich und 34 weiblich, 17 erhielten Version A, 19 Version B, 14 Version C und 11 Version D. Das durchschnittliche Alter der Gesamtgruppe der Reifgeborenen zum Zeitpunkt der Messung im Alter von 9 Monaten war 274,2 Tage (SD = 7,0).

Tabelle 24: Auswertung Experiment 3 - Gesamtgruppe der Reifgeborenen

Faktor	Effekt MW (SD) [s] / Unterschied [s]	Statistik		
		p	Wert	FG
t-Test				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	6,88 (2,36) / 6,30 (2,41)	0,039	2,1	60
ANOVA				
Familiarisierte - nicht-familiarisierte Wörter	1,1 (Familiarisierte Wörter)	0,037	4,6	1
Geschlecht	0,11 (W)	0,86	0,032	1
Schulbildung Mutter	-2,2/0,54	0,18	1,8	2
Familiarisierte Wörter - nicht-familiarisierte Wörter : Geschlecht	-0,83 (Familiarisierte Wörter : W)	0,14	2,3	1

In der Gesamtgruppe der Reifgeborenen zeigt sich ebenfalls eine längere Orientierungszeit zu den Texten, die die familiarisierten Wörter enthalten. Die durchschnittliche Orientierungszeit der Reifgeborenen zu den Texten mit den familiarisierten Wörtern betrug 6,88 s (SD = 2,36) und zu den Texten, die nicht die familiarisierten Wörter enthielten 6,30 s (SD = 2,41), ein zweiseitiger t-Test für gepaarte Stichproben ergab eine Signifikanz von $p = 0,039$.

Damit zeigte auch die Gesamtgruppe der Reifgeborenen eine durchschnittlich längere Orientierungszeit für die Texte, die die familiarisierten Wörter enthielten.

Insgesamt ist festzuhalten, dass Reifgeborene im Alter von 9 Monaten rhythmische Einheiten in einem kontinuierlichen Sprachstrom segmentieren können, wohingegen dies für die Frühgeborenen nicht gezeigt werden konnte. Die höhere Schulbildung der Mütter Reifgeborener hat keinen Einfluss auf die Orientierungszeit. Der Faktor Ge-

schlecht wirkt sich bei der gematchten Gruppe der Reifgeborenen ungleich auf die Bedingung aus und zwar dahingehend, dass männliche Reifgeborene sich deutlich länger zu familiarisierten Wörtern hin orientieren als weibliche Reifgeborene oder Frühgeborene.

10 Überprüfung der lexikalischen Entwicklung der Frühgeborenen im Alter von 12 Monaten anhand des ELFRA 1

Um festzustellen, ob eventuelle Unterschiede in der frühen Verarbeitung rhythmisch-prosodischer Information mit einem Risiko in anderen sprachrelevanten Leistungen einhergeht, wurde im Alter von 12 Monaten die lexikalische Entwicklung der Kinder anhand des Elternfragebogens zur Früherkennung von Risikokindern (ELFRA 1) von (Grimm & Doil 2000) erhoben. Der ELFRA ist ein standardisiertes Screeninginstrument, welches frühzeitig Kinder mit einem Risiko zur Sprachentwicklungsverzögerung oder Sprachentwicklungsstörung entdecken soll und innerhalb der Vorsorgeuntersuchung (U6 und U7) eingesetzt werden kann. In Anlehnung an den in den USA weit verbreiteten Elternfragebogen *The McArthur Communicative Development Inventories* (Fenson, Dale, Reznick, Thal, Bates, Hartung, Pethick & Reilly 1993) wird die Entwicklung in den Bereichen Sprachproduktion, Sprachverständnis, Gesten und Feinmotorik erfragt.

Mit dem ELFRA 1 und 2 liegt für den deutschen Sprachraum ein Messinstrument vor, welches im ersten und zweiten Lebensjahr die Bereiche Sprachproduktion und Sprachverständnis überprüfen kann. Mit einem Umfang von 164 Wörtern gehört die Wortschatzliste des ELFRA 1 zu den Kurzlisten, deren Reliabilität und Validität jedoch bestätigt werden konnte (Rescorla 1989). Innerhalb der Skala Sprachproduktion werden auch sprachspezifische Vorausläuferfähigkeiten

erhoben, wobei rhythmisch-prosodische Merkmale besonders gewichtet werden. Unter der Skala *Produktion von Lauten und Sprache* wird beispielsweise die gerichtete Aufmerksamkeit und Nachahmung von Reimen und von Musik und Liedern erfasst (Items 1 - 6) sowie die Nachahmung von Geräuschen, kanonischen Lallsequenzen und Sprachmelodien (Items 7 - 11) (Grimm & Doil 2000).

Kinder, die mit 12 Monaten im ELFRA 1 in ihren Testergebnissen den kritischen Wert unterschritten haben (beispielsweise in der Skala *Sprachproduktion* weniger als 7 Wörter sprechen) und damit zu den unteren 20 % der Kinder der Gesamtstichprobe gehören, die den kritischen Wert verpasst haben, können mit 24 Monaten im ELFRA 2 jedoch mit ihren sprachlichen Fähigkeiten wieder im Normbereich liegen. Umgekehrt gilt jedoch, so die Autoren, dass ein Kind, welches in seinen Testergebnissen im Alter von 24 Monaten im ELFRA 2 auffällig ist, auch im Alter von 12 Monaten im ELFRA 1 Auffälligkeiten zeigt (Grimm & Doil 2000, S. 18f). Ein Methodenvergleich konnte die Validität des ELFRA 2 ebenfalls bestätigen (Sachse, Anke & Von Suchodoletz 2007).

Als Risikokind für eine Sprachentwicklungsverzögerung oder Sprachentwicklungsstörung wird ein Kind dann identifiziert, wenn es in der Skala *Sprachproduktion* oder *Sprachverständnis* den kritischen Wert von 7 Wörtern bzw. 17 Wörtern unterschritten hat. Wird der kritische Wert in beiden Skalen unterschritten, liegt ein besonders auffälliger Befund vor. Bei der vorliegenden Auswertung wurde ein Kind als Risikokind eingestuft, wenn es in einen der beiden Sprachskalen den kritischen Wert unterschritt.

10.1 Material und Methode

Den Eltern wurde kurz vor dem ersten Geburtstag der Elternfragebogen (ELFRA 1) per Post zugeschickt unter dem ausdrücklichen Hinweis, diesen möglichst genau mit 12 Monaten (Frühgeborene korrigiertes Alter) auszufüllen und zurückzusenden. Bei Verzögerungen wurden die Daten telefonisch erhoben.

10.2 Auswertung

Bei der Auswertung der Skalen Sprachproduktion und Sprachperzeption werden einerseits die Rohwerte und andererseits die kritischen Werte (siehe oben) zugrunde gelegt. Dabei werden die Rohwerte als Mittel und Standardabweichung angegeben und mit Hilfe des t-Tests verglichen. Die Unterschreitung der kritischen Werte wird als absolute und relative Häufigkeit (%) angegeben und mit Hilfe des χ^2 -Tests verglichen.

Bei der gematchten Gruppe der Früh- und Reifgeborenen ($N = 34$) sind im Alter von 12 Monaten 29 Elternfragebögen der Frühgeborenen (12 männlich, 17 weiblich) und 32 Elternfragebögen der Reifgeborenen (15 männlich, 17 weiblich) vorhanden.

10.3 Ergebnis der lexikalischen Entwicklung der Früh- und Reifgeborenen im Alter von 12 Monaten für die gematchte Gruppe¹⁶

Zwischen der gematchten Gruppe der Früh- und Reifgeborenen lässt sich im Alter von 12 Monaten im ELFRA 1 in der Wortschatzproduktion und Perzeption kein Unterschied nachweisen, weder auf den Rohwert-Skalen noch beim Anteil der Risikokinder.

¹⁶ Bei den Frühgeborenen wird das korrigierte Alter zugrunde gelegt.

Von 29 Früh-geborenen unterschreiten 12 den kritischen Wert innerhalb der Sprachproduktion, was einer relativen Häufigkeit von 41 % entspricht und 5 innerhalb der Sprachperzeption (17 %). Von 32 Reifgeborenen unterschreiten 9 (28 %) den kritischen Wert innerhalb der Sprachproduktion und 6 (19 %) den kritischen Wert innerhalb der Sprachperzeption.

Tabelle 25: Ergebnis der lexikalischen Entwicklung für die gematchte Gruppe der Früh- und Reifgeborenen

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		N	Statistik			
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		p	Wert	FG	Test
Produktion	8,517	4,306	29	8,875	3,705	32	0,73	0,35	59	t
Produktion (<7)	12/17 (<7/=>7)	41/59 (%)	29	9/23 (<7/=>7)	28/72 (%)	32	0,41	0,67	1	X ²
Perzeption	36,21	26,09	29	48,41	32,84	32	0,12	1,6	59	t
Perzeption (<17)	5/24 (<17/=>17)	17/83 (%)	29	6/26 (<17/=>17)	19/81 (%)	32	0,86	0,033	1	X ²
Alter Mutter [J]	31,88	6,34	34	33,9	4,374	31	0,14	1,5	59	t
Schulbildung Mutter	1/4/13/16 (K/H/R/A)	2,9/12/38 /47 (%)	34	0/0/5/29 (K/H/R/A)	0/0/15/85 (%)	34	0,0064	12	3	X ²
Familienstand	2/19/13 (G/P/V)	5,9/56/38 (%)	34	1/9/24 (G/P/V)	2,9/26/71 (%)	34	0,028	7,2	2	X ²
Sozialstatus	4	(3-6)	33	5	(3-6)	34	0,35	0,86	1	KW

Die lexikalische Entwicklung muss auch vor dem Hintergrund der soziodemografischen Daten gesehen werden. Demnach hatten die Mütter der Reifgeborenen eine deutlich höhere Schulbildung als die Mütter Frühgeborener (85 % vs. 47 % Abitur). Die signifikant höhere Schulbildung der Mütter Reifgeborener scheint jedoch auch im Alter von 12 Monaten keinen Einfluss auf die Entwicklung des Wortschatzes zu haben.

10.4 Ergebnis der lexikalischen Entwicklung im Alter von 12 Monaten für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen und Vergleich zu der Gruppe der Frühgeborenen

Im Folgenden wird die Wortschatzentwicklung der Gesamtgruppe der Reifgeborenen mit der Gruppe der Frühgeborenen verglichen. Bei der Gesamtgruppe der Reifgeborenen sind im Alter von 12 Monaten 71 Elternfragebögen (31 männlich, 40 weiblich) vorhanden.

Tabelle 26: Ergebnis der lexikalischen Entwicklung: Vergleich zwischen der Gruppe der Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen

	Frühgeborene		N	Reifgeborene		Statistik				
	Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent		Mittel / Median / Häufigkeit	SD / IQR / Prozent	N	p	Wert	FG	Test
Produktion	8,517	4,306	29	9,944	4,837	71	0,17	1,4	98	t
Produktion (<7)	12/17 (<7/=>7)	41/59 (%)	29	17/54 (<7/=>7)	24/76 (%)	71	0,13	2,3	1	X ²
Perzeption	36,21	26,09	29	47,58	29,77	71	0,076	1,8	98	t
Perzeption (<17)	5/24 (<17/=>17)	17/83 (%)	29	11/60 (<17/=>17)	15/85 (%)	71	0,93	0,007	1	X ²
Alter Mutter [J]	31,88	6,34	34	34,24	4,121	62	0,056	2	49	t
Schulbildung Mutter	1/4/13/16 (K/H/R/A)	2,9/12/38/ 47 (%)	34	0/1/16/59 (K/H/R/A)	0/1,3/21/7 8 (%)	76	0,0033	14	3	X ²
Familienstand	2/19/13 (G/P/V)	5,9/56/38 (%)	34	2/23/51 (G/P/V)	2,6/30/67 (%)	76	0,018	8,1	2	X ²
Sozialstatus	4	(3-6)	33	5	(2,75-6)	76	0,35	0,87	1	KW

Auch im Vergleich zwischen den Frühgeborenen und der Gesamtgruppe der Reifgeborenen lässt sich im Alter von 12 Monaten in der Wortschatzproduktion und Perzeption kein Unterschied nachweisen, weder auf den Rohwert-Skalen noch beim Anteil der Risikokinder. Während von 29 Frühgeborenen 12 (41 %) den kritischen Wert innerhalb der Sprachproduktion unterschreiten und 5 (17 %) innerhalb

der Sprachperzeption, sind es von 71 Reifgeborenen 17 (24 %) innerhalb der Sprachproduktion und 11 (15 %) innerhalb der Sprachperzeption. Allerdings deutet sich bei der Sprachperzeption an, dass die Reifgeborenen im Durchschnitt mehr Wörter verstehen als die Frühgeborenen. Auch bei der Gesamtgruppe der Reifgeborenen scheint die höhere Schulbildung der Mütter Reifgeborenen keinen Einfluss auf die lexikalische Entwicklung zu haben.

11 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Fragestellung ist, ob die Frühgeburtlichkeit eine Auswirkung auf den Spracherwerb im ersten Lebensjahr hat. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Verarbeitung der rhythmisch-prosodischen Eigenschaften von Sprache im ersten Lebensjahr und deren weitere Ausnutzung für die Entwicklung des Lexikons bei Frühgeborenen im Vergleich zu Reifgeborenen unterscheidet.

Dazu wurde die Sensitivität für und die Verarbeitung von rhythmisch unterschiedlichen Mustern bei einer Gruppe gesunder, neurologisch unauffälliger, sehr untergewichtiger Frühgeborener (< 1500 g; < 32. SSW) im korrigierten Alter von 4, 6 und 9 Monaten mit dem *Headturn-Preference Paradigma* untersucht und mit der Sprachverarbeitung Reifgeborener verglichen. Abschließend wurde im Alter von 12 Monaten die lexikalische Entwicklung überprüft. Alle Kinder wurden mit den *Bayley Scales of Infant Development (BSIDIII)* im Alter von 6 und 12 Monaten untersucht.

Hintergrund und Ausgangspunkt der Fragestellung war zum einen die uneinheitliche Forschungslage zum Spracherwerb Frühgeborener und die Fokussierung auf Frühgeborene mit ernsthaften, durch die Unreife bedingten, Komplikationen und Erkrankungen. Der Stand der Forschung zeigt, dass neben sozialen Risikofaktoren, dem Geschlecht und der akustischen Umgebung der neonatalen Intensivstation, vor allen Dingen die mit der Frühgeburtlichkeit häufig einhergehenden medizinischen Risiken, die weitere sprachliche und kognitive Entwicklung ungünstig beeinflussen. Aufgrund der in den meisten Untersuchungen zudem inhomogenen Population an Früh-

geborenen, d. h. unter Einbezug ernsthaft beeinträchtigteter Kinder mit schwerwiegenden Hirnblutungen, syndromalen Erkrankungen oder Stoffwechsel-Erkrankungen, Kinder mit mehrsprachigem Hintergrund sowie Mehrlingen, ist die Frage, ob Frühgeburtlichkeit an sich eine Auswirkung auf die Sprachentwicklung hat, letztendlich bisher nicht geklärt. Die in die vorliegenden Untersuchungen eingeschlossenen sehr untergewichtigen Frühgeborenen unterlagen strengen, vordefinierten Einschlusskriterien (Kapitel 5.3), d. h. sie hatten keine der ernsthaften, prognostisch ungünstigen Erkrankungen, die häufig mit der Frühgeburtlichkeit einhergehen, waren monolingual deutsch und waren Einling. Sowohl die Früh- als auch die Reifgeborenen lagen im mentalen (MDI) und im psychomotorischen (PDI) Entwicklungsquotienten der *Bayley Scales of Infant Development* mit 6 Monaten im Normbereich. Der t-Test für gepaarte Stichproben und der χ^2 -Test ergaben, dass im Alter von 6 Monaten kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden konnte. Obwohl die Frühgeborenen auch im Alter von 12 Monaten bezüglich der Rohwerte im MDI und PDI im Normbereich lagen, zeigte sich jedoch im MDI ein signifikanter Unterschied zu der gematchten Gruppe der Reifgeborenen, da diese im MDI überdurchschnittliche Leistungen zeigten. Dieser signifikante Gruppenunterschied kann möglicherweise unter anderem auf den höheren Bildungsstand der Mütter der Reifgeborenen zurückgeführt werden. Da jedoch 27 % der Frühgeborenen im Alter von 12 Monaten innerhalb der mentalen Skalen des Bayley-Tests unter der durchschnittlichen Leistung lagen, jedoch keines der Reifgeborenen, könnten hier bereits erste Anzeichen vorliegen, für die eingangs vielfach beschriebenen kognitiven Beeinträchtigungen und Verzögerungen Frühgeborener im Schulalter (Taylor, Klein, Minich, & Hack 2000; Hack, Youngstrom, Cartar, Schluchter, Taylor, Flannery, Klein & Borawski 2004; Hack, Taylor, Drotar, Schluchter, Cartar, Andreias & Wilson-Costello 2005). Der signifikante Unterschied des Apgar-Wertes und seine prognostische Bedeutung für die dieser Studie zugrunde liegende Stichprobe

der Frühgeborenen hat aus den folgenden Gründen vermutlich keine klinische Bedeutung für die prosodische Verarbeitung: Sämtliche medizinischen Risikofaktoren wurden ausgeschlossen und ein deutlich erhöhtes Risiko für eine schlechte Entwicklungsprognose liegt in erster Linie bei einem Apgar-Wert < 5 vor (Forsblad, Källén, Marsál & Hellström-Westas 2007), welcher jedoch bei keinem Frühgeborenen in der gematchten Gruppe auftrat.

