
**Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodie – Ein Vergleich
zwischen Neugeborenen mono- und bilingualer Mütter**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät II
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Birgit Mampe - Keller
aus München

München 2013

Erstgutachter: **Professor Dr. D. Hansen**

Zweitgutachter: **Professor Dr. K. Wermke**

Tag des Kolloquiums: 07.12.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Biologische Grundlagen: Hörphysiologie und perzeptive Leistungen von Föten, Neugeborenen und Säuglingen	3
2.1	Kann der Fötus schon hören? Die Entwicklung des Gehörs in utero als Grundlage für eine pränatale auditive Prägung	3
2.2	Wie hört der Fötus? Zur Schallübertragung ex utero und in utero.....	8
2.2.1	Schallleitung ex utero	8
2.2.2	Schallleitung in utero	10
2.2.3	Dämpfungseigenschaften akustischer Reize – die fötale akustische Umwelt.....	11
2.2.4	Der Hörbereich von Erwachsenen und von Föten.....	14
2.3	Was hört der Fötus? Belege prä- und postnataler perceptiver Leistungen und das fötale Gedächtnis.....	17
2.4	Der Einfluss der Muttersprache auf früheste Perzeptionsleistungen im monolingualen Spracherwerb.....	19
2.5	Sprachrelevante Merkmale prä- und postnataler perceptiver Leistungen	20
3	Die vorsprachliche Entwicklung	24
4	Bilingualismus	30
4.1	Die besondere Herausforderung des bilingualen Spracherwerbs.....	30
4.2	Definition Bilingualismus	31
4.3	Der Einfluss einer bilingualen Sprachumgebung auf Neugeborene und Säuglinge	35
4.3.1	Erkenntnisse bezüglich der perceptiven Fähigkeiten bilingualer Neugeborener....	35
4.3.2	Abweichende Perzeptionsleistungen bilingualer Säuglinge und Kleinkinder im Vergleich zu monolingualen Säuglingen und Kleinkindern.....	37
4.4	Der quantitative Aspekt des bilingualen Spracherwerbs: Wirkt sich das quantitative Verhältnis der beiden Umgebungssprachen auf die perceptiven und produktiven Leistungen bilingualer Sprecher aus?.....	41
5	Die Intonation des Französischen	45
6	Methodologische Überlegungen.....	48
7	Hypothesen und Zielsetzung	59
8	Material und Methoden	65
8.1	Studiendesign	65
8.2	Probanden	65
8.2.1	Auswahlkriterien der Probanden	65
8.2.2	Das Aufnahmealter der Probanden – Zeitraum der Lautaufnahmen	66
8.2.3	Gruppenbildung in Abhängigkeit von der pränatalen Sprachumgebung	67
8.3	Datenerhebung	68
8.3.1	Digitale Aufzeichnung der Schreilaute der Neugeborenen.....	69
8.4	Datenanalyse	70
8.4.1	Kodierung, Editierung und Spektralanalyse der Einzelschreie.....	70
8.4.2	Analyse der Melodiekontur	76
8.4.3	Strukturanalyse der Einzelschreie und Auswahl geeigneter Melodiekonturen für die nachfolgende Auswertung.....	77
8.4.4	Identifizierung und Markierung von Melodiebogenanfang und -ende	79
8.4.5	Anwendung des EF-Modells auf einfachböige Melodien	83
8.5	Bestimmung des Anteils beider Sprachen in der bilingualen Gruppe B.....	85
8.6	Kofaktorenanalyse.....	86
8.7	Statistische Auswertung	86

9	Ergebnisse	88
9.1	Vergleich des Einflusses einer pränatal monolingualen und pränatal bilingualen Sprachumgebung auf die Melodieproduktion im Neugeborenenalter	88
9.1.1	Wie schreien monolinguale Neugeborene? Verteilungseigenschaften der Kindmittelwerte der Messgröße α für Gruppe A.....	89
9.1.2	Wie schreien bilinguale Neugeborene? Verteilungseigenschaften der Kindmittelwerte von α für Gruppe B.....	90
9.1.3	Schreien bilinguale Neugeborene anders als monolinguale Neugeborene? Vergleich der α -Gruppenmittelwerte von Gruppe A und B.....	92
9.2	Kofaktorenanalyse I und II: Ausschluss neurophysiologischer Dysfunktionen als Ursache für die Unterschiede der von den mono- und bilingualen Neugeborenen produzierten Melodiekonturen	93
9.2.1	Kofaktorenanalyse I: Intergruppenvergleich der Messgröße <i>mittlere F_0</i>	93
9.2.2	Kofaktorenanalyse II: Intergruppenvergleich der Messgröße <i>Einzelschreilänge</i>	98
9.3	Untersuchung der Einflussnahme des Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen auf die Schreimelodien Neugeborener	100
9.3.1	Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturformen (α -Werte) der bilingualen Subgruppen 1, 2 und 3.....	100
9.3.2	Hat das quantitative Verhältnis der pränatalen Umgebungssprachen einen Einfluss auf die produzierten Schreimelodien? Signifikanztestung der α -Mittelwertsunterschiede der Subgruppen 1, 2 und 3.....	103
10	Diskussion	105
10.1	Kofaktorenanalyse: Können neurophysiologische Dysfunktionen der untersuchten Neugeborenen als Ursache des ermittelten α-Gruppenmittelwertsunterschiedes der mono- und bilingualen Neugeborenen ausgeschlossen werden?	106
10.1.1	Die Messgröße der mittleren F_0	108
10.1.2	Einzelschreilänge.....	111
10.2	Vergleichende Untersuchung der produzierten Melodiekonturen mono- und bilingualer Neugeborener	112
10.3	Hat das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen einen Einfluss auf die Schreimelodien der bilingualen Neugeborenen?	119
10.4	Methodenkritik	124
10.4.1	Bestimmung der pränatalen Sprachumgebung.....	124
10.4.2	Ausschluss mehrfachböiger und segmentierter Laute.....	124
10.4.3	Berechnung des Melodiekonturmaximums α	125
10.4.4	Probleme der statistischen Auswertung.....	125
11	Zusammenfassung	126
12	Literatur	128
13	Anhang	138

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Das periphere Hörorgan im Querschnitt: Äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr (Boenninghaus 1990, zit. n. Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 35)	4
Abbildung 2	Die Cochlea im Querschnitt (Moll/Moll 2002, S. 726)	5
Abbildung 3	Das Corti-Organ im Querschnitt (Putz/Pabst 2006, S. 394).....	6
Abbildung 4	Der Schallübertragungsablauf (Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 39)	9
Abbildung 5	Frequenzabhängige Auslenkung der Basilarmembran des Cortischen Organs (Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 39).....	9
Abbildung 6	Der Hörbereich des menschlichen Gehörs für Musik und Sprache (Stickel 2003, S. 30)	15
Abbildung 7	Audiogramm eines 13 Tage alten Neugeborenen (Quelle: Abteilung Pädaudiologie der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen Würzburg).....	16
Abbildung 8	Schematische Darstellung einer Melodiekontur mit längerer An- als Abstiegsflanke	46
Abbildung 9	Langserie im Ausgabefenster der CSL™-Software.....	71
Abbildung 10	Einzelschrei im Ausgabefenster der CSL™-Software	72
Abbildung 11	Ein mit CSL™ erstelltes Schmalbandspektrum eines Einzelschreis ...	73
Abbildung 12	Spektrale Eigenschaften eines Einzelschreis in einem Schmalbandspektrum (Ausgabefenster der CSL™-Software).....	74
Abbildung 13	a, b Beispielspektrogramme sehr stark verrauschter Einzelschreie	74
Abbildung 14	a, b Schematische Darstellung des Zeitsignals von Tönen und Geräuschen... ..	75
Abbildung 15	a, b Frequenzsprung (Shift) im Schmalbandspektrum (Ausgabefenster der CSL™-Software).....	75
Abbildung 16	Darstellung von Intensitäts- und Grundfrequenzverlauf in CDAP®.....	76
Abbildung 17	a, b Spektrogramm einer einfachböigen Melodie (a) und einer doppelböigen Melodie (b).....	78
Abbildung 18	Schematische Darstellung der Markierung von Bogenanfang und -ende ...	79
Abbildung 19	Übersicht über unterschiedene Arten von Anwellen und deren Berücksichtigung bei der Markierung von Melodiebogenanfang (t_A) und -ende (t_E)	80
Abbildung 20	Übersicht über unterschiedene Arten von Endwellen und deren Berücksichtigung bei der Markierung von Melodiebogenanfang und -ende.. ..	82

Abbildung 21	Darstellung eines modellierten Melodiebogens (Wermke/Mende 2011, S. 633).....	84
Abbildung 22	Histogramm zur Verdeutlichung der Verteilungseigenschaften der α -Kindmittelwerte der monolingual französischen Neugeborenen (Gruppe A, N=40)	89
Abbildung 23	Histogramm der Häufigkeitsverteilung der α -Kindmittelwerte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B, N=20).....	91
Abbildung 24	Histogramm der Verteilungseigenschaften der mittleren F_0 der monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen.....	94
Abbildung 25	Boxplot-Diagramm der mittleren F_0 für Gruppe A (monolingual) und Gruppe B (bilingual)	95
Abbildung 26	Histogramm der absoluten Häufigkeiten der Einzelschreilängen für die Gruppe der monolingualen (A; N=1201) und die Gruppe der bilingualen Neugeborenen (B; N=543)	99
Abbildung 27	Boxplot-Diagramm der Verteilungen der α -Werte in Abhängigkeit des quantitativen Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen (Subgruppe 1-3)	103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht über die Formen des Bilingualismus unter Berücksichtigung der Aspekte Erwerbssalter und Sprachkompetenz (vgl. Triarchi-Herrmann 2006, Bloch et al. 2009).....	33
Tabelle 2	Übersicht über die pränatalen Umgebungssprachen der Probanden von Gruppe B.....	68
Tabelle 3	Merkmale, die bei der Einzelschrei- und der Melodiestrukturanalyse verwendet wurden	77
Tabelle 4	Übersicht über die von der EF-Modellierung ausgeschlossenen Einzelschreie..	78
Tabelle 5	Unterteilung der Gruppe B nach Anteil des Französischen in der pränatalen Sprachumgebung.....	85
Tabelle 6	Anzahl der Probanden und Anzahl der Einzelschreie pro Subgruppe.....	86
Tabelle 7	Deskriptive Statistik der Häufigkeitsverteilung der pro Kind gemittelten α -Werte der monolingual französischen Neugeborenen (Gruppe A, N=40)	90
Tabelle 8	Deskriptive Statistik der Häufigkeitsverteilung der α -Kindmittelwerte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B, N=20).....	91
Tabelle 9	Deskriptive Statistik der mittleren F_0 für die monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen.....	93
Tabelle 10	Anteil der Einzelschreie, deren mittlere F_0 -Werte außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen	96
Tabelle 11	Zuordnung der Ausreißer und der Extremwerte der mittleren F_0 zu den jeweiligen monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen	97
Tabelle 12	Deskriptive Statistik über die Verteilungseigenschaften der Messgröße Einzelschreilänge für Gruppe A (monolingual) und Gruppe B (bilingual).....	98
Tabelle 13	Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 1: überwiegend französische Sprachumgebung (N=68)	101
Tabelle 14	Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 2: ausgewogen bilinguale Sprachumgebung (N=380).....	101
Tabelle 15	Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 3: überwiegend nicht französische Sprachumgebung (N=95).....	102

Abkürzungsverzeichnis

EA	Erwerbsalter einer Sprache
GA	Gestationsalter
F ₀	Grundfrequenz
dB	Dezibel
Hz	Hertz
t	Zeit
ms	Millisekunden
s	Sekunden
L1	Die zuerst erworbene Sprache bilingualer Sprecher (dominante Sprache)
L2	Die Sprache, die bilinguale Sprecher als zweites erwerben (nicht dominante Sprache)
EF-Modell	E volon F orce-Modell (Autor: W. Mende)
STABW	Standardabweichung
N.	Lat.: Nervus
M.	Lat.: Musculus

1 Einleitung

Diese Dissertation setzt sich mit den Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter auseinander.

Der Einfluss pränataler Höreindrücke auf die melodisch-rhythmischen Eigenschaften der ersten Schreilaute ist vorstellbar, da das menschliche Hörorgan bereits lange vor der Geburt, ab dem letzten Schwangerschaftsdrittel, ausgereift und funktionsfähig ist (u.a. Birnholz/Benacerraf 1983, Johansson et al. 1992, Hepper/Shahidullah 1994). Bereits intrauterin können Föten so erste Höreindrücke, z.B. von Geräuschen des mütterlichen Organismus (u.a. Armitage 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996), Umweltgeräuschen (z.B. Damstra-Wijmenga et al. 1991), Musik (z.B. Hepper 1988), aber auch von Stimmen und Gesprächen, gewinnen (Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988, Richards et al. 1992). Verglichen mit extrauterinen Höreindrücken nehmen Föten Schallereignisse jedoch in veränderter Form, nämlich gedämpft, wahr. Diese Dämpfung ist einerseits durch das den Fötus umgebende Fruchtwasser sowie andererseits durch Geräusche des mütterlichen Organismus (Armitage 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996) zu erklären, die einen konstanten Geräuschpegel in utero verursachen (Gerhardt/Abrams 1996). Mit abnehmender Menge des Fruchtwassers gegen Ende der Schwangerschaft nimmt auch die Dämpfung extracorporaler Schallereignisse ab, weshalb diese für Föten immer besser wahrnehmbar werden (Hepper/Shahidullah 1994, Kisilevsky et al. 2004). Wie stark Schallereignisse gedämpft werden und für Föten wahrnehmbar sind, ist von weiteren Faktoren, wie beispielsweise der Frequenz (u.a. Querleu et al. 1988, Richards et al. 1992) und der Intensität des Schallereignisses abhängig (z.B. Kisilevsky et al. 2004; vgl. Kapitel 2.2.4).

Für die Untersuchung des pränatalen Einflusses der von der Mutter gesprochene(n) Sprache(n) ist eine Besonderheit der pränatalen auditiven Wahrnehmung von besonderer Relevanz: Im Gegensatz zu anderen Geräuschen oder Stimmen wird die Stimme der Mutter und damit die von ihr gesprochene(n) Sprache(n) vom Fötus nicht gedämpft, sondern verstärkt wahrgenommen (Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992). Die verstärkte Wahrnehmbarkeit der mütterlichen Stimme ist, so Spitzer (2005), durch die Lage des Fötus im Becken der Mutter begründet. Laut Spitzer (2005) könnte der Verstärkungseffekt möglicherweise durch die Lage des Fötus im Becken der Mutter begründet sein. Die Beckenknochen umgeben den fötalen Kopf wie ein Lautsprecher und übertragen die Schwingungen der mütterlichen Stimme direkt zum Fötus. Die verstärkte Wahrnehmbarkeit der mütterlichen Stimme ist ein Hinweis dafür, dass Föten eine starke Prägung durch diese sowie durch die von ihr gesprochene(n) Sprache(n) erfahren. Die von der Mutter während der Schwangerschaft gesprochene(n) Sprache(n) sind daher für die Untersuchung einer pränatalen sprachlichen Prägung, wie sie hier im Fokus steht, von besonderem Interesse.

Die Untersuchung eines pränatalen Einflusses auf postnatale Leistungen beruht weiterhin auf Studien, die das Bestehen eines fötalen Gedächtnisses belegen. Diese Studien zeigen, dass pränatale Erfahrungen postnatal keineswegs verloren gehen, sondern in einem fötalen Gedächtnis gespeichert werden und so bis in das Neugeborenenalter erhalten bleiben (u.a. DeCasper/Spence 1986, Hepper 1988, Hepper et al. 1993). Das Anhalten der pränatalen auditiven Erfahrungen ist beispielsweise durch die Präferenz Neugeborener für die Stimme der eigenen Mutter (DeCasper/Fifer 1980, Querleu et al. 1984, Damstra-Wijmenga 1991, Hepper et al. 1993) sowie für während der Schwangerschaft vermehrt gehörte Musikstücke belegt (z.B. Hepper 1988). Neben einer generellen pränatalen Prägung ist für Neugeborene auch eine muttersprachspezifische Prägung sowohl perzeptiver als auch produktiver Leistungen belegt (Byers-Heinlein et al. 2010, Mampe et al. 2009). So sind Neugeborene dazu in der Lage, ihre Muttersprache von einer unbekanntem Sprache zu differenzieren (z.B. Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Byers-Heinlein et al. 2010) und präferieren diese deutlich gegenüber der unbekanntem Sprache (z.B. Mehler et al. 1986). Die pränatale Wahrnehmbarkeit von Schallereignissen (u.a. Damstra-Wijmenga 1991, Hepper et al. 1993,

Kisilevsky et al. 2004) sowie deren Speicherung in einem fötalen Gedächtnis (Hepper 1988, Damstra-Wijmenga et al. 1991, James et al. 2002) weisen auf die Spracherwerbsrelevanz pränataler auditiver Erfahrungen hin.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht die Untersuchung des Einflusses der pränatalen Sprachumgebung auf die Melodiekonturproduktion im Neugeborenenalter. Die Besonderheit der vorliegenden Studie besteht darin, dass erstmals der Einfluss einer pränatal *bilingualen* Sprachumgebung auf die Melodieproduktion untersucht wird.

Der vorliegenden Studie liegen folgende Fragestellungen zugrunde:

- Inwieweit beeinflusst die pränatale auditive Erfahrung mit einer weiteren Sprache neben dem Französischen die früheste Melodieproduktion? (Bilinguale versus monolinguale pränatale Sprachumgebung)
- Besteht ein Zusammenhang zwischen den von den bilingualen Neugeborenen produzierten Melodiekonturen und dem quantitativen Anteil des Französischen in deren pränataler Sprachumgebung?

Für die Untersuchung wurden 1744 Schreimelodien von insgesamt 60 Neugeborenen untersucht, die sich gemäß der Fragestellung bezüglich ihrer pränatalen Sprachumgebung unterschieden (40 monolingual, 20 bilingual).

Der Studie lagen Schreilaute Neugeborener zugrunde, die in der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses in Paris/Frankreich in den Jahren 2006 und 2008 von der Autorin aufgenommen wurden (s. Kapitel 8.3.1). Aufgrund des Aufnahmeortes war Französisch die pränatale Umgebungssprache der monolingualen Neugeborenen. Die bilingualen Neugeborenen hatten pränatal neben dem Französischen eine weitere Sprache gehört (vgl. Tabelle 2, Kapitel 8.2.3).

Die Schreilaute wurden im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES, Leitung: Prof. Dr. Wermke) der Universität Würzburg analysiert.

In der vorliegenden Studie kommt neben spektral- und strukturanalytischen Methoden ein mathematisches Modell (EF-Modell) auf die Schreimelodien der mono- und bilingualen Neugeborenen zur Anwendung. Das EF-Modell wurde von W. Mende (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften) zur Bestimmung der Melodiebogenform in (früh-)kindlichen Lautäußerungen entwickelt. Die in Kapitel 8.4.5 ausführlich dargestellte Methode des EF-Modells erlaubt einen objektiven Vergleich der untersuchten Schreimelodiekonturen.

2 Biologische Grundlagen: Hörphysiologie und perzeptive Leistungen von Föten, Neugeborenen und Säuglingen

Die hier im Fokus stehende Untersuchung eines pränatalen Einflusses der Muttersprache auf die Schreimelodien Neugeborener basiert auf der Annahme, dass die Muttersprache schon pränatal wahrnehmbar ist¹.

Nachfolgend wird daher zunächst die embryonale Entwicklung des Gehörs dargestellt, um die Frage zu klären, ab wann die Funktionsfähigkeit des fötalen Gehörs einsetzt. Außerdem werden Befunde aus Perzeptionsstudien erörtert, die die pränatale Funktionsfähigkeit des Gehörs belegen (Kapitel 2.1).

Anschließend wird dargelegt, welche physiologischen Besonderheiten (intrauterine akustische Bedingungen und der Prozess der Schalleitung) die auditive fötale Wahrnehmung beeinflussen (Kapitel 2.2), um zu erörtern, *wie* der Fötus hört. Im Weiteren wird die Frage „Was hört der Fötus?“ unter Berücksichtigung prä- und postnataler Perzeptionsleistungen geklärt (Kapitel 2.3). Abschließend werden sprachrelevante Merkmale vorgestellt, die sowohl für prä- als auch für postnatale auditive Perzeptionsleistungen von erheblicher Bedeutung sind (Kapitel 2.5).

2.1 *Kann der Fötus schon hören? Die Entwicklung des Gehörs in utero als Grundlage für eine pränatale auditive Prägung*

Die embryonale Entwicklung des Gehörs verdeutlicht, dass die Ausreifung des Hörorgans schon lange vor der Geburt abgeschlossen ist (Bradley/Mistretta 1975) und erste auditive Wahrnehmungen bereits pränatal möglich sind. Für eine genauere Bestimmung des intrauterinen Entwicklungsstadiums, ab dem erste akustische Wahrnehmungen möglich werden, wird nachfolgend zunächst ein Überblick über die anatomische Reifung des Gehörs in utero gegeben.

¹ Nachfolgend wird ausschließlich auf den Erwerb einer gesprochenen Sprache Bezug genommen. Der Erwerb der Gebärdensprache soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht behandelt werden.

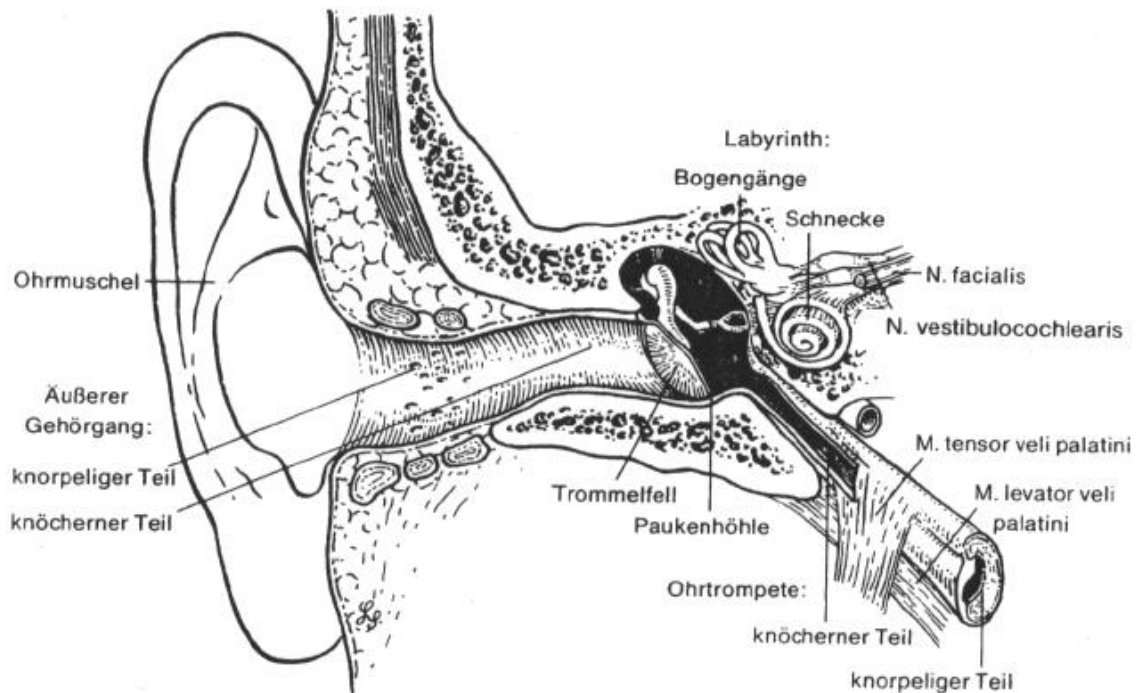


Abbildung 1 Das periphere Hörorgan im Querschnitt: Äußeres Ohr, Mittelohr und Innenohr (Boenninghaus 1990, zit. n. Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 35)

Abbildung 1 zeigt die drei Bestandteile des peripheren Hörorgans beim Menschen im Querschnitt: Das *äußere Ohr* (Ohrmuschel und Gehörgang), das *Mittelohr* (Trommelfell, Paukenhöhle, Gehörknöchelchen und Ohrtrompete) und das *Innenohr* (Cochlea und Labyrinth).