Im Zentrum der Arbeit stand die frühe prosodische Verarbeitung Frühgeborener. Hierfür lagen jüngste Untersuchungen zur frühen prosodischen Verarbeitung zugrunde (Friederici, Friedrich & Christophe 2007; Höhle, Bijeljac-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi 2009), die gezeigt haben, dass bereits in der ersten Hälfte des ersten Lebensjahres eine Adaption an spezifische Merkmale der Zielsprache stattfindet sowie die vermehrten Befunde, die bereits auf eine vorgeburtliche prosodische Sensitivität hinweisen (DeCasper & Fifer 1980; Spence & DeCasper 1987; DeCasper, Lecanuet, Busnel & Granier-Deferre 1994; Christophe, Dupoux, Bertoncini & Mehler 1994; Sansavini, Bertoncini & Giovanelli 1997; Shahidullah & Hepper 1994). Vor dem Hintergrund dieser aktuellen Forschungslage rückte die Frage in den Vordergrund, ob Frühgeborene, die durch die verkürzte intrauterine Übungszeit kaum prosodischen Input erhalten haben, weniger sensitiv sind für rhythmisch-prosodische Merkmale der Sprache als Reifgeborene, die diese prosodische Sensitivität von Geburt an zeigen.

Dazu wurde im Alter von 4 Monaten die Fähigkeit zur Diskrimination unterschiedlicher Betonungsmuster überprüft. Während die Reifgeborenen die unterschiedlich betonten Zweisilber diskriminierten und eine längere Orientierungszeit zum Trochäus hin zeigten, konnte für die Frühgeborenen in ihren Orientierungszeiten kein Unterschied nachgewiesen werden. Es konnte kein Einfluss des Geschlechts im Alter von 4 Monaten auf die Orientierungszeit nachgewiesen werden, d. h. unabhängig vom Geschlecht orientierten sich die Reifgeborenen länger zum Trochäus hin. Zwischen den Gruppen

der Früh- und Reifgeborenen besteht eine starke Ungleichverteilung des mütterlichen Bildungsabschlusses. Die multifaktorielle Varianzanalyse konnte jedoch nicht nachweisen, dass der Bildungsabschluss einen Einfluss auf die Orientierungszeit zu der jeweiligen Bedingung hat. Es zeigte sich, dass die Bedingung (Trochäus-Jambus-Stimulus) und die Früh- oder Reifgeburtlichkeit im Alter von 4 Monaten interagieren, jedoch ließ sich kein signifikanter Effekt der Früh-/Reifgeburtlichkeit an sich nachweisen.

Im Alter von 6 Monaten wurde die Präferenz des muttersprachlichen Betonungsmusters überprüft. Während die Reifgeborenen das muttersprachliche Betonungsmuster, den trochäischen Zweisilber präferierten, konnte auch zu diesem Zeitpunkt kein Unterschied in den Orientierungszeiten der Frühgeborenen gezeigt werden. Geschlecht und Schulbildung der Mutter hatten keinen Einfluss auf die Orientierungszeit. Auch mit 6 Monaten zeigte sich, dass die Bedingung (Trochäus-Jambus-Stimulus) und die Früh- oder Reifgeburtlichkeit interagieren, ein Effekt der Früh-/Reifgeburtlichkeit an sich konnte nicht nachgewiesen werden.

Im Alter von 9 Monaten wurde die rhythmusbasierte Wortsegmentierung überprüft. Während die Gruppe der Reifgeborenen in einem dargebotenen Text zweisilbige trochäische Wörter präferierten, mit denen sie zuvor familiarisiert worden waren, und damit (aufgrund der erworbenen zielsprachlichen Fähigkeiten) bereits rhythmische Einheiten segmentierten, zeigten die Frühgeborenen anhand ihrer Orientierungszeiten keine Präferenz. Der Faktor Schulbildung der Mutter hatte keinen nachweislichen Einfluss auf die Orientierungszeit. Bei der Schulbildung ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Anteil geringerer Schulbildung zu klein ist, um ihn mit einem Effekt auf die Orientierungszeit zu untersuchen. Im Alter von 9 Monaten zeigte sich bei den Reifgeborenen eine Tendenz zur Interaktion zwischen dem Faktor Geschlecht und dem Faktor Bedingung. Die mittleren Orientierungszeiten für die nach Geschlecht getrennten Früh- und Reifgeborenen ergaben, dass männliche Reifgeborene sich deut-

lich länger zu familiarisierten Wörtern hin orientieren als weibliche Reifgeborene oder Frühgeborene.

Neben dem eigentlich fokussierten Ziel, über die Orientierungszeit die Diskriminationsleistung und Präferenz für unterschiedliche Betonungsmuster festzustellen, fällt auch auf, dass mit 4, 6 und 9 Monaten in der gematchten Gruppe der Früh- und Reifgeborenen kein Unterschied in der durchschnittlichen Orientierungszeit pro Stimulus nachgewiesen werden konnte. Dieser Befund widerspricht den Studien zur Informationsverarbeitung, die mehrfach eine verzögerte Informationsverarbeitungen und längere Orientierungszeiten bei Frühgeborenen im Vergleich zu Reifgeborenen berichteten (Rose, Feldman, Jankowski & Caro 2002; Jansson-Verkasalo, Korpilahti, Jantti, Valkama, Vainionpaa, Alku, Suominen & Näätänen 2004). Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Frühgeborenen in den meisten Untersuchungen medizinische Risikofaktoren aufwiesen, die die kognitive Entwicklung ungünstig beeinflussen, wie beispielsweise die untersuchte Population von Rose und Mitarbeitern (Rose, Feldman & Jankowski 2002; Rose, Feldman & Jankowski 2001) bei der allein 50 % der Frühgeborenen eine intraventrikuläre Hirnblutung hatten.

Die Vergleichbarkeit der vorliegenden Ergebnisse ist zudem auch deswegen nicht unmittelbar gegeben, da die meisten Untersuchungen zur Informationsverarbeitung im Vorschul- oder Schulalter durchgeführt wurden oder nicht die auditive, sondern die visuelle Informationsverarbeitung untersucht wurde. Das vorliegende Ergebnis deutet darauf hin, dass bei der vorliegenden Stichprobe der Frühgeborenen, bei denen alle medizinischen Risikofaktoren ausgeschlossen wurden, im ersten Lebensjahr keine Beeinträchtigung zumindest in der allgemeinen Verarbeitung auditiver Reize vorzuliegen scheint. Damit ist die mangelnde Rhythmus-Diskriminierungsfähigkeit im wesentlichen als ein Defizit innerhalb der prosodischen Verarbeitung zu interpretieren.

Die Überprüfung des Wortschatzes anhand des ELFRAs im Alter von 12 Monaten zeigte, dass bei der gematchten Gruppe der Frühgeborenen- und Reifgeborenen die Frühgeborenen 41 % im produktiven Lexikon und 17 % im perzeptiven Lexikon, die Reifgeborenen 28 % im produktiven und 19 % im perzeptiven Lexikon den kritischen Wert unterschritten. Innerhalb der Gesamtgruppe zeigte sich ein ähnliches Ergebnis. Weder innerhalb der gematchten Gruppe der Früh- und Reifgeborenen noch im Vergleich der Frühgeborenen mit der Gesamtgruppe der Reifgeborenen ergaben sich damit signifikante Unterschiede zwischen den Früh- und Reifgeborenen bezüglich der Wortschatzentwicklung. Die signifikant höhere Schulbildung der Mütter Reifgeborener scheint im Alter von 12 Monaten keinen Einfluss auf die lexikalische Entwicklung zu haben.

Das Ergebnis der Untersuchungen kann zweierlei bedeuten: Zum einen könnte der Erwerb rhythmisch-prosodischer Eigenschaften bei Frühgeborenen zeitlich verzögert sein. Möglicherweise erwerben Frühgeborene diese frühe Fähigkeit etwas später, wenden sie aber dann wie Reifgeborene in der lexikalischen Entwicklung an. Dadurch, dass sehr kleine Frühgeborene teilweise bis zu drei Monate früher von der sie normalerweise ständig begleitenden rhythmischen Sprachmelodie der Mutterstimme getrennt wurden, könnten sie zunächst gegenüber den reifgeborenen Kindern bezüglich des muttersprachlichen Betonungsmusters weniger erfahren sein. Zusätzlich könnte der Umstand, dass die hier eingeschlossenen Frühgeborenen auf einer sehr leisen neonatalen Intensivstation gelegen haben, den prosodischen Input erschwert haben, da die sehr leise Umgebung, nach den Befunden von Stromswold und Mitarbeitern (Stromswold & Sheffield 2004) die Sprachentwicklung aufgrund mangelnder Konturierung der Stimme erschwert.

Ähnlich wie bei der motorischen Entwicklung könnte es sein, dass diese mangelnde Erfahrung aufgeholt wird, was allerdings nach den festgestellten Beeinträchtigungen im prosodischen Bereich vermutlich nicht im ersten Lebensjahr sein wird, möglicherweise jedoch zu

einem späteren Zeitpunkt. Ein zeitlich verzögerter Erwerb rhythmisch-prosodischer Fähigkeiten scheint jedoch eher unwahrscheinlich, da die Frühgeborenen auch noch im korrigierten Alter von 9 Monaten keine Sensitivität für prosodische Eigenschaften von Sprache zeigen und nicht, wie bei den Reifgeborenen, die Fähigkeit nachgewiesen werden konnte, rhythmische Einheiten in einem Sprachstrom zu segmentieren. Aufgrund des von den Reifgeborenen abweichenden Erwerbs rhythmisch-prosodischer Fähigkeiten bis zum 9. Lebensmonat sollten die Ergebnisse, dass die Frühgeborenen im korrigierten Alter von 12 Monaten einen Lexikonerwerb zeigen, der sich nicht von dem Lexikonerwerb Reifgeborener unterscheidet, zunächst vorsichtig interpretiert werden. Möglicherweise ist der ELFRA 1 für Kinder im Alter von 12 Monaten prognostisch nicht in gleicher Weise aussagekräftig wie der ELFRA 2 mit 24 Monaten.

Die Tatsache, dass sich zwischen den Früh- und Reifgeborenen im ersten Lebensjahr kein Unterschied im Lexikonerwerb zeigt, kann unter Umständen am Testinstrument liegen und es könnte sein, dass eine Sprachstandserhebung bei Frühgeborenen im ersten Lebensjahr mit dem ELFRA1 nicht valide ist. Es wäre denkbar, dass Kinder, die mit 12 Monaten laut ELFRA 1 als Risikokind für eine Sprachentwicklungsverzögerung oder Sprachentwicklungsstörung eingestuft wurden, mit 24 Monaten in ihrer Sprachentwicklung im ELFRA 2 keine Auffälligkeiten mehr zeigen. Es wäre jedoch auch denkbar, dass die Kinder, die mit 12 Monaten im ELFRA1 einen unauffälligen Spracherwerb haben, im Alter von 24 Monaten im ELFRA 2 Auffälligkeiten und Verzögerungen im lexikalischen und morphosyntaktischen Bereich zeigen oder das sich mit 12 Monaten festgestellte Auffälligkeiten im Lexikonerwerb mit 24 Monaten manifestieren. Die Prognostizität des ELFRA1 bleibt mit der weiteren Entwicklung im lexikalischen und syntaktischen Bereich abzuwarten.

Das Ergebnis kann zum anderen jedoch auch bedeuten, dass Rhythmus und Prosodie beim Spracherwerb Frühgeborener nicht so eine bedeutsame Rolle spielen. Die Kinder könnten aufgrund einer früh-

zeitig anderen klanglichen Erfahrung eine andere Erwerbsstrategie nutzen als Reifgeborene. Es könnte beispielsweise sein, dass Frühgeborene die Sensitivität für bestimmte Häufigkeitsverteilungen von lautsprachlichen Mustern nutzen, um erste sprachliche Einheiten zu segmentieren, wie es in der Theorie zum distributionellen Lernen formuliert wird (Thiessen & Saffran 2003) (Kapitel 3.5). Auch funktionelle, bildgebende Magnet-Resonanz-Studien weisen darauf hin, dass Frühgeborene möglicherweise einen anderen Zugang zu Sprache haben. Ment und Mitarbeiter (Ment, Peterson, Vohr, Allan, Schneider, Lacadie, Katz, Maller-Keselmann, Pugh, Duncan, Makuch & Constable 2006) konnten bei ehemals sehr unreifen Frühgeborenen im Schulalter zeigen, dass sie im Vergleich zu Reifgeborenen eher phonologische statt semantische Hirnareale bei der Sprachperzeption aktivieren, damit aber ähnliche Leistungen im Verstehen von Sprache erzielen. Ergebnisse von Bosch (Bosch, Figueras, Iriundo & Póo 2008) zeigten, dass bilingual aufwachsende Reifgeborene mit 4 Monaten zwischen den Sprachen Spanisch und Katalanisch, denen die gleiche Metrik zugrunde liegt, diskriminieren können, bilinguale Frühgeborene hingegen nicht.

Dieses Ergebnis deutet in die gleiche Richtung wie die in dieser Arbeit berichteten Ergebnisse auf eine mangelnde Sensitivität für rhythmisch-prosodische Merkmale von Sprache. Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Ergebnisse von Schreianalysen Frühgeborener (Menyuk, Liebergott & Schultz 1995), deren Schreimuster prosodisch kontrovers ist zu dem Schreimuster Reifgeborener (Mampe, Friederici, Christophe & Wermke 2009). Möglicherweise zeigt sich bereits in den Schreien Frühgeborener der mangelnde prosodische Input.

Wie eingangs beschrieben (Kapitel 2.2) gibt es neben den medizinischen Risiken, die in der hier vorliegenden Stichprobe ausgeschlossen wurden, weitere Faktoren, wie Geschlecht, niedriger Sozialstatus und bestimmte akustische Parameter, beispielsweise ein lautes Umfeld, die die weitere Entwicklung Frühgeborener ungünstig beein-

flussen können. In der vorliegenden Untersuchung hatte weder die Schulbildung der Mütter, noch der Sozialstatus, noch der Familienstand einen Einfluss auf die prosodische Verarbeitung oder die weitere lexikalische Entwicklung der Frühgeborenen und auch nicht auf die der Reifgeborenen, obwohl die Schulbildung der Mütter Reifgeborener signifikant höher war als die der Mütter Frühgeborener.

Die niedrige Schulbildung der Mütter Frühgeborener hat damit in der vorliegenden Untersuchung keinen nachweislichen Einfluss auf die frühe Sprachverarbeitung im ersten Lebensjahr. Dieses Ergebnis entspricht zunächst der allgemeinen Befundlage, dass sozioökonomische und psychosoziale Variablen erst später an Bedeutung gewinnen (Korner, Stevenson, Kramer, Spiker, Scott, Constantinou & Dimiceli 1993; Thompson, Gustafson, Oehler, Catlett, Brazy & Goldstein 1997). Es bleibt jedoch abzuwarten, wie sich die niedrige Schulbildung der Mütter Frühgeborener auf die weitere lexikalische und morpho-syntaktische Entwicklung der Kinder auswirkt. Ein niedriger Sozialstatus und ein geringes Bildungsniveau gewinnt mitunter erst nach dem vierten Lebensjahr eine Bedeutung für die weitere Entwicklung von Frühgeborenen (Thompson, Gustafson, Oehler, Catlett, Brazy & Goldstein 1997).

Neben dem niedrigen Sozialstatus als ungünstiger Prognostizitätsfaktor für die weitere Entwicklung wurde auch das Geschlecht als ein Risikofaktor beschrieben. Männliche Frühgeborene zeigten dabei eine schlechtere Sprachentwicklung als weibliche (Hindmarsh, O'Callaghan, Mohay & Rogers 2000; Jennische & Sedin 2003; Sansavini, Guarini, Alessandroni, Faldella, Giovaneli & Salvioli 2006). Die genannten Untersuchungen wurden jedoch erst im Alter von zwei Jahren oder im Schulalter durchgeführt. Zu einem Einfluss des Geschlechts auf die Sprachverarbeitung Frühgeborener im ersten Lebensjahr ist bis jetzt nichts bekannt. Bei den hier untersuchten Frühgeborenen konnte innerhalb der prosodischen Verarbeitung zu keinem Untersuchungszeitpunkt ein signifikanter Einfluss des Geschlechts nachgewiesen werden. Sowohl die männlichen als auch die

weiblichen Frühgeborenen zeigten keinen Unterschied in ihren Orientierungszeiten. Es zeigte sich jedoch bei der Wortsegmentierung im Alter von 9 Monaten eine Interaktion zwischen dem Faktor Geschlecht und dem Faktor Bedingung bei den Reifgeborenen, in der männliche Reifgeborene sich deutlich länger zu familiarisierten Wörtern hin orientieren als weibliche Reifgeborene oder Frühgeborene (Tabelle 20 und Tabelle 22). Ein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Bedingung zeigte sich lediglich im Alter von 9 Monaten für die gematchte Gruppe, nicht jedoch für die Gesamtgruppe der Reifgeborenen. Da sich zu allen Untersuchungszeitpunkten die gematchte Gruppe und die Gesamtgruppe der Reifgeborenen im Wesentlichen in allen Faktoren entsprechen, ist davon auszugehen, dass der Einfluss des Geschlechts auf die Bedingung, der sich in der gematchten Gruppe zeigt, nicht repräsentativ für die Gesamtgruppe im Alter von 9 Monaten ist. Geschlechtsspezifische Unterschiede im frühen Spracherwerb Reifgeborener werden kontrovers diskutiert. Dabei konnte kein genereller Unterschied zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden, wie z. B. ein früherer Beginn oder ein schnellerer Erwerb der Sprachleistungen (Klann-Delius 2005).

Es sei abschließend noch einmal darauf hin gewiesen, dass in den vorliegenden Untersuchungen lediglich Nulleffekte bei den Frühgeborenen gezeigt werden konnten, was jedoch nicht zwangsläufig bedeutet, dass Frühgeborene rhythmische Unterschiede nicht diskriminieren können oder tatsächlich keine Präferenz für spezifisch prosodische Merkmale ihrer Umgebungssprache herausgebildet haben. Es bedeutet lediglich, dass in den durchgeführten Experimenten keine Evidenz dafür gefunden werden konnte, dass Frühgeborene sensitiv sind für rhythmisch prosodische Merkmale von Sprache.

Die vorliegenden Daten müssen zum jetzigen Stand der Untersuchungen dahingehend interpretiert werden, dass die Frühgeburtlichkeit und das Defizit an prosodischer Information die Sprachverarbeitung im ersten Lebensjahr beeinflusst. Im frühen Lexikonerwerb, wie er vom ELFRA 1 erfasst wird, kann jedoch zunächst bei Frühge-

borenen, zumindest bis zum ersten Lebensjahr keine Beeinträchtigung festgestellt werden. Die weitere Entwicklung des Lexikons bleibt durch spätere Sprachstandserhebungen der untersuchten Stichprobe abzuwarten.

Vor dem Hintergrund der nature-nurture Diskussion können die vorliegenden Ergebnisse dahingehend interpretiert werden, dass die Erfahrung mit Sprache, insbesondere die Erfahrung mit den spezifisch-prosodischen Gegebenheiten der Umgebungssprache von großer Bedeutung für den Spracherwerb ist. Prosodische Erfahrung fängt dabei schon vor der Geburt an. Dabei kommt der intrauterinen Prosodieerfahrung in der spezifisch akustischen Umgebung des Mutterleibes offenbar eine besondere Bedeutung zu. Fehlt diese Erfahrung, wie im Falle sehr kleiner Frühgeborener, äußert sich das in einer mangelnden Sensitivität für prosodische Eigenschaften von Sprache, welche sich in der vorliegenden Untersuchung bis zum korrigierten Alter von 9 Monaten zeigte.

Das Frühgeborene, welches ja zunächst noch ganz an die Welt des Mutterleibes angepasst ist, wird durch die unerwartete Geburt abrupt von dieser gewohnten Umgebung getrennt. Die Reize, die ein zu früh geborenes Kind jetzt erlebt, unterscheiden sich grundsätzlich von denen, die in der intrauterinen Umgebung erfahren werden und treffen unerwartet auf das unreife Gehirn, welches zu diesem Zeitpunkt noch nicht auf die äußeren Reize der Umwelt vorbereitet ist. Neben dem unmittelbaren Einfluss der lauten Umgebung der Intensivpflegestation, welche in erster Linie zu vermehrten Stressreaktionen des Frühgeborenen führt (Graven 2000; Morris, Philbin & Bose 2000; Philbin 2000), erfährt das Frühgeborene das (ohren)betäubende „weiße Rauschen“, welchem es im Innern des Inkubators ausgesetzt ist (Berens 1992). Versuche mit Ratten zeigen, dass weißes Rauschen, die gleichmäßige Verteilung von Tönen aller hörbarer Frequenzen, unmittelbar die Neuromaturation zu beeinflussen scheint (Chang, & Merzenich 2003). Die Untersuchung von Chang und Merzenich (2003) ergab, dass die Anordnung der Neuronen im auditiven Kortex

junger Ratten nach nur vierundzwanzig-stündiger Exposition zum weißen Rauschen eine erhebliche Verzögerung in ihrer Reifung zeigte. Der auditive Kortex von Ratten entwickelt sich innerhalb kürzester Zeit und ist bereits nach nur zwei bis drei Wochen funktionell ausgereift. In dieser sensiblen Entwicklungsphase wird die neuronale Verschaltung selektiv auf die Frequenzen abgestimmt, die die Tiere umgeben. Die Ratten, die in dem Versuch nicht dem weißen Rauschen ausgesetzt waren, zeigten sehr differenzierte neuronale Aktivitäten auf unterschiedliche Frequenzen und die reagierenden Nervenzellen konzentrierten sich zudem in einer kleineren Region des Gehirns. Die Ratten hingegen, die dem weißen Rauschen ausgesetzt waren, hatten nur ein wenig differenziertes Frequenzspektrum erworben und das Areal, innerhalb welches eine kortikale Antwort auf die unterschiedlichen Frequenzen eliziert werden konnte, war drei mal so groß wie bei den nicht exponierten Ratten. Nachdem das weiße Rauschen entfernt wurde, entwickelten die Tiere allerdings auch nach der dritten Woche eine normale Hörfähigkeit.

Welche Auswirkungen die Exposition einer gleichmäßigen Frequenzverteilung auf das unreife Gehör der Frühgeborenen haben mag und wie sich diese Erfahrung letztendlich auf die neuronale Entwicklung auswirkt, ist weithin ungeklärt. Neueste Untersuchungen (Turk, Williams & Lasky 2009) zeigen, dass ein Abschirmen der Frühgeborenen vom weißen Rauschen sich positiv auf die längerfristige Entwicklung auswirkt. Turk und Mitarbeiter (2009) verschlossen den Gehörgang sehr untergewichtiger Frühgeborener innerhalb der ersten Woche ihrer Geburt mit Ohrstöpseln, die nur in der Zeit entfernt wurden, in der die Eltern sich beim Kind befanden. Das durchschnittliche Geburtsalter der Kinder war in der 25. Gestationswoche. In der 34. Gestationswoche hatten die Frühgeborenen, die Ohrstöpsel erhielten, ein signifikant höheres Gewicht und auch einen größeren Kopfumfang als die Kontrollgruppe Frühgeborener, die keine Ohrstöpsel erhalten hatte. Dieser anfängliche Entwicklungsvorsprung zeigte sich auch in der weiteren Entwicklung im mentalen In-

dex der *Bayley scales of Infant Development* im Alter von 18 und Monaten.

Die in dieser Arbeit untersuchten Frühgeborenen lagen im mentalen Index (MDI) der *Bayley scales of Infant Development* im Alter von 12 Monaten zwar im Normbereich, jedoch schnitten sie im Vergleich zu den Reifgeborenen signifikant schlechter ab und es gab signifikant mehr Früh- als Reifgeborene, deren Leistungen unterdurchschnittlich waren. Inwieweit diese mentale Beeinträchtigung der Frühgeborenen gegenüber den Reifgeborenen auf die akustischen Gegebenheiten zurückzuführen sind, kann letztlich nicht beantwortet werden. Als gesichert gilt jedoch, dass eine anregende Umgebung und abwechslungsreicher Input die Entwicklung kortikaler Funktionen und Strukturen befördert (Greenough, Black & Wallace 1987; Diamond 1991; Liu, Diorio, Day, Francis & Meaney 2000; Als, Duffy, McAnulty, Rivkin, Sridhar, Mulkern, Warfield, Huppi, Butler, Conneman, Fischer & Eichenwald 2004).

Wie ausgeführt wurde (S. Fehler: Referenz nicht gefunden), finden im letzten Drittel der Schwangerschaft tiefgreifende Entwicklungen innerhalb der Neuromaturation, insbesondere der Synaptogenese und der Gehörentwicklung, statt. An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass die hier untersuchten, sehr untergewichtigen Frühgeborenen, ein mittleres Gestationsalter von 27. Wochen aufwiesen und im Durchschnitt 38 Tage im geschlossenen Inkubator verbracht haben (Tabelle 4, Seite 127). Das bedeutet, dass sie 13 Wochen und damit über 3 Monate weniger spezifisch-prosodische intrauterine Klangerfahrung hatten als die Reifgeborenen. Findet die Maturation intrauterin bis zur Vollendung der 40. Schwangerschaftswoche statt, erfährt der Fetus innerhalb der intrauterinen Akustik ab dem Zeitpunkt des Hörbeginns die spezifische Prosodie seiner unmittelbaren Umgebung. Diese pränatale Erfahrung mit Prosodie scheint sich bereits im fetalen Kortex zu engrammieren und so zu einer frühen Sensitivität für prosodische Merkmale der Sprache zu führen, sowie zu einer frühen Adaption an das spezifische Betonungsmuster

der Muttersprache, die sich unter anderem sogar bereits im Schreimuster Neugeborener zeigt (Mampe, Friederici, Christophe & Wermke 2009). Fehlt dieser spezifische Input wie im Falle einer zu frühen Geburt, scheint dies offenbar zu einer mangelnden Sensitivität für prosodische Merkmale der Sprache zu führen. Neben der mangelnden Erfahrung der Frühgeborenen mit Prosodie ist es auch denkbar, dass die frühzeitige extrauterine Erfahrung, d. h. die Tatsache, dass entscheidende Maturationsprozesse des letzten Schwangerschaftsdrittels und neuronale Verknüpfungen, die normalerweise intrauterin stattfinden und nun größtenteils extrauterin stattfinden, zu einer anderen neuronalen Verschaltung führen, die sich letztlich auch hinderlich auf die frühe Sprachverarbeitung auswirkt. Für eine andere kortikale Entwicklung spricht auch das geringere Hirnvolumen Frühgeborener gegenüber Reifgeborenen, welches vermutlich die Folge einer gesteigerten Apoptose durch Stress und fehlender sozialer Stimulation ist (Lidzba, Wilke, Staudt, & Krägeloh-Mann 2009; Ment, Kesler, Vohr, Katz, Baumgartner, Schneider, Delancy, Silbereis, Duncan, Constable, Makuch & Reiss 2009; Soria-Pastor, Padilla, Zubiaurre-Elorza, Ibarretxe-Bilbao, Botet, Costas-Moragas, Falcon, Bargallo, Mercader & Junque 2009).

Wenn die frühzeitig andere akustische Erfahrung eine Auswirkung auf die kortikale Organisation hat, ist es jedoch ebenso ungeklärt, inwieweit die Ergebnisse der Tierversuche auf den Menschen übertragbar sind und ob eine Art Reorganisation synaptischer Verbindungen im Areal des auditiven Kortex stattfindet, sobald eine normale Hörerfahrung gegeben ist. Die Befunde von Ment und Mitarbeiter (Ment, Peterson, Vohr, Allan, Schneider, Lacadie, Katz, Maller-Keselmann, Pugh, Duncan, Makuch & Constable 2006) könnten, wie bereits andere genannten Befunde, ein Hinweis auf eine andere kortikale Organisation sein. Für die Fähigkeit, den sprachlichen Lautstrom zu segmentieren, könnte dies wiederum bedeuten, dass die Frühgeborenen aufgrund mangelnden prosodischen Inputs und

mangelnder prosodischer Sensitivität eine andere Segmentationsstrategie entwickeln.

Weitere Langzeituntersuchungen sind nötig, um festzustellen, ob sich die beeinträchtigte Sensibilität für rhythmisch-prosodische Eigenschaften von Sprache, die sich in den vorliegenden Untersuchungen zeigte, im zweiten Lebensjahr nachteilig auf den Lexikonerwerb gesunder Frühgeborener auswirkt und sich möglicherweise gar im Vorschul- und Schulalter zur Sprachentwicklungsstörung manifestiert oder ob diese anfängliche Benachteiligung kompensiert werden kann. Zeigen sich in der lexikalischen Entwicklung der Frühgeborenen auch im zweiten Lebensjahr Auffälligkeiten, wäre es von großem Interesse, die weitere sprachliche und kognitive Entwicklung dieser Kinder zu verfolgen, da Sprachentwicklungsverzögerungen im Vorschul- und Schulalter zu spezifischen Problemen führen (Bishop & Adams 1990; Scarborough & Dobrich 1990; Share & Leikin 2004; Lyytinen, Eklund & Lyytinen 2005). Eine Früherkennung von Sprachentwicklungsverzögerungen oder Sprachentwicklungsstörungen könnte zudem zu einer frühzeitigen Förderung der Frühgeborenen führen und damit helfen, spätere aufwendige, kostenträchtige und möglicherweise nicht so erfolgreiche Förderprogramme während der Schulzeit zu vermeiden.

12 Referenzen

- Abrams, R., & Gerhardt, K. (2000). The acoustic environment and physiological responses of the fetus. *Journal of Perinatology* 20, 31-36.
- Allen, M. (2005). Assessment of gestational age and neuromaturation. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* 11 (1): 21-33.
- Als, H., Duffy, F., McAnulty, G., Rivkin, M., Sridhar, V., Mulkern, R., Warfield, S., Huppi, P., Butler, S., Conneman, N., Fischer, C., & Eichenwald, E. (2004). Early experience alters brain function and structure. *Pediatrics* 113, 846-857.
- Amiel-Tison, C., Cabrol, D., Denver, R., Jarreau, P., Papiernik, E., & Piazza, P. (2004a) Fetal adaptation to stress. Part I: acceleration of fetal maturation and earlier birth triggered by placental insufficiency in humans. *Early Human Development* 78, 15-27.
- Amiel-Tison, C., Cabrol, D., Denver, R., Jarreau, P., Papiernik, E., & Piazza, P. (2004b) Fetal adaptation to stress Part II. Evolutionary aspects; Stress-induced hippocampal damage; long-term effects on behavior; consequences on adult health. *Early Human Development* 78, 81-94.
- Anand, K., & Scalzo, F. (2000). Can Adverse Neonatal Experiences Alter Brain Development and Subsequent Behavior? *Biology of the neonate* 77, 69-82.
- Anderson, G. (1991). Current knowledge about skin-to-skin (kangaroo) care for preterm infants. *Journal of Perinatology* 11, 216-228.
- Apgar, V. (1953). A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Current Researches in Anesthesia and Analgesia* 32, 260-267.
- Aslin, R., Woodward, J., LaMendola, N., & Bever, T. (1996). Models of word segmentation in fluent maternal speech to infants. In: J. Morgan & K. Demuth (eds.) *Signal to syntax: Bootstrapping from speech to grammar in early acquisition*. Erlbaum, Mahwah.
- Aylward, G. (2002). Cognitive and neuropsychological outcomes: More than IQ scores. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* 8, 234-240.

- Aylward, G., Pfeiffer, S., Wright, A., & Verhulst, S. (1989). Outcome studies of low birth weight infants published in the last decade: A metaanalysis. *Journal of Pediatrics* 115, 515-20.
- Baayen, H., Piepenbrock, R., & van Rijn, H. (1993). *The CELEX Lexical Database*. Philadelphia, PA: Linguistic Data Consortium.
- Bahrlick, L., & Pickens, J. (1988). Classification of bimodal English and Spanish language passages by infants. *Infant Behavior and Development* 11, 277-296.
- Ballard, R. (1998). Resuscitation in the delivery room. In: Taeusch HW; Ballard RA: *Avery's diseases of the newborn*. Philadelphia, London Toronto: WB Saunders Company: 319-333.
- Bassano, D., Eme, P., & Champaud, C. (2005). A naturalistic study of early lexical development: General processes and interindividual variations in French children. *First Language* 25, 67-11.
- Bates, E., & Snyder, L. (1987). The cognitive hypothesis in language development. In: *Infant performance and experience. New findings with the ordinal scales* pp. 168-204. Champaign, Illinois.
- Bates, E., Thal, D., Trauner, D., Fenson, J., Aram, D., Eisele, J., & Nass, R. (1997). From first words to grammar in children with focal brain injury. *Developmental Neuropsychology* 13, 447-476.
- Bauer, J., Sontheimer, D., Fischer, C., & Linderkamp, O. (1996). Metabolic rate and energy balance in very low birth weight infants during kangaroo holding by their mothers and fathers. *The Journal of Pediatrics* 129, 608-611.
- Bauer, K., Uhrig, C., Sperling, P., Pasel, K., Wieland, C., & Versmold, H. (1997). Body temperatures and oxygen consumption during skin-to-skin (Kangaroo) care in stable preterm infants weighing less than 1500 grams. *The Journal of Pediatrics* 130, 240-244.
- Baur, E. (1930). *Einführung in die Vererbungslehre*. 7. ed. Borntraeger, Berlin.
- Bayley, N. (1993). *Bayley Scales of Infant Development: Second Edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Behrens, H. (2009). Usage-based and emergentist approaches to language acquisition. *Linguistics* 47, 383-411.
- Bendersky, M., & Lewis, M. (1990). Early language ability as a function of ventricular dilatation associated with intraventricular hemorrhage. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 11, 17-21.