Die embryonale Entwicklung der drei Bestandteile vollzieht sich jeweils unabhängig voneinander (Probst et al. 2000).

Für die auditive Wahrnehmung von besonderer Bedeutung ist die Entwicklung des *Innenohrs* (*Schallempfindungsorgan*), da hier die Transformation der Schallwelle in elektrische Impulse erfolgt, die über den Hörnerv ins Gehirn gelangen, wo sie letztendlich wahrgenommen werden. In der nachfolgenden Darstellung der embryonalen Entwicklung des Gehörs wird daher auf das Innenohr vertieft eingegangen.

Für die Beschreibung der Entwicklung des *Schalltransportorgans*, dem Mittelohr, wird die Reifung der Ossikel (Gehörknöchelchen) geschildert. Das äußere Ohr spielt für die intrauterine Wahrnehmung eine untergeordnete Rolle, da sich die Richtwirkung der Ohrmuschel ausschließlich in der Luft entfaltet, der Uterus jedoch flüssigkeitsgefüllt ist (Spitzer 2005). Die embryonale Entwicklung des äußeren Ohres wird daher im Weiteren nicht berücksichtigt.

Die embryonale Entwicklung des Innenohrs

Der Grundstein für die Entwicklung des Gehörs wird bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Embryonalentwicklung, in einem Gestationsalter (nachfolgend mit GA abgekürzt) von 3 Wochen, mit Ausbildung der sogenannten *Ohrplakode* gelegt. Zwischen der vierten und fünften Schwangerschaftswoche entsteht die *Otozyste* durch Einstülpfen dieser Ohrplakode (Sadler 1998). Bereits ab der sechsten Entwicklungswoche beginnt die Ausformung des

Gleichgewichtsorgans (*Labyrinth*)² und der Hörschnecke (*Cochlea*) aus der Otozyste (Sadler 1998, Probst et al. 2000).

Die für den Hörvorgang wesentliche Cochlea besteht zunächst aus dem *Ductus cochlearis*, einer kurzen gebogenen Röhre, deren charakteristische Schneckenform im Laufe der embryonalen Entwicklung durch Eindrehen ausgebildet wird (Sadler 1998, Probst et al. 2000). Schon in einem GA von 8 Wochen hat die Cochlea bereits ihre endgültigen 2,5 Windungen erreicht (Sadler 1998, Probst et al. 2000), zum Zeitpunkt der Geburt ist die Cochlea schließlich voll entwickelt (Böhme/Welzl-Müller 1998).

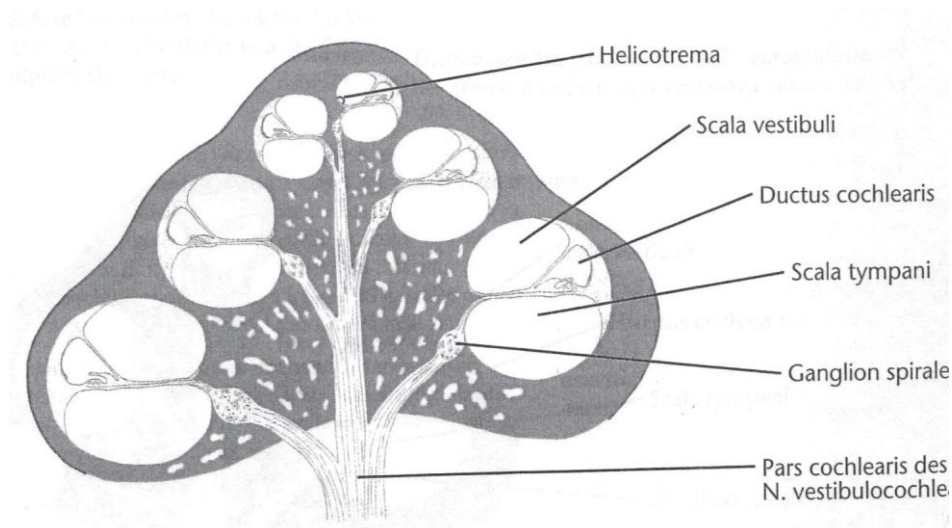


Abbildung 2 Die Cochlea im Querschnitt (Moll/Moll 2002, S. 726)

Im Innern der Cochlea befindet sich in dem durch Membrane (Basilarmembran und Reissner Membran) voneinander getrennten Röhrensystem (Scala vestibuli und Scala tympani) das für die zentrale Wahrnehmung akustischer Reize bedeutsame *Corti-Organ* (s. Abbildung 3), in dem mechanische Schwingungen in elektrische Impulse umgewandelt werden.

² Für die vorliegende Arbeit ist ausschließlich die Entwicklung der Cochlea von Interesse, weshalb die embryonale Entwicklung des Labyrinths im Weiteren nicht dargestellt wird.

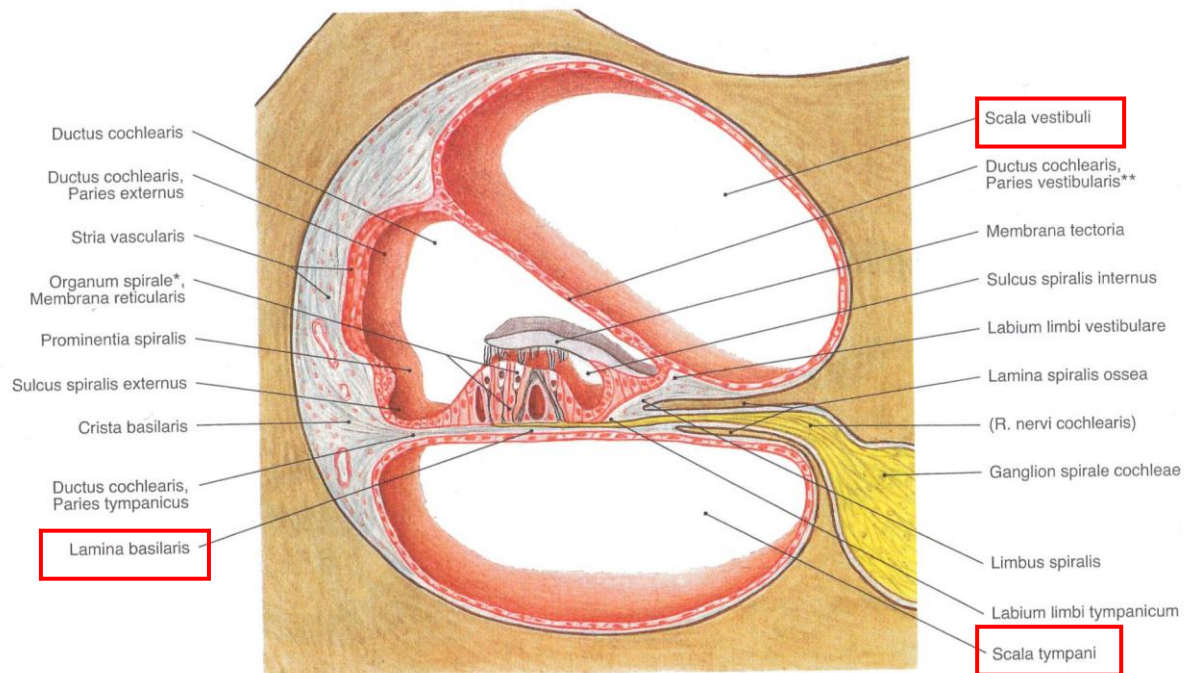


Abbildung 3 Das Corti-Organ im Querschnitt (Putz/Pabst 2006, S. 394)

Abgebildet ist der Querschnitt des Röhrensystems der Cochlea. Die obere Röhre ist die sogenannte Scala vestibuli, die untere Röhre ist die sogenannte Scala tympani. (Beide Röhren sind über das an der Spitze der Cochlea befindliche Helikotrema miteinander verbunden, das hier nicht sichtbar ist.) Zwischen den beiden Röhren befindet sich das Corti-Organ, das durch die Basalmembran (Lamina basilaris) von der Scala tympani getrennt ist. Die roten Markierungen wurden zur Veranschaulichung eingefügt.

Das Corti-Organ wird ab einem GA von etwa 10 Wochen mit den darin befindlichen (inneren und äußeren) *Haarzellen* angelegt (Sadler 1998). Etwa mit dem sechsten Entwicklungsmonat ist die Differenzierung des Corti-Organ im Schnecken gang mit den zugehörigen afferenten Synapsen abgeschlossen. Die Funktionalität des Corti-Organ setzt jedoch erst mit der Ausbildung efferenter Synapsen ein, was erst etwa um den siebten Schwangerschaftsmonat geschieht (Rohen/Lütjen-Drecoll 2004). Hepper und Shahidullah (1994) datieren den Zeitpunkt der Fertigstellung und Innervation der äußeren Haarzellen auf ein GA von 20 bis 35 Wochen. Mit der abgeschlossenen anatomischen Reifung des Innenohrs ab dem siebten Schwangerschaftsmonat ist die Funktionsfähigkeit des Gehörs folglich strukturell anatomisch gewährleistet (Bredberg 1967, Gerhardt/Abrams 1996, Rohen/Lütjen-Drecoll 2004).

Die embryonale Entwicklung des Mittelohrs

Auch die Entwicklung des Mittelohrs ist vor dem letzten Schwangerschaftsdrittel abgeschlossen. Im achten Schwangerschaftsmonat haben die Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss und Steigbügel; s. Abbildung 1) bereits ihre endgültige Größe erreicht (Bast/Anson 1949). Die Paukenhöhle, in der die Gehörknöchelchen zwischen Trommelfell und Hörschnecke frei beweglich liegen, ist während der Schwangerschaft noch mit Fruchtwasser gefüllt (Gerhardt/Abrams 1996), wodurch die Schwingungsfähigkeit der Gehörknöchelchen in utero stark eingeschränkt ist (vgl. Kapitel 2.2.2).

Es wird somit deutlich, dass sowohl Innen- als auch Mittelohr bereits pränatal, etwa um den siebten Schwangerschaftsmonat, ausgereift und somit strukturell funktionsfähig sind.

Fötale perzeptive Leistungen – Belege für die vorgeburtliche Funktionsaufnahme des Gehörs

In Ergänzung zu den bereits dargestellten Befunden zur morphologischen Entwicklung des fötalen Gehörs im letzten Schwangerschaftsdrittel werden nachfolgend Befunde dargelegt, die die pränatale Funktionsaufnahme des Gehörs belegen (s. DeCasper/Fifer 1980, Querleu et al. 1984, DeCasper/Spence 1986, Ockleford et al. 1988, Damstra-Wijmenga 1991, Pujol et al. 1991, Hepper et al. 1993, Granier-Deferre et al. 1998, Kisilevsky et al. 2004).

Birnholz und Benacerraf (1983) zeigten mithilfe einer behavioralen Untersuchung Verhaltensveränderungen von Föten als Reaktion auf vibroakustische Stimulation auf. Die untersuchten Föten eines GA von 24 Wochen reagierten zunächst mit unilateralem Augenblinzeln auf die vibroakustische Stimulation. Erst zu einem späteren Entwicklungszeitpunkt, ab einem GA von 28 Wochen, konnten die Untersucher konstante bilaterale Reaktionen feststellen (Birnholz/Benacerraf 1983). Auch Johansson et al. (1992) konnten Reaktionen auf reine Töne bei Föten eines GA von 28 Wochen nachweisen. In Übereinstimmung mit dem Ergebnis von Johansson et al. (1992) zeigten auch 96% der von Hepper und Shahidullah (1994) untersuchten Föten ab einem GA von 27 Wochen Bewegungsreaktionen auf eine Stimulation durch reine Töne. Die untersuchten Föten reagierten mit Bewegungen des Kopfes, der Arme oder des Oberkörpers. Zusätzlich durchgeführte Messungen der fötalen Herzschlagrate stützen dieses Ergebnis. Die Untersuchungsergebnisse stützen somit die vorher dargelegten embryonalen Befunde über die Funktionalität des Gehörs ab dem siebten Schwangerschaftsmonat. Behaviorale Studien belegen jedoch nicht nur fötale Reaktionen auf vibroakustische Stimuli oder auf reine Töne, sondern zudem auf musikalische Stimuli, wie einer Untersuchung von Kisilevsky et al. (2004) zu entnehmen ist. Die untersuchten Föten eines GA von 28, 33 und 35 Wochen zeigten deutlich messbare Reaktionen auf ein Wiegenlied von Brahms. Messbare fötale Verhaltensveränderungen (Veränderung der Herzschlagrate) als Reaktion auf eine Stimulation durch Musik konnte auch Al-Qahtani (2005) zeigen.

Behaviorale Untersuchungsergebnisse zeigen darüber hinaus, dass die Funktionsaufnahme des fötalen Gehörs nach abgeschlossener anatomischer Entwicklung schrittweise verläuft. So nehmen Föten zuerst tiefere, dann höhere Frequenzen wahr.

Die von Hepper und Shahidullah (1994) untersuchten Föten eines GA von 27 Wochen bewegten sich als Reaktion auf eine Stimulation durch reine Töne mit Frequenzen von 250Hz und 500Hz. Eine Bewegungsreaktion auf Stimuli höherer Frequenzen (1kHz und 3kHz) blieb in diesem GA jedoch noch aus. Erst ab einem GA von 33 Wochen zeigten die Föten schließlich auch Reaktionen auf höher frequente Stimuli (1kHz). Auf noch höhere Frequenzen (3kHz) reagierten sie wiederum später, ab einem GA von 35 Wochen. Aus der zeitlich früheren Wahrnehmbarkeit tiefer Frequenzen ist abzuleiten, dass Töne dieses Frequenzbereichs den Fötus vermutlich stärker prägen, da er diese über einen längeren Zeitraum hinweg wahrnehmen kann als höhere Frequenzen.

Auch Befunde neurophysiologischer Studien an Tierföten und menschlichen Föten untermauern die behavioralen Untersuchungsergebnisse zur intrauterinen Wahrnehmbarkeit akustischer Stimuli. Sie liefern Belege für eine zentrale Verarbeitung externer Schallereignisse ab einem GA von 33 Wochen (Jardri et al. 2008) und 36 Wochen (Porcaro et al 2006; s. auch Plessinger/Woods 1986). Aus der Lokalisation der gemessenen Aktivitäten im auditorischen Kortex jenseits des reflexiven subkortikalen Niveaus ziehen die Autoren den Rückschluss, dass die auditive Verarbeitung mit Beginn des dritten Schwangerschaftstrimenons einsetzt (Jardri et al. 2008).

Die dargestellten Studien belegen somit die Fähigkeit der Föten zur pränatalen auditiven Wahrnehmung.

2.2 **Wie hört der Fötus? Zur Schallübertragung ex utero und in utero**

Aufgrund der anatomischen Ausreifung des Gehörs in utero ist dessen Funktionsfähigkeit noch vor dem Zeitpunkt der Geburt möglich (vgl. Kapitel 2.1). Lecanuet und Schaal (2002) weisen darauf hin, dass neben der anatomischen Ausreifung auch die Stimulation durch adäquate Sinneseindrücke für das Einsetzen der Funktionsfähigkeit des Gehörs entscheidend ist:

*“Fetal sensory functioning requires (...) potential sources of stimulation in utero, (...) that the sensory systems are mature enough, at both peripheral and central levels.”
(Lecanuet/Schaal 2002, S. 30)*

Dass akustische Reize in den Uterus dringen, ist durch die in Kapitel 2.1 dargestellten Befunde belegt. Da sich in utero jedoch Fruchtwasser in der Paukenhöhle befindet ist davon auszugehen, dass der intrauterine Schallleitungsprozess von dem extrauterinen Schallleitungsprozess abweicht. Ferner kann aufgrund des sich in der Entwicklung befindlichen Gehörs ein im Vergleich zu neugeborenen Säuglingen veränderter fötaler Hörbereich angenommen werden. Die physiologischen Besonderheiten des intrauterinen Schallleitungs Vorganges werden nachfolgend näher erläutert, um aufzuzeigen, auf welchem Wege auditive Reize zum Fötus dringen und wie diese Reize die auditive Wahrnehmung von Föten beeinflussen. Für ein besseres Verständnis der intrauterinen Schallübertragung wird zunächst die Schallübertragung ex utero vorgestellt.

2.2.1 **Schallleitung ex utero**

Außerhalb des Mutterleibs erfolgt die Schallleitung von Schallquelle zum Innenohr hauptsächlich via *Luftleitung*: Dabei gelangt der Luftschall über das äußere Ohr (Ohrmuschel und Gehörgang) zum Trommelfell, das durch den Schall in Schwingung versetzt wird. Diese Schwingung wird auf die in der luftgefüllten Paukenhöhle (Mittelohr) aufgehängten frei schwingenden Gehörknöchelchen übertragen. Über den Steigbügelfuß wird die Schwingung sodann auf das ovale Fenster, welches Mittelohr und Innenohr (Cochlea und Labyrinth) voneinander trennt, übertragen (Biesalski/Frank 1994, Stickel 2003, Probst et al. 2000) (vgl. Abbildung 4).

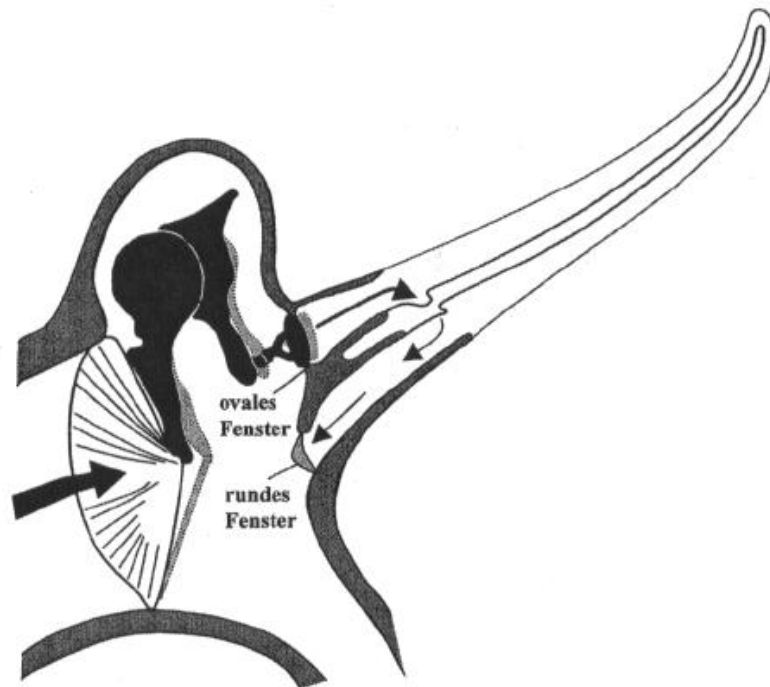


Abbildung 4 Der Schallübertragungsablauf (Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 39)

Der große Pfeil kennzeichnet den auf dem Trommelfell eintreffenden Schall. In der oberen Abbildung ist die Cochlea abgerollt dargestellt. Auf diese Weise wird ersichtlich, dass die Cochlea aus einem Röhrensystem besteht, das über die Spitze (Helikotrema) miteinander verbunden ist.

Aufgrund der im Vergleich zum Mittelohr höheren Impedanz in der flüssigkeitsgefüllten (Peri- und Endolymphe) Cochlea, besteht die Hauptaufgabe des Mittelohrs in einer Verstärkung des eintreffenden Schallereignisses. Diese Schallverstärkung erlaubt die durch die Innenohrflüssigkeiten verursachten Schallreflexionen zu minimieren bzw. zu überwinden. Die Steigerung des Schalldrucks im Inneren der luftgefüllten Paukenhöhle erfolgt dabei mechanisch, durch die Hebelwirkung der frei schwingenden Gehörknöchelchen sowie durch das Größenverhältnis von Trommelfell und Steigbügelfußplatte (18:1) (Biesalski/Frank 1994, Probst et al. 2000).

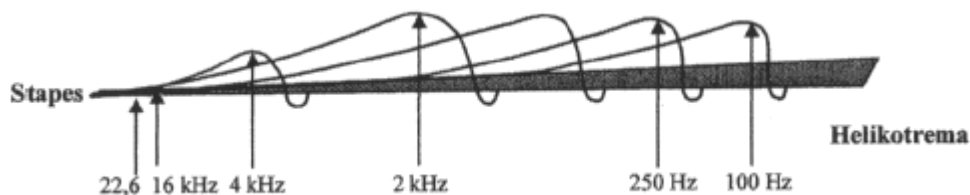


Abbildung 5 Frequenzabhängige Auslenkung der Basilarmembran des Cortischen Organs (Böhme/Welzl-Müller 1998, S. 39)

Die linke Seite zeigt den Steigbügelfuß (Stapes) und folglich den Übergang von Mittelohr zur Cochlea an. Auf der rechten Seite ist das Ende der abgerollten Cochlea, das Helikotrema dargestellt. Über das Helikotrema sind die Scala vestibuli und die Scala tympani miteinander verbunden.

Die über die Steigbügelfußplatte auf das ovale Fenster übertragene Schwingung bewirkt sodann eine hydrodynamische Bewegung (*Transversal-* oder *Wanderwelle*) der sich im Corti-Organ befindlichen Flüssigkeiten (vgl. Abbildung 5). Die Wanderwelle bewirkt eine frequenzabhängige Auslenkung der zwischen Corti-Organ und Scala tympani befindlichen

Basilarmembran (Böhme/Welzl-Müller 1998)³, wodurch zunächst die im Inneren des Corti-Organs befindlichen, gebündelten äußeren Haarzellen frequenzabhängig verbogen werden. Über die Bewegung der äußeren Haarzellen werden schließlich auch die inneren Haarzellen ausgelenkt, die eine Freisetzung von Neurotransmittern bewirken. Diese Neurotransmitter aktivieren aufsteigende (afferente) Nervenfasern.

In Form elektrischer Aktionspotenzialfolgen wird der Schall so über afferente Bahnen des Hörnervs (N. acusticus) an die Hörrinde des Gehirns übertragen, wo er letztendlich *gehört* wird (Biesalski/Frank 1994, Böhme/Welzl-Müller 1998, Probst et al. 2000, Kros 2005).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Luftschallereignisse außerhalb des Uterus über die luftgefüllten Räume (Gehörgang und Mittelohr) ins Innenohr übertragen werden. Bei dieser Schallleitungsart wird die anatomische Gesamtheit des Reiztransportorgans des Ohrs beansprucht (Keidel 1975).

Neben der Luftleitung ist weiterhin die Schallleitungsart der *Knochenleitung* (osseotympanale Leitung) für das Hören ex utero relevant. So generiert beispielsweise die eigene Stimme Schwingungen der knöchernen Schädelkapsel⁴, die den Schall direkt in die Cochlea transportieren (Keidel 1975). Bei der Knochenleitung gerät der Schädel durch ausreichend starken Luftschall und/oder durch Berührung mit schwingenden Körpern (z.B. einer Stimmgabel) in Schwingung (Böhme/Welzl-Müller 1998). Äußeres Ohr und Mittelohr sind in diesem Fall nur eingeschränkt am Schalltransport beteiligt.

2.2.2 Schalleitung in utero

Der Fötus ist im Uterus nicht nur von Fruchtwasser umgeben, sondern das Fruchtwasser dringt zudem in den fötalen Gehörgang und die Paukenhöhle ein. Dadurch ist eine veränderte Physiologie von äußerem Ohr und Mittelohr im Vergleich zum extrauterinen Hörvorgang gegeben, die eine mechanische **Schalleitungsschwerhörigkeit** bewirkt, wie Tierversuche belegen (Gerhardt/Abrams 1996, Gerhardt et al. 1996, Priner et al. 2003).

Neben der mechanisch bedingten Schalleitungsschwerhörigkeit ist bei Föten weiterhin ein durch eine Hypoxie verursachter sensorineuraler Hörverlust (**Schallempfindungsschwerhörigkeit**) zu beobachten, der durch den plazentalen Blutsauerstoffgehalt bedingt ist. Erst mit dem Wechsel von plazentaler zu pulmonaler Sauerstoffversorgung ab der Geburt sind ein Anstieg der vom Blutsauerstoff abhängigen endocochleären Potenziale und eine damit einhergehende Erhöhung der auditorischen Sensibilität zu beobachten (Sohmer/Freeman 1995).

Insbesondere aufgrund der sich in Gehörgang und Mittelohr befindlichen Flüssigkeit ist anzunehmen, dass der Schalltransport in utero nicht über ebendiese Strukturen erfolgt, da die Funktionalität des fötalen Mittelohrs durch das Fruchtwasser wesentlich eingeschränkt ist. Diese Annahme wird gestützt durch Befunde von Tierföten und von Modellen zur intrauterinen Situation menschlicher Föten, aufgrund derer eine intrauterine Schallübertragung via Luftleitung ausgeschlossen werden kann (Sohmer et al. 2001, Gerhardt et al. 1996; Gerhardt/Abrams 1996). So zeigten beispielsweise die von Gerhardt et al. (1996)

³ Für eine genauere Beschreibung der Frequenz-Ortsabbildung an der Basilarmembran wird auf Böhme und Welzl-Müller (1998) verwiesen.

⁴ Extrauterin verursacht die Schallübertragung über Knochenleitung zusätzlich an den Wänden der Nasennebenhöhlen sowie des Unterkieferköpfchens generierte Schwingungen. Diese können ebenfalls die Luft im Gehörgang in Schwingungen versetzen, wodurch extrauterin eine Verbindung zwischen Luft- und Knochenleitung gegeben ist. (vgl. Keidel 1975)

untersuchten Lammföten, deren Kopf während der akustischen Stimulation abgedeckt war, keinen Sensibilitätsunterschied im Vergleich zu den Föten, deren Kopf bzw. Ohrmuschel während der Untersuchung frei war. Die Autoren schließen daraus, dass weder Gehörgang noch Mittelohr für die Schallübertragung in utero von Bedeutung ist und die Schallübertragung in utero somit über **Knochenleitung** erfolgen muss.

2.2.3 Dämpfungseigenschaften akustischer Reize – die fötale akustische Umwelt

Bedingt durch die in Kapitel 2.2.2 dargelegte kombinierte Schalleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeit ist davon auszugehen, dass Schallereignisse vom Fötus verändert, im Sinne einer Dämpfung, wahrgenommen werden. Diese Dämpfung ist jedoch nicht ausschließlich auf das sich in Außen- und Mittelohr befindliche Fruchtwasser zurückzuführen. Auch das mütterliche Gewebe (Uterusmuskulatur und Bauchdecke) trägt, so Richards et al. (1992), zusätzlich zu einer Dämpfung extracorporal generierter Schallereignisse (z.B. Sprache) bei. Zu diesem Schluss gelangen die Autoren aufgrund der Beobachtung, dass die intrauterine Wahrnehmbarkeit von Sätzen und Wörtern in Abhängigkeit von der Platzierung der Lautsprecher, über die sie präsentiert wurden, variierte: Wurde das Sprachmaterial ventral (vor dem mütterlichen Abdomen) präsentiert, so war die Wahrnehmbarkeit in utero deutlich besser im Vergleich zu einer dorsalen (hinter dem Rücken) Präsentation der Sprachstimuli, da in diesem Fall mehr Gewebe zwischen Schallquelle und fötalem Kopf lag. Für die dorsal präsentierten Stimuli beobachteten die Autoren eine um etwa 2,1dB stärkere Schalldruckminderung als für die ventral präsentierten Stimuli. Brezinka et al. (1998) konnten kein vergleichbares Untersuchungsergebnis bezüglich der fötalen Reaktionen in Abhängigkeit von der Positionierung der externen Schallquelle beobachten. Dies ist jedoch möglicherweise dadurch bedingt, dass das Studiendesign von Brezinka et al. (1998) eine Positionierung der Lautquelle entweder direkt oberhalb des fötalen Kopfes oder an der Gegenseite des mütterlichen Abdomens, in jedem Fall jedoch ventral, vorsah. Somit ist der Unterschied des Gewebeanteils in beiden Untersuchungssituationen von Brezinka et al. (1998) geringer als in der Untersuchung von Richards et al. (1992). In beiden Studien wurde jedoch eine generelle Dämpfung durch das mütterliche Gewebe beobachtet.

Neben einer Dämpfung durch Fruchtwasser und mütterliches Gewebe ist die auditive Umgebung des Fötus durch zahlreiche weitere Geräusche des mütterlichen Organismus sowie durch verschiedene externe Schallereignisse geprägt (Querleu et al. 1988, Gerhardt/Abrams 1996). Zu diesen im Mutterleib generierten Geräuschen zählen neben dem *mütterlichen Herzschlag* (Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996, Porcaro et al. 2006) und Geräuschen des *gastro-intestinalen Trakts* (Henshall 1972, Armitage et al. 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996) auch Geräusche *plazentaimmanenter Gefäße* (Querleu 1985) und *uteriner Blutgefäße* (Bench 1968) sowie *mütterliche Atemgeräusche* (Armitage et al. 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996). Auch *mütterliche Vokalisationen* prägen die auditive Umgebung des Fötus (u.a. DeCasper/Fifer 1980, Querleu et al. 1984, Vince et al. 1985, Ockleford et al. 1988, Richards et al. 1992, Gerhardt/Abrams 1996).

Die genannten Geräusche bilden einen konstanten intrauterinen Geräuschpegel (Querleu et al. 1988, Gerhardt/Abrams 1996), der die auditive Wahrnehmung des Fötus beeinflusst. Basierend auf der Kenntnis der intrauterinen Intensität dieses Geräuschpegels können Aussagen über die notwendige Höhe der Intensität externer Schallereignisse getroffen werden, damit diese für den Fötus wahrnehmbar sind. Auf diese Weise lassen sich die Hörschwelle⁵ einzelner Frequenzen und damit der fötale Hörbereich beschreiben.

⁵ Der Begriff der Hörschwelle beschreibt die für die Wahrnehmung einer bestimmten Frequenz [Hz] notwendige Intensität [dB].

Der intrauterine Geräuschpegel ist vor allem durch tiefere Frequenzen (500-700Hz) gekennzeichnet, wie für Säugetiere (Armitage et al. 1980) und menschliche Föten belegt ist (Lecanuet/Schaal 1996). Querleu et al. (1988) erweitern diesen den intrauterinen Geräuschpegel charakterisierenden Frequenzbereich auf Frequenzen bis 1000Hz, die intrauterin Intensitäten von 28 bis 65dB erreichen können. Weitere Studien stützen diese Annahme einer konstanten intrauterinen Intensität von mindestens 28dB (Querleu et al. 1989, Brezinka et al. 1997). Wenn die Mutter singt, ist sogar ein Anstieg des Schalldruckpegels auf bis zu 84dB⁶ möglich (Brezinka et al. 1997). Gerhardt et al. (1990) stellten in Abwesenheit zusätzlicher externer Geräusche einen intrauterinen Schalldruckpegel von 50dB für Frequenzen >200Hz fest. Die von den Autoren genannten Angaben zu Veränderungen des Schalldruckpegels interner Schallereignisse in Abhängigkeit von der Position des akustischen Empfängers (Hydrophon oder fötaler Kopf) zur Plazenta führen allerdings zu der Vermutung, dass eine eindeutige Bestimmung des für die Wahrnehmung notwendigen Schalldruckpegels in utero nicht möglich ist. Da der Geräuschpegel nahe der Plazenta höher ist, müsste für Föten in Steißlage demnach der intrauterine Geräuschpegel höher sein als für Föten in Kopflage, da für diese die Entfernung zur Plazenta größer ist⁷. Darüber hinaus ändert der Fötus im Laufe einer Schwangerschaft seine Lage mehrmals, wodurch eine exakte Bestimmung bzw. Angabe des intrauterinen Geräuschpegels erschwert ist. Da Föten gegen Ende der Gravidität im Normalfall jedoch in Kopflage liegen, kann im Falle eines komplikationslosen Schwangerschaftsverlaufs von einem konstanten intrauterinen Hintergrundgeräuschpegel von etwa 28dB ausgegangen werden. Als unterste Grenze des dauerhaften Hintergrundgeräuschpegels ist dieser als relativ niedrig einzustufen, weshalb die Wahrscheinlichkeit, dass externe Schallereignisse davon nicht vollständig maskiert werden, sondern zum fötalen Innenohr durchdringen können, wiederum sehr groß einzuschätzen ist.

In Ergänzung zu den bereits aufgeführten Untersuchungsergebnissen, die die intrauterine Wahrnehmung externer Schallereignisse belegen, kann die Intensität eines in normaler Lautstärke geführten Gesprächs als Beispiel herangezogen werden: Mit etwa 65 bis 70dB (Querleu et al. 1988) sind Gespräche, abzüglich der für den Geräuschpegel gemessenen 28dB, in utero daher wohl wahrnehmbar.

Anhand dieses Beispiels wird jedoch deutlich, dass alle Geräusche aus der direkten Umgebung der Mutter stets gedämpft vom Fötus wahrgenommen werden. Bereits 1968 führte Bench Untersuchungen durch, um den Grad der Dämpfung extracorporal generierter Geräusche experimentell zu bestimmen. Zu diesem Zweck präsentierte der Untersucher Föten reine Töne über Lautsprecher, die auf das mütterliche Abdomen aufgebracht wurden. Obgleich die externe Intensität für alle Töne gleich war (120dB), beobachtete der Autor dennoch eine frequenzabhängige Dämpfung der präsentierten Schallereignisse (s. auch Querleu et al. 1988). Diese Abhängigkeit leitete er aus einem systematischen Anstieg der Dämpfung für steigende Frequenzen ab. Während die eingesetzten reinen Töne von 200Hz um 19dB gedämpft wurden, wurden reine Töne mit einer Frequenz von 1kHz bereits doppelt so stark (38dB) gedämpft. Das Studiendesign von Bench (1968) beinhaltete zudem die Untersuchung sehr hoher Frequenzen (2kHz und 4kHz). Zum Dämpfungsgrad dieser Frequenzen konnte der Autor jedoch keine genaue Aussage treffen, da die verwendete Stimulusintensität von 120dB nicht ausreichend war, um den gemessenen intrauterinen Hintergrundgeräuschpegel von 72dB zu überdecken. Eine Dämpfung der gemessenen hohen Frequenzen kann daher, unter Bezugnahme auf das Untersuchungsergebnis, nur auf mindestens 48dB geschätzt werden. Spätere Untersuchungsergebnisse von Querleu et al. (1988) sowie von Richards et al. (1992) stützen die von Bench (1968) ermittelte stufenweise

⁶ Diese Intensität wird von Erwachsenen psychoakustisch bereits als Lärm empfunden, auf die der Körper mit der Ausschüttung von Stresshormonen reagiert. Eine Dauerbelastung mit derart lauten Geräuschen führt bei Kindern und Erwachsenen zu ernsthaften Schädigungen des Gehörs (u.a. Stickel 2003).

⁷ Da aber beispielsweise im Falle einer Plazenta praevia die Plazenta vor dem Muttermund liegt, wird hier von einer verallgemeinernden Annahme abgesehen.

Erhöhung der Schalldämpfung bei steigenden Frequenzen. Querleu et al. (1988) beobachteten eine maximale Dämpfung um 26dB für Frequenzen von 2kHz. Richards et al. (1992) geben eine maximale Dämpfung für sehr hohe Frequenzen (4kHz) um 10dB an. Diese von Richards et al. (1992) beobachtete Dämpfung, die im Vergleich zu den beiden zuvor beschriebenen Befunden mit nur 10dB für 4kHz relativ gering ist, ist möglicherweise durch die Versuchsdurchführung *nach* erfolgtem Blasensprung zu erklären. Durch das in dieser Versuchsanordnung somit fehlende Fruchtwasser tritt keine vergleichbare Schallminderung auf. Die gemessene Dämpfung ist somit größtenteils auf das mütterliche Gewebe sowie organismusimmanente Geräusche zurückzuführen. Eine Betrachtung der soeben dargestellten Untersuchungsergebnisse erweckt den Eindruck, das Fruchtwasser mache den größten Anteil der Dämpfung externer Schallereignisse aus. Das mütterliche Gewebe sowie andere intern generierte Geräusche scheinen hingegen eine weitaus geringere Dämpfung zu bewirken. Diese Beobachtung ist gerade im letzten Schwangerschaftsdrittel von besonderer Relevanz, nimmt doch die Körpergröße des Fötus in diesem Zeitraum sehr stark zu, während die Menge des Fruchtwassers gleichzeitig immer weniger wird. Bei Annahme des dargestellten Zusammenhangs zwischen Dämpfungsgrad und Fruchtwasser kann gefolgert werden, dass externe Geräusche gegen Ende der Schwangerschaft immer weniger stark gedämpft und somit für den Fötus immer besser wahrnehmbar werden. Untersuchungsergebnisse, wie beispielsweise die von Hepper und Shahidullah (1994) oder Kisilevsky et al. (2004), stützen die hier getroffene Annahme. Die Autoren stellten jeweils eine geringere Hörschwelle mit voranschreitender Gestation fest, d.h. immer geringere Intensitäten lösten messbare Reaktionen bei den untersuchten Föten aus⁸. Während Föten eines GA von 28 bis 32 Wochen erst auf Geräusche mit Intensitäten zwischen 105dB und 110dB reagierten, reagierten ältere Föten (GA 33 und 35) bereits ab 95dB auf die extracorporal generierten Stimuli (Kisilevsky et al. 2004).

Das Ergebnis eines Tierversuchs von Vince et al. (1985) stützt den beschriebenen Zusammenhang zwischen der Menge des Fruchtwassers und der Hörschwelle nur teilweise, weshalb für die Erklärung der dargestellten Untersuchungsergebnisse auch allgemeine Reifungsprozesse des fötalen Gehörs angenommen werden müssen. Durch Einbringen von Unterwassermikrofonen in die Uteri trächtiger Schafe konnten die Untersucher zwar ebenfalls zeigen, dass die Dämpfung externer Frequenzen zwischen 500Hz und 4kHz mit voranschreitender Gestation abnimmt; außerhalb dieses Frequenzbereichs (<500Hz und >4kHz) konnten die Autoren diese Korrelation jedoch nicht feststellen. An dieser Stelle muss jedoch betont werden, dass die Untersuchungen mit menschlichen Föten ausschließlich mit Frequenzen bis maximal 4kHz durchgeführt wurden und somit keine Vergleichsdaten für Frequenzen >4kHz existieren.

Dessen ungeachtet zeigen die aufgeführten Untersuchungen einen direkten Zusammenhang zwischen Frequenz und Intensitätsminderung auf, der wie folgt formuliert werden kann: *Je höher die Frequenz, desto stärker die intrauterine Dämpfung*. Dieser direkte Zusammenhang wird auch durch Resultate aus Tierstudien (Schafe) gestützt, die ebenfalls von einem Anstieg des durch tiefe Frequenzen (<250Hz) verursachten Schalldrucks im Uterus sowie von einer Dämpfung des Schalldrucks für mittlere Frequenzen (>250Hz) um 6dB pro Oktave berichten. Für sehr hohe Frequenzen (4kHz) wurde eine durchschnittliche Dämpfung um 20dB gemessen (Gerhardt et al. 1990). In einer weiteren Untersuchung von Lammföten zeigten Gerhardt et al. (1992) erneut die geringste Dämpfung (um 11,1dB) für die tiefste überprüfte Frequenz (125Hz) und analog die höchste Dämpfung (45dB) für die mit 2kHz höchste der geprüften Frequenzen⁹.

⁸ Im Rahmen der genannten Studie wurden Intensitäten von 60dB bis 120dB getestet (Hepper/Shahidullah 1994).

⁹ Die Werte der weiteren getesteten Frequenzen lagen bei Minderungen um 19,8dB für 250Hz, um 35,3dB für 500Hz und um 38,2dB für 1kHz (Gerhardt et al. 1992).

Ergebnisse von Armitage et al. (1980), die ebenfalls aus der Untersuchung von Schafsföten resultieren, stützen den beschriebenen direkten Zusammenhang jedoch nicht. Die Autoren beschreiben eine Dämpfung extracorporal generierter akustischer Reize um 16 bis 37dB, wobei der höchste Dämpfungsgrad für Frequenzen um 1kHz gemessen wurde. Für niedrigere sowie für höhere Frequenzen (>1kHz) wurde jeweils eine Abnahme der Schallminderung beobachtet. Für diese Frequenzbereiche wurde eine Dämpfung um 20dB gemessen. Vor allem im Bereich höherer Frequenzen weichen die Beobachtungen von Armitage et al. (1980) von den bereits vorgestellten Ergebnissen ab. Der Befund von Gerhardt und Abrams (1996) weist ebenfalls nicht auf einen direkten Zusammenhang zwischen der Frequenz und der Schallminderung extracorporaler Stimuli hin. Tiefe Frequenzen (<250Hz) wurden lediglich um 10-20dB gedämpft. Die geringste Dämpfung (5dB) stellten die Untersucher jedoch für Frequenzen zwischen 250 und 500Hz fest, die höchste Dämpfung (40-50dB) für Frequenzen zwischen 500Hz und 2kHz. Föten können folglich tiefere Frequenzen mit einer nur geringen Dämpfung von 5 bis 20dB besonders gut wahrnehmen. Die Autoren schließen weiterhin aus ihren Untersuchungsergebnissen, dass höhere Frequenzen für Föten wahrscheinlich nicht wahrnehmbar sind. Aus welchen Gründen die Untersuchungsergebnisse der Tierversuche von denen mit menschlichen Föten divergieren, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.

Neben einer generellen Betrachtung der Dämpfung akustischer Signale in utero ist weiterhin eine Betrachtung der Dämpfung menschlicher Stimmen in utero für die vorliegende Arbeit von besonderer Relevanz, da diese Einfluss auf den Grad einer potenziellen pränatalen auditiven Prägung durch die Muttersprache(n) auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter hat.

Im Gegensatz zu anderen akustischen Signalen aus der Umgebung der Mutter ist die mütterliche Stimme *nicht* von der vorangehend beschriebenen Dämpfung betroffen, wie u.a. Untersuchungsergebnisse von Richards et al. (1992) belegen. Vielmehr erfährt sie, verglichen mit anderen Stimmen, eine Verstärkung um durchschnittlich 5,2dB. Dieses Ergebnis ist vor allem deshalb erstaunlich, weil die getesteten Mütter während der Untersuchung im Durchschnitt um 18dB leiser sprachen als die anderen Sprecher. Der beobachtete Verstärkungseffekt der mütterlichen Stimme wird auch durch weitere Untersuchungsergebnisse mit menschlichen Föten (Querleu et al. 1988a) und Tierföten (Vince et al. 1985) gestützt, wodurch ihr eine herausragende Bedeutung für die pränatale auditive Wahrnehmung beigemessen wird.

Der Verstärkungseffekt könnte laut Spitzer (2005) durch die Lage des Fötus im Becken der Mutter begründet sein. Das Becken, das wie ein großer Lautsprecher den fötalen Kopf, genauer gesagt die Gebärmutter umgibt, überträgt die Schwingungen der mütterlichen Stimme so direkt zum Fötus (Spitzer 2005).

2.2.4 Der Hörbereich von Erwachsenen und von Föten

In den vorangehenden Kapiteln wurde dargelegt, dass das menschliche Gehör bereits pränatal angelegt und funktionsfähig ist (vgl. Kapitel 2.1) und Föten ab dem letzten Schwangerschaftsdrittel akustische Reize auditiv wahrnehmen. Aufgrund der weiterhin dargelegten Dämpfung akustischer Reize sowie unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Ausreifung der afferenten Hörbahn einem viele Jahre andauernden Entwicklungsprozess unterliegt (Böhme/Welz-Müller 1998), wodurch das menschliche Gehör erst im Jugendalter vollständig ausgereift ist (Hülshoff 2001), kann auf unterschiedliche Hörbereiche für Föten, Neugeborene und Erwachsene geschlossen werden (Böhme/Welz-Müller 1998).

Im Weiteren wird zunächst der Hörbereich Erwachsener vorgestellt und anschließend anhand der in Kapitel 2.2.3 aufgeführten Befunde der fötale Hörbereich dargestellt.

Nachstehende Abbildung 6 zeigt den Hörbereich Erwachsener, der etwa 10 Oktaven umfasst (u.a. Stickel 2003) und zwischen 20 und 20.000Hz liegt (z.B. Hepper/Shahidullah 1994).

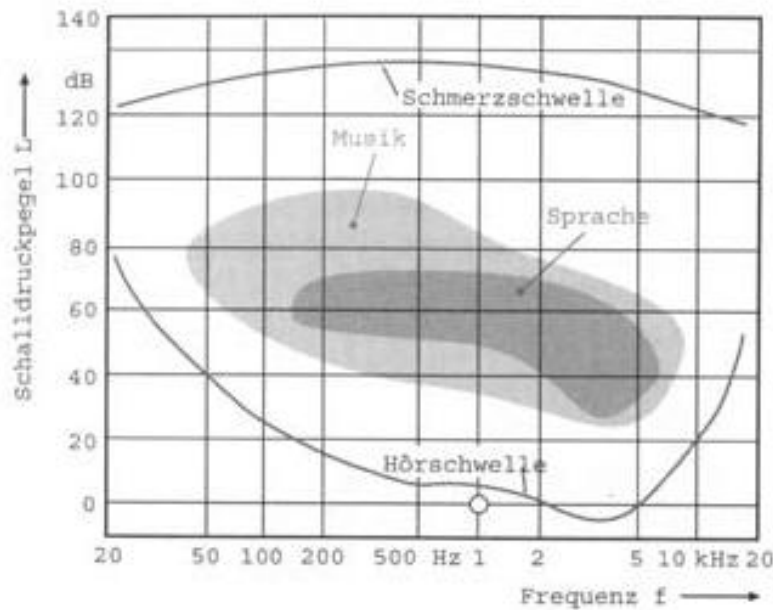


Abbildung 6 Der Hörbereich des menschlichen Gehörs für Musik und Sprache (Stickel 2003, S. 30)

Der Hörbereich ist durch die gebogenen Linien im Audiogramm gekennzeichnet. Die dazwischen liegende hellgraue Fläche illustriert den Bereich, in dem Musik wahrnehmbar ist, der dunkelgraue Bereich kennzeichnet den Bereich der menschlichen Sprache.