-
- Benini, F., Magnavita, V., Lago, P., Arslan, E., & Pisan, P. (1996). Evaluation of noise in the neonatal intensive care unit. *American Journal of Perinatology* 13, 37-41.
- Berens, R. (1999). Noise in the pediatric intensive care unit. *Journal of Intensive Care Medicine* 14, 118-129.
- Bergmann, N., & Jurisoo, L. (1994). The "Kangaroo-method" for treating low birthweight babies in developing countries. *Tropical Doctor* 24, 57-80.
- Bernstein Ratner, N., & Rooney, B. (2001). How accessible is the lexicon in motherese. In: J. Weissenborn & B. Höhle (eds.) *Approaches to bootstrapping: Phonological, lexical, syntactic and neurophysiological aspects of early language acquisition* Vol. 1 pp. 71-78. Benjamins, Amsterdam.
- Bhutta, A., & Anand, K. (2002). Vulnerability of the developing brain: Neuronal mechanism. *Clinics in Perinatology* 29, 357-372.
- Birnholtz, J., & Benacerraf, B. (1983). The development of human fetal hearing. *Science* 222, 516-518.
- Bishop, D., & Adams, C. (1990). A prospective study of the relationship between specific language impairment, phonological disorder, and reading retardation. *J Child Psychol and Psych* 31, 1027-1050.
- Bohannon, J., & Stanowicz, L. (1988). The issue of negative evidence: Adult responses to children's language errors. *Developmental Psychology* 24, 684-689.
- Bosch, L., & Sebastián-Gallés, N. (1997). Native language recognition abilities in 4-month-olds infants from monolingual and bilingual environments. *Cognition* 65, 33-69.
- Bosch, L., Figueras, M., Iriando, M., & Póo, P. (2008). Speech perception capacities in VLBW preterm infants: Vowel discrimination and native language recognition in the first months of life. *Proceedings of the XVIth international conference on infant studies*. Vancouver, BC, Canada, April 2008.
- Brazelton, T. (1978). The remarkable talents of the newborn. *Birth* 5, 187-198.
- Bregman, J. (1998). Developmental outcome in very low birthweight infants. Current status and future trends. *Pediatric Clinics of North America* 45, 673-690.
- Briscoe, J., Gathercole, S., & Marlow, N. (1998). Short-term memory and language outcomes after extreme prematurity at birth. *J Speech Lang Hear Res* 41, 654-666.

- Broadbent, N., Squire, L., & Clark, R. (2004). Spatial memory, recognition memory, and the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 14515-14520.
- Brown, B., Bendersky, M., & Chapman, T. (1986). The early utterances of preterm infants. *British Journal of Disorders of Communication* 21, 307-319.
- Brown, R., & Hanlon, C. (1970). Derivational complexity and order of acquisition in child speech. In: J. Hayes (ed.) *Cognition and the development of language* pp. 11-53. New York.
- Buehler, D., Als, H., Duffy, F., McAnulty, G., & Liedermann, J. (1995). Effectiveness of individualized developmental care for low-risk preterm infants: behavioral and electrophysiological evidence. *Pediatrics* 96, 923-932.
- Bührer, C., Grimmer, I., Metzke, B., & Obladen, M. (2000). The CRIB (Clinical Risk Index for Babies) score and neurodevelopmental impairment at one year corrected age in very low birth weight infants. *Intensive Care Medicine* 26, 325-329.
- Cameron, N., Shahrokh, D., Del Corpo, A., Dhir, S., Szyf, M., Champagne, F., & Meaney, M. (2008). Epigenetic programming of phenotypic variations in reproductive strategies in the rat through maternal care. *Journal of Neuroendocrinology* 20, 795-801.
- Caselli, M., Bates, E., Casadio, P., Fenson, J., Fenson, L., Sanderl, J., & Weir, J. (1995). A cross-linguistic study of early lexical development. *Cognitive Development* 10, 159-199.
- Casiro, O., Moddemann, D., Stanwick, R., Cheang, M., & Cowan, H. (1991). The national history and predictive value of early language delays in very low birthweight infants. *Early Human Development* 26, 45-50.
- Ceponiene, R., Rinne, T., & Näätänen, R. (2002). Maturation of cortical sound processing as indexed by event-related potentials. *Clinical Neurophysiology* 113, 870-882.
- Champagne, D., Bagot, R., Van Hasselt, F., Ramakers, G., Meaney, M., de Kloet, E., Joels, M., & Krugers, H. (2008). Maternal Care and Hippocampal Plasticity: Evidence for Experience-Dependent Structural Plasticity, Altered Synaptic Functioning, and Differential Responsiveness to Glucocorticoids and Stress. *The Journal of Neuroscience* 28, 6037-6045.

- Chang, E., & Merzenich, M. (2003). Environmental noise retards auditory cortical development. *Science* 300, 498-502.
- Chapman, R. (1981). Mother-child interaction in the second year of life. Its role in language development. In: R. Schiefelbusch & D. Bricker (eds.) *Early language: Acquisition and intervention* pp. 201-249. Baltimore.
- Cheour-Luhtanen, M., Alho, K., Sainio, K., Rinne, K., Reinikainen, K., Pohjavuori, M., Renlund, M., Aaltonen, O., Eerola, O., & Näätänen, R. (1996). The ontogenetically earliest discriminative response of the human brain. *Psychophysiology* 33, 478-481.
- Cheour, M., Čeponienė, P., Lepänen, K., Alho, T., Kujala, M., Rendlund, V., Fellmann, R., & Näätänen, R. (2002). The auditory sensory memory trace decays rapidly in newborns. *Scandinavian Journal of Psychology* 43, 33-39.
- Cheour, R., Alho, K., Ceponiene, R., Reinikainen, K., Sainio, K., Pohjavuori, M., Aaltonen, O., & Näätänen, R. (1998). Maturation of mismatch negativity in infants. *International Journal of Psychophysiology* 29, 217-226.
- Chiang, M., Barysheva, M., Shattuck, D., Lee, A., Madsen, S., Avedissian, C., Klunder, A., Toga, A., McMahon, K., de Zubicaray, G., Wright, M., Srivastava, A., Balov, N., & Thompson, P. (2009). Genetics of Brain Fiber Architecture and Intellectual Performance. *The Journal of Neuroscience* 29, 2212-2224.
- Chomsky, N. (1975). *The logical structure of linguistic theory*. Plenum, New York.
- Chomsky, N. (1981). *Lectures on government and binding*. Foris, Dordrecht.
- Chomsky, N. (1986). *Knowledge of language: Its nature, origin and use*. Praeger, New York.
- Christensson, K., Siles, C., Moreno, L., Belaustequi, A., De La Furenté, P., Lagerkrantz, H., Puyol, P., & Winberg, J. (1992). Temperature, metabolic adaptation and crying in healthy full-term newborns cared for skin to skin or in a cot. *Acta Paediatrica* 81, 488-493.
- Christophe, A., & Dupoux, E. (1996). Bootstrapping lexical acquisition: The role of prosodic structure. *The Linguistic Review* 13, 383-412.
- Christophe, A., Dupoux, E., Bertoni, J., & Mehler, J. (1994). Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition. *Journal of the Acoustic Society of America* 95, 1570-1580.

- Cooper, R., & Aslin, R. (1990). Preference for infant-directed speech in the first month after birth. *Child Development* 61, 1584-1595.
- Crunelle, D., LeNorman, M., & Delfosse, M. (2003). Langage oral et écrit chez des enfants prématurés: résultats à 7½ ans. *Folia Phoniatica et Logopaedia* 55.
- Curtiss, S. (1977). *Genie: A psycholinguistic study of a modern-day "wild child"*. New York: Academic Press.
- Curtiss, S. (1989). The independence and task-specificity of language. In: M. Bornstein & J. Bruner (eds.) *Interaction in human development* pp. 105-138. Hillsdale, NJ.
- Cusson, R. (2003). Factors influencing language development in preterm infants. *Journal of obstetric, gynecologic, and neonatal nursing* 32, 402-409.
- Cutler, A. (1994). Segmentation problems, rhythmic solutions. *Lingua* 92, 81-104.
- Cutler, A., & Carter, D. (1987). The predominance of strong initial syllables in the English vocabulary. *Computer Speech and Language* 2, 133-142.
- Cutler, A., & Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 14, 113-121.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D., & Segui, J. (1992). The monolingual nature of speech segmentation by bilinguals. *Cognitive Psychology* 24, 381-410.
- Daniel, T., & Laciak, J. (1982). Clinical observations and experiments concerning the condition of the cochleovestibular apparatus of subjects exposed to noise in fetal life. *Revue du Laryngologie Otologie Rhinologie* 103, 313-318.
- de Leeuw, R., Colin, E., Dunebier, E., & Mirmiran, M. (1991). Physiological effects of kangaroo-care in very small preterm infants. *Biology of the Neonate* 11, 149-155.
- DeCasper, A., & Fifer, W. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science* 208, 1174-1176.
- DeCasper, A., & Prescott, P. (1984). Human newborns' perception of male voices: Preference, discrimination and reinforcing value. *Developmental Psychobiology* 17, 481-491.
- DeCasper, A., & Spence, M. (1986). Newborns prefer a familiar story over an unfamiliar one. *Infant Behavior and Development* 9, 133-150.

-
- DeCasper, A., Lecanuet, J., Busnel, M., & Granier-Deferre, C. (1994). Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behavior and Development* 17, 159-164.
- Dehaene-Lambertz, G. (2000). Cerebral specialization for speech and non-speech stimuli in infants. *Journal of Cognitive Neuroscience* 12, 449-460.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science* 298, 2013-2015.
- Dehaene-Lambertz, G., Hertz-Pannier, L., Dubois, J., Mériaux, S., Roche, A., Sigman, M., & Dehaene, S. (2006). Functional organization of perisylvian activation during presentation of sentences in preverbal infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103, 14240-14245.
- Demetras, M., Post, K., & Snow, C. (1986). Feedback to first language learners: the role of repetitions and clarification questions. *Journal of Child Language* 13, 275-292.
- Demissie, K., Rhoads, G., Ananth, C., Alexander, G., Kramer, M., Kogan, M., & Josph, K. (2001). Trends in Preterm Birth and Neonatal Mortality among Blacks and Whites in the United States from 1989 to 1997. 154, 307-315.
- Dennis, M., & Whitaker, H. (1977). Hemispheric equipotentiality and language acquisition. In: S. Segalowitz & F. Gruber (eds.) pp. 93-106. Academic Press, New York.
- Diamond, M. (1991). Environmental influences on the young brain. In: K. Gibson & A. Peterson (eds.) *Brain maturation and cognitive development: Comparative and cross-cultural perspectives*. de Gruyter, New York.
- Dirix, C., Nijhuis, J., Jongsma, H., & Hornstra, G. (2009). Aspects of fetal learning and memory. *Child Development* 80, 1251-1258.
- Dubois, J., Hertz-Pannier, L., Cachia, A., Le Bihan, D., & Dehaene-Lambertz, G. (2009). Structural Asymmetries in the Infant Language and Sensori-Motor Networks. *Cerebral Cortex* 19, 414-423.
- Dunn, H. (1986). *Sequelea of low birthweight: The Vancouver Study*. Mac Keith, London.
- Dupoux, E., Pallier, C., Sebastian, N., & Mehler, J. (1997). A Destressing "Deafness" in French? *Journal of Memory and Language* 36, 406-421.

- Dupoux, E., Peperkamp, S., & Sebastián-Gallés, N. (2001). A robust method to study stress "deafness". 110, 1606-1618.
- Echols, C., Crowhurst, M., & Childers, J. (1997). The perception of rhythmic units in speech by infants and adults. *Journal of Memory and Language* 36, 202-225.
- Eilers, R., Oller, K., Levine, S., Basinger, D., Lynch, M., & Urbano, R. (1993). The role of prematurity and socioeconomic status in the onset of canonical babbling in infants. *Infant Behavior and Development* 16, 297-315.
- Eisele, J., & Aram, D. (1995). Lexical and grammatical development in children with early hemisphere damage: A cross-sectional view from birth to adolescence. In: P. Fletcher & B. MacWhinney (eds.) *The handbook of child language* pp. 664-689. Oxford, Cambridge, MA.
- Elman, J., Bates, E., Johnson, M., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1996). *Rethinking innateness*. MIT, Cambridge.
- Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement and Control (1974). *Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety* (Report No. 5509-74-004). Government Printing Office, Washington, DC.
- Fanselow, G. (2000). *Einführung in die Sprachwissenschaft* (WS 2000/2001, Universität Potsdam).
- Fanselow, G., & Felix, S. (1993). *Sprachtheorie: Eine Einführung in die Generative Grammatik*. Bd. 1, Grundlagen und Zielsetzungen. 3. ed. Francke Verlag, Tübingen, Basel.
- Farrar, M. (1992). Negative evidence and grammatical morpheme acquisition. *Developmental Psychology* 28, 90-98.
- Felderhoff-Müser, U., Bittigau, P., Siffringer, M., Jarosz, B., Korobowicz, E., Mahler, L., Piening, T., Moysich, A., Grune, T., Thor, F., Heumann, R., Bühner, C., & Ikonomidou, C. (2004). Oxygen causes cell death in the developing brain. *Neurobiology of Disease* 17, 273-282.
- Felderhoff-Müser, U., Bittigau, P., Siffringer, M., Polley, O., Dzierko, M., Leineweber, B., Mahler, L., Baier, M., Obladen, M., & Bühner, C. (2005). Caspase-1-Processed Interleukins in the Hyperoxia-Induced Cell Death in the Developing Brain. *American Neurological Association* 57, 50-59.

-
- Feldman, H., Holland, A., Kemp, S., & Janosky, J. (1992). Language development after unilateral brain injury. *Brain and Language* 42, 89-102.
- Feldman, R., Weller, A., Sirota, L., & Eidelman, A. (2002). Skin-to-skin contact (Kangaroo care) promotes selfregulation in premature infants: sleep-wake-cyclicity, arousal modulation, and sustained exploration. *Developmental Psychology* 38, 194-207.
- Fenson, L., Dale, P., Reznick, J., Thal, D., Bates, E., Hartung, J., Pethick, S., & Reilly, J. (1993). *The MacArthur Communicative Development Inventories: User's guide and technical manual*. Singular Press, San Diego, CA.
- Fernald, A. (1985). Four-month-old infants prefer to listen to motherese. *Infant Behavior and Development* 8, 181-195.
- Fernald, A., & Kuhl, P. (1987). Acoustic determinants of infant preference for motherese speech. *Infant Behavior and Development* 10, 279-293.
- Field, T. (2002). Infants' need for touch. *Human development* 45, 100-103.
- Fifer, W., & Moon, C. (1989). Psychobiology of newborn auditory preferences. *Seminars in Perinatology* 13, 430-433.
- Finster, M., & Wood, M. (2005). The Apgar score has survived the test of time. *Anesthesiology* 102, 855-857.
- Fisher, S. (2006). Tangled webs: Tracing the connections between genes and cognition. *Cognition* 101, 270-297.
- Fodor, J., & Pylyshyn, Z. (1988). Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis. *Cognition* 28, 3-71.
- Forsblad, K., Källén, K., Marsál, K., & Hellström-Westas, L. (2007). Apgar score predicts short-term outcome in infants born at 25 gestational weeks. *Acta Paediatrica* 96, 166-171.
- Foster-Cohen, S., Edgin, J., Champion, P., & Woodward, L. (2007). Early delayed language development in very preterm infants: Evidence from the MacArthur-Bates CDI. *Journal of Child Language* 34, 655-675.
- Foulder-Hughes, L., & Cooke, R. (2003). Motor, cognitive, and behavioral disorders in children born very preterm. *Developmental Medicine and Child Neurology* 45, 97-103.
- Fowler, C., Best, C., & McRoberts, G. (1990). Young infants perception of liquid coarticulatory influences following stopp consonants. *Perception and Psychophysics* 48, 559-570.

- Friederici, A., & Wessels, J. (1993). Phonotactic knowledge and its use in infant speech perception. *Perception and Psychophysics* 54, 287-295.
- Friederici, A., Friedrich, M., & Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Current Biology* 17, 1208-1211.
- Gayraud, F., & Kern, S. (2007). Influence of preterm birth on early lexical and grammatical acquisition. *First Language* 27, 159-173.
- Gleitman, L., & Wanner, E. (1982). The state of the art. In: E. Wanner & L. Gleitman (eds.) *Language acquisition: The state of the art* pp. 3-48. Cambridge University Press, Cambridge.
- Goberman, A., & Robb, M. (1999). Acoustic examination of preterm and full-term infant cries: The long-time average. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 42, 850-861.
- Godey, B., Schwartz, D., de Graaf, J., Chauvel, P., & Liegeois-Chauvel, C. (2001). Neuromagnetic source localization of auditory evoked fields and intracerebral evoked potentials: a comparison of data in the same patients. *Clinical Neurophysiology* 112, 1850-1859.
- Goldin-Meadow, S., & Mylander, C. (1998). Spontaneous sign systems created by deaf children in two cultures. *Nature* 391, 279-281.
- Goldin-Meadow, S., Mylander, C., & Butcher, C. (1995). The resilience of combinatorial structure at the word level: Morphology in self-styled gesture systems. *Cognition* 56, 195-262.
- Gomot, M., Bruneau, N., Laurent, J., Barthélémy, C., & Saliba, E. (2007). Left temporal impairment of auditory information processing in prematurely born 9-year-old children: An electrophysiological study. *International Journal of Psychophysiology* 64, 123-129.
- Goodluck, H. (1991). *Language acquisition: A linguistic introduction*. Blackwell, Oxford.
- Görne, T. (2006). *Tontechnik*. Carl Hanser Verlag, Leipzig.
- Graven, S. (2000). Sound and the developing infant in the NICU: Conclusions and recommendations for care. *Journal of Perinatology* 20, 88-93.
- Gray, P., O'Callaghan, M., & Poulen, L. (2008). Behaviour and quality of life at school age of children who had bronchopulmonary dysplasia. *Early Human Development* 84, 1-8.
- Greenough, W., Black, J., & Wallace, C. (1987). Experience and brain development. *Child Development* 58, 539-559.

-
- Griffiths, R. (1983). Griffiths-Entwicklungsskalen (GES) zur Beurteilung der Entwicklung in den ersten beiden Lebensjahren. Beltz, Weinheim, Basel.
- Grimm, H., & Doil, H. (2000). ELFRA. Elternfragebögen für die Früherkennung von Risikokindern. Göttingen.
- Grimm, H., & Schöler, H. (1991). Heidelberger Sprachentwicklungstest (HSET). Hogrefe, Göttingen.
- Grimm, H., Aktas, M., & Frever, S. (2000). Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder (SETK-2). Hogrefe, Göttingen.
- Grunau, R. (2002). Early pain in preterm infants. A model of long-term effects. *Clinics in Perinatology* 29, 373-394.
- Grunau, R., Kearney, S., & Whitfield, M. (1990). Language development at 3 years in pre-term children of birth weight below 1000 g. *British Journal of Disorders of Communication* 25, 173-182.
- Guerreiro, M., Casro-Caldas, A., & Martins, I. (1995). Aphasia following right hemisphere lesion in a woman with left hemisphere injury in childhood. *Brain and Language* 49, 280-288.
- Hack, M., Taylor, H., Drotar, D., Schluchter, M., Cartar, L., Andreias, L., & Wilson-Costello, D. (2005). Chronic Conditions, Functional Limitations, and Special Health Care Needs of School-aged Children Born With Extremely Low-Birth-Weight in the 1990s. *The Journal of the American Medical Association* 294, 318-325.
- Hack, M., Youngstrom, E., Cartar, L., Schluchter, M., Taylor, H., Flannery, D., Klein, N., & Borawski, E. (2004). Behavioral outcomes and evidence of psychopathology among very low birth weight infants at age 20 years. *Pediatrics* 114, 932-940.
- Hall, J. (2000). Development of the ear and hearing. *Journal of Perinatology* 20, 12-20.
- Hart, B., & Risley, T. (1992). American parenting of language-learning children: Persisting differences in family-child interactions observed in natural home environments. *Developmental Psychology* 28, 1096-1105.
- Haugen, E., & Joos, M. (1952). Tone and intonation in east Norwegian. *Acta Philologica Scandinavica* 22, 41-64.
- Hepper, P., & Shahidullah, B. (1994). Development of fetal hearing. *Archives of Disease in Childhood* 71, F81-87.

- Hess, W. (1983). Pitch determination of speech signals: algorithms and devices. Springer Verlag, Berlin.
- Heubrock, D., & Petermann, F. (2000). Lehrbuch der klinischen Kinderneuropsychologie. Grundlagen, Syndrome, Diagnostik und Intervention. Hogrefe, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Heuchem, A., Evans, N., Henderson Smart, D., & Simpson, J. (2002). Perinatal risk factors for major intraventricular haemorrhage in the Australian and New Zealand Neonatal Network, 1995-97. Archives of Disease in Childhood / Fetal and Neonatal Edition 86, F86-F90.
- Hindmarsh, G., O'Callaghan, M., Mohay, H., & Rogers, Y. (2000). Gender differences in cognitive abilities at 2 years in ELBW infants. Early Human Development 60, 115-122.
- Hintz, S., Kendrick, D., Stoll, B., Vohr, B., Fanaroff, A., Donavan, E., Poole, W., Blakely, M., Wright, L., & Higgins, R. (2005). Neurodevelopmental and growth outcomes of extremely low birth weight infants after necrotizing enterocolitis. Pediatrics 115, 696-703.
- Hirsh-Pasek, K., Kemler Nelson, D., Jusczyk, P., Wright Cassidy, K., Druss, B., & Kennedy, L. (1987). Clauses are perceptual units for young infants. Cognition 26, 269-286.
- Hoehn, T., Busch, A., & Krause, M. (2000). Comparison of noise levels caused by four different neonatal high-frequency ventilators. Intensive Care Medicine 26, 84-87.
- Hoff, E. (2003). The specificity of environmental influence: socioeconomic status affects early vocabulary development via maternal speech. Child Development 74, 1368-1378.
- Höhle, B. (2002). Der Einstieg in die Grammatik. Die Rolle der Phonologie/Syntax Schnittstelle für Sprachverarbeitung und Spracherwerb. Berlin.
- Höhle, B., Bijeljac-Babic, R., Herold, B., Weissenborn, J., & Nazzi, T. (2009). Language specific prosodic preferences during the first half year of life: Evidence from German and French infants. Infant Behavior and Development 32, 262-274.
- Höhle, B., Giesecke, D., & Jusczyk, P. (2001). Word segmentation in a foreign language: Further evidence for crosslinguistic strategies. Annual Meeting of the Acoustical Society of America, Ford Lauredale.
- Höhle, B., Weissenborn, J., Schmitz, M., & Ischebeck, A. (2001). Word order regularities: The role of prosodic information for early parameter

- setting. In: J. Weissenborn & B. Höhle (eds.) *Approaches to bootstrapping: Phonological, lexical, syntactic and neurophysiological aspects of early language acquisition*, Vol. 1. Benjamins, Amsterdam.
- Houston-Price, C., & Nakai, S. (2004). Distinguishing novelty and familiarity effects in infant preference procedures. *Infant and Child Development* 13, 341-348.
- Houston, D., & Jusczyk, P. (2000). The role of talker-specific information in word segmentation by infants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 26, 1570-1582.
- Houston, D., Jusczyk, P., Kuipers, C., Coolen, R., & Cutler, A. (2000). Cross-language word segmentation by 9-months olds. *Psychonomic Bulletin and Review* 7, 504-509.
- Houston, D., Santelmann, L., & Jusczyk, P. (2004). English-learning infants' segmentation of trisyllabic words from fluent speech. *Language and Cognitive Processes* 19, 97-136.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (1960). Single unit activity in lateral geniculate body and optic tract of unrestrained cats. *Journal of Physiology* 150, 91-104.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (1962). Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *Journal of Physiology* 160, 106-152.
- Hubel, D., & Wiesel, T. (2005). *Brain and visual perception: The story of a 25-year collaboration*. Oxford University Press, New York.
- Huimin, W., Aggleton, J., & Brown, M. (1999). Different contributions of the hippocampus and perirhinal cortex to recognition memory. *Journal of Neuroscience* 19, 1142-1148.
- Hunter, M., & Ames, E. (1988). A multifactor model of infant preferences for novel and familiar stimuli. *Advances in Infancy Research* 5, 69-95.
- Huttenlocher, P. (1979). Synaptic density in human frontal cortex: Developmental changes and effects of aging. *Brain Research* 163, 195-205.
- Huttenlocher, P., & Dabholkar, A. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of comparative neurology* 387, 167-178.
- Hyde, J., & Linn, M. (1988). Gender difference in verbal ability: A meta-analysis. *Psychological Bulletin* 104, 53-69.
- Ihle, W., Esser, G., Laucht, M., & Schmidt, M. (1997). *Ungeduldige Winzlinge und ihre Entwicklung: Was schützt frühgeborene Kinder vor*

- Entwicklungsstörungen? In: Leyendecker CH (Ed.): Frühförderung und Frühbehandlung, S. 203-212. Heidelberg, Ed. Schindele.
- Isaacs, E., Lucas, A., Chong, W., Wood, S., Johnson, C., Marshall, C., Vargha-Khadem, F., & Gadian, D. (2000). Hippocampal volume and everyday memory in children of very low birthweight. *Pediatric Research* 47, 713-720.
- Jacobs, P., Brunton, M., Melville, M., Brittain, R., & McClelland, W. (1965). Aggressive behaviour, mental sub-normality and the xyy male. *Nature* 208, 1351-1352.
- Jakobson, L., Frisk, V., Knight, R., Downie, A., & Whyte, H. (2001). The relationship between periventricular brain injury and deficits in visual processing among extremely-low-birthweight (<1000 g) children. *Journal of Pediatric Psychology* 26, 503-512.
- Jakobson, R., & Waugh, L. (1986). *Die Lautgestalt der Sprache*. de Gruyter, Berlin, New York.
- James, D., Spencer, C., & Stepsis, B. (2002). Fetal learning: a prospective randomized controlled study. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 20, 431-438.
- Janowsky, J. (1987). Early language development in infants with cortical and subcortical perinatal brain injury. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 8, 3-7.
- Jansson-Verkasalo, E., Korpilahti, P., Jantti, V., Valkama, M., Vainionpää, L., Alku, P., Suominen, K., & Näätänen (2004). Neurophysiologic correlates of deficient phonological representations and object naming in prematurely born children. *Clinical Neurophysiology* 115, 179-187.
- Jennische, M., & Sedin, G. (2003). Gender differences in outcome after neonatal intensive care: speech and language skills are less influenced in boys than in girls at 6.5 years. *Acta Paediatrica* 92, 364-378.
- Johnson, E., & Jusczyk, P. (2001). Word segmentation by 8-month-olds: When speech cues count more than statistics. *Journal of Memory and Language* 44, 548-568.
- Johnson, E., & Seidl, A. (2009). At 11 months, prosody still outranks statistics. *Developmental Science* 12, 131-141.
- Johnson, E., Jusczyk, P., Cutler, A., & Norris, D. (2003). Lexical variability constraints on speech segmentation by infants. *Cognitive Psychology* 46, 65-98.

-
- Joseph, K., Liston, R., Dodds, L., Dahlgren, L., & Allen, A. (2007). Socioeconomic status and perinatal outcomes in a setting with universal access to essential health care services. *Canadian Medical Association Journal* 177, 583-590.
- Joseph, R. (2000). Fetal Brain Behavior and Cognitive Development. *Developmental Review* 20, 81-98.
- Jusczyk, P. (1997). The discovery of spoken language. MIT-Press, Cambridge, MA.
- Jusczyk, P., & Aslin, R. (1995). Infants' detection of sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive Psychology* 29, 1-23.
- Jusczyk, P., & Thompson, E. (1978). Perception of a phonetic contrast in multisyllabic utterances by 2-month-old infants. *Perception and Psychophysics* 23, 105-109.
- Jusczyk, P., Cutler, A., & Redanz, N. (1993). Infants' preference for the predominant stress pattern of English words. *Child Development* 64, 675-687.
- Jusczyk, P., Friederici, A., Wessels, J., Svenkerud, V., & Jusczyk, A. (1993). Infants' sensitivity to the sound patterns of native language words. *Journal of Memory and Language* 32, 402-420.
- Jusczyk, P., Houston, D., & Newsome, M. (1999). The beginnings of word segmentation in English-learning infants. *Cognitive Psychology* 39, 159-207.
- Jusczyk, P., Luce, P., & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language* 33, 630-645.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science. MIT-Press, Cambridge, MA.
- Karmiloff-Smith, A. (2006). The tortuous route from genes to behavior: A neuroconstructivis approach. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience* 6, 9-17.
- Kaufmann, A., & Kaufmann, N. (1983). Kaufmann Assessment Battery for Children. Leiden Verlag: PITS, Lisse: Sweets & Zeitlinger B.V.
- Kiese-Himmel, C. (2005). Rezeptive und produktive Sprachentwcklungsleistungen frühgeborener Kinder im Alter von zwei Jahren. *Zeitschrift für Entwicklungs-psychologie und Pädagogische Psychologie* 37, 27-35.
- Klann-Delius, G (2005): Sprache und Geschlecht. Stuttgart, Weimar: Metzler.

- Klann-Delius, G. (2008). *Spracherwerb*. 2. Aufl.; Stuttgart, Weimar: Metzler.
- Knake-Werner, D. (2003). *Sozialstrukturatlas Berlin 2003*. Berlin: Senatsverwaltung für Gesundheit, Soziales und Verbraucherschutz, S. 159-176.
- Kok, J., Den Ouden, A., Verloove-Vanhorick, S., & Brand, R. (1998). Outcome of very preterm small for gestational age infants: the first nine years of life. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology* 105, 162-168.
- Kooijman, V., Hagoort, P., & Cutler, A. (2005). Electrophysiological evidence for prelinguistic infants' word recognition in continuous speech. *Cognitive Brain Research* 24, 109-116.
- Kooijman, V., Hagoort, P., & Cutler, A. (2009). Prosodic structure in early word segmentation: ERP evidence from Dutch ten-month-olds. *Infancy* 14, 591-612.
- Korner, A., Stevenson, D., Kramer, H., Spiker, D., Scott, T., Constantinou, J., & Dimiceli, S. (1993). Prediction of the development of low birth weight preterm infants by a new neonatal medical index. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 14, 106-111.
- Kostovic, I., & Judas, M. (1995). Prenatal development of the cerebral cortex. In: F. Chervenak, A. Kurjak, & C. Chomstock (eds.) *Ultrasound and the fetal brain*. Progress in obstetric and gynecological sonography series pp. 1-26. Keele University Press, London, New York.
- Kostovic, I., & Judas, M. (2002). The Role of the Subplate Zone in the Structural Plasticity of the Developing Human Cerebral Cortex. *Neuroembryology* 1, 145-153.
- Kugler, P. (2004). *Das Nervensystem. Grundzüge der strukturellen Entwicklung*. In: A. Benninghoff & D. Drenckhahn (eds.) *Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie* pp. 248-260. Urban und Fischer, München.
- Kuijpers, C., Coolen, R., Houston, D., & Cutler, A. (1998). Using the head-turning technique to explore cross-linguistic performance differences. In: *Advances in Infancy Research Vol. 12* pp. 205-220. Ablex, Stamford, CT.
- Lai, C., Fisher, S., Hust, J., Vargha-Kadem, F., & Monaco, A. A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature* 413, 519-523.

-
- Lalande, M., & Lambert, J. (1986). Is occupational noise exposure during pregnancy a risk factor of damage to the auditory system of the fetus? *American Journal of Industrial Medicine* 10 (4): 427-435.
- Lasky, R., & Williams, A. (2005). The development of the auditory system from conception to term. *NeoReviews* 6, e141-e152.
- Laucht, M., Esser, G., & Schmidt, M. (1997). Die Entwicklung nach biologischen und psychosozialen Risiken in der frühen Kindheit. In: Leyendecker Ch (ed.): *Frühförderung und Frühbehandlung*, S. 294-296. Heidelberg: Winter, Ed. Schindele. In: C. Leyendecker (ed.) *Frühförderung und Frühbehandlung* pp. 294-296. Winter, Ed. Schindele, Heidelberg.
- Laucht, M., Esser, G., & Schmidt, M. (1998). Risiko- und Schutzfaktoren der frühkindlichen Entwicklung: Empirische Befunde. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie* 26, 6-20.
- Laucht, M., Esser, G., Schmidt, M., Ihle, W., Marcus, A., Stöhr, R., & Weindrich, D. (1996). Viereinhalb Jahre danach: Mannheimer Risikokinder im Vorschulalter. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie* 24, 67-81.
- Lauer, N. (1999). *Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter - Grundlagen - Klinik - Diagnostik - Therapie*. Thieme, Stuttgart.
- Le Normand, M., & Cohen, H. (1999). The delayed emergence of lexical morphology in preterm children: the case of verbs. *Journal of Neurolinguistics* 12, 235-246.
- Leadholm, B., & Miller, J. (1992). *Language sample analysis: The Wisconsin guide for the identification and description of language impairment in children*. Madison, WI: Wisconsin.
- Lecanuet, J., & Granier-Deferre, C. (1993). Speech stimuli in the fetal environment. In: B. de Boysson-Bardies, S. de Schonen, P. Juszczyk, P. McNeilage, & J. Morton (eds.) *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* pp. 237-248. Kluwer, Dordrecht.
- Lecanuet, J., Granier-Deferre, C., & Busnel, M. (1989). Differential fetal auditory reactivity as a function of stimulus characteristics and state. *Seminars in Perinatology* 13, 421-430.
- Legault, M., & Goulet, C. (1995). Comparison of kangaroo and traditional methods of removing preterm infants from incubators. *Journal of Obstetric Gynecologic and Neonatal Nursing* 24, 501-506.