Abbildung 6 veranschaulicht die optimale Anpassung des menschlichen Hörbereichs an den Frequenzbereich menschlicher Sprachen (Fior 1995), liegt doch der Frequenzbereich der Sprache deutlich innerhalb des Hörbereichs und spiegelt so die enge Beziehung zwischen Sprache und Gehör wider:

“In humans, the close relationship between hearing and speech is shown by the fact that the auditory system is particularly sensitive in the frequency range from 500 to 4000 Hz which provides most of the intelligibility of speech” (Fior 1995, S. S205).

Dass das Gehör schon vor der Geburt, trotz relativer Unreife, optimal auf die Wahrnehmung und Verarbeitung von Sprache vorbereitet ist, ist unter anderem aus der in Kapitel 2.2.3 beschriebenen pränatal geringeren Dämpfung tiefer Frequenzen (<500Hz) abzuleiten (u.a. Armitage et al. 1980, Gerhardt et al. 1990, Gerhardt et al. 1992, Gerhardt/Abrams 1996). So geben beispielsweise Hepper und Shahidullah (1994) mittlere Grundfrequenzwerte von etwa 128Hz für männliche und 225Hz für weibliche Stimmen an. Menschliche Stimmen und die durch sie übertragenen prosodischen Eigenschaften der von der Mutter gesprochenen Sprache(n) sind dementsprechend schon pränatal gut wahrnehmbar. Weitere Befunde, die die pränatale Wahrnehmbarkeit von prosodischen Eigenschaften von Sprache stützen, werden nachfolgend in Kapitel 2.3 dargelegt.

Wenngleich Stimmen (und andere akustische Signale aus der Umgebung der Mutter) pränatal sehr gut wahrgenommen werden können, bewirkt die dargelegte Dämpfung eine im Vergleich zu Neugeborenen abgesenkte Hörschwelle von Föten. Laut Hülshoff (2001) liegt die Hörschwelle Neugeborener bei etwa 40dB. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Untersuchungsbedingungen der angeführten Studien (GA, eingesetzte Frequenzen und Intensitäten, verwendete Untersuchungsmethoden) war die Konstruktion eines verallgemeinernden fötalen Audiogramms aus den bislang angeführten Befunden zur fötalen auditiven Wahrnehmung hier nicht möglich.

In Ergänzung zu den bisherigen Ausführungen wird daher zur Veranschaulichung des fötalen Hörbereichs ein (geschätztes) Neugeborenen-Audiogramm¹⁰ herangezogen (s. Abbildung 7). Aufgrund der erläuterten Dämpfungseigenschaften ist davon auszugehen, dass die fötale Hörschwelle unterhalb¹¹ der Hörschwelle Neugeborener liegt.

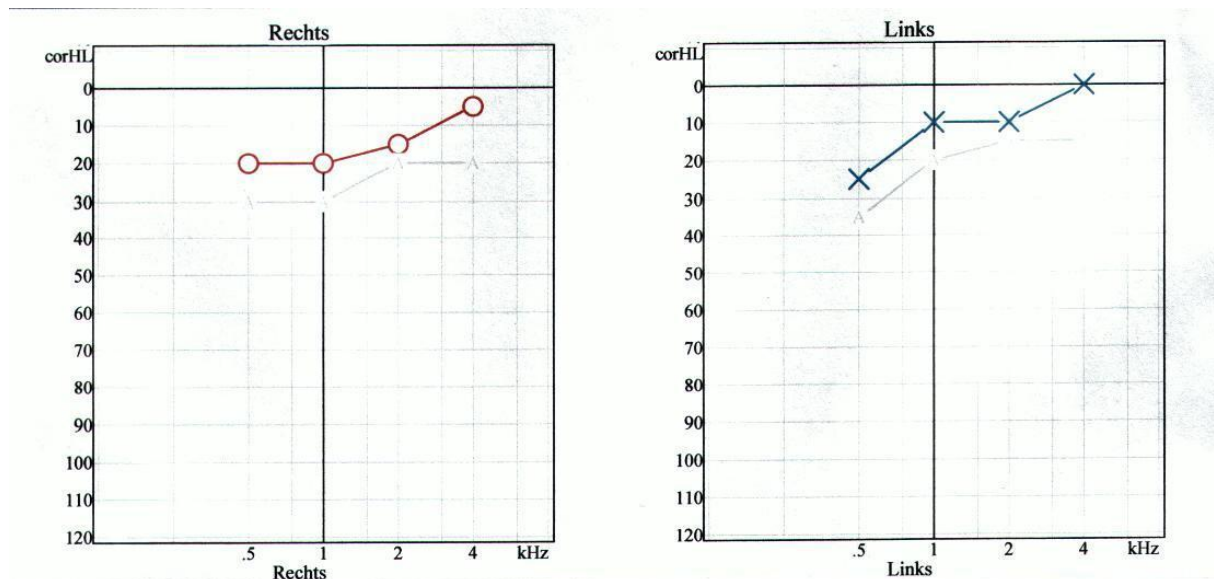


Abbildung 7 Audiogramm eines 13 Tage alten Neugeborenen (Quelle: Abteilung Pädaudiologie der Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen Würzburg)

Abgebildet ist ein Beispiel für ein Neugeborenen-Audiogramm anhand von ASSR-Messungen¹². Das Audiogramm ist eine grafische Darstellung des Hörschwellenpegels, wobei der Hörpegel (Ordinate) auf die Frequenz (Abszisse) aufgetragen wird (Böhme/Welzl-Müller 1998).

Die rote Linie zeigt die geschätzte Schwelle des rechten Ohres an. Die roten Kreise markieren die Frequenzwerte (500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz) mit den zugehörigen Intensitätswerten. Die blaue Linie zeigt entsprechend die geschätzte Schwelle des linken Ohres an. Die blauen Kreuze markieren ebenfalls die Frequenzwerte mit den zugehörigen Intensitätswerten. Die grauen Linien zeigen jeweils die ASSR¹³-Ergebnisse der Messung zu den bereits genannten Frequenzen für das rechte und das linke Ohr an. Basierend auf den ASSR-Ergebnissen wurden die Werte des farbig markierten Audiogramms für beide Ohren errechnet.

¹⁰ Das Neugeborenen-Audiogramm wurde der Autorin der vorliegenden Arbeit von Professor Dr. med. W. Shehata-Dieler, der leitenden Ärztin Audiologie/Pädaudiologie/Elektrophysiologie/Phoniatrie der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen, plastische und ästhetische Operationen des Universitätsklinikums Würzburg zur Verfügung gestellt.

¹¹ Der Begriff *unterhalb* zur Beschreibung der fötalen Hörschwelle wurde an dieser Stelle bewusst, in Anlehnung an die grafische Darstellung von Audiogrammen gewählt.

¹² Das Neugeborenenaudiogramm zeigt die Hörschwelle für den Frequenzbereich zwischen 500Hz und 4kHz an.

¹³ Die ASSR-Ergebnisse (**auditory steady-state responses**) stehen für frühe akustisch evozierte Potenziale, die aus der Elektrischen Reaktionsaudiometrie (ERA) hervorgehen. Die ERA beschreibt ein hirnstammaudiometrisches Verfahren zur Messung der Hörschwelle, das vor allem in der Pädaudiologie eingesetzt wird (Böhme/Welzl-Müller 1998).

Zusammenfassend können, unter Berücksichtigung der dargestellten Befunde, folgende wesentliche Erkenntnisse zur intrauterinen auditiven Wahrnehmung festgestellt werden:

1. *Extrauterine Schallereignisse werden frequenzabhängig gedämpft (Bench 1968, Querleu et al. 1988, Richards et al. 1992).*
2. *Gegen Ende der Schwangerschaft wird die Dämpfung externer Schallereignisse immer schwächer (Richards et al. 1992, Hepper/Shahidullah 1994, Kisilevsky et al. 2004).*
3. *Föten reagieren bereits auf für die Mutter behagliche Intensitäten (Lecanuet et al. 1992, Kisilevsky et al. 2003, Al-Qahtani 2005, Smith et al. 2007).*
4. *Frequenzen <500Hz erfahren die geringste Dämpfung und sind daher intrauterin besonders gut wahrnehmbar; in diesen Frequenzbereich fallen menschliche Stimmen (Armitage et al. 1980, Gerhardt et al. 1990, 1992, Gerhardt/Abrams 1996).*
5. *Die Stimme der Mutter ist für Föten besonders gut wahrnehmbar, da sie nicht gedämpft, sondern verstärkt wird (Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992).*

2.3 Was hört der Fötus? Belege prä- und postnataler perzeptiver Leistungen und das fötale Gedächtnis

In den vorangehenden Kapiteln wurde dargelegt, dass das fötale Gehör bereits ab dem letzten Schwangerschaftsdrittel funktionsfähig ist (Kapitel 2.1). Weiterhin wurden physiologische Besonderheiten der fötalen auditiven Wahrnehmung dargelegt (Kapitel 2.2).

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Untersuchung des pränatalen Einflusses der Muttersprache(n) auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter. Hinsichtlich dieser Zielstellung wird im Folgenden erörtert, was der Fötus wahrnehmen kann, um aufzuzeigen, dass eine pränatale Wahrnehmung der Muttersprache(n) sowie weiterhin eine Speicherung dieser möglich sind. Die Speicherung pränataler Erfahrungen ist ein starker Beleg für das Stattfinden einer pränatalen Prägung durch diese Erfahrung.

Eine Voraussetzung für die auditive Wahrnehmung von Sprachlauten besteht in der Fähigkeit zur Wahrnehmung rasch aufeinanderfolgender (einfacher und komplexer) Töne, die laryngeal als einfache periodische Schwingungen (*Töne*) oder als komplexe periodische Schwingungen (*Klänge*) der Stimmlippen gebildet werden (Golub/Corwin 1982, Lester 1987, Böhme/Welzl-Müller 1998, Storch 2002).

Bereits ab einem GA von 35 Wochen sind Föten zur Unterscheidung reiner Töne (250Hz und 500Hz) in der Lage¹⁴, wie aus einer Untersuchung von Shahidullah und Hepper (1994) hervorgeht. Nicht nur einfache Töne, sondern auch komplexere Töne können schon pränatal, ab einem GA von 36 bis 39 Wochen, differenziert werden (Lecanuet et al. 2000). Auch für die Sprachwahrnehmung relevante schnelle Frequenzabfolgen sind für Föten wahrnehm- und differenzierbar, wie den Untersuchungsergebnissen von Draganova et al. (2005, 2007) zu entnehmen ist (s. auch Carral et al. 2005).

Die genannten Untersuchungsergebnisse weisen auf die Möglichkeit einer pränatalen sprachlichen Prägung hin.

Ein weiterer Hinweis auf eine pränatal stattfindende Prägung durch die Umgebungssprache(n) ist weiterhin durch den Frequenzbereich menschlicher Stimmen gegeben, die mit 100Hz bis 250Hz (Storch 2002) tieffrequent sind und dementsprechend intrauterin besonders gut wahrnehmbar sind (u.a. Gerhardt et al. 1990, 1992; vgl. Kapitel 2.2.3). Vor allem für die Stimme der Mutter wurde bereits festgestellt, dass diese, verglichen

¹⁴ Shahidullah und Hepper (1994) untersuchten überdies Föten in einem GA von 27 Wochen. Zu diesem Zeitpunkt waren die beobachteten Differenzierungsleistungen zwar möglich, jedoch noch nicht ausgeprägt, d.h. inkonsistent vorhanden.

mit anderen Stimmen und/oder Umgebungsgeräuschen, vom Fötus verstärkt wahrgenommen wird (Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992). Durch diesen Verstärkungseffekt ist es nicht weiter verwunderlich, dass Föten die mütterliche Stimme bereits von anderen weiblichen oder unbekanntem Stimmen differenzieren können und sie außerdem diesen gegenüber präferieren (u.a. Kisilevsky et al. 2003, Smith et al. 2007). Aus dieser Präferenz ist abzuleiten, dass Föten die spektralen Eigenschaften der mütterlichen Stimme wiedererkennen, was die Speicherung akustischer Ereignisse belegt. Die Speicherung pränataler auditiver Erfahrung ist auch in den Präferenzleistungen Neugeborener reflektiert, wie zahlreiche weitere Untersuchungen belegen. DeCasper und Spence (1986) ließen beispielsweise schwangere Frauen im letzten Schwangerschaftsdrittel täglich einen bestimmten Text laut vorlesen und untersuchten postnatal die Reaktionen der Neugeborenen auf diesen bekannten Text im Vergleich zu einem ihnen unbekanntem Text. Die untersuchten Neugeborenen reagierten deutlich stärker auf den bekannten Text als auf den ihnen unbekanntem Text. Die Verschiedenheit der Reaktionen der untersuchten Neugeborenen weist darauf hin, dass die Neugeborenen die Texte differenzieren konnten. Diese Fähigkeit zur Differenzierung ist nur durch eine pränatale Prägung erklärbar. Die postnatal anhaltende Erinnerungsfähigkeit ist ein starker Beleg für die Möglichkeit, auditive Erfahrungen in einem *fötalen Gedächtnis* zu speichern. Nicht nur bekannte Texte, sondern auch die Stimme der Mutter werden von Neugeborenen deutlich gegenüber anderen weiblichen Stimmen präferiert (DeCasper/Fifer 1980, Querleu et al. 1984, Damstra-Wijmenga 1991, Hepper et al. 1993). Ockleford et al. (1988) konnten darüber hinaus feststellen, dass Neugeborene in ähnlicher Weise¹⁵ auf die väterliche Stimme reagierten wie auf die mütterliche Stimme. Das Untersuchungsergebnis belegt, dass vor allem solche Informationen gespeichert werden, die mit großer Regelmäßigkeit in der akustischen Umwelt des Fötus vertreten waren, wie es vor allem für die elterlichen Stimmen der Fall ist. Der Befund stützt die bislang angeführten Belege eines fötalen Gedächtnisses, auf das Neugeborene für perzeptive Leistungen zugreifen können. Ähnliche Ergebnisse sind auch aus Tierstudien bekannt. Vince et al. (1985) stellten beispielsweise fest, dass neugeborene Lämmer das Geblöke ihrer Mutter wiedererkennen. Verglichen mit menschlichen Neugeborenen, bei denen die Präferenz für die Stimme der Mutter bestehen bleibt, konnten Vince et al. (1985) eine Präferenz bei den untersuchten Lämmern allerdings nur für das erste, nicht aber für das zweite Blöken des Mutterschafes nachweisen. Ähnlich wie menschliche Föten speichern folglich auch die Lammföten die akustischen Eigenschaften der Stimme ihrer Mutter. Die Stimme der Mutter scheint für Schafe, im Gegensatz zum Menschen, allerdings keine besondere Bedeutung zu tragen, was aus der schnellen Abnahme der Präferenzreaktion abzuleiten ist. Eine Erklärung für die schnelle Abnahme der Präferenz könnte in der Reife der Lämmer begründet sein. Im Vergleich zu menschlichen Neugeborenen¹⁶ ist die motorische Entwicklung von Lämmern bei der Geburt bereits sehr weit fortgeschritten. Aufgrund dieser motorischen Reife ist die Abhängigkeit des Lammes vom Muttertier daher deutlich geringer einzustufen als die des menschlichen Neugeborenen.

Dass neben Texten und Stimmen auch Musik oder Umweltgeräusche im fötalen Gedächtnis gespeichert werden, ist einer Studie von Damstra-Wijmenga et al. (1991) zu entnehmen. Die 38 Stunden nach der Geburt getesteten Neugeborenen zeigten keinerlei Schreckreaktionen auf Alarmgeräusche, die bereits während der Schwangerschaft regelmäßig in direkter Umgebung der Mütter vorgespielt worden waren. Probanden der Kontrollgruppe reagierten hingegen mit starken Schreckreaktionen auf das ihnen unbekanntem Alarmgeräusch. Die von Hepper (1988) entdeckte „*Soap-Addiction*“ menschlicher Neugeborener belegt außerdem die Speicherung musikalischer Stimuli. Der Untersucher konnte nachweisen, dass Neugeborene,

¹⁵ Bei den untersuchten Neugeborenen konnte eine Verlangsamung der Herzschlagrate als Reaktion sowohl auf die mütterliche Stimme als auch auf die väterliche Stimme nachgewiesen werden. Auf vollkommen unbekanntem Stimmen wurde hingegen eine Beschleunigung der Herzschlagrate gemessen (Ockleford et al. 1988).

¹⁶ Cross (2009) verweist auf die allgemeine Unreife menschlicher Neugeborener im Vergleich zu anderen Säugetieren.

deren Mütter während der Schwangerschaft regelmäßig eine bestimmte Seifenoper angeschaut hatten, die Titelmelodie dieser Sendung wiedererkannten. Auch James et al. (2002) wiesen postnatale Reaktionen der von ihnen untersuchten Neugeborenen auf musikalische Stimuli nach, die ihnen pränatal vorgespielt wurden.

Die genannten Befunde belegen, dass pränatale auditive Erfahrungen in einem fötalen Gedächtnis gespeichert werden und postnatale Leistungen durch diese Erfahrungen geprägt sind.

2.4 *Der Einfluss der Muttersprache auf früheste Perzeptionsleistungen im monolingualen Spracherwerb*

Der Langzeiteffekt der generellen pränatalen Prägung und dessen Bedeutung für die postnatale Wahrnehmung wurden bereits im vorangegangenen Kapitel erörtert. Hier soll nun erörtert werden, dass Neugeborene und Säuglinge im Rahmen der generellen pränatalen Prägung auch schon eine spezifische Prägung auf ihre Muttersprache erfahren. Hierfür wird dargelegt, welchen Einfluss pränatale auditive Erfahrungen mit der Muttersprache auf früheste perzeptive Leistungen monolingualer Neugeborener und Säuglinge haben.

Die Fähigkeit, auditive Informationen in utero wahrnehmen zu können (Shahidullah/Hepper 1994, Lecanuet et al. 2000, Richards et al. 1992) und diese zu memorieren, zeigt, dass schon Neugeborene auf pränatal gelerntes Wissen zugreifen können und dass dieses Wissen ihre perzeptiven Leistungen wesentlich beeinflusst (u.a. DeCasper/Fifer 1980, Querleu et al. 1984; vgl. Kapitel 2.3).

Neben einer Einflussnahme menschlicher Stimmen (Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992) sowie Musik (u.a. Hepper et al. 1988, James et al. 2002) auf postnatale perzeptive Leistungen gibt es zahlreiche Untersuchungen, die den Einfluss der pränatalen Sprachumgebung auf früheste perzeptive Leistungen belegen.

So sind Neugeborene gerade auch dazu in der Lage, die ihnen bekannte Muttersprache von einer ihnen unbekanntem Sprache zu differenzieren (Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Byers-Heinlein et al. 2010). Die Fähigkeit zur Differenzierung der Muttersprache von einer unbekanntem Sprache allein wäre jedoch noch kein ausreichender Beleg dafür, dass diese Fähigkeit aus der pränatalen Erfahrung mit der jeweiligen Muttersprache resultiert. Denn Neugeborene sind auch dazu in der Lage, zwei ihnen vollkommen unbekanntem Sprachen zu differenzieren (z.B. Ramus et al. 2000).

Eine pränatale Erfahrung ist aber dadurch nachweisbar, dass Neugeborene und Säuglinge ihre Muttersprache nicht nur von anderen Sprachen differenzieren können, sondern diese gegenüber anderen Sprachen präferieren. Denn die Präferenz belegt, dass diese Sprache dem Neugeborenen bereits bekannt ist und seine perzeptiven Leistungen prägt. Eine Präferenz Neugeborener für muttersprachliche Stimuli konnten z.B. Mehler et al. (1986) nachweisen. Die von ihnen untersuchten französischen Neugeborenen präferierten französische Stimuli gegenüber russischen Stimuli. Die beobachtete perzeptive Präferenz wird durch das Untersuchungsergebnis von Moon et al. (1993) bestätigt. Die von den Autoren untersuchten englischen und spanischen Neugeborenen aktivierten entsprechend der pränatal gehörten Umgebungs- bzw. Muttersprache die spanischen oder englischsprachigen Stimuli signifikant häufiger und länger durch Saugen an einem speziell präparierten Sauger. Auch in einer neueren behavioralen Studie von Byers-Heinlein et al. (2010) konnte die Präferenz englischer

Neugeborener für muttersprachliche Stimuli erneut nachgewiesen werden. Die untersuchten Neugeborenen präferierten ihre pränatal gehörte Muttersprache (Englisch) signifikant gegenüber einer ihnen vollkommen unbekanntem Sprache (Tagalog).

Die für das Neugeborenenalter konstatierte Präferenz für muttersprachliche Stimuli, die auf der Fähigkeit zur Differenzierung der Muttersprache von einer anderen Sprache aufbaut, belegt einen vorgeburtlich stattgefundenen Lernvorgang, der eine Prägung durch die Muttersprache reflektiert.

Die pränatale Prägung durch die Muttersprache im Neugeborenenalter ist jedoch noch nicht mit einer perzeptiven Festlegung bzw. mit einer perzeptiven Spezialisierung der Neugeborenen auf diese Sprache gleichzusetzen: Dass noch keine perzeptive Festlegung stattgefunden hat, zeigt sich darin, dass Neugeborenen auch die Verarbeitung nicht muttersprachlicher Lautkontraste (Werker et al. 1981, Werker/Tees 1984, Polka/Werker 1994, Rivera-Gaxiola et al. 2005, Kuhl et al. 2006), die Segmentierung einer unbekanntem Sprache (Bertoncini/Mehler 1981) oder auch die Differenzierung zweier völlig unbekanntem Sprachen (Mehler et al. 1988, Nazzi et al. 1998, Ramus et al. 2000) uneingeschränkt möglich ist.

Die Fähigkeit zur Differenzierung nicht muttersprachlicher Lautkontraste oder auch zur Segmentierung unbekanntem Sprachen nimmt dann jedoch, bedingt durch einen zunehmenden Kontakt mit der Muttersprache, innerhalb des ersten Lebensjahres stetig ab (Werker et al. 1981, Werker/Tees 1984, Polka/Werker 1994, Rivera-Gaxiola et al. 2005, Kuhl et al. 2006).

Eine Einflussnahme der pränatal gehörten Umgebungssprache auf perzeptive Leistungen Neugeborener ist somit angesichts der dargelegten Befunde gegeben, auch wenn sie noch nicht zu einer Festlegung geführt haben.

2.5 Sprachrelevante Merkmale prä- und postnataler perzeptiver Leistungen

In den vorangehenden Kapiteln wurde bereits ausführlich auf die erstaunlichen perzeptiven Fähigkeiten von Föten eingegangen.

So wurde erläutert, dass Föten isolierte einfache Töne, komplexe Töne (Shahidullah/Hepper 1994, Lecanuet et al. 2000) sowie rasche Abfolgen dieser (Draganova et al. 2005) wahrnehmen können. Außerdem wurde hervorgehoben, dass der Fötus menschliche Stimmen wahrnehmen kann, wobei er ein besonderes Interesse für die Stimme der eigenen Mutter zeigt (u.a. Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992). Weiterhin wurde erörtert, dass pränatale auditive Erfahrungen in einem fötalen Gedächtnis gespeichert werden und so pränatale Lernvorgänge ermöglichen, wie aus postnatalen Differenzierungsleistungen sowie aus auditiven Präferenzen abgeleitet werden kann (DeCasper/Fifer 1980, DeCasper/Spence 1986, Hepper 1988).

Unter Berücksichtigung der bereits dargestellten Bedingungen der auditiven Wahrnehmung in utero, stellt sich die Frage, auf welchen Sprachmerkmalen die erstaunlichen perzeptiven Fähigkeiten von Föten und Neugeborenen beruhen. Schließlich ist es eher unwahrscheinlich, dass die von DeCasper und Spence (1986) untersuchten Neugeborenen die zu unterscheidenden Texte aufgrund ihrer inhaltlichen Unterschiede differenzieren konnten (vgl. Kapitel 2.3).

Querleu et al. (1988) erachten es für sehr wahrscheinlich, dass die pränatale auditive Prägung durch die Umgebungssprache auf *prosodische* Merkmale zurückzuführen ist:

„It seems very likely, however, (...), that if any prenatal experience may be proved, it will be based on the musical, rhythmic quality of a voice and on intonation patterns rather than on single sound units.“ (Querleu et al. 1988, S. 204)

Unter den prosodischen (oder suprasegmentalen) Sprachmerkmalen sind dabei die Grundfrequenz (F_0), zeitliche Parameter sowie Intensitätsparameter zu verstehen (Wermke 2002), wobei die Grundfrequenz (F_0) v.a. für die Wahrnehmung linguistischer Betonungen von Bedeutung ist (Hardcastle/Laver 1999, Wermke 2002).

Die Annahme von Querleu et al. (1988) basiert auf einem Untersuchungsergebnis der Autoren, das belegt, dass intrauterin nur 30% der segmentalen Informationen des Sprachstroms (Phoneme) wahrnehmbar sind, suprasegmentale Informationen (Intonationsmuster) jedoch zu 100% wahrnehmbar sind. Der Einfluss einzelner Lauteinheiten (segmentaler Einheiten) auf die pränatale auditive Wahrnehmung scheint dementsprechend geringer zu sein als der Einfluss der suprasegmentalen Einheiten¹⁷.

Die Annahme von Querleu et al. (1988) wird durch zahlreiche weitere Untersuchungen gestützt, die ebenfalls Hinweise dafür liefern, dass prä- und postnatale Perzeptionsleistungen auf prosodischen Informationen der verwendeten Sprachstimuli beruhen (z.B. Bertoncini et al. 1995, Van Petten/Bloom 1999, Steinhauer et al. 1999, DeBoysson-Bardies 2001, Christophe et al. 2003, Yoshida et al. 2010). So wurde beispielsweise für 4 Monate alte Säuglinge eine besondere Sensibilität gegenüber melodischen Eigenschaften gesprochener Sprache nachgewiesen (u.a. Fernald und Kuhl 1987). Auch für Neugeborene konnte eine besondere Sensibilität gegenüber prosodischen Eigenschaften nachgewiesen werden (Mehler et al. 1988, Trehub 2003, Sambeth et al. 2008), was auf eine besondere Relevanz prosodischer Eigenschaften für die auditive (Sprach-) Wahrnehmung schließen lässt.

Sambeth et al. (2008) leiten die hohe Sensibilität für prosodische Eigenschaften von den gemessenen Reaktionen der untersuchten Neugeborenen auf gesprochene, gesungene und prosodiearme Stimuli ab. Während die Neugeborenen nicht signifikant verschieden auf gesungene und gesprochene Stimuli reagierten, beobachteten die Autoren Unterschiede bezüglich der gemessenen Gehirnaktivität nach einer Stimulation durch Sprache, durch F_0 -Variationen oder durch prosodiearme Sprachstimuli. Die höchste Gehirnaktivität wurde nach der Stimulation durch Sprache, die geringste Gehirnaktivität nach Stimulation durch prosodiearme Sprachstimuli gemessen. Das Untersuchungsergebnis zeigt außerdem auf, dass prosodische Informationen schon im Neugeborenenalter im auditorischen Kortex verarbeitet werden. Da die untersuchten Neugeborenen zum Untersuchungszeitpunkt schliefen, ist weiterhin anzunehmen, dass der auditorische Kortex automatisch auf prosodische Informationen reagiert. Gerade diese automatische Verarbeitung betont den herausragenden Status der Verarbeitung prosodischer Merkmale: Nicht einmal im Schlaf werden die Wahrnehmung und Verarbeitung und darauf aufbauend der Erwerb der muttersprachlichen Prosodie unterbrochen. Das Ergebnis stützt den Befund einer Studie von Trehub (2003), der herausragende Fähigkeiten der Melodiewahrnehmung Neugeborener belegt.

Die von Querleu et al. (1988) getroffene Annahme, dass pränatale auditive Erfahrungen auf prosodischen Merkmalen beruhen, wird ferner gestützt durch Untersuchungsergebnisse zu frühesten auditiven Präferenz- und Differenzierungsleistungen. Diese Untersuchungen liefern Belege dafür, dass Neugeborene und Säuglinge nur *prosodisch hinreichend verschiedene Sprachen* unterscheiden können (z.B. Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Moon et al. 1993, Nazzi et al. 1998). Die prosodische Verschiedenheit der Sprachen bezieht sich dabei auf die

¹⁷ Fujimura und Erickson (1999) erachten prosodische Merkmale nicht nur für den Erstspracherwerb, sondern auch für den Zweitspracherwerb als relevant:

„Prosodic cues seem primarily important for very early phases of language acquisition, and also for second language learning.“ (Fujimura/Erickson 1999, S.112)

rhythmischen Eigenschaften der zu unterscheidenden Sprachen. Zur Beschreibung bzw. zur Klassifizierung natürlicher Sprachen, entsprechend ihrer rhythmischen Eigenschaften, führte Pike (1945; zit. n. Hirst 2006) die Typologie der *Rhythmusklassen* ein. Diese Typologie stellt eine grobe Einteilung aller natürlichen Sprachen in zunächst zwei Rhythmusklassen dar: die silbenzählenden (syllable-timed) und die betonungszählenden (stress-timed) Sprachen. Die Zuordnung einer Sprache zu einer der beiden Rhythmusklassen geschieht dabei auf der Basis einer dieser Sprache zugrunde liegenden Einheit, die in regelmäßigen zeitlichen Abständen wiederholt wird (Pompino-Marschall 2003)¹⁸. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wurde die Typologie durch die Rhythmusklassen der *morenzählenden* (mora-timed) Sprachen erweitert (Ladefoged 1975, zit.n. Hirst 2006). Die Rhythmusklassen-Typologie findet an dieser Stelle Erwähnung, da sie in cross-linguistischen Untersuchungen herangezogen wird um die rhythmischen Eigenschaften der verwendeten Stimuli-Sprachen als verschieden oder ähnlich zu bestimmen. Die cross-linguistischen Studien geben Aufschluss darüber, dass Neugeborene nur solche Sprachen differenzieren können, die verschiedenen Rhythmusklassen zugeordnet werden und somit prosodisch hinreichend verschieden sind (u.a. Moon et al. 1993, Nazzi et al. 1998). Die den Rhythmusklassen zugrunde liegenden rhythmischen Einheiten (z.B. Silben) scheinen daher für die Sprachwahrnehmung von erheblicher Relevanz zu sein und eine Orientierungshilfe in der Wahrnehmung des Sprachstromes darzustellen. Während Neugeborene Sprachen verschiedener Rhythmusklassen differenzieren können (Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Moon et al. 1993, Nazzi et al. 1998), gelingt ihnen die Differenzierung von Sprachen derselben Rhythmusklassen, d.h. rhythmisch ähnlicher Sprachen wie z.B. Englisch und Holländisch als betonungszählende Sprachen, noch nicht. Prosodische Ähnlichkeiten machen es selbst 2 Monate alten Säuglingen unmöglich, zwei Sprachen zu differenzieren, obwohl beide Sprachen durch verschiedene Phoneminventare sowie durch unterschiedliche phonotaktische Regeln gekennzeichnet sind (Christophe/Morton 1998)¹⁹. Eine mögliche Erklärung für die Schwierigkeit, sogenannte *intraklassen-Unterschiede*²⁰ wahrzunehmen und zu differenzieren, liefert der Befund von Houston et al. (2000). Die Untersucher zeigten auf, dass den Sprachen einer Rhythmusklassen ähnliche oder gar gleiche Wahrnehmungs- und Verarbeitungsmechanismen zugrunde liegen. So konnten die untersuchten 9 Monate alten englischen Säuglinge holländische Wörter nicht nur erkennen und aus dem Sprachstrom segmentieren, ihre Leistungen unterschieden sich darüber hinaus auch nicht von denen der holländischen Kinder. Der phonetische Unterschied der beiden Sprachen hatte demzufolge keine Auswirkung auf die Segmentierung des (unbekannten) Sprachstroms – die prosodischen Merkmale hingegen schon. Die hohe Sensibilität für verschiedene rhythmische Einheiten (Silben) gesprochener Sprachen ab dem Neugeborenenalter ist auch durch behaviorale Untersuchungen belegt (Bertoncini et al. 1995, Bertoncini/Mehler 1981). Die genannte Fähigkeit zur Differenzierung zweier Sprachen im Neugeborenen- und Säuglingsalter ist ein starker Beleg für die hohe Sensibilität für die rhythmischen Eigenschaften dieser Sprachen.

Weitere Befunde behavioraler Untersuchungen (Höhle et al. 2009) und elektrophysiologischer Untersuchungen (Weber et al. 2004, Friederici et al. 2007) stützen ebenfalls die herausragende Bedeutung prosodischer Sprachmerkmale für Perzeptionsaufgaben. Sie belegen die Fähigkeit 4 Monate alter (Friederici et al. 2007) und 5 Monate alter Säuglinge (Weber et al. 2004), phonetisch gleiche Doppelsilben zu differenzieren, die sich nur bezüglich ihres Betonungsmusters (Jambus und Trochäus) unterschieden.

¹⁸ Für weitere Ausführungen zur Rhythmusklassen-Typologie wird auf Mampe (2007) verwiesen.

¹⁹ An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die in diesem Zusammenhang angeführten Untersuchungen ausschließlich mit monolingualen Probanden durchgeführt wurden.

²⁰ Unter Intraklassen-Unterschieden sind beispielsweise phonetische Unterschiede zwischen zwei Sprachen zu verstehen, die derselben Rhythmusklassen zugeordnet werden, wie beispielsweise das Englische und das Deutsche (beide Sprachen zählen zur Rhythmusklassen der betonungszählenden Sprachen).

Eine mögliche Begründung für die herausragende Bedeutung der Prosodie für die pränatale Sprachwahrnehmung wurde bereits mit der besseren intrauterinen Wahrnehmbarkeit prosodischer Merkmale und der damit einhergehenden umfangreicheren auditiven Erfahrung mit prosodischen gegenüber segmentalen Sprachmerkmalen geliefert (Querleu et al. 1988).

Eine weitere Begründung für die herausragende Bedeutung prosodischer Merkmale für die pränatale Sprachwahrnehmung ist weiterhin aus der Gehirnentwicklung abzuleiten: Die für die Wahrnehmung prosodischer Merkmale relevante rechte Hemisphäre entwickelt sich pränatal schneller als die linke Hemisphäre (Friederici/Hahne 2000, Sacks 2007). Erst postnatal finden sodann einschneidende Veränderungen der linken Hemisphäre statt, die mit dem Erwerb segmentaler, linguistischer Informationen einhergehen (Sacks 2007).

3 Die vorsprachliche Entwicklung

Im vorangehenden Kapitel wurde ausführlich auf die Grundlagen der pränatalen auditiven Prägung eingegangen. Es wurde dargelegt, dass das Gehör ab dem letzten Schwangerschaftsdrittel funktionsfähig ist und dass ab diesem Zeitpunkt akustische Reize zum Fötus dringen und von diesem wahrgenommen werden können. Pränatale auditive Erfahrungen werden im fötalen Gedächtnis gespeichert und bilden die Grundlage für postnatale Perzeptionsleistungen. Im Folgenden wird die Rolle der Lautproduktionen Neugeborener für den Spracherwerbsprozess dargelegt. Außerdem werden Befunde angeführt, die belegen, dass bereits früheste vorsprachliche Vokalisationen durch pränatale auditive Erfahrungen mit der Muttersprache geprägt sind.

Lange Zeit bestand die Annahme, der Spracherwerb begänne erst mit dem Auftreten gesprochener Wörter. Dem vorsprachlichen Entwicklungszeitraum des ersten Lebensjahres wurde dementsprechend keine Relevanz für den Spracherwerbsprozess zugebilligt. Selbst Lenneberg, der schon 1967 eine Kategorisierung vorsprachlicher Laute vornahm und diesen vokalähnliche Eigenschaften zugestand, sah eine phonetische Beständigkeit und Koordination erst für solche Laute gegeben, die mit Einsetzen der Sprache im linguistischen Sinn, also mit dem Auftreten erster Wörter, produziert werden. Diese Annahme definiert Sprache somit anhand linguistisch beschreibbarer, segmentaler Eigenschaften (Silben, Wörter, etc.). In dieser Definition von Sprache wird allerdings der Aspekt der suprasegmentalen Einheiten, die v.a. für früheste Entwicklungsphasen von besonderer Relevanz sind (vgl. Kapitel 2.5), vernachlässigt.

Neuere Spracherwerbsmodelle schließen auch solche Lautproduktionen in den Spracherwerb mit ein, die vor dem Auftreten erster Wörter produziert werden (Oller 1980, Stark 1980). Die frühesten spracherwerbsrelevanten Lautproduktionen treten, so Stark (1980), etwa ab dem dritten Lebensmonat, im Entwicklungsstadium des „vocal play“, auf.

Obwohl die Darstellungen zur Beschreibung des Spracherwerbs nach Oller (1980) und Stark (1980) auch präverbale oder vorsprachliche Entwicklungsphasen beinhalten, umfassen sie nicht die Produktion der ersten *Schreilaute*, sondern schreiben diesen bislang nur eine marginale Rolle zu. Die Vernachlässigung der Schreilaute in der Beschreibung des Spracherwerbsprozesses resultiert dabei aus der Annahme, dass der Beginn der vokalen Entwicklung durch eine *mehrwöchige Entwicklungspause* gekennzeichnet ist.

Die Annahme einer solchen Entwicklungspause beruht zum einen darauf, dass in diesen Spracherwerbsmodellen vorsprachliche Lautproduktionen an das Auftreten erster linguistisch beschreibbarer Einheiten (segmentaler Einheiten) gekoppelt sind, die in Schreilaute noch nicht auftreten. Schreilaute wird daher nur ein vegetativer, reflexiver Charakter zugeschrieben (Oller 1980, Stark 1980).

Zum anderen ist die Annahme einer Entwicklungspause auf der relativen Unreife des Sprechapparates im Neugeborenen- und Säuglingsalter begründet. Die Produktion artikulierter Sprachlaute (und damit segmentaler Einheiten) erfordert die Kontrolle des Sprechapparates (Artikulationsorgane, Atmungsorgan, Ansatzrohr), die aufgrund der sensomotorischen und der relativen neurophysiologischen Unreife sowie der im Vergleich zu Erwachsenen anatomischen und physiologischen Unterschiede im Neugeborenenalter noch nicht vorhanden ist.

Die Annahme einer Entwicklungspause bezüglich der Lautproduktion erscheint jedoch in Anbetracht der weitreichenden perzeptiven Fähigkeiten innerhalb der ersten Lebenswochen und deren Bedeutung für den Spracherwerb eher unwahrscheinlich (Wermke 2002).

Tatsächlich gibt es Befunde, die die Annahme einer Entwicklungspause bezüglich der Lautproduktion widerlegen. In diesem Zusammenhang ist zunächst von Bedeutung, dass die Ausreifung des Vokaltraktes und der Artikulationsorgane für die Produktion von Schreilaute von geringer Relevanz ist, da Schreilaute unter Nutzung *phonatorischer Produktionsmechanismen* entstehen, d.h. unter Nutzung der laryngo-respiratorischen Organe. Laut Greer (2008) sind die laryngo-respiratorischen Organe zum Zeitpunkt der Geburt bereits weit ausgereift. Die Ausreifung beruht dabei auf der biologischen Notwendigkeit der Atemfunktion ab dem Zeitpunkt der Geburt. Das laryngo-respiratorische System ist dadurch biologisch höchst bedeutsam. Durch die gute Ausreifung ist außerdem zugleich die frühe Fähigkeit zur Frequenzmodulation im Larynx begünstigt. So ist nicht nur wenige Wochen alten Säuglingen die Kontrolle laryngo-respiratorischer Vorgänge möglich (Boliak et al. 1996), sondern bereits Neugeborenen (Bosma 1965, Wermke 2002, Mampe et al. 2009). Die Kontrollfähigkeit wird besonders deutlich durch Schreilaute Neugeborener, die (bezüglich ihres Monotonieverhaltens) entkoppelte Melodie²¹- und Intensitätskonturen aufweisen (Mampe et al. 2009, Wermke 2002, Wermke et al. 2002). Die Entkopplung von Melodie- und Intensitätskontur belegt, dass schon in den frühesten Vokalisationen der Atemdruck während des Phonationsvorganges flexibel angepasst werden kann. Für frühe Schreilaute darf daher nicht von stereotypen Atembewegungen ausgegangen werden. Die Melodiekonturen der ersten Schreie müssen daher nicht zwingend einem der Sprechatmung entsprechenden fallenden Verlauf²² folgen. Sie sind demzufolge keineswegs vegetativer oder reflexiver Natur, wie etwa in Stark (1980) beschrieben wurde. Vielmehr können bereits Schreimelodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke produziert werden, die entgegen der Sprechatmung verlaufen und daher als bezüglich der Atmung „unphysiologisch“ gelten. Aufgrund der bestehenden laryngo-respiratorischen Kontrolle ist es schon Neugeborenen möglich, Änderungen der Atmung sowie deren Auswirkungen auf die Vokalisationen zu trainieren. Neugeborene sind so dazu in der Lage, Wünsche und Bedürfnisse akustisch, unter Nutzung der phonatorischen Produktionsmechanismen (vor allem über Schreilaute), zu kommunizieren (Stark 1980, Vihman 1996, DeBoysson-Bardies 2001). Dabei werden emotionale und affektive Zustände durch die Variation prosodierelevanter Elemente (Intensität, Tonhöhenvariationen und Rhythmus) in den Lautproduktionen der Neugeborenen übertragen (Wermke 1997, Wermke/Mende 2006, Wermke/Mende 2011). Variationen prosodierelevanter Elemente (v.a. der Melodie) sind somit bereits vor Erreichen des von Stark (1980) beschriebenen Entwicklungsstadiums des *vocal play* (3-4 Monate) möglich (Vihman 1996). Bereits bei Neugeborenen und sehr jungen Säuglingen werden emotionale Zustände bereits über die Melodieproduktion übertragen (Wermke/Mende 2006, Wermke/Mende 2011). Eine soziale und kommunikative Bedeutung (frühester) vorsprachlicher Lautproduktionen ist daher unbestreitbar (Stark 1980) und weist darauf hin, dass Schreilaute Neugeborener keineswegs reflexiver Natur sind.

Als weiterer Befund, der die Annahme einer mehrwöchigen Entwicklungspause bezüglich der Produktion eindrücklich widerlegt, wird die Untersuchung von Wermke (2002) herangezogen. In ihrer systematischen Längsschnittuntersuchung der Lautäußerungen monozygoter Zwillinge stellte Wermke (2002) Schreilaute in den Mittelpunkt ihrer Untersuchungen. Entgegen der in der Literatur vorherrschenden Meinung, nach der spracherwerbsrelevante Entwicklungsmuster erst frühestens ab dem zweiten Lebensmonat auftreten, gelang es der Autorin, zu zeigen, dass bereits vor dem Auftreten der ersten Gurr-

²¹ Die Melodiekontur entspricht der Zeitfunktion der Grundfrequenz (F_0).

²² Der fallende Verlauf der Sprechatmung ist durch die Abnahme des Luftvolumens während des Sprechens bestimmt (Storch 2002).

und Babbellaute, in den ersten Schreilaute, sprachrelevante prosodische Grundbausteine vorkommen. Alle von Wermke analysierten Schreilaute ließen sich durch vier Grundmelodietypen beschreiben (fallend, steigend, symmetrisch, stabile Melodiekontur), die isoliert oder kombiniert auftraten. Überdies belegte die Längsschnittuntersuchung der Schreilaute über die ersten 5 Lebensmonate einen gerichteten *Entwicklungsprozess* von einfachen zu komplexen Melodiemustern. Während die untersuchten Neugeborenen innerhalb der ersten Lebenswoche einfachböige Melodiekonturen (isoliertes Auftreten eines Grundmelodietyps; s. Abbildung 17a) prozentual am häufigsten produzierten, wurden diese Muster bereits in der zweiten Lebenswoche durch komplexere Lautproduktionen (Kombination von zwei oder mehreren Grundmelodietypen) abgelöst (vgl. auch Wermke et al. 2002; s. Abbildung 17b). Die von Wermke (2002) beobachtete Schreimelodieentwicklung belegt eine Beziehung früheren und späteren vokalen Verhaltens (Wermke 2002).

Die Komplexitätszunahme der Schreimelodien stellt eine Vorbereitung für spätere Spracherwerbsphasen dar (Wermke/Mende 2009) und ist, so Wermke (2002), das Ergebnis eines Reifungsprozesses des auditiv-vokalen Systems.

“The generation of increasingly more complex melodies is an effective way to develop, to stabilise and to provide constituents essential for later speech- and language acquisition.” (Wermke/Mende 2009, S. 158)

Die Produktion formähnlicher Schreimelodien ermöglicht es Neugeborenen und Säuglingen, „(...) in nachfolgenden Lernprozessen durch Imitation muttersprachliche Eigentümlichkeiten erwerben zu können“ (Wermke 2002, S. 124). Die ersten Schreilaute sind folglich von erheblicher Bedeutung für spätere Entwicklungsphasen (Wermke 2002): In den ersten Schreimelodien – noch vor Auftreten der ersten Gurr- und Babbellaute – wird, so Wermke und Mende (2009), ein Gerüst der muttersprachlichen Sprachmelodie aufgebaut, das eine notwendige Voraussetzung für den Erwerb der Muttersprache darstellt (s. auch Vihman 1996, Wermke 2002, Wermke/Mende 2011).

Die Wichtigkeit, die muttersprachliche Prosodie nicht nur perzeptiv, sondern auch produktiv zu erwerben, wird durch den Zusammenhang des Komplexitätsgrades der Schreimelodien mit 2 Monaten und dem Sprachentwicklungsstand mit 2,5 Jahren betont, den Wermke et al. (2007) in einer Längsschnittuntersuchung ermitteln konnten. Die Autoren stellten bei den Kindern, deren Schreimelodien mit 2 Monaten durch einen niedrigen Komplexitätsgrad gekennzeichnet waren, eine Sprachentwicklungsverzögerung in einem Alter von 2,5 Jahren fest. Die Entwicklung des Komplexitätsgrades der Melodien frühkindlicher Vokalisationen könnte folglich Hinweise auf den nachfolgenden Spracherwerbsverlauf liefern. Diese die Lautproduktion betreffenden Beobachtungen ergänzen die bezüglich der Perzeption gemachte Beobachtung von Kuhl et al. (2005). Die Autoren fanden Hinweise dafür, dass perzeptive Leistungen von Säuglingen als Indikatoren zur Früherkennung eines verzögerten Spracherwerbs geeignet sein könnten²³.