- Lenneberg, E. (1967). *Biological foundations of language*. Wiley, New York.
- Leppänen, P., Richardson, U., Pihko, E., Eklund, K., Guttorm, T., Aro, M., & Lyytinen, H. (2002). Brain responses to changes in speech sound durations differ between infants with and without familial risk for dyslexia. *Developmental Neuropsychology* 22, 407-422.
- Lidzba, K., Wilke, M., Staudt, M., & Krägeloh-Mann, I. (2009). Early plasticity versus early vulnerability: the problem of heterogeneous lesion Karen Lidzba, Marko Wilke, Martin Staudt and Inge Krägeloh-Mann. *Brain* 132, e128.
- Liegeois-Chauvel, C., Musolino, A., Badier, J., Marquis, P., & Chauvel, P. (1994). Evoked potentials recorded from the auditory cortex in man: evaluation and topography of the middle latency components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 92, 204-214.
- Liu, D., Diorio, J., Day, J., Francis, D., & Meaney, M. (2000). Maternal care, hippocampal synaptogenesis and cognitive development in rats. *Nature Neuroscience* 3, 799-806.
- Livingstone, M. (1993). Parallel processing in the visual system and the brain: Is one of the subsystems selectively affected in dyslexia? In: A. Galaburda (ed.) *Neurobiological aspects of extra-ordinary brains* pp. 237-256. Harvard University Press, Cambridge.
- Ludington-Hoe, S., Thompson, C., & Smith, J. (1994). Kangaroo care: resurch results, and practice implicatios and guidelines. *Neonatal Network* 13, 19-26.
- Luu, T., Vohr, B., Schneider, K., Katz, K., Tucker, R., Allan, W., & Ment, L. (2009). Trajectories of Receptive Language Development From 3 to 12 Years of Age for very preterm children. *Pediatrics* 124, 332-341.
- Lyytinen, P., Eklund, K., & Lyytinen, H. (2005). Language development and literacy skills in late-talking toddlers with and without familial risk for dyslexia. *Annals of Dyslexia* 55, 166-192.
- MacWhinney, B. (2004). The multiple processes approach: Replay to commentaries on 'A multiple process solution to the logical problem of language acquisition' by Brian MacWhinney. *Journal of Child Language* 31, 963-968.
- Mamelle, N., Laumon, B., & Lazar, P. (1984). Prematurity and occupational activity during pregnancy. *American Journal of Epidemiology* 119, 309-322.

-
- Mampe, B., Friederici, A., Christophe, A., & Wermke, K. (2009). Newborn's cry melody is shaped by their native language. *Current Biology* 19, 1-4.
- Manns, J., Hopkins, R., Reed, J., Kitchener, E., & Squire, L. (2003). Recognition memory and the human hippocampus. *Neuron* 37, 171-180.
- Marchman, V., Miller, R., & Bates, E. (1991). Babble and first words in children with focal brain injury. *Applied Psycholinguistics* 12, 1-22.
- Marcus, G. (1993). Negative evidence in language acquisition. *Cognition* 46, 53-85.
- Marcus, G., & Fisher, S. (2003). FOXP2 in focus: What can genes tell us about speech and language? *Trends in Cognitive Sciences* 7, 257-262.
- Marlow, N., Wolke, D., Bracewell, M., & Samara, M. (2005). EPICure Study Group: Neurologic and developmental disability at six years of age after extremely preterm birth. *The New England Journal of Medicine* 352, 9-15.
- Martin, G. (2003). Recommended standards for newborn intensive care unit design. *Journal of Perinatology* 26, S1.
- Mattock, K., & Burnham, D. (2006). Chiese and English infants' tone perception: evidence for perceptual reorganisation. *Infancy* 10, 241-265.
- Mattock, K., Molnar, M., Polka, L., & Burnham, D. (2008). The developmental course of lexical tone perception in the first year of life. *Cognition* 106, 1367-1381.
- Mattys, S., & Jusczyk, P. (1999). Phonotactic and prosodic effects on word segmentation in infants. *Cognitive Psychology* 38, 465-94.
- McGowan, P., Meaney, M., & Szyf, M. (2008). Diet and the epigenetic (re)programming of phenotypic differences in behavior. *Brain Research* 1237, 12-24.
- McGowan, P., Sasaki, A., D'Alessio, A., Dymov, S., Labonté, B., Szyf, M., Turecki, G., & Meaney, M. (2009). Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. *Nature Neuroscience* 12, 342-348.
- McLeod, P., Plunkett, K., & Rolls, E. (1998). *Introduction to connectionist modelling of cognitive processes*. Oxford University Press, Oxford, New York.

- McNeill, D. (1966). The creation of language by children. In: R. Wales (ed.) *Psycholinguistics papers*. University of Edingburgh, Edingburgh.
- Meaney, M. (2001). Nature, nurture, and the disunity of knowledge. *Annals of the New York Academy of Science* 935, 50-61.
- Mehler, J., Dupoux, E., Nazzi, T., & Dehaene-Lambertz, G. (1996). Coping with linguistic diversity: The infant's viewpoint. In: J. Morgan & K. Demuth (eds.) *Signal to syntax: Bootstrapping from speech to syntax in early language acquisition*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoincini, J., & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition* 29, 143-178.
- Melchers, P., & Preuss, U. (1994). *K-ABC: Kaufmann-Assessment Battery for Children*. Swets & Zeilinger, Lisse.
- Ment, L., Kesler, S., Vohr, B., Katz, K., Baumgartner, H., Schneider, K., Delancy, S., Silbereis, J., Duncan, C., Constable, R., Makuch, R., & Reiss, A. (2009). Longitudinal brain volume changes in preterm and term control subjects during late childhood and adolescence. *Pediatrics* 123, 503-511.
- Ment, L., Peterson, B., Vohr, B., Allan, W., Schneider, K., Lacadie, C., Katz, K., Maller-Keselmann, J., Pugh, K., Duncan, C., Makuch, R., & Constable, R. (2006). Cortical recruitment patterns in children born prematurely compared with control subjects during a passive listening functional magnetic resonance imaging task. *The Journal of Pediatrics* 149, 490-498.
- Ment, L., Vohr, B., Alan, W., Karol, H., Katz, M., Schneider, K., & Makuch, R. (2003). Change in cognitive function over time in very low-birth-weight infants. *Journal of American Medicine Association* 289, 705-711.
- Menyuk, P., Liebergott, J., & Schultz, M. (1995). Early language development in full-term and premature infants. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Menyuk, P., Liebergott, J., Schultz, M., Chesnick, M., & Ferrier, L. (1991). Patterns of early lexical and cognitive development in premature and full-term infants. *Journal of Speech and Hearing Research* 34, 88-94.
- Michelsson, K. (1971). Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants. *Acta Paediatrica Scandinavia Suppl.* 216, 1-45.

- Mikkola, K., Kushnerenko, E., Partanen, E., Serenius-Sirve, S., Leipälä, J., Huotilainen, M., & Felman, V. (2007). Auditory event-related potentials and cognitive function of preterm children at five years of age. *Clinical Neurophysiology* 118, 1494-1502.
- Miller, J., & Chapman, R. (1981). The relation between age and mean length of utterance in morphemes. *Journal of Speech and Hearing Research* 24, 154-161.
- Mills, D., Coffey-Corina, S., & Neville, H. (1997). Language comprehension and cerebral specialization from 13 to 20 months. *Developmental Neuropsychology* 13, 397-445.
- Moerk, E. (1983). A behavioral analysis of controversial topics in first language acquisition: reinforcements, corrections, modeling, input frequencies, and the three-term contingency pattern. *Journal of Psycholinguistic Research* 12, 129-155.
- Moerk, E. (1985). Analytic, synthetic, abstracting, and word-class-defining aspects of verbal mother-child interaction. *Journal of Child Language Research* 14, 263-287.
- Molfese, D., Freeman, R.J., & Palermo, D. (1975). The ontogeny of brain lateralization for speech and nonspeech stimuli. *Brain and Language* 2, 356-368.
- Monset-Couchard, De Bethmann, O., & Relier, J. (2004). Long term outcome of small versus appropriate size for gestational age co-twins / triplets. *Archives of Disease in Childhood Fetal and Neonatal Edition* 89, F310-F314.
- Monset-Couchard, M., De Bethmann, O., & Kastler, B. (2002). Mid- and long-term outcome of 166 premature infants weighing less than 1,000 g at birth, all small for gestational age. *Neonatology* 81, 244-254.
- Moon, C., Cooper, R., & Fifer, W. (1993). Two-day old infants prefer their native language. *Infant Behavior and Development* 16, 495-500.
- Moore, T., & Roberts, D. (1998). Intrapartum management. In: H. Taeusch & R. Ballard (eds.) *Shaffer and Avery's Diseases of the Newborn* pp. 154-166. WB Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.
- Morgan, A., & Aldag, J. (1996). Early motor pattern profile. *Pediatrics* 98, 692-697.
- Morgan, J. (1994). Converging measures of speech segmentation in preverbal infants. *Infant Behavior and Development* 17, 389-403.

- Morgan, J. (1996). A rhythmic bias in preverbal speech segmentation. *Journal of Memory and Language* 35, 666-688.
- Morgan, J., & Saffran, J. (1995). Emerging integration of sequential and suprasegmental information in preverbal speech segmentation. *Child Development* 66, 911-936.
- Morris, B., Philbin, K., & Bose, C. (2000). Physiological effects of sound on the newborn. *Journal of Perinatology* 20, 55-59.
- Morris, K. (2008). *RNA and the regulation of gene expression: A hidden layer of complexity*. Caister Academic Press, Norfolk, England.
- Myers, J., Jusczyk, P., Kemler Nelson, D., Charles Luce, J., Woodward, A., & Hirsh-Pasek, K. (1996). Infants' sensitivity to word boundaries in fluent speech. *Journal of Child Language* 23, 1-30.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Lawrence Erlbaum: Hillsdale, New York. Erlbaum, Hillsdale, NY.
- Näätänen, R., Paavilainen, P., Alho, K., Reinikainen, K., & Sams, M. (1989). Do event-related potentials reveal the mechanism of the auditory sensory memory in the human brain? *Neuroscience Letters* 107, 347-352.
- Nazzi, T., Bertoncini, J., & Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: Toward an understanding of the role of rhythm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24, 756-766.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, J., & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language* 54, 283-299.
- Nazzi, T., Jusczyk, P., & Johnson, E. (2000). Language discrimination by English-learning 5-month-olds: effects of rhythm and familiarity. *Journal of Memory and Language* 43, 1-19.
- Neville, H., & Bavelier, D. (2000). Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In: M. Gazzaniga (ed.) *The new cognitive neuroscience* pp. 83-98. Cambridge, MA.
- Neville, H., & Bavelier, D. (2002). Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In: M. Johnson, Y. Munakata, & R. Gilmore (eds.) *Brain development and cognition* 2nd edition pp. 251-271. Blackwell, Oxford.

- Neville, H., & Mills, D. (1997). Epigenesis of language. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* 3, 282-292.
- Newman, R. (2003). Mothers use more extreme infant-directed speech when speaking in noise. *Applied Psycholinguistics* 24, 539-560.
- Newman, R., Ratner, N., Jusczyk, A., Jusczyk, P., & Dow, K. (2006). Infant's early ability to segment the conversational speech signal predicts later language development: a retrospective analyses. *Developmental Psychology* 42, 643-655.
- Newport, E. (1988). Constraints on learning and their role in language acquisition: Studies of the acquisition of American Sign Language. *Language Sciences* 10, 147-172.
- Newport, E. (1990). maturational constraints on language learning. *Cognitive Science* 14, 11-28.
- Newport, E., Gleitman, H., & Gleitman, L. (1977). "Mother I'd rather do it myself": Some effects and non-effects of maternal speech style. In: C. Snow & C. Ferguson (eds.) *Talking to children: Language input and acquisition* pp. 109-150. University Press, Cambridge.
- O'Grady, W. (1999). The acquisition of syntactic representations: A general nativist approach. In: Ritchie WC; Bhatia TK (eds.): *Handbook of child language acquisition*. San Diego: Academic Press, 157-193. In: W. Ritchie & T. Bhatia (eds.) *Handbook of child language acquisition* pp. 157-193. Academic Press, San Diego.
- Obladen, M., & Maier, R. (2007). *Neugeborenenintensivmedizin*. 7. Aufl.; Springer, Heidelberg.
- Oghi, S., Fukuda, M., Moriuchi, H., Kusumoto, T., Akiyama, T., Nugent, J., Brazelton, T., Arisawa, K., Takahashi, T., & Saitoh, H. (2002). Comparison of kangaroo care and standard care: behavioral organization, development, and temperament in healthy, low-birth-weight infants through 1 year. *Journal of Perinatology* 22, 374-379.
- Ong, L., Boo, N., & Chandran, V. (2001). Predictors of neurodevelopmental outcome of Malaysian very low birthweight children at 4 years of age. *Journal of Pediatric Child Health* 37, 363-368.
- Ornstein, M., Ohlsson, A., Edmonds, J., & Asztalos, E. (1991). Neonatal follow up of very low birth weight infants to school age: a critical overview. *Acta Paediatrica Scandinavica* 80, 741-748.

- Papile, L. (1978). Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: A study of infants with birth weight less than 1,500 gm. *Journal of Pediatrics* 92 (4): 529-534.
- Papoušek, M. (1994). *Vom ersten Schrei zum ersten Wort*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber. Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle.
- Pegg, J., Werker, J., & McLeod, P. (1992). Preference for infant directed-speech over adult-directed speech: Evidence from 7-week-old infants. *Infant Behavior and Development* 15, 325-345.
- Pena, M., Maki, A., Kovacić, D., Dehaene-Lambertz, G., Koizumi, H., Bouquet, F., & Mehler, J. (2003). Sounds and silence: An optical topography study of language recognition at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100, 11702-11705.
- Perlman, J., & Volpe, J. (1989). Movement disorder of premature infants with severe bronchopulmonary dysplasia: A new syndrome. *Pediatrics* 84, 215-218.
- Peters, A. (1985). Language segmentation: Operating principles for the perception and analysis of language. In: D. Slobin (ed.) *The crosslinguistic study of language acquisition*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Peters, A. (1997). Language typology, prosody, and the acquisition of grammatical morphemes. In: D. Slobin (ed.) *Cross-linguistic perspectives in language acquisition* Vol. Vol. 5. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Petitto, L., & Marentette, P. (1991). Babbling in the manual mode. *Science* 251, 1483-1496.
- Philbin, M. (2000). The influence of auditory experience on the behavior of preterm newborns. *Journal of Perinatology* 20, 77-87.
- Piaget, J. (1980). The psychogenesis of knowledge and its epistemological significance. In: M. Piatelli-Palmerini (ed.) *Language and learning* pp. 23-34. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Pinker, S. (1984). *Language Learnability and Language Development*. Cambridge, MA: University Press. University Press, Cambridge, MA.
- Pinker, S. (1987). The bootstrapping problem in language acquisition. In: B. McWhinney (ed.) *Mechanisms of language acquisition*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Pinker, S. (2002). *The blank slate: The modern denial of human nature*. MIT Press, New York.

-
- Pinker, S., & Price, A. (1988). On language and connectionism: Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. *Cognition* 28, 73-193.
- Polka, L., & Werker, J. (1994). Developmental changes in perception of non-native vowel contrasts. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 20, 421-435.
- Ponton, C., Eggermont, J., Kwong, B., & Don, M. (2000). Maturation of human central auditory system activity: evidence from multi-channel evoked potentials. *Clinical Neurophysiology* 111, 220-236.
- Prechtl, H. (1980). The optimality concept. *Early Human Development* 4, 201-205.
- Price, W., & Whatmore, P. (1967). Criminal behaviour and the xyy male. *Nature* 213, 815-815.
- Querleu, D., Renard, X., Versyp, F., Paris-Delrue, L., & Crepin, G. (1988). Fetal hearing. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology* 28, 191-212.
- R Development Core Team (2006). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. ISBN 3-900051-07-0.
- Rager, G. (2004). Endhirn. In: A. Benninghoff & D. Drenckhahn (eds.) *Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie* Vol. 2 pp. 456-463. Urban und Fischer, München.
- Rakic, P. (1995). Corticogenesis in human and nonhuman primates. In: M. Gazzaniga (ed.) *The Cognitive Neurosciences* pp. 127-145. Cambridge, Mass.
- Rakic, P., Bourgeois, J., Eckenhoff, M., Zecevic, N., & Goldman-Rakic, P. (1986). Concurrent overproduction of synapses in diverse regions of the primate cerebral cortex. *Science* 232, 232-235.
- Ramanathan, K., Paul, V., Deorari, A., Taneja, U., & George, G. (2001). Kangaroo Mother Care in very low birth weight infants. *Indian Journal of Pediatrics* 68, 1019-1023.
- Ramscar, M., & Yarlett, D. (2007). Linguistic self-correction in the absence of feedback: A new approach to the logical problem of language acquisition. *Cognitive Science* 31, 927-960.
- Ramus, F. (2006). Genes, brain, and cognition: A roadmap for the cognitive scientist. *Cognition* 101, 247-269.