Die Untersuchungen von Wermke (2002, Wermke et al. 2007, Wermke/Mende 2009, Wermke/Mende 2011) widerlegen eindrücklich die Annahme, dass der Spracherwerbsprozess bezüglich der Lautproduktion durch eine mehrwöchige Entwicklungspause gekennzeichnet ist. Biologische Spracherwerbsprogramme gehen nicht von Sprache im engeren Sinne aus, sondern auch von deren Vorstufen. Sie postulieren

²³ Die Erkenntnisse zur diagnostischen Nutzung von Produktions- und Perzeptionsleistungen frühester Entwicklungsphasen (Wermke et al. 2007, Kuhl et al. 2005) heben zudem die Wichtigkeit hervor, auch die Entwicklungsphase des ersten Lebensjahres bei der späteren Evaluation des Sprachentwicklungsstandes eines Kindes zu berücksichtigen. Dies könnte helfen, die oft schwierige Entscheidung zwischen einer sprachheilpädagogisch relevanten Sprachentwicklungsverzögerung oder einer unkritischen Verzögerung zu fällen („Late Bloomer“).

dementsprechend den Beginn des produktiven Spracherwerbs ab dem ersten Lebenstag, unter Berücksichtigung pränataler sprachlicher Erfahrungen.

Aufgrund der existierenden laryngo-respiratorischen Kontrollfunktion²⁴ sowie aufgrund der Relevanz erster Schreilaute für den Spracherwerbsprozess ist der im Fokus der vorliegenden Untersuchung stehende Einfluss zweier Umgebungssprachen auf die melodisch-rhythmischen Eigenschaften der ersten Schreilaute vorstellbar. In Mampe et al. (2009) hat sich diese Annahme für Neugeborene mit einer pränatal monolingualen Sprachumgebung bereits bestätigt, wie nachstehend ausführlicher erörtert wird.

Der Einfluss der Muttersprache auf früheste Lautproduktionen im monolingualen Spracherwerb

Im Gegensatz zu den zahlreichen Ergebnissen aus der Perzeptionsforschung gibt es im Bereich der Produktionsforschung nur wenige Untersuchungen, die den Einfluss der Umgebungssprache auf die vorsprachliche Lautproduktion behandelt haben. Analog zu den in Kapitel 2.4 angeführten Befunden, die eine Prägung frühester perzeptiver Fähigkeiten durch die Muttersprache belegen, werden nachfolgend Befunde erörtert, die eine Prägung erster *Lautproduktionen* durch die Muttersprache belegen.

Das Vorhandensein muttersprachspezifischer prosodischer Elemente in vorsprachlichen Äußerungen ist beispielsweise durch eine Studie von DeBoysson-Bardies et al. (1984) belegt. Die Autoren zeigten, dass Erwachsene dazu in der Lage sind, die Babbellaute 8 Monate alter Kinder anhand der prosodischen Merkmale als der eigenen Muttersprache oder aber einer fremden Sprache zugehörig zu beurteilen. In einer weiteren Untersuchung führten DeBoysson-Bardies et al. (1989) eine akustische Analyse der produzierten Vokale 10 Monate alter Kinder durch, die verschiedene Muttersprachen hatten (Arabisch, Französisch, Englisch und Kantonesisch). Die Untersuchung ergab, dass sich die Lautäußerungen der 20 Probanden bezüglich ihrer Formanteigenschaften unterschieden. Dabei waren die von den Probanden derselben Muttersprache produzierten Vokale durch eine große Ähnlichkeit gekennzeichnet. Weiterhin reflektierten die produzierten Vokale die für die jeweilige Muttersprache typischen Formanteigenschaften. Zur Begründung des beobachteten Ergebnisses zogen die Autoren den prägenden Einfluss der Muttersprache auf die Babbellaute der Kinder heran. Der Befund belegt, dass die Kinder bereits mit 10 Monaten dazu in der Lage waren, durch Anpassung des Stimmapparates (Kehlkopf und Ansatzrohr) sprachspezifische Formanten zu produzieren. Entgegen der von Lenneberg (1967) postulierten phonetischen Unbeständigkeit vorsprachlicher Laute, zeigten die von DeBoysson-Bardies et al. (1989) untersuchten Laute akustisch messbare Variationen, die eine Sprachspezifität widerspiegeln.

Der Befund von Whalen et al. (1991) bestätigt, dass sprachspezifische Muster der Erwachsenensprache bereits in Babbellauten reflektiert sind. In Ergänzung zu einer akustischen Analyse der Grundfrequenzverläufe führten die Autoren eine subjektive Auswertung zwei- und dreisilbiger Babbellaute durch. Im Rahmen dieser subjektiven Auswertung nahmen englischsprachige Untersucher, die mit der Beurteilung von Kinderlauten vertraut waren, eine Kategorisierung (rising, falling, rise-fall, fall-rise und level) der Intonationsmuster von Babbellauten französisch- und englischsprachiger Kinder (5-13 Monate) vor. Die subjektive Auswertung ergab, dass die französischen Kinder signifikant

²⁴ Als weiterer Beleg für das Bestehen einer frühen laryngo-respiratorischen Kontrolle wird nachfolgend zudem auf frühe Leistungen verwiesen, die eine vokal-auditorische Rückkopplung reflektieren.

mehr Melodien des Typs *rising* (steigend) produzierten, wohingegen die englischen Kinder mehr fallende (*falling*) Melodien produzierten: die Intonationsmuster, die den prosodischen Charakteristika der zugrunde liegenden Muttersprachen entsprechen. Mit einem durchschnittlichen Alter von 7,3 Monaten zum ersten Untersuchungszeitpunkt und 11,1 Monaten zum zweiten Untersuchungszeitpunkt, konnten die Autoren hier folglich bereits vor dem zehnten Lebensmonat sprachspezifische Elemente in den kindlichen Vokalisationen nachweisen. Im gleichen Jahr führten Hallé et al. (1991) einen Vergleich der Vokaldauer sowie der Melodiekontur (F_0 -Kontur) in den ersten Babbellauten und Wörtern 18 Monate alter japanischer und französischer Kinder durch. Die beiden untersuchten Sprachen kontrastieren bezüglich der untersuchten Merkmale. Sowohl in den produzierten Wörtern als auch in den Babbellauten konnten die Wissenschaftler die für das Französische typischen Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke sowie die für das Japanische typischen Melodiekonturen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke nachweisen. Der Einfluss der Umgebungssprache auf die Produktion erster Wörter ist dabei als entwicklungslogische Konsequenz des beobachteten Einflusses auf frühere Babbellaute zu betrachten. Auch David Snow (2002) belegt den Einfluss der Muttersprache auf die Intonationsmuster von Babbellauten. Die von ihm untersuchten, einsilbigen Äußerungen 10 bis 13 Monate alter Kleinkinder aus englischsprachigen Familien zeigten mehrheitlich die für das englische Intonationsmuster typische Melodiekonturform auf, die durch eine kürzere An- als Abstiegsflanke gekennzeichnet ist. Snow (2002) untersuchte darüber hinaus mehrsilbige Äußerungen 4 Jahre alter Kinder. Analog zu früheren Wortproduktionen waren auch diese Äußerungen überwiegend durch Melodiekonturen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke gekennzeichnet. Ein prozentual häufigeres Auftreten von Melodiekonturen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke bei den älteren Probanden, verglichen mit den jüngeren Probanden, belegt überdies eine entwicklungsbedingte sprachspezifische Anpassung der kindlichen Äußerungen an das sprachliche Umfeld. Eine aktuelle Studie von Lee et al. (2010) stützt die beobachtete Reflexion der Umgebungssprache in kindlichen Babbellauten. Der Vergleich koreanischer und englischsprachiger Babbellaute ergab, dass sprachspezifische Eigenschaften hauptsächlich in Vokalen, also in laryngeal erzeugten Lauten, reflektiert waren, die Konsonanten hingegen eine hohe Ähnlichkeit aufwiesen. Dieser Befund bestätigt die bereits dargestellte bestehende laryngo-respiratorische Kontrolle.

Dass die Anpassung an sprachspezifische Muster in der Lautproduktion bereits vor dem Auftreten erster Babbellaute geschieht, belegt eine Studie von Kuhl und Meltzoff (1996). Die Autoren bezeichnen den Mechanismus, der zu dieser Spezialisierung von zunächst universellen zu sprachspezifischen prosodischen Mustern beiträgt, als *vokales Imitationsverhalten* (vocal imitation). Darunter verstehen sie, dass Säuglinge die Vokalproduktionen Erwachsener (/a/, /i/ und /u/) in ihren eigenen Lautäußerungen imitieren. Dieses Phänomen, das auf einer vokal-auditorischen Rückkopplung (vocal-auditory loop) beruht, konnten sie bereits für ein Alter ab 12 Wochen sowohl durch eine subjektive phonetische Beurteilung als auch durch eine spektralanalytische Begutachtung der kindlichen Vokalisationen beobachten. Chen et al. (2004) konnten das von Kuhl und Meltzoff (1996) beobachtete Imitationsverhalten sogar bereits bei Neugeborenen feststellen. Allerdings untersuchten die Autoren ausschließlich orale Bewegungen, nicht aber die Lautproduktionen der Neugeborenen (N=25, durchschnittliches Alter: 3 Tage), nach einer auditiven und visuellen Stimulation mit den Lauten /m/ und /a/. Die Mundbewegungen der untersuchten Neugeborenen stimmten signifikant mit den präsentierten Stimuli überein. So öffneten die Neugeborenen den Mund nach /a/ und schlossen die Lippen nach /m/²⁵. Die Umsetzung auditiver Eindrücke in den eigenen Vokalisationen bzw. in oralen Bewegungen

²⁵ Der Lippenschluss nach /m/ wurde nur dann als übereinstimmendes Verhalten interpretiert, sofern der Lippenschluss plötzlich eintrat und schließlich in eine lockere bis offene Lippenstellung mündete (Chen et al. 2004).

(vokal-auditorische Rückkopplung) erfolgt demnach nicht erst in der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres, sondern ist bereits bei Neugeborenen zu beobachten.

Alle bislang aufgezeigten Studien (exklusive der Studie von Chen et al. 2004), deren Untersuchungsgegenstand der Einfluss der Sprachumgebung auf frühkindliche Lautäußerungen war, wurden mit Probanden im Säuglings- und Kleinkindalter durchgeführt. Der Anteil des postnatalen Inputs ist daher als maßgeblich für die beobachteten Leistungen zu betrachten. Für die in der vorliegenden Studie untersuchten Neugeborenen ist der Anteil nachgeburtlich gemachter Erfahrungen mit der Muttersprache dagegen vergleichsweise gering, da die durchschnittlich 3 Tage alten Neugeborenen ihre Muttersprache(n) maximal 2 bis 3 Tage nach der Geburt gehört haben (vgl. auch Byers-Heinlein et al. 2010). Die Fähigkeit, sprachliche Informationen intrauterin wahrzunehmen und diese zu memorieren (vgl. Kapitel 2.3), legt jedoch die Vermutung nahe, dass bereits Neugeborene auf dieses pränatal gelernte Wissen über die prosodischen Merkmale natürlicher Sprachen zugreifen können und es ferner bereits in ihren ersten Schreien anwenden. Frühe Effekte pränatalen Lernens auf die Lautproduktionen Neugeborener konnten 2009 erstmals demonstriert werden (Mampe et al. 2009). Hierfür führten die Autoren eine signalanalytische Auswertung prosodischer Merkmale (F_0 und Intensität) spontaner Weinlaute französischer und deutscher Neugeborener (N=60, Alter 2-5 Tage) durch. Eine Ermittlung der F_0 -Maximalwerte der Melodiekonturen ergab zum einen, dass sowohl die französischen als auch die deutschen Neugeborenen die 4 Grundmelodietypen nach Wermke (2002) produzierten. Zum anderen konnten trotz strukturell gleicher Melodietypen auch gruppenspezifische Lautproduktionspräferenzen abgeleitet werden: Die deutschen Neugeborenen produzierten bevorzugt Melodien mit einer kürzeren An- als Abstiegsflanke, während die französischen Neugeborenen eine Präferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke aufwiesen. Die präferierten Melodiekonturen entsprechen dem charakteristischen Intonationsmuster der jeweiligen Muttersprache. Die genannte Studie liefert erstmals Belege dafür, dass bereits die frühesten Vokalisationen Neugeborener sprachspezifisch geprägt sind. Eine sprachspezifische Prägung der Lautproduktion erfolgt somit nicht erst durch postnatale Erfahrungen mit der Muttersprache, sondern setzt schon pränatal ein. Basierend auf den Besonderheiten der auditiven Wahrnehmung in utero sind diese Prägungen auf prosodische Sprachmerkmale zurückzuführen (vgl. Kapitel 2.5).

4 Bilingualismus

In der vorliegenden Studie wird der Einfluss einer bilingualen pränatalen Sprachumgebung (Input) im Vergleich zu einer monolingualen Sprachumgebung auf die Weinlaute Neugeborener untersucht. Die nachfolgenden Kapitel befassen sich daher zunächst mit der Vorstellung und Definition des Phänomens *Bilingualismus*. Unter Bezugnahme auf frühe perzeptive und produktive Leistungen im monolingualen Spracherwerb wird daran anschließend der frühe bilinguale Spracherwerb aufgezeigt.

4.1 Die besondere Herausforderung des bilingualen Spracherwerbs

„Infants growing up bilingual face the remarkable challenge of acquiring two communicative systems simultaneously.“ (Werker/Byers-Heinlein 2008, S.149)

Die Grundvoraussetzung für das Verstehen einer Sprache und folglich für deren Erwerb besteht in der Unterteilung des kontinuierlichen Sprachstroms in sinnvolle Einheiten (Cutler et al. 1989). Überträgt man diese Voraussetzung auf die Erwerbssituation zwei- und mehrsprachig aufwachsender Kinder, so wird deutlich, dass diese vor eine besondere Herausforderung gestellt sind: Sprachliche Einheiten müssen gleichzeitig für zwei Sprachen erkannt, aus dem Sprachstrom herausgetrennt, mit Bedeutungen versehen und in einem mentalen Lexikon abgespeichert werden (Werker/Byers-Heinlein 2008, Werker et al. 2009, Byers-Heinlein et al. 2010), ohne dabei die beiden Sprachen miteinander zu vermischen. Eine zusätzliche Grundvoraussetzung für den Erwerb zweier Sprachen stellt demnach die Fähigkeit dar, die beiden zu erlernenden Sprachen differenzieren zu können. Darauf aufbauend können Repräsentationen beider Sprachen (Phoneminventare, Aufbau der Konsonanten-Kategorien) zum Ausbau eines Wortschatzes für jede der beiden Sprachen genutzt werden. Verglichen mit dem monolingualen Spracherwerb stellt der bilinguale Spracherwerb Kinder daher vor höhere perzeptive Anforderungen (Fennell et al. 2007). Hinsichtlich einer höheren bzw. einer doppelten perzeptiven Herausforderung können zwei kontroverse Annahmen für die Repräsentation der beiden Sprachen im bilingualen Spracherwerb getroffen werden: Einerseits können beide Sprachen in zwei voneinander getrennten autonomen Systemen repräsentiert sein (Paradis/Genesee 1996). Andererseits können beide Sprachen undifferenziert repräsentiert sein (Volterra/Taeschner 1978). Beide Annahmen implizieren vermehrte kognitive Leistungen im Vergleich zum monolingualen Spracherwerb.

Neben einer weiteren Sprache in der sprachlichen Umgebung ist diese im bilingualen Spracherwerb zusätzlich durch einen heterogenen Sprachkontakt gekennzeichnet. Viele verschiedene Kontaktpersonen (z.B. Eltern, Familienmitglieder, Freunde, umgebende Gemeinschaft) verhindern eine einheitliche Strukturierung des Sprachkontaktes, d.h. beide Sprachen werden unterschiedlich häufig gehört, was laut Triarchi-Herrmann (2006) ein zusätzliches Erschwernis für den Spracherwerb darstellt (s. auch Fennell et al. 2007). Diese Heterogenität zieht Variationen des Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen nach sich, was wiederum zu deutlichen Unterschieden im Erwerb beispielsweise phonotaktischer Regeln führen kann (Sebastián-Gallés/Bosch 2002).

Um eine möglichst hohe Sprachkompetenz (auf muttersprachlichem Niveau monolingualer Sprecher) zu erreichen, müssen ausgewählte sprachliche Aspekte (phonologisch, morphologisch und syntaktisch) für das bilingual aufwachsende Kind innerhalb bestimmter Entwicklungsperioden zugänglich sein (Kovelman et al. 2008). Trotz größerer kognitiver Anforderungen und der im Vergleich zum monolingualen Spracherwerb uneinheitlichen

sprachlichen Umgebung scheint auch im bilingualen Spracherwerb ein ausreichender Kontakt zu den beiden Umgebungssprachen zu bestehen. Dies geht aus Parallelen des mono- und bilingualen Spracherwerbs hervor: Wichtige Meilensteine der vokalen Entwicklung werden von mono- und bilingualen Kindern gleichzeitig erreicht (Oller 2000, Pearson et al. 1993, Werker et al. 2009, Kovács/Mehler 2009) und das Vokabular bilingualer Kinder stimmt mit dem monolingualer quantitativ überein (Pearson et al. 1995). Dessen ungeachtet weisen zahlreiche Studien auf qualitative Erwerbsunterschiede der zuerst erworbenen (L1) und der zweiten Sprache (L2) bei bilingualen Personen hin (Cutler et al. 1983, 1989, Bosch/Sebastián-Gallés 2003, Fennell et al. 2007, Sundara et al. 2008, Sebastián-Gallés/Bosch 2009). So stellten Cutler et al. (1989) beispielsweise fest, dass bilinguale Erwachsene Segmentierungsstrategien ihrer zuerst erworbenen Sprache auch auf die zweite Sprache anwenden. Für den Bilingualismus ist demnach der zeitliche Aspekt in Form des Erwerbalters der beiden Sprachen von erheblicher Bedeutung für die Sprachkompetenz bilingualer Sprecher (Bloch et al. 2009).

Die beschriebenen individuell stark variierenden Rahmenbedingungen des bilingualen Spracherwerbs (Quantität des Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen, wechselnde Kontaktpersonen, Erwerbalters) ziehen eine hohe interindividuelle Variabilität der Leistungen in den zu erwerbenden Sprachen nach sich. Zwar ist eine starke interindividuelle Variabilität auch im monolingualen Spracherwerb feststellbar, aus den einheitlicheren Rahmenbedingungen des monolingualen Spracherwerbs ist jedoch insgesamt ein homogenerer Verlauf abzuleiten.

4.2 Definition Bilingualismus

Die in Kapitel 4.1 beschriebenen individuell sehr verschiedenen Bedingungen des bilingualen Spracherwerbs verdeutlichen die Schwierigkeit, das Phänomen des Bilingualismus einheitlich zu definieren. Nachfolgend werden vier Definitionen vorgestellt sowie die darin enthaltenen Aspekte des Bilingualismus herausgearbeitet.

Bei Abutalebi et al. (2008) ist folgende Definition für Bilingualismus zu finden:

„The term bilingual refers to people who can use two languages (a native first language or L1, and a learnt second language or L2) in their everyday life“. (S. 1496)

Diese Definition legt ein besonderes Gewicht auf den Aspekt des regelmäßigen *Sprachgebrauchs* zweier Sprachen. Aus der Definition ist ferner abzuleiten, dass in der ersten Sprache (L1) eine muttersprachliche Kompetenz erreicht wird. Der Grad der Kompetenz in der zweiten Sprache (L2) ist nicht genauer festgelegt. Die Sprachkenntnis des Sprechers sollte jedoch für den alltäglichen Gebrauch dieser Sprache ausreichen.

Die Definition von Triarchi-Herrmann (2006) erweitert die Definition von Abutalebi et al. (2008) um die Modalität der Schriftsprache. Laut Autorin sind demnach all jene Personen als bilingual zu betrachten, die zwei Sprachen in *Wort und Schrift* beherrschen. Aus der Betonung, dass sich die sprachlichen Fähigkeiten Bilingualer aufgrund von eigenen „(...) *psychischen, emotionalen und soziokulturellen Voraussetzungen sowie durch den ständigen und intensiven Kontakt mit einer zweisprachigen Umgebung entwickelt haben*“ müssen (S.19), weist Triarchi-Herrmann auf den Aspekt der *Erwerbsart* von L1 und L2 hin. Laut dieser Definition kann Bilingualismus nur aus natürlichen, nicht aber aus gesteuerten Situationen, wie beispielsweise durch Schulunterricht, hervorgehen.

Cutler et al. (1989) räumen in ihrer Definition des Bilingualismus dem Aspekt der *Sprachkompetenz* eine besonders wichtige Rolle ein. Über die Anforderung einer maximalen Sprachkompetenz (auf muttersprachlichem Niveau monolingualer Sprecher) für beide Sprachen postulieren sie, dass es Bilingualismus überhaupt nicht geben kann. Diese Ausschluss-Definition des Phänomens des Bilingualismus leiten sie aus eigenen Perzeptionsstudien mit bilingualen Erwachsenen ab. Die von ihnen untersuchten simultan bilingualen Erwachsenen, die beide Sprachen gleichzeitig ab dem Zeitpunkt der Geburt erworben haben, nutzten Sprachverarbeitungsmechanismen (Segmentierungsstrategien), die für ihre dominante²⁶ Sprache typisch war, wie ein Vergleich mit monolingualen Sprechern dieser Sprache ergab. Stimuli ihrer nicht dominanten Sprache verarbeiteten die bilingualen Probanden ebenfalls anhand der für ihre dominante Sprache typischen Segmentierungsstrategien. Bezüglich der Sprachverarbeitung sind bilinguale Sprecher daher nicht als zwei monolinguale Sprecher in einer Person zu betrachten, da eine zu monolingualen Sprechern vergleichbare Sprachkompetenz für bilinguale Sprecher stets nur für eine Sprache (L1) gegeben zu sein scheint (s. auch Triarchi-Herrmann 2006).

Die kanadischen Wissenschaftlerinnen Janet Werker und Krista Byers-Heinlein (2008) betrachten alle Kinder als bilingual, die seit ihrer Geburt in einer bilingualen Umgebung aufgewachsen sind.

„By bilingual infants, we mean those children (...) who have been raised in a bilingual environment from birth.“ (s. S. 144)

Damit nennen sie neben einer natürlichen Erwerbssituation, die auch von Triarchi-Herrmann (2006) angeführt wurde, einen weiteren wichtigen Aspekt des Bilingualismus: das *Erwerbssalter (EA)* von L1 und L2. Mit dem Hinweis eines bilingualen Erwerbs nehmen die Autorinnen Bezug auf die Gruppe simultan bilingualer Sprecher (vgl. Tabelle 1).

Über den regelmäßigen Gebrauch zweier Sprachen hinaus beinhalteten die aufgeführten Definitionen die Aspekte der *Sprachkompetenz* (in Wort und Schrift), die *Erwerbsart* (natürlich oder gesteuert), das *Erwerbssalter* sowie die *Sprachdominanz*. Unter Berücksichtigung der Aspekte des Erwerbssalters und der Sprachkompetenz kann nachfolgend angeführte Einteilung des Bilingualismus vorgenommen werden:

²⁶ Die *dominante* oder *starke* Sprache beschreibt die Sprache, die ein bilingualer Sprecher mit einer höheren Sprachkompetenz beherrscht. Jede weitere Sprache wird als *nicht dominante* oder *schwache* Sprache bezeichnet (Triarchi-Herrmann 2006, Dupoux et al. 2010).

„Die besser entwickelte Sprache, die „starke“ oder auch „dominante“, ist meistens die Sprache der Umgebung, d.h. die Sprache, welche im unmittelbaren Umfeld gesprochen wird. Die Sprachfähigkeit in der anderen Sprache erreicht aber selten das Niveau der starken Sprache und stellt damit die „schwache Sprache“ der Zweisprachigen dar.“ (Triarchi-Herrmann 2006, S. 32f)

Für weitere Informationen zum Thema Sprachdominanz und Bilingualismus wird unter anderem auf die Ausführungen der nachstehenden Autoren verwiesen: Bosch/Sebastián-Gallés (1997), Juan-Garau/Pérez-Vidal (2001), Navarra et al. (2005), Conboy/Mills (2006), Sebastián-Gallés/Bosch (2002) und Ramon-Casas et al. (2009).

Tabelle 1 Übersicht über die Formen des Bilingualismus unter Berücksichtigung der Aspekte Erwerbssalter und Sprachkompetenz (vgl. Triarchi-Herrmann 2006, Bloch et al. 2009)

	Erwerbssalter (EA)	Sprachkompetenz
Simultaner Früh-Bilingualismus	Der simultane Bilingualismus beschreibt den gleichzeitigen Erstspracherwerb von zwei Sprachen. Der Kontakt zu beiden Sprachen ist meist bereits ab dem Zeitpunkt der Geburt, beispielsweise durch gemischte Elternpaare, gegeben. Das Erwerbssalter für L1 und L2 unterscheidet sich nicht ²⁷ .	
Verdeckt - simultaner Bilingualismus	Diese Form des Bilingualismus bezeichnet eine Unterform des simultanen Früh-Bilingualismus. Von einem verdeckten simultanen Bilingualismus ist die Rede, wenn sich beispielsweise die in der Familie gesprochene Sprache von der Landessprache unterscheidet, wie dies bei Familien mit Migrationshintergrund der Fall ist.	
Sukzessiver Bilingualismus	Beim sukzessiven Bilingualismus erfolgt der Erwerb zweier Sprachen nacheinander. Das Erwerbssalter für L1 und L2 ist demnach verschieden. In Abhängigkeit der Erwerbsart kann zwischen natürlichem und gesteuertem Bilingualismus , d.h. zwischen einem Input durch bilinguale Personen oder durch Schulunterricht, unterschieden werden.	<p>Eine positive Einflussnahme von L2 auf L1 wird additiver Bilingualismus genannt.</p> <p>Bewirkt der Erwerb einer weiteren Sprache (L2) eine Vernachlässigung der Erstsprache (L1), so wird dies subtraktiver Bilingualismus genannt.</p>
Später Bilingualismus	Der Erwerb von L2 erfolgt nach abgeschlossenem L1-Erwerb.	Die Sprachkompetenzen von L1 und L2 variieren meist stark.

²⁷ Diese Form wird in der Fachliteratur oftmals als 2L1 oder doppelter Erstspracherwerb bezeichnet (u.a. Anstatt 2007).

Aus der in Tabelle 1 zusammengefassten Übersicht der Formen des Bilingualismus gehen die Heterogenität der Gruppe der bilingualen Personen sowie die verschiedenen Rahmenbedingungen²⁸, die für den bilingualen Spracherwerb gelten, hervor. Diese Heterogenität erschwert die Erforschung des Phänomens Bilingualismus *per se* und verdeutlicht weiterhin, dass eine detaillierte Beschreibung der den Bilingualismus bestimmenden Faktoren in wissenschaftlichen Studien erforderlich ist.

Um diesbezüglich die Zuordnung von Probanden in mono- oder bilinguale Testgruppen zu erleichtern, entwarfen Pearson et al. (1997) einen Fragebogen, der eine umfangreiche Erfassung unterschiedlicher Rahmenbedingungen des bilingualen Spracherwerbs für Untersuchungszwecke ermöglicht. Über die genaue Auflistung der wöchentlichen Stundenzahl des Kontaktes mit beiden Umgebungssprachen (L1 und L2) sowie genaue Angaben zu den Kontaktpersonen und deren gesprochenen Sprachen wird so eine detaillierte Einschätzung des Sprachkontaktes bilingualer Probanden möglich. Ein solcher Fragebogen stellt folglich ein geeignetes Messinstrument für die Quantifizierung der Umgebungssprachen dar²⁹. Die im Rahmen ihrer Studie untersuchten Kinder, für die der Sprachkontakt zu einer ihrer beiden Sprachen mit weniger als 20% ermittelt wurde, zeigten sich in der Produktion dieser Sprache in Spielsituationen gehemmt, was die Untersucher dazu veranlasste, ein Mindestverhältnis von 75:25 für weitere Studien zur Sprachproduktion vorzuschlagen. Dabei bezieht sich das vorgeschlagene Verhältnis lediglich auf die Durchführung von Studien, in denen das *Evoziern* von Sprachproduktionen angestrebt wird. Die Autoren betonen daher, dass auch solche Kinder als bilingual zu betrachten sind, für die eine ihrer Sprachen mit weniger als 25% in der Sprachumgebung repräsentiert ist. Da in der vorliegenden Studie ausschließlich spontane Lautproduktionen untersucht wurden, wurden auch solche Neugeborenen für die bilinguale Probandengruppe ausgewählt, für die beide Sprachen in einem Verhältnis von 80:20 in der Sprachumgebung repräsentiert waren (vgl. Kapitel 8.5)³⁰.

Definition von Bilingualismus in der vorliegenden Studie

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die vergleichende Untersuchung des pränatalen Einflusses durch eine oder zwei Sprachen auf die Melodiekonturen Neugeborener. Alle Neugeborenen, die im Rahmen dieser Studie untersucht wurden, werden nach Auskunft der Eltern zwei Sprachen simultan erwerben, die die Mütter bereits in der Schwangerschaft regelmäßig gesprochen haben. Da die intrauterine Sprachwahrnehmung maßgeblich durch die von der Mutter gesprochene(n) Sprache(n) geprägt ist (vgl. Kapitel 2.2.3), wird der Sprachkontakt der Probanden mit dem mütterlichen Sprachverhalten während der Schwangerschaft gleichgesetzt. Zur Beschreibung der sprachlichen Umgebung der bilingualen Neugeborenen wurde daher eine Einschätzung der Mütter über ihr eigenes Sprachverhalten im letzten Schwangerschaftsdrittel herangezogen (vgl. Fragebogen im Anhang).

Bilingualismus ist hier durch einen *regelmäßigen bilingualen Sprachgebrauch der Mutter während der Schwangerschaft* definiert. Obwohl die in der vorliegenden Studie untersuchten Neugeborenen streng genommen noch keine Sprachen erworben haben, werden sie nachfolgend dennoch der Einfachheit halber nicht als *künftig Bilinguale*, sondern, unter Bezugnahme auf die gegebene Definition, als bilinguale Neugeborene bezeichnet. Für weitere Informationen zur Zusammenstellung der Probandengruppen sowie zu Informationen bezüglich des quantitativen Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen wird auf Kapitel 8.2.3, Tabelle 2 verwiesen.

²⁸ Der Grund für einen Bilingualismus kann vielfältig motiviert sein. Triarchi-Herrmann (2006) führt beispielsweise politische, sozioökonomische oder persönliche Umstände an, aus denen ein bilingualer Spracherwerb resultieren kann.

²⁹ In ihrer Untersuchung definierten Pearson et al. (1997) die mit dem größeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentierte Sprache als *dominante* Sprache. Dementsprechend war die *nicht dominante* Sprache durch den geringeren Anteil in der Sprachumgebung definiert.

³⁰ Einen vergleichbaren Fragebogen entwickelten auch Bosch und Sebastián-Gallés (2001).

4.3 *Der Einfluss einer bilingualen Sprachumgebung auf Neugeborene und Säuglinge*

In Ergänzung zu den in Kapitel 2.4 und Kapitel 3 erläuterten frühesten Perzeptions- und Produktionsleistungen, die den Einfluss einer monolingualen pränatalen Sprachumgebung reflektieren, wird in nachfolgendem Kapitel beschrieben, wie sich eine bilinguale sprachliche Umgebung auf frühkindliche perzeptive und produktive Leistungen auswirkt. Das Vorkommen zweier Umgebungssprachen sowie die daraus resultierende größere Herausforderung (perzeptiv und kognitiv) für den Spracherwerb weisen auf divergierende Leistungen von mono- und bilingualen Neugeborenen und Säuglingen hin.

4.3.1 **Erkenntnisse bezüglich der perzeptiven Fähigkeiten bilingualer Neugeborener**

Belege dafür, dass monolinguale Neugeborene zum Zeitpunkt der Geburt bereits eine starke Prägung durch ihre Muttersprache erfahren haben, wurden ausführlich in Kapitel 2.3 dargelegt. Die Prägung geht deutlich aus der Präferenz monolingualer Neugeborener für Stimuli ihrer Muttersprache hervor (u.a. Moon et al. 1993).

Byers-Heinlein et al. (2010) untersuchten erstmals den Einfluss einer pränatal bilingualen Prägung auf die perzeptiven Leistungen Neugeborener. Die untersuchten Neugeborenen waren zwischen 0 und 5 Tage alt. Die Mütter der Neugeborenen hatten während der Schwangerschaft regelmäßig die philippinische Sprache Tagalog sowie Englisch gesprochen³¹. Das Verhältnis der beiden gesprochenen Sprachen geben die Autorinnen mit 30:70 an³². Analog zu Studien zu einer pränatal monolingualen Prägung testeten Byers-Heinlein et al. (2010) zunächst, ob die bilingualen Neugeborenen eine perzeptive *Präferenz* für ihre Umgebungssprachen zeigen, und ob sie darüber hinaus dazu in der Lage sind, ihre beiden Umgebungssprachen zu differenzieren.

Das Ergebnis ihrer behavioralen Untersuchung weist, so die Autorinnen, auf eine *gleiche Präferenz* der Tagalog-Bilingualen für tagalog- und für englischsprachige Stimuli hin. Die Verwendung des Begriffes der Präferenz erscheint an dieser Stelle jedoch irreführend, stellten die Autorinnen doch eigentlich eine *Gleichbehandlung* der beiden Sprachen durch die Tagalog-bilingualen Neugeborenen fest. Ferner weist das Untersuchungsergebnis eben keine Präferenz auf, wie die Autorinnen selbst in der Erläuterung der Untersuchungsergebnisse beschreiben:

„Tagalog bilinguals did not show a significant preference for either language, (...)“ (vgl. Byers-Heinlein et al. 2010, S. 3)

Nach diesem Untersuchungsergebnis liegt folglich *keine* Präferenz für eine der beiden Umgebungssprachen vor. In anderen Worten: Eine bevorzugte Hinwendung der Neugeborenen zu einer der beiden Sprachen konnten die Autorinnen nicht feststellen. Das Ergebnis lässt, so die Auorinnen weiter, zwei kontroverse Interpretationsmöglichkeiten bezüglich der pränatalen Prägung durch die beiden Umgebungssprachen zu: Einerseits könnte das Ergebnis zeigen, dass die bilingualen Neugeborenen sich keiner ihrer beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen zuwenden (pränatale Prägung hat nicht stattgefunden). Andererseits könnte das Ergebnis die gleich häufige Hinwendung der

³¹ Die Gruppe der bilingualen Probanden, deren sprachliche Umgebung während der Schwangerschaft aus den Sprachen Tagalog und Englisch bestand, wird weiterhin als Tagalog-bilinguale Gruppe bezeichnet (vgl.auch Byers-Heinlein et al. 2010)

³² Den Ausführungen ist weder eindeutig zu entnehmen, ob die Sprachumgebung für alle Probanden gleich strukturiert war, noch welche der beiden Sprachen mit 30% repräsentiert war.

bilingualen Neugeborenen zu ihren pränatal gehörten Umgebungssprachen reflektieren (pränatale Prägung hat stattgefunden).

Zur Klärung dieser Frage führten die Autorinnen eine weitere Untersuchung durch. Im Rahmen dieser Untersuchung kontrastierten sie die Leistungen der Tagalog-Bilingualen mit den Leistungen einer weiteren Gruppe bilingualer Neugeborener (Chinesisch-Bilinguale³³). Aus der Verschiedenartigkeit der beobachteten Leistungen der bilingualen Neugeborenen beider Gruppen leiten die Autorinnen ab, dass eine pränatale Prägung stattgefunden haben muss, die weiterhin von den spezifischen Umgebungssprachen abhängig ist. Darauf aufbauend ist die beobachtete fehlende Präferenz als stattgefundene pränatale Prägung durch die beiden Umgebungssprachen zu interpretieren. Die Tagalog-Bilingualen zeigten dementsprechend eine gleich häufige Hinwendung zu beiden ihnen bekannten Sprachen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass trotz des im Vergleich zu einer monolingualen Sprachumgebung geringeren Anteils der beiden Sprachen in der Sprachumgebung auch bilinguale Neugeborene bereits eine starke pränatale Prägung durch ihre künftigen Muttersprachen erfahren haben (Byers-Heinlein et al. 2010).

Gerade für den bilingualen Spracherwerb stellt die Fähigkeit zur Differenzierung der beiden Umgebungssprachen eine wichtige Voraussetzung dar, um eine Konfusion der beiden Sprachen zu verhindern und entsprechend zwei getrennte Repräsentationen der beiden Sprachen aufbauen zu können (vgl. Werker/Byers-Heinlein 2008, Werker et al. 2009). Eine weitere Untersuchung von Byers-Heinlein et al. (2010) zeigt, dass die untersuchten Tagalog-bilingualen Neugeborenen mit Änderungen des Saugverhaltens auf einen Wechsel von englischen und Tagalog-Stimuli reagierten. Die bilingualen Neugeborenen waren folglich dazu in der Lage, beide ihnen bekannten Sprachen zu differenzieren, so die Autorinnen.

Aufgrund der Tatsache, dass Bilinguale möglicherweise vor die Aufgabe gestellt sind, zwei rhythmisch sehr ähnliche Sprachen zu erwerben (Sprachen die derselben Rhythmuskategorie zugeordnet werden), wie es beispielsweise für das Englische und das Holländische der Fall ist (betonungszählende Sprachen), weisen Byers-Heinlein et al. (2010) darauf hin, dass bilinguale Neugeborene höchstwahrscheinlich bereits dazu in der Lage sind, auch rhythmisch ähnliche Sprachen zu differenzieren (sog. Intraklassen-Unterschiede wahrzunehmen). Darin bestünde ein wesentlicher Unterschied zu den perzeptiven Leistungen monolingualer Neugeborener. Wie in Kapitel 2.5 dargelegt, können monolinguale Neugeborene nur solche Sprachen differenzieren, die rhythmisch *verschieden* sind, d.h. die verschiedenen Rhythmusklassen zugeordnet werden (Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Nazzi et al. 1998, Ramus et al. 2000). Selbst in einem Alter von 2 Monaten gelingt monolingualen Säuglingen die Unterscheidung rhythmisch ähnlicher Sprachen (Englisch, Holländisch) noch nicht, wie Christophe und Morton (1998) zeigten. Dem ermittelten Untersuchungsergebnis von Byers-Heinlein et al. (2010) ist zu entnehmen, dass die Chinesisch-Bilingualen die Tagalog-Stimuli zwar im Vergleich zu den Tagalog-Bilingualen weniger, im Vergleich zu den monolingual englischen Neugeborenen jedoch stärker präferierten. Dies ist erstaunlich, stellt doch Tagalog eine für sie vollkommen unbekannte Sprache dar. Aufgrund der hohen rhythmischen Ähnlichkeit von Tagalog und Chinesisch (bei gleichzeitig hinreichender Verschiedenartigkeit beider Sprachen) vermuten die Autorinnen, dass die Chinesisch-bilingualen Neugeborenen das Tagalog zwar als unbekannte Sprache erkannten, dennoch aber aufgrund der rhythmischen Eigenschaften, durch die sie bereits über das Chinesische pränatal geprägt wurden, behandeln wie eine bekannte Sprache. Das Ergebnis weist nach Angabe der Autorinnen darauf hin, dass bilinguale Neugeborene bereits zum Zeitpunkt der

³³ Der Gruppe der Chinesisch-Bilingualen wurden sowohl Neugeborene zugeordnet, deren Mütter während der Schwangerschaft Kantonesisch als auch Mandarin gesprochen haben. Die Gruppe der chinesisch-englisch Bilingualen wird in Anlehnung an die Autoren weiterhin als chinesisch-bilinguale Gruppe bezeichnet (Byers-Heinlein et al. 2010).

Geburt zur Differenzierung rhythmisch ähnlicher Sprachen fähig sind (Byers-Heinlein et al. 2010). Sollte diese Annahme durch weitere Studien bestätigt werden können, so würde eine bilinguale Sprachumgebung in der Schwangerschaft im Vergleich zu einer monolingualen Sprachumgebung deutlich abweichende Differenzierungsfähigkeiten im Neugeborenenalter bewirken. Die Differenzierungsfähigkeit auch rhythmisch ähnlicher Sprachen würde dabei eine optimale Anpassung an die besondere Spracherwerbsaufgabe bilingualer Kinder reflektieren.

Für die vorliegende Studie sind die Ergebnisse von Byers-Heinlein et al. (2010) maßgeblich von Bedeutung, stellen sie doch bislang die einzige publizierte Untersuchung dar, in der der Einfluss einer bilingualen Sprachumgebung auf die Perzeptionsleistungen Neugeborener thematisiert wurde. Die ausführlichen Erläuterungen tragen daher wesentlich zu einem besseren Verständnis der vorliegenden Studie bei. Analog zu der für monolinguale Neugeborene bereits genannten *perzeptiven Präferenz* für die Muttersprache (Mehler et al. 1986, Moon et al. 1993, Bosch/Sebastián-Gallés 1997) demonstrierten Mamepe et al. (2009) eine sprachspezifische *Produktionspräferenz* monolingual französischer Neugeborener. Diese Produktionspräferenz äußerte sich in der vermehrten Produktion von Melodiekonturen, die die prosodischen Charakteristika der Muttersprache reflektierten.

Die fehlende perzeptive Präferenz bilingualer Neugeborener nach Byers-Heinlein et al. (2010) lässt entsprechend einen analogen Effekt in der Lautproduktion bilingualer Neugeborener vermuten. Für die bilinguale Testgruppe wird daher, basierend auf den genannten Befunden, erwartet, dass die bilingualen Neugeborenen in der vorliegenden Untersuchung keine Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) zeigen (vgl. Hypothese 1b).

4.3.2 Abweichende Perzeptionsleistungen bilingualer Säuglinge und Kleinkinder im Vergleich zu monolingualen Säuglingen und Kleinkindern

Hinsichtlich der in Kapitel 4.3.1 vorgestellten Untersuchungsergebnisse von Byers-Heinlein et al. (2010) sowie der hohen interindividuellen Variabilität im bilingualen Spracherwerb (vgl. Kapitel 4.1) ist anzunehmen, dass die Ergebnisse von Perzeptionsstudien mit monolingualen Säuglingen und Kleinkindern nicht auf die besondere Situation des bilingualen Spracherwerbs übertragbar sind (vgl. Fennell et al. 2007). Diese Annahme wird durch zahlreiche Säuglingsstudien bestätigt, die deutlich abweichende Perzeptionsleistungen von monolingualen und bilingualen Säuglingen aufzeigen (u.a. Bosch/Sebastián-Gallés 2003, Fennell et al. 2007, Sundara et al. 2008, Sebastián-Gallés/Bosch 2009).

Zu diesen abweichenden Perzeptionsleistungen zählt beispielsweise die Differenzierungsfähigkeit nicht muttersprachlicher lautlicher Kontraste. Für monolinguale Säuglinge wurde diesbezüglich innerhalb des ersten Lebensjahres eine Abnahme der Differenzierungsfähigkeit festgestellt (vgl. Kapitel 2.4), die den Verlust universeller perzeptiver Fähigkeiten zugunsten einer Spezialisierung auf das muttersprachliche Lautinventar reflektiert (vgl. u.a. Werker et al. 1981, Werker/Tees 1984, Polka/Werker 1994, Bosch/Sebastián-Gallés 2003, Rivera-Gaxiola et al. 2005, Fennell et al. 2007, Hespos 2007, Sundara et al. 2008). Bosch und Sebastián-Gallés (2003) zeigen, dass die beiden Lautinventare im bilingualen Spracherwerb anders erworben werden als im monolingualen Spracherwerb. Der Unterschied besteht dabei in der Bewältigung von für den Aufbau des

muttersprachlichen Lautinventars notwendigen Differenzierungsleistungen. Dies ist nicht nur für die Differenzierung von Vokalkontrasten (Bosch/Sebastián-Gallés 2003), sondern auch für die Differenzierung von Konsonanten (Sundara et al. 2008) belegt.

Unter Verwendung behavioraler Untersuchungsmethoden (Habituation) untersuchten Bosch und Sebastián-Gallés (2003) Säuglinge (4, 8 und 12 Monate), deren Sprachumgebung entweder monolingual (Spanisch oder Catalan) oder bilingual (Spanisch und Catalan) war. Beide Umgebungssprachen sind der Rhythmusklasse der silbenzählenden Sprachen zuzuordnen und weisen daher per definitionem eine hohe Ähnlichkeit bezüglich ihrer rhythmischen Eigenschaften auf. Als Stimulusmaterial setzten die Autorinnen den ausschließlich im Catalan vorkommenden Vokalkontrast /e/-/ε/ auf Wortebene³⁴ ein. Das Untersuchungsergebnis zeigt Unterschiede in der Differenzierungsfähigkeit des getesteten Vokalkontrastes zwischen den mono- und bilingualen Probandengruppen auf: Zum ersten Untersuchungszeitpunkt (mit 4 Monaten) gelang sowohl den mono- als auch den bilingualen Probandengruppen die Unterscheidung des catalanischen Vokalkontrastes. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus Perzeptionsstudien mit monolingualen Kindern war die Unterscheidung des catalanischen Vokalkontrastes zum zweiten Untersuchungszeitpunkt (mit 8 Monaten) nur noch den monolingual catalanischen Kindern möglich, nicht aber den monolingual spanischen Säuglingen. Auch den bilingual Spanisch/Catalan aufwachsenden Säuglingen war die Unterscheidung des Vokalkontrastes zu diesem Untersuchungszeitpunkt nicht mehr möglich. Obwohl der zu differenzierende Vokalkontrast in der Sprachumgebung der bilingual aufwachsenden Gruppe vorkommt, und er ihnen demnach theoretisch bekannt sein müsste, gelang den Probanden die Differenzierung zu diesem Untersuchungszeitpunkt nicht (mehr). Zum letzten Untersuchungszeitpunkt (mit 12 Monaten) manifestierte sich das für die 8 Monate alten Säuglinge beobachtete Muster für die Catalan-monolinguale Probandengruppe. Die bilinguale Testgruppe war jedoch wie bereits zum Untersuchungszeitpunkt mit 4 Monaten erneut dazu in der Lage, den Vokalkontrast zu differenzieren. Die Untersuchungsergebnisse der bilingualen Probandengruppe wiesen daher im Gegensatz zu der für die monolingualen Kinder festgestellten linearen Zunahme der Differenzierungsfähigkeit auf einen Perzeptionsknick hin³⁵. Ursächlich für den beobachteten Perzeptionsknick war nicht die vorliegende Sprachdominanz³⁶ des Spanischen vor dem Catalanischen, wie der Vergleich der Leistungen der spanisch-dominanten mit den Catalan-dominanten Säuglingen ergab. Die Autorinnen interpretieren den beobachteten Perzeptionsknick der bilingualen Säuglinge daher als *kurze* 4-monatige Verzögerung im Erwerb des getesteten Vokalkontrastes, die durch die komplexere Sprachumgebung bedingt ist. Diesbezüglich sei jedoch angemerkt, dass eine Verzögerung von 4 Monaten innerhalb des ersten Lebensjahres keineswegs als kurze Verzögerung zu bewerten ist, sondern als erhebliche Verzögerung, die eine nur schwer aufzuholende Zeitspanne für die bilingualen Kinder darstellen würde. Die beobachteten voneinander abweichenden Differenzierungsleistungen scheinen daher auf spezifische perzeptive Entwicklungsmuster im bilingualen Spracherwerb hinzuweisen, wie die Autorinnen im Weiteren einräumen.