- Rauh, H. (2002). Vorgeburtliche Entwicklung und frühe Kindheit. In: R. Oerter & L. Montada (eds.) *Entwicklungspsychologie* pp. 131-208. Beltz, Weinheim.
- Reilly, J., Losh, M., Bellugi, U., & Wulfeck, B. (2004). "Frog, where are you?" Narratives in children with specific language impairment, early focal brain injury, and Williams syndrome. *Brain and Language* 88, 229-247.
- Rescorla, L. (1989). The language development survey: A screening tool for delayed language in toddlers. *Journal of Speech and Hearing Disorders* 54, 587-599.
- Rescorla, L., Dahlsgaard, K., & Roberts, J. (2000). Late-talking toddlers: MLU and IPSyn outcomes at 3;0 and 4;0. *Journal of Child Language* 27, 643-664.
- Rice, M., Spitz, R., & O'Brien, F. (1999). Semantic and morphosyntactic language outcomes in biologically at-risk children. *Journal of Neurolinguistics* 12, 213-234.
- Richards, D., Frentzen, B., Gerhardt, K., McCann, M., & Abrams, R. (1992). Sound levels in the human uterus. *Obstetrics and Gynecology* 80, 186-190.
- Ridley, M. (2003). *Nature via nurture: Genes, experience and what makes us human*. Harper Collins, New York.
- Riegel, K., Ort, B., Wolke, D., & Österlind, K. (1995). *Die Entwicklung gefährdeter geborener Kinder bis zum fünften Lebensjahr*. Stuttgart: Enke.
- Robertson, A., Stuart, A., & Walker, L. (2001). Transmission loss of sound into incubators: Implications for voice perception by infants. *Journal of Perinatology* 21, 236-241.
- Robertson, C., Ethes, P., Goldson, E., & Kyle, J. (1992). Eight-year school performance, neurodevelopmental and growth outcome of neonates with bronchopulmonary dysplasia: A comparative study. *Pediatrics* 89, 365-372.
- Roland & Hill, A. (1992). MR and CT evaluation of profound neonatal and infantile asphyxia. *American Journal of Neuroradiology* 13, 973-975.
- Rose, S., & Feldman, J. (1996). Memory and processing speed in preterm children at eleven years: a comparison with full-terms. *Child Development* 67, 2005-2021.

-
- Rose, S., & Feldman, J. (1997). Memory and speed: Their role in the relation of infant information processing to later IQ. *Child Development* 68, 630-641.
- Rose, S., Feldman, J., & Jankowski, J. (2001). Attention and recognition memory in the 1st year of life: A longitudinal study of preterm and full-term infants. *Developmental Psychology* 37, 135-151.
- Rose, S., Feldman, J., & Jankowski, J. (2002). Processing speed in the 1st year of life: A longitudinal study of preterm and full-term infants. *Developmental Psychology* 38, 895-902.
- Rose, S., Feldman, J., & Jankowski, J. (2005). Recall memory in the first three years of life: a longitudinal study of preterm and term children. *Developmental Medicine and Child Neurology* 47, 653-659.
- Rose, S., Feldman, J., & McCarton, C. (1988). Information processing in seven-month-old infants as a function of risk status. *Child Development* 59, 589-603.
- Rose, S., Feldman, J., & Wallace, I. (1992). Infant information processing in relation to six-year cognitive outcomes. *Child Development* 63, 1126-141.
- Rose, S., Feldman, J., Jankowski, J., & Caro, D. (2002). A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life. *Child Development* 73, 47-61.
- Rose, S., Feldman, J., Jankowski, J., & Van Rossem, R. (2005). Pathways from prematurity and infant abilities to later cognition. *Child Development* 76, 1172-1184.
- Rose, S., Feldman, J., Wallace, I., & McCarton, C. (1989). Infant visual attention: Relation to birth status and developmental outcome during the first 5 years. *Developmental Psychology* 25, 560-576.
- Ross, G., Boatright, S., Auld, P., & Nass, R. (1996). Specific cognitive abilities in 2-year-old children with subependymal and mild intraventricular hemorrhage. *Brain and Cognition* 32, 1-13.
- Ross, G., Lipper, E., & Auld, P. (1996). Cognitive abilities and early precursors of learning disabilities in very-low-birthweight children with normal intelligence and normal neurological status. *International Journal of Behavioral Development* 19, 563-580.
- Rushe, T., Rifkin, L., Stewart, A., Townsend, J., Roth, S., Wyatt, J., & Murray, R. (2001). Neuropsychological outcome at adolescence of very preterm

- birth and its relation to brain structure. *Developmental Medicine and Child Neurology* 43, 226-233.
- Rushton, J. (1995). *Race, Evolution and Behavior*. Transaction Publishers, New Brunswick.
- Saavalainen, P., Luoma, L., Bowler, D., Timonn, T., Määttä, S., Laukkanen, E., & Herrgard, E. (2006). Naming skills of children born preterm in comparison with their term peers at the ages of 9 and 16 years. *Developmental Medicine and Child Neurology* 48, 28-32.
- Sachse, S., Anke, B., & von Suchodoletz, W. (2007). Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen - ein Methodenvergleich. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 35, 323-331.
- Saffran, J., Aslin, R., & Newport, E. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science* 274, 1926-1928.
- Salhab, W., Perlman, J., Silver, L., & Broyles, R. (2004). Necrotizing enterocolitis and neurodevelopmental outcome in extremely low birth weight infants <1000 g. *Journal of Perinatology* 24, 534-540.
- Sansavini, A., Bertoncini, J., & Giovanelli, G. (1997). Newborns discriminate the rhythm of multisyllabic stressed words. *Developmental Psychology* 33, 3-11.
- Sansavini, A., Guarini, A., Alessandrini, R., Faldella, G., Giovaneli, G., & Salvioli, G. (2006). Early relations between lexical and grammatical development in very immature Italian preterms. *Journal of Child Language* 33, 199-216.
- Sarimski, K. (1997). Prävention von sozialen Entwicklungsauffälligkeiten bei früh-geborenen Kindern durch die frühe interaktionsorientierte Elternberatung. In: C. Leyendecker (ed.) *Frühförderung und Frühbehandlung* pp. 259-270. Winter, Ed. Schindele, Heidelberg.
- Sarimski, K. (2000). *Frühgeburt als Herausforderung. Psychologische Beratung als Bewältigungshilfe*. Hogrefe, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle.
- Sauve, R., & Singhal, N. (1985). Long-term morbidity of infants with bronchopulmonary dysplasia. *Pediatrics* 76, 725-733.
- Scarborough, H., & Dobrich, W. (1990). Development of children with early language delay. *Journal of Speech and Hearing Research* 33, 70-83.
- Scarborough, H., & et al. (1986). A reconsideration of the relation of age and MLU. *Speech and Hearing Research* 29, 294-399.

-
- Scarborough, H., Rescorla, L., Tager-Flusberg, H., Fowler, A., & Sudhalter, V. (1991). The relation of utterance length and grammatical complexity in normal and language-disordered groups. *Applied Psycholinguistics* 12:23-45.
- Schreiber, J. (1930). Finger-prints in monozygotic twins. *Journal of Heredity* 21, 403-406.
- Shahidullah, S., & Hepper, P. (1994). Frequency discrimination by the fetus. *Early Human Development* 36, 13-26.
- Share, D., & Leikin, M. (2004). Language impairment at school entry and later reading disability: Connections at lexical versus supralexical levels of reading. *Scientific Studies of Reading* 8, 87-110.
- Shillcock, R. (1990). Lexical hypothesis in continuous speech. In: *Cognitive models of speech processing: Psycholinguistic and computational perspectives*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Siegel, L. (1983). Correction for prematurity and its consequences for the assessment of the very low birth weight infant. *Child Development* 54, 1176-1188.
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2007). *Taschenatlas der Physiologie*. 7. ed. Thieme, Stuttgart, New York.
- Singer, D. (2006). Die Langzeitprognose von Frühgeborenen: Was sich hinter den Statistiken verbirgt. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie* 210, 50-59.
- Singer, L., Siegel, A., Lewis, B., Hawkins, S., Yamashita, M., Toyoko, D., & Baley, J. (2001). Preschool language outcomes of children with history of bronchopulmonary dysplasia and very low birth weight. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics* 22, 19-26.
- Skinner, B. (1973). *Wissenschaft und menschliches Verhalten*. Kindler, München.
- Skoruppa, K., Pons, F., Christophe, A., Bosch, L., Dupoux, E., Sebastián-Gallés, N., Limissuri, L., & Peperkamp, S. (2009). Language-specific stress perception by 9-month-old French and Spanish infants. *Developmental Sciences* April: 1-6.
- Sloan, N., Camacho, L., Rojas, E., & Stem, C. (1994). Maternidad leidro Ayora study team: kangaroo mother method: randomized controlled trial of an alternative method of care for stabilized low-birthweight infants. *Lancet* 344, 782-785.

- Slobin, D. (1973). Cognitive prerequisites for the development of grammar. In: C. Ferguson & D. Slobin (eds.): *Studies of child language development*, pp 175-208. Holt, Rinehart Winston, New York.
- Smith, N. (1973). *The acquisition of phonology. A case study*. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- Smith, S., Gerhardt, K., Griffiths, S., Huang, X., & Abrams, R. (2003). Intelligibility of sentences recorded from the uterus of a pregnant ewe and from the fetal inner ear. *Audiology and Neuro Otology* 8, 347-353.
- Soraisham, A., Amin, H., Al-Hindi, L., Singhal, N., & Sauve, R. (2006). Does necrotising enterocolitis impact the neurodevelopmental and growth outcomes in preterm infants with birthweight <1200 g? *Journal of Paediatric Child Health* 42, 499-504.
- Soria-Pastor, S., Padilla, N., Zubiaurre-Elorza, L., Ibarretxe-Bilbao, N., Botet, F., Costas-Moragas, C., Falcon, C., Bargallo, N., Mercader, J., & Junque, C. (2009). Decreased regional brain volume and cognitive impairment in preterm children at low risk. *Pediatrics* 124, e1161-e1170.
- Spence, M., & DeCasper, A. (1987). Prenatal experience with low-frequency maternal-voice sounds influence neonatal perception of maternal voice samples. *Infant Behavior and Development* 10, 133-142.
- Spring, D., & Dale, P. (1977). Discrimination of linguistic stress in early infancy. *Journal of Speech and Hearing Research* 2, 224-232.
- Stark, C., & Squire, L. (2001). Simple and associative recognition memory in the hippocampal region. *Learning and Memory* 8, 190-197.
- Stening, W. (1997). Die Känguruh-Methode (Haut-zu-Haut-Kontakt) bei frühgeborenen Kindern. *Kinderkrankenschwester* 16 (8): 308-310.
- Stolarova, M., Whitney, H., Webb, S., DeRegnier, R., Georgieff, K., & Nelson, C. (2003). Electrophysiological brain responses of six-month-old low risk premature infants. *Infancy* 4, 437-450.
- Stranahan, A., Arumugam, T., & Cutler, R. (2008). Diabetes impairs hippocampal function through glucocorticoid-mediated effects on new and mature neurons. *Nature Neuroscience* 11, 309-317.
- Strobel, K. (2004). *Frühgeborene brauchen Liebe*. Kösel-Verlag, München.
- Stromswold, K. (2001a) The heritability of language: a review and meta-analysis of twin, adoption and linkage studies. *Language* 77, 647-723.
- Stromswold, K. (2001b) Why aren't identical twins linguistically identical? Genetic, prenatal and postnatal factors. *Cognition* 101, 333-384.

- Stromswold, K. (2008). The genetics of speech and language impairments. *New England Journal of Medicine* 359, 2381-2383.
- Stromswold, K., & Sheffield, E. (2004). Neonatal intensive care unit and language development. NICU Noise and Language Development. Rutgers University Center for Cognitive Science Technical Report: 1-15.
- Surenthiran, S., Wilbraham, K., May, J., Chant, T., Emmerson, A., & Newton, V. (2003). Noise levels within the ear and post-nasal space in neonates in intensive care. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition* 88, F315-F318.
- Symington, A., & Pinelli, J. (2006). Developmental care for promoting development and preventing morbidity in preterm infants. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2, 1-55.
- Szagun, G. (2000). *Sprachentwicklung beim Kind*. Urban und Schwarzenberg, Weinheim, Basel.
- Szyf, M. (2009). The early life environment and the epigenome. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA): General subjects* 1790, 878-885.
- Taylor, H., Klein, N., Minich, N., & Hack, M. (2000). Middle-school-age outcomes in children with very low birth-weight. *Child Development* 71, 1495-1511.
- Taylor, H., Klein, N., Schatschneider, C., & Hack, M. (1998). Predictors of early school age outcomes in very low birth weight children. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 19, 235-243.
- Tessier, R., Cristo, M., Velez, S., Giron, M., Nadeau, L., & Calume, F.D. (2003). Kangaroo Mother Care: A method for protecting high-risk low-birth-weight and premature infants against developmental delay. *Infant Behavior and Development* 26, 384-397.
- Thal, D., Marchman, V., Stiles, J., Aram, D., Trauner, D., Nass, R., & Bates, E. (1991). Early lexical development in children with focal brain injury. *Brain and Language* 40, 491-527.
- The Victorian Infant Collaborative Study Group (1997a) Outcome at 2 years of children 23-27 weeks' gestation born in Victoria in 1991-92. *Journal of Paediatrics and Child Health* 33, 161-165.
- The Victorian Infant Collaborative Study Group (1997b) Improved outcome into the 1990s for infants weighing 500-999 g at birth. *Archives of Disease in Childhood / Fetal and Neonatal Edition* 77, F91-F94.

- Thierry, G., Vihman, M., & Roberts, M. (2003). Familiar words capture the attention of 11-month-olds in less than 250 ms. *Neuroreport* 14, 2307-2310.
- Thiessen, E., & Saffran, J. (2003). When cues collide: Use of stress and statistical cues to word boundaries by 7- to 9-month-old infants. *Developmental Psychology* 39, 706-716.
- Thomasello, M. (1992). The social basis of language acquisition. *Social Development* 1, 67-87.
- Thomasello, M. (2000). Do young children have adult syntactic competence? *Cognition* 74, 209-253.
- Thomasello, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Thompson, P., Cannon, T., Narr, K., Van Erp, T., Poutanen, V., Huttunen, M., Lönngqvist, J., Standertskjöld-Nordenstam, C., Kaprio, J., Khaledy, M., Rajneesh, D., Zoumalan, C., & Toga, A. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience* 4, 1253-1258.
- Thompson, R., & Spencer, W. (1966). Habituation: A model for the study of neuronal substrates of behaviour. *Psychological Review* 73, 16-43.
- Thompson, R., Gustafson, K., Oehler, J., Catlett, A., Brazy, J., & Goldstein, R. (1997). Developmental outcome of very low birth weight infants at four years of age as a function of biological risk and psychosocial risk. *Developmental and Behavioral Pediatrics* 18, 91-96.
- Toro, J., Nespore, M., Mehler, J., & Bonatti, L. (2008). Finding Words and Rules in a Speech Stream. *Psychological Science* 19, 137-144.
- Tost, J. (2008). *Epigenetics*. Norfolk, England.
- Tsushima, T., Takizawa, O., Sasaki, M., Siraki, S., Nishi, K., Kohno, M., Menyuk, P., & Best, C. (1994). Discrimination of English /r-l/ and /w-y/ by Japanese infants at 6-12 months: Language specific developmental changes in speech perception abilities. Paper presented at International Conference on Spoken Language Processing, 4. Yokohama, Japan.
- Tucker, J., & McGuire, W. (2004). Epidemiology of preterm birth. *British Medical Journal* 329, 675-678.
- Turk, C., Williams, A., & Lasky, R. (2009). A randomized clinical trial evaluating silicone earplugs for very low birth weight newborns in intensive care. *Journal of Perinatology* 29, 358-363.

- Van de Bor, M., & Den Ouden, A. (2004). School performance in adolescents with and without periventricular-intraventricular hemorrhage in the neonatal period. *Seminars in Perinatology* 28, 295-303.
- Van der Hulst, H. (1998). Syllable structure and stress in Dutch. Foris, Dordrecht, The Netherlands.
- Vannucci, R. (1990). Experimental biology of cerebral hypoxia-ischämia. Relation to perinatal brain damage. *Pediatric Research* 27, 317-326.
- Veen, S., Ens-Dokkum, M., Schreuder, A., Verloove-Vanhorick, S., Brand, R., & Ruys, J. (1991). Impairments, disabilities and handicaps of very preterm and very low birthweight infants at five years of age. From the Collaborative project on preterm and small for gestational age infants (POPS) in the Netherlands. *Lancet* 338, 33-36.
- Vohr, B., Walter, C., Westerveld, M., Schneider, K., Katz, K., Makuch, R., & Ment, L. (2003). School-age outcomes of very low birth weight infants in the indomethacin intraventricular hemorrhage prevention trial. *Pediatrics* 111, 340-346.
- Vohr, B., Wright, L., Dusick, A., Mele, L., Verter, J., Steichen, J., Simon, N., Wilson, D., Broyles, R., Bauer, C., Delaney-Black, V., Yolton, K., Fleisher, B., Papile, L., & Kaplan, M. (2000). Neurodevelopmental and functional outcomes of extremely low birth weight infants in the national institute of child health and human development neonatal research network, 1993-1994. *Pediatrics* 105, 1216-1226.
- Vollmer, B., Roth, S., Riley, K., O'Brien, F., Baudin, J., De Haan, M., Khadem, F., Neville, B., & Wyatt, J. (2006). Long-term neurodevelopmental outcome of preterm children with unilateral cerebral lesions diagnosed by neonatal ultrasound. *Early Human Development* 82, 655-661.
- Wada, J., Clarke, R., & Hamm, A. (1975). Cerebral hemispheric asymmetry in humans. *Archives of Neurology* 32, 239-246.
- Walker, D., Greenwood, C., Hart, B., & Carta, J. (1994). Prediction of school outcomes based on early language production and socioeconomic factors. *Child Development* 65, 606-621.
- Walsh, M., & Kliegmann, R. (1986). Necrotizing enterocolitis. Treatment based on staging criteria. *Pediatric Clinics of North America* 33, 179-201.