Der von Bosch und Sebastián-Gallés (2003) konstatierte Perzeptionsknick bei Aufgabenstellungen zur Lautdifferenzierung konnte durch eine weitere Untersuchung von Sebastián-Gallés und Bosch (2009) für bilinguale Kinder bestätigt werden. Dass ein vergleichbarer Perzeptionsknick auch für weitere perzeptive Leistungen im bilingualen Spracherwerb besteht, konnten Fennell et al. (2007) für das Wortlernen zeigen. Aus ihrer behavioralen Studie geht hervor, dass bilinguale Kinder phonetische Informationen zu einem

³⁴ Als Stimulusmaterial diente das Pseudowort [ˈdVdi]. An die durch V gekennzeichnete Position wurde jeweils der Vokal /e/ oder /ε/ eingesetzt. Die Betonung lag stets auf der ersten Silbe.

³⁵ Bezüglich des Perzeptionsknicks ist in der Literatur häufig von einem *U-förmigen Entwicklungsmuster* die Sprache. Dabei steht die U-Form bildlich für den ermittelten Verlust einer Fähigkeit am zweiten von drei Untersuchungszeitpunkten (Fennell et al. 2007).

³⁶ Die Autorinnen definieren die dominante Sprache als die von der Mutter gesprochene Sprache.

späteren Zeitpunkt für das assoziative Erlernen neuer Wörter heranziehen als gleichaltrige monolinguale Kinder. Zu diesem Ergebnis gelangten sie durch die Untersuchung einer heterogenen Gruppe simultan bilingualer Kinder³⁷. Die Aufgabe bestand darin, die bezüglich ihrer Konsonanten verschiedenen Nicht-Wörter [bI] und [dI] in Verbindung mit visuellen Stimuli als neues Wort zu lernen. Während die monolingualen Kinder bereits ab einem Alter von 17 Monaten einen Lernerfolg zeigten (deutliche Reaktionen auf Stimuluswechsel), war dies für bilingualen Kinder erst in einem Alter von 20 Monaten erkennbar. Da das Untersuchungsergebnis der Autoren an bezüglich ihrer sprachlichen Umgebung homogenen bilingualen Gruppen (Englisch/Chinesisch und Englisch/Französisch) bestätigt werden konnte, gehen die Autoren davon aus, dass die Art der zweiten Umgebungssprache keinen Einfluss auf den assoziativen Worterwerb nimmt. Die unterschiedlichen Ergebnisse sind somit auf den Bilingualismus per se zurückzuführen. Das deutlich schlechtere Abschneiden der bilingualen Kinder mit 17 Monaten zeigt, dass diese phonetische Informationen erst zu einem späteren Zeitpunkt für den Erwerb neuer Wörter nutzen, so die Autoren. Ähnlich wie das Untersuchungsergebnis von Bosch und Sebastián-Gallés (2003) zeigt auch das Untersuchungsergebnis von Fennell et al. (2007) eine zeitliche Verzögerung der untersuchten perzeptiven Leistungen bei den bilingualen Kleinkindern auf. Da für bilingualen Kinder jedoch beobachtet wird, dass sie in ihrer Sprachentwicklung wichtige Meilensteine im gleichen Alter erreichen wie monolinguale Kinder (Oller 2000, Werker et al 2009, Kovács/Mehler 2009), müssen bilingualen Kindern spezifische Erwerbsmechanismen zur Verfügung stehen, durch die eine generelle Spracherwerbsverzögerung verhindert wird. Die Annahme spezifischer Erwerbsmechanismen im bilingualen Spracherwerb ist gestützt durch Untersuchungen von Kovács und Mehler (2009, 2009a), die ein flexibleres Lernverhalten bei bilingualen Säuglingen und Kleinkindern belegen.

Abweichungen in den perzeptiven Leistungen bilingualer Kinder im Vergleich zu monolingualen Kindern gehen auch aus einer Studie von Sundara et al. (2008) hervor. Die untersuchten Englisch/Französisch aufwachsenden Bilingualen konnten den in beiden Sprachen bezüglich seines Artikulationsortes unterschiedlichen Konsonanten [d] (alveolar versus dental), der in keiner der beiden Sprachen bedeutungsunterscheidende Funktion trägt, sowohl mit 7 als auch mit 11 Monaten differenzieren. Dies entsprach der Leistung monolingual englisch aufwachsender Kinder und reflektiert darüber hinaus die Leistung englischsprachiger Erwachsener. Den 11 Monate alten monolingual französischen Probanden gelang die Differenzierung des Kontrastes jedoch nicht. Da im Gegensatz zum Englischen im Französischen dieses Merkmal nicht vorkommt, ist die Leistung der französischen Probanden durch eine mangelnde Erfahrung mit dieser Eigenschaft begründet. Das Untersuchungsergebnis spiegelt folglich sprachspezifische perzeptive Fähigkeiten der monolingualen Probanden wider. Die zu beiden Messzeitpunkten festgestellte Differenzierungsfähigkeit der bilingualen Testgruppe kann nicht auf eine mögliche Sprachdominanz des Englischen, im Sinne eines höheren Anteils des Englischen in der Sprachumgebung, zurückgeführt werden, da innerhalb der bilingualen Gruppe sowohl Französisch (n=7) als auch Englisch (n=8) mit je 70:30 als dominante Sprache auftraten (für n=1 galt ein ausgewogenes Verhältnis von 50:50). Eine Erklärung für die anhaltende Unterscheidungsfähigkeit ist daher laut Autoren in dem gemeinsamen Erfahrungspool beider Umgebungssprachen zu suchen. Diese Interpretation stützt die von Bosch und Sebastián-Gallés (2003), die ebenfalls die Konfrontation mit zwei Sprachlautinventaren noch vor dem höheren Anteil einer der beiden Umgebungssprachen als maßgebliche Ursache spezifischer perzeptiver Entwicklungsmuster bei bilingualen Säuglingen betrachten.

Eine Studie von Burns et al. (2007) stützt das für phonetische Varianten von Konsonanten gefundene Ergebnis durch ein vergleichbares Resultat für die Unterscheidung verschiedener Voice Onset Time (VOT)-Varianten der Konsonanten [b] und [p]. Während die untersuchten 10 bis 12 Monate alten monolingualen (Englisch) Kinder nur den in ihrer Muttersprache

³⁷ Die Sprachumgebung bestand für alle Probanden dieser Gruppe aus Englisch und einer weiteren Sprache, deren Anteil 70% und 30% respektive betrug.

vorkommenden Kontrast differenzieren konnten, war den bilingualen Kindern (Englisch/Französisch) weiterhin die Differenzierung beider Kontraste möglich. Die anhaltende Differenzierungsfähigkeit der bilingualen Säuglinge weist darauf hin, dass die bilingualen Säuglinge zwei separate Repräsentationen der Lautinventare beider Umgebungssprachen aufgebaut haben. Darüber hinaus zeigt die Differenzierungsfähigkeit eines sich derart gering unterscheidenden Kontrastes innerhalb des VOT-Kontinuums die Einmaligkeit und Komplexität der Wahrnehmungs- und Verarbeitungskapazitäten bilingualer Kinder.

Divergente Entwicklungsmuster im mono- und bilingualen Spracherwerb sind durch zahlreiche weitere Studien belegt. Bosch und Sebastián-Gallés (1997) untersuchten bilinguale Kinder (Spanisch/Catalan) eines durchschnittlichen Alters von 4 Monaten. Beide Sprachen waren in der Sprachumgebung der Probanden in einem ausgeglichenen Verhältnis repräsentiert (50:50 oder 40:60). Unter Verwendung der behavioralen Methode der visuellen Orientierung wurden die Säuglinge auf ihre Fähigkeit hin getestet, ihre Muttersprache (Spanisch oder Catalan) von einer ihnen unbekanntem Sprache (Englisch) auf Satzebene zu differenzieren. Die Differenzierungsleistung der monolingualen Kinder äußerte sich durch eine deutliche Präferenz für das muttersprachliche Stimulusmaterial. Für die bilingualen Säuglinge beobachteten die Untersucherinnen bezüglich der Präferenz ein entgegengesetztes Verhaltensmuster: Sie reagierten signifikant schneller auf die ihnen unbekanntem Sprache denn auf die ihnen bekannte (Mutter-)Sprache. In einem weiteren Experiment untersuchten die Autorinnen die Fähigkeit der Spanisch/Catalan aufwachsenden Kinder, beide ihnen bekannten Sprachen zu differenzieren. Eine Präferenz für eine der beiden Sprachen stellten sie jedoch nicht fest. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit dem Befund von Byers-Heinlein et al. (2010) für die Präferenzleistungen bilingualer Neugeborener, der ausführlich in Kapitel 4.3.1 dargelegt wurde. Bosch und Sebastián-Gallés (1997) untersuchten weiterhin, ob die fehlende Präferenz³⁸ auf einer fehlenden Differenzierungsfähigkeit der beiden Umgebungssprachen beruht. Für die untersuchte Gruppe der Bilingualen ist dies vor allem deshalb interessant, weil die Umgebungssprachen Spanisch und Catalan rhythmisch ähnliche Sprachen sind (Rhythmusklasse der silbenzählenden Sprachen). Wie bereits erwähnt, stellt die Unterscheidung rhythmisch ähnlicher Sprachen für monolinguale Kinder eine besondere Schwierigkeit dar (Christophe/Morton 1998). Bosch und Sebastián-Gallés (1997) kontrastierten daher in einem weiteren Experiment je eine für die Probanden bekannte Sprache (Spanisch oder Catalan) mit einer ihnen unbekanntem Sprache, die entweder rhythmisch ähnlich (Italienisch, Rhythmusklasse der silbenzählenden Sprachen) oder rhytmisch verschieden (Englisch, Rhythmusklasse der betonungszählenden Sprachen) zu den bekannten Sprachen ist. Die Probanden erkannten sowohl Italienisch als auch Englisch als ihnen unbekanntem Sprachen. Aus den unterschiedlichen Reaktionen auf Englisch und Italienisch ziehen die Autorinnen den Rückschluss, dass Säuglinge mit 4 Monaten bereits ihre Umgebungssprachen von unbekanntem Sprachen differenzieren können, und zwar ungeachtet der Rhythmusklassenzugehörigkeit der zu differenzierenden Sprachen. Bereits im Alter von 4 Monaten scheint folglich bereits eine starke Prägung durch beide Umgebungssprachen stattgefunden zu haben. Die beobachteten langsameren Reaktionszeiten der bilingualen Kinder auf die bekannte Sprache im Gegensatz zur unbekanntem Sprache könnten nach Aussage der Autorinnen eine Folge der höheren perzeptiven Anforderungen im bilingualen Spracherwerb sein. Die Fähigkeit bilingualer Säuglinge, rhythmisch ähnliche Sprachen in einem Alter von 4 Monaten zu differenzieren, konnten Bosch und Sebastián-Gallés (2001, 2003) in weiteren Studien bestätigen.

Gerade die angeführten Untersuchungen belegen eindrücklich, dass die postulierte Grundvoraussetzung des bilingualen Spracherwerbs – die Fähigkeit, beide zu erwerbenden Umgebungssprachen differenzieren zu können – auch dann gegeben ist, wenn zwei

³⁸ Die von den Autorinnen beobachtete fehlende Präferenz bezieht sich ausschließlich auf die im Rahmen der Studie beobachtete Perzeptionsleistung der untersuchten Kinder und ist nicht mit einer fehlenden Prägung zu verwechseln.

rhythmisch ähnliche Sprachen erworben werden. Für eine Validierung der behavioralen Ergebnisse wäre jedoch die Anwendung neurophysiologischer Untersuchungsmethoden wünschenswert. Denn obwohl Säuglinge zwischen dem dritten und vierten Lebensmonat in der Lage sind, sich einer Schallquelle zuzuwenden (Wirth 2000), ist gerade die Bestimmung der Blick- und Aufmerksamkeitszeiten zu einem so frühen Zeitpunkt (4 Monate) als kritisch zu bewerten.

4.4 Der quantitative Aspekt des bilingualen Spracherwerbs: Wirkt sich das quantitative Verhältnis der beiden Umgebungssprachen auf die perzeptiven und produktiven Leistungen bilingualer Sprecher aus?

Bislang wurden ausgewählte Untersuchungsergebnisse spracherwerbsrelevanter Wahrnehmungsleistungen mono- und bilingualer Kinder gegenübergestellt. Nachfolgendes Kapitel befasst sich ausschließlich mit der Frage, ob das quantitative Verhältnis der beiden Sprachen in der Sprachumgebung einen Einfluss auf die perzeptiven und produktiven Leistungen Bilingualer ausübt. In anderen Worten: Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Anteil einer Sprache in der Sprachumgebung und den perzeptiven und/oder produktiven Leistungen bilingualer Sprecher?

Die im Folgenden dargelegten Studien definieren die mit einem größeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentierte Sprache als *dominante* Sprache. Dabei ist das Phänomen der *Sprachdominanz* gerade für ältere bilinguale Sprecher durch eine höhere Sprachkompetenz in der dominanten Sprache relativ zur nicht dominanten Sprache definiert (s. auch Triarchi-Herrmann 2006). Dies geht beispielsweise aus der bereits in Kapitel 4.2 dargelegten Ausschlussdefinition des Bilingualismus von Cutler et al. (1989) hervor. Die Autoren betonen hier, dass bilinguale Sprecher beide Sprachen stets anhand der Segmentierungsstrategien der dominanten Sprache verarbeiten.

Die Messung produktiver Leistungen getrennt nach Umgebungssprachen ist in vorsprachlichen Entwicklungsstadien bilingualer Neugeborener und Säuglinge noch nicht möglich. Im Gegensatz dazu ist eine Messung der produktiven Leistungen bei monolingualen Neugeborenen und Säuglingen möglich, da die Umgebungssprachen in diesem Fall eindeutig zugeordnet werden können. Bezüglich der Produktion ist auch eine Untersuchung der Sprachkompetenz bilingualer Säuglinge, als Indikator einer Sprachdominanz in den frühesten Entwicklungsstadien, unmöglich. Die kanadischen Autorinnen Janet Werker und Krista Byers-Heinlein (2008) weisen diesbezüglich jedoch darauf hin, dass die Verwendung des Begriffes der dominanten Sprache in Säuglingsstudien meist auf einer quantitativen Einschätzung des Verhältnisses der Umgebungssprachen beruht (s. auch Triarchi-Herrmann 2006). Die dominante Sprache entspricht hier der mit einem größeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentierte Sprache. Um eine Konfusion der Begriffe *Sprachdominanz*, im Sinne des Anteils beider Sprachen in der Sprachumgebung, und *Sprachkompetenz*, im Sinne der Definition von Cutler et al. (1989), zu vermeiden, wird in Bezug auf die vorliegende Untersuchung auf die Verwendung des Begriffes der Sprachdominanz verzichtet. In Anlehnung an Werker und Byers-Heinlein (2008) sowie basierend auf der hier zugrunde liegenden Fragestellung (s. Hypothese 2, Kapitel 7) werden nachfolgend ausschließlich Untersuchungsergebnisse über den Einfluss des quantitativen Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen auf perzeptive und/oder produktive Leistungen im bilingualen Spracherwerb dargelegt.

Grundsätzlich kann das Verhältnis der beiden Umgebungssprachen auf 3 verschiedene Arten bestimmt sein: Anteil Umgebungssprache 1 > Anteil Umgebungssprache 2, Anteil

Umgebungssprache 1 = Anteil Umgebungssprache 2 (ausgewogenes Verhältnis) oder Anteil Umgebungssprache 1 < Anteil Umgebungssprache 2.

Welchen Einfluss das quantitative Verhältnis auf frühkindliche perzeptive und produktive Leistungen hat, ist bislang noch relativ unklar.

Sebastián-Gallés und Bosch (2002) untersuchten diese Einflussnahme bei Säuglingen eines durchschnittlichen Alters von 10 Monaten, in deren Sprachumgebung sowohl Spanisch als auch Catalan vorkam. Anhand eines Fragebogens ermittelten die Untersucherinnen zunächst Schätzwerte bezüglich des Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen. Für die einzelnen Probanden variierte dieses zwischen 30:70 und einem ausgewogenen Verhältnis (50:50). Aufgrund der Feststellung der Untersucherinnen, dass die von der Bezugsperson (erfahrungsgemäß die Mutter) gesprochene Sprache meist mit einem größeren Anteil in der kindlichen Sprachumgebung repräsentiert war, ordneten die Untersucherinnen alle Probanden (auch die mit einem ausgewogenen Verhältnis der beiden Umgebungssprachen) in Abhängigkeit der ermittelten Verhältnisse entweder einer Gruppe mit größerem Catalan-Anteil oder einer mit größerem Spanisch-Anteil zu. Die Untersuchung beinhaltete die Messung von Verhaltensveränderungen der bilingualen Probanden auf einsilbige Nonsens-Wörter (CVCC), die für das Catalan phonotaktisch entweder legale oder illegale Endungen hatten. Das Untersuchungsergebnis zeigte, dass alle bilingualen Probanden eine hohe Sensibilität für die phonotaktischen Regeln des Catalan aufwiesen, was sich in der Fähigkeit der Probanden zeigte, legale und illegale Lautkombinationen zu erkennen. Darüber hinaus zeigten die Probanden, für die Catalan mit einem größeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentiert war, eine signifikante Präferenz für phonotaktisch legale Wortendungen, wohingegen die Probanden, in deren Sprachumgebung das Spanische zu einem größeren Anteil repräsentiert war, keine Präferenz für die im Catalan legalen Endungen zeigten. Das Verhältnis der beiden Umgebungssprachen bewirkte demnach Unterschiede bezüglich der perzeptiven Präferenz 10 Monate alter Säuglinge.

Eine Untersuchung von Ramon-Casas et al. (2009) stützt den Befund von Sebastián-Gallés und Bosch (2002). Die von ihnen untersuchten bilingualen (Spanisch/Catalan) Kleinkinder eines Alters zwischen 18 und 26 Monaten reagierten ebenfalls signifikant verschieden auf korrekt ausgesprochene Stimuli im Vergleich zu fehlerhaft ausgesprochenen Wörtern. Für die Kleinkinder, die einen größeren Anteil an Catalan in ihrer Sprachumgebung hatten, ermittelten die Autoren einen durchschnittlichen Catalan-Anteil von 65%³⁹. Das Untersuchungsergebnis legt offen, dass die getesteten Kinder, die einen größeren Catalan-Anteil in ihrer Sprachumgebung (65-80%) hatten, signifikant verschieden (längere Blickdauer) auf Wörter reagierten, die bezüglich des enthaltenen Vokals /e/ oder /ɛ/⁴⁰ entweder richtig oder falsch ausgesprochen wurden. Allerdings war die Gruppe der Kinder mit größerem Catalan-Anteil mit 20 Kindern deutlich umfangreicher als die der Kinder mit größerem Spanisch-Anteil (4 Kinder). Eine erneute Testung mit bezüglich der Sprachumgebung gleichmäßig verteilten Probandengruppen wäre daher wünschenswert.

Befunde, die auf eine Einflussnahme des Verhältnisses der Umgebungssprachen schließen lassen, gehen auch aus Untersuchungen zur Produktion hervor. So weisen Pearson et al. (1997) auf einen relativen Zusammenhang des Wortschatzerwerbs und des Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen hin.

In einer früheren Studie beobachteten Pearson et al. (1993) zwar nach eigenen Angaben keinen quantitativen Unterschied im produktiven Wortschatzumfang bilingualer (Englisch/Spanisch) und monolingualer Kinder im Alter von 16-27 Monaten. Diese Aussage wurde jedoch von den Autoren sogleich relativiert, wiesen sie doch darauf hin, dass dies nur

³⁹ Die Ermittlung des Verhältnisses beider Sprachen in der Sprachumgebung wurde mithilfe eines Fragebogens erhoben.

⁴⁰ Die beiden Vokale stellen einen Vokalkontrast im Catalan, nicht aber im Spanischen dar.

dann galt, sofern beide Sprachen gemeinsam in der quantitativen Beschreibung des Wortschatzumfangs bilingualer Kinder berücksichtigt wurden. So ergab die Summe des produktiven Wortschatzes beider Sprachen 100%. Eine genauere Betrachtung der produktiven Leistungen legte einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Anteil einer Sprache in der Sprachumgebung und deren Sprachgebrauch durch das Kind offen. Dieser Zusammenhang zeigte sich in vergleichbaren Leistungen der untersuchten monolingual englischsprachigen Kindern und der gleichaltrigen bilingualen Kinder, für die Englisch mit 60-75% den größeren Anteil in der Sprachumgebung ausmachte. Die Produktionsleistungen im Spanischen (das für diese Kinder mit nur 25-40% mit einem geringeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentiert war) fielen in dieser Gruppe deutlich geringer aus. Die Betrachtung der Gruppe, deren sprachliche Umgebung durch einen größeren Spanisch-Anteil gekennzeichnet war, führte zu einem entsprechenden Ergebnis, nämlich quantitativ umfangreicheren Produktionsleistungen des Spanischen (Pearson et al. 1993). Die in der Sprachumgebung stärker repräsentierte Sprache korrelierte folglich bei den untersuchten Kindern mit umfangreicheren produktiven Leistungen in dieser Sprache. Die bereits erwähnte Studie von Pearson et al. (1997) stützt die beobachtete Korrelation des Verhältnisses der Umgebungssprachen und der Sprachproduktion. Die Autoren untersuchten den produktiven Wortschatzumfang von insgesamt 25 simultan bilingualen Kindern zwischen 8 und 30 Monaten. Ihr Untersuchungsergebnis kann wie folgt zusammengefasst werden: *Je größer der Anteil einer Sprache in der Sprachumgebung war, desto umfangreicher war der produktive