- Wang, Y., Spence, M., Jongman, A., & Sereno, J. (1999). Training American listeners to receive Mandarin tones. *Acoustical Society of America* 106, 3649-3657.
- Watkins, K., Dronkers, N., & Vargha-Khadem, F. (2002). Behavioral analysis of an inherited speech and language disorder: comparison with an acquired aphasia. *Brain* 125, 452-464.
- Watkins, K., Vargha-Khadem, F., Ashburner, J., Passingham, R., Connelley, A., Friston, K., Frackowiak, R., Mishkin, M., & Gadian, D. (2002). MRI analysis of an inherited speech and language disorder; structural brain abnormalities. *Brain* 125, 465-478.
- Watson, J. (2000). *Behaviorismus*. Klotz, Frankfurt a. M.
- Wechsler, D. (1974). *Intelligence Scale for Children - Revised*. Psychological Corporation, New York.
- Weisglas-Kuperus, N., Baerts, W., DeGraff, W., van Zanten, G., & Sauer, P. (1993). Hearing and language in preschool very low birthweight children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* 26, 129-140.
- Werker, J., & Lalonde, C. (1988). Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Developmental Psychology* 24, 672-683.
- Werker, J., & Tees, R. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development* 7, 49-63.
- White, R. (2006). Recommended standards for newborn ICU design. *Journal of Perinatology* 26, 2-18.
- Whitelaw, A. (1990). Kangaroo baby care: just a nice experience or an important advance for preterm infants? *Pediatrics* 85, 604-605.
- WHO (2006). DIMDI - ICD-10-WHO-Ausgabe - Version 2006 - Onlinezugriff. <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/htmlamtl2006/fr-icd.htm?navi.htm+p00> (Letzter Zugriff 11.08.2008).
- Wiese, R. (1996). *The phonology of German*. Clarendon Press, Oxford.
- Wiesel, T. (1982). Postnatal development of the visual cortex and the influence of environment. *Nature* 299, 583-591.
- Wilson-Costello, D., Friedman, H., Minich, N., Fanaroff, A., & Hack, M. (2005). Improved survival rates increased neurodevelopmental disability for extremely low birth weight infants in the 1990s. *Pediatrics* 115, 997-1003.

-
- Wilson, E. (1978). *On human nature*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Winkler, C., Hauth, J., & Tucker, J. (1991). Neonatal complications at term as related to the degree of umbilical artery acidemia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 164, 637.
- Witelson, A., & Pallie, W. (1973). Left hemispheric specialization for language in the newborn: Neuroanatomical evidence of asymmetry. *Brain* 96, 641-647.
- Wolff, P. (1963). Observations on the early development of smiling. In: B. Foss (ed.) *Determinants of infant behavior*. Wiley, New York.
- Wolke, D. (1997). Die Entwicklung sehr Frühgeborener bis zum siebten Lebensjahr. In: C. Leyendecker & T. Horstmann (eds.) *Frühförderung und Frühbehandlung. Wissenschaftliche Grundlagen, praxisorientierte Ansätze und Perspektiven interdisziplinärer Zusammenarbeit*. Edition Schindele, Heidelberg.
- Wolke, D. (1998). Psychological development of prematurely born children. *Archives of Diseases in Childhood* 78, 567-570.
- Wolke, D., & Meyer, R. (1999). Ergebnisse der Bayerischen Entwicklungsstudie: Implikationen für Theorie und Praxis. *Kindheit und Entwicklung* 8, 23-35.
- Wolke, D., & Meyer, R. (2000). Ergebnisse der Bayerischen Entwicklungsstudie an neonatalen Risikokindern: Implikationen für Theorie und Praxis. In: F. Petermann, K. Niebank, & H. Scheihauer (eds.) *Risiken in der frühkindlichen Entwicklung. Entwicklungspsychopathologie der ersten Lebensjahre*. Hogrefe, Göttingen.
- Wolke, D., Schulz, J., & Meyer, R. (2001). Entwicklungslangzeitfolgen bei ehemaligen, sehr unreifen Frühgeborenen. Bayerische Entwicklungsstudie. *Monatsschrift Kinder-Heilkunde* 149, S53-S61.
- Worchel, F., & Allen, M. (1997). Mother's ability to discriminate cry types in low-birthweight premature and full-term infants. *Children's Health Care* 26, 183-195.
- Yost, C., & Soll, R. (2008). Early versus delayed selective surfactant treatment for neonatal respiratory distress syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2.

- Zenner, H. (2005). Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen. In: R. Schmidt, F. Lang, & G. Thews (eds.) Die Physiologie des Menschen, S. 334-356. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.
- Zhong-Cheng, L., Wilkins, R., & Kramer, M. (2006). Effect of neighbourhood income and maternal education on birth outcomes: a population-based study. Canadian Medical Association Journal 174, 1415-1420.

13 Anhang

Geburtenstatistiken des Statistischen Bundesamtes

Tabelle 27: Geburtenrate

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lebendgeborene	809114	798447	769603	765221	796013	812173	785034

Quelle: Statistik der natürlichen Bevölkerungsbewegung, Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, Statistisches Bundesamt. Erstellt am 18.07.2008, <http://www.gbe-bund.de/>

Tabelle 28: Häufigkeit Frühgeburtlichkeit

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Schwangerschaften vor Ende der 37. Woche	51985	50465	52003	54803	58642	61851	60723
Schwangerschaften vor Ende der 32. Woche	7663	7696	8307	8746	9466	9744	9984

Quelle: Statistisches Bundesamt. Erstellt am 18.07.2008 unter http://www.gbe-bund.de/gbe10/ergebnisse.prc_fid_anzeige?p_fid=4614&p_fund_typ=TAB&p_sprachkz=D&p_uid=gast&p_aid=81167965&p_prot=1#tab7

Neben Daten des Statistischen Bundesamtes und der EU sind die jährlichen Auswertungen der perinatologischen Arbeitsgemeinschaften Basis der Dokumentation, die einschließlich des Jahrgangs 1997 nahezu vollständig zur Verfügung gestellt werden konnten. Seit 1998, aber vor allem bei der aktuellen Dokumentation 1999, zeigen die Tabellen der Dokumentation erhebliche Lücken, die auf die Änderungen des Datensatzes und der Zuständigkeiten durch die Umstellung auf die bundesweit einheitliche "Qualitätssicherung bei Fallpauschalen und Sonderentgelten" zurückzuführen sind. Obwohl die

veränderte Datenstruktur und damit auch die geänderten Ergebnisse 2001 eingeführt worden sind, übernahmen einige perinatologische Arbeitsgemeinschaften bereits z. T. seit 1998 diese Änderungen, während andere mit dem alten Datensatz weiterarbeiteten bzw. die Erhebung in dem Übergangszeitraum einstellten oder erhobene Daten nicht mehr auswerteten. Um die Vergleichbarkeit mit den Vorjahren zu gewährleisten, mussten deshalb in der vorliegenden Dokumentation die nicht weiter verfügbaren Daten, z. B. wegen unterschiedlicher Untergruppen-Bezüge, weggelassen werden.

Statistiken der Klinik für Neonatologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin

Tabelle 29: Überlebensrate sehr untergewichtiger Frühgeborener

SSW	23	24	25	26	27	28	29	30	31	>32	Summe	Lebt %
Geburts- gewicht												
<500g	2(2)	1(1)	3(1)	-	-	-	-	-	1	-	3(3)	0
500-749g	3(2)	13(4)	4(1)	1	1	1		-	-	-	23(7)	70
750-999g	-	5(2)	8	5	3	3	-	2	1	1	28(2)	93
1000-1249g	-	-	1	5(1)	9	6	5(2)	5(1)	3	4	38(4)	90
1250-1499g	-	-	-	-	3	4(1)	9	6(1)	4(1)	8(1)	34(4)	88
Summe	5(4)	19(7)	13(1)	11(1)	16	14(1)	14(2)	13(2)	8(1)	13(1)	126(20)	
Lebt %	20	63	92	91	100	93	86	85	88	92		84

Quelle: Klinik für Neonatologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Jahrgang 2003. Zahl Verstorbener in Klammern. GG = Geburtsgewicht. SSW = Schwangerschaftswoche.

Tabelle 30: Überlebensqualität extrem untergewichtiger Frühgeborener (500-999 g)

500 - 999 g, überlebt	2001	2002	2003	2004	2005	Summe
N =	31	37	42	79	49	238
Pneumothorax	3	3	3	6	2	17
Bronchopulmonale Dysplasie (=O ₂ -Bedarf im Alter von 36 Wochen)	8	10	15	27	19	79
Laparotomie	0	1	5	6	1	13
Intraventrikuläre Blutung (=Grad 3 oder 4 nach Papile)	1	3	7	9	2	22
Hydrocephalus mit Shunt	0	0	0	1	0	1
Retinopathie mit Operation	2	0	4	5	0	11
Hörschwelle beiderseits pathologisch	3	3	3	5	7	21
Nicht betroffene Kinder	16	21	21	44	25	127

Tabelle 31: Überlebensqualität sehr untergewichtiger Frühgeborener (1000-1499 g)

1000 - 1499 g, überlebt	2001	2002	2003	2004	2005	Summe
N =	58	55	64	61	54	292
Pneumothorax	5	1	3	0	2	11
Bronchopulmonale Dysplasie (=O ₂ -Bedarf im Alter von 36 Wochen)	2	1	3	4	2	12
Laparotomie	3	2	7	0	0	12
Intraventrikuläre Blutung (=Grad 3 oder 4 nach Papile)	1	0	3	2	1	7
Hydrocephalus mit Shunt	1	0	2	0	1	4
Retinopathie mit Operation	0	0	0	1	0	1
Hörschwelle beiderseits pathologisch	5	2	3	2	6	18
Nicht betroffene Kinder	44	50	53	49	47	243

Stimulusmaterial Experimente 1 und 2

Tabelle 32: Teststimuli für Experiment 1: GABA versus gaBA

Version	Familiarisierungsphase	Testphase
Version A – Testphase beginnt mit Trochäus	fam1gaba.wav fam2gaba.wav	gaabat.wav gabaat.wav
Version B – Testphase beginnt mit Jambus	fam1gaba.wav fam2gaba.wav	gabaat.wav gaabat.wav

Tabelle 33: Teststimuli für Experiment 2: GABA versus gaBA

Versionen	Testphase
Version A – Testphase beginnt mit Trochäus	gaabat.wav
Version B - Testphase beginnt mit Jambus	gabaat.wav

Tabelle 34: Beschreibung der Sounddateien

Name der Sounddatei	Länge der Sounddatei	Anzahl der token	ISI
fam1gaba.wav	30.000 ms		600 ms
fam2gaba.wav	30.000 ms		600 ms
	18.321 ms (Mittel)		
gaabat.wav	18.452 ms (Maximum) 18.042 ms (Minimum)	16	600 ms
	18.020 ms (Mittel)		
gabaat.wav	18.071 ms (Maximum) 18.000 ms (Minimum)	15	600 ms

Tabelle 35: Akustische Analyse der Silben

Silbe	Dauer ms (im Mittel)	Pitch (Hz)
GA	283	195
ba	308	163
ga	172	186
BA	431	183

Stimulusmaterial Experiment 3

Tabelle 36: Trochäische Zweisilbige Wörter für die Familiarisierungsphase

Familiarisiertes Wort	Testphase
Balken	trofam1.wav
Pinsel	trofam2.wav
Felsen	trofam3.wav
Kurbel	trofam4.wav

Tabelle 37: Texte

	Text
Balken	<p>Der Balken lag quer über dem tiefen Abgrund. Es war ein sehr breiter und stabiler Balken. Über diesen Balken spazierten die Wanderer auf die andere Seite des Tales. Manchmal liefen auch Kinder den Balken entlang. Auf dem dicken Balken zu spielen war sehr gefährlich. Zum Glück ist noch nie ein Kind vom Balken gefallen.</p>
Pinsel	<p>Der Pinsel lag in der hintersten Ecke der hölzernen Schublade. Das Mädchen wollte mit Pinsel und Farbe ein buntes Bild malen. Sie suchte ihren Pinsel im ganzen Kinderzimmer. Schließlich fand sie den Pinsel in ihrem Schreibtisch. Doch dieser alte Pinsel hatte kaum noch Borsten. So musste das Kind erst einen neuen Pinsel kaufen.</p>
Felsen	<p>Ein Felsen ragte hoch aus der Umgebung empor. Ein kleiner Bach floss unten am Felsen entlang. Auf dem Felsen stand ein verwünschtes Schloss. Viele Besucher stiegen auf den riesigen Felsen hinauf. Vom Felsen aus konnte man die ganze Landschaft überblicken. Am Abend war dieser Felsen wieder allein in der untergehenden Sonne.</p>
Kurbel	<p>Eine Kurbel stand in dem klapprigen Schuppen. Der Junge wollte unbedingt an der Kurbel drehen. Doch die Kurbel war völlig eingerostet und bewegte sich nicht. Das Kind holte seinen Vater zu der alten Kurbel. Er schmierte unsere Kurbel mit fettigem Öl aus einer schwarzen Kanne. Jetzt ist diese Kurbel wieder kinderleicht zu bedienen.</p>

Tabelle 38: Verwendete Versionen

Version	Familiarisierungsphase	Testphase
A	Balken Pinsel trofam1.wav trofam2.wav	1. Felsen-Text 2. Balken-Text 3. Kurbel-Text 4. Pinsel-Text 5. Kurbel-Text 6. Felsen-Text 7. Pinsel-Text 8. Balken-Text 9. Pinsel-Text 10. Kurbel-Text 11. Balken-Text 12. Felsen-Text 13. Balken-Text 14. Pinsel-Text 15. Felsen-Text 16. Kurbel-Text (trotex3.wav)
B	Felsen Kurbel trofam3.wav trofam4.wav	1. Felsen-Text 2. Balken-Text 3. Kurbel-Text 4. Pinsel-Text 5. Kurbel-Text 6. Felsen-Text 7. Pinsel-Text 8. Balken-Text 9. Pinsel-Text 10. Kurbel-Text 11. Balken-Text 12. Felsen-Text 13. Balken-Text 14. Pinsel-Text 15. Felsen-Text 16. Kurbel-Text (trotex3.wav)
C	Balken Pinsel trofam1.wav trofam2.wav	1. Balken-Text 2. Pinsel-Text 3. Felsen-Text 4. Kurbel-Text 5. Pinsel-Text 6. Kurbel-Text 7. Balken-Text 8. Felsen-Text 9. Kurbel-Text 10. Felsen-Text 11. Pinsel-Text 12. Balken-Text 13. Felsen-Text 14. Balken-Text 15. Kurbel-Text 16. Pinsel-Text (trotex1.wav)
D	Felsen Kurbel trofam3.wav trofam4.wav	1. Balken-Text 2. Pinsel-Text 3. Felsen-Text 4. Kurbel-Text 5. Pinsel-Text 6. Kurbel-Text 7. Balken-Text 8. Felsen-Text 9. Kurbel-Text 10. Felsen-Text 11. Pinsel-Text 12. Balken-Text 13. Felsen-Text 14. Balken-Text 15. Kurbel-Text 16. Pinsel-Text (trotex1.wav)

Tabelle 39: Länge der Sounddateien

Name der Sounddatei	Länge der Sounddatei	Anzahl der token	ISI
trofam1.wav	31.813 ms	28	600 ms
trofam2.wav	31.901 ms	28	600 ms
trofam3.wav	32.273 ms	27	600 ms
trofam4.wav	31.143 ms	28	600 ms
trotex1.wav	18.684 ms		900 ms
trotex2.wav	19.191 ms		900 ms
trotex3.wav	19.346 ms		900 ms
trotex4.wav	19.031 ms		900 ms

Tabelle 40: Akustische Analyse

Silbe	Dauer ms (im Mittel)	Pitch (Hz)
Balken	449	385
Pinsel	547	421
Felsen	608	373
Kurbel	519	429

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob die Frühgeburtlichkeit eine Auswirkung auf den Spracherwerb im ersten Lebensjahr hat. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Verarbeitung der rhythmisch-prosodischen Eigenschaften von Sprache im ersten Lebensjahr und deren weitere Ausnutzung für die Entwicklung des Lexikons bei sehr untergewichtigen Deutsch lernenden Frühgeborenen im Vergleich zu Reifgeborenen unterscheidet.

Die besondere Spracherwerbssituation Frühgeborener liefert weitere Erkenntnisse bezüglich der Frage, inwieweit der frühe Spracherwerb durch prädeterminierte reifungsbedingte Mechanismen und Abläufe bestimmt wird und inwieweit dessen Verlauf und die relevanten Erwerbsmechanismen durch individuelle erfahrungsabhängige Faktoren beeinflusst werden. Damit liefern die Ergebnisse auch einen weiteren Beitrag zur Nature-Nurture-Diskussion.

ISSN 1869-3822

ISBN 978-3-86956-107-3



9 783869 1561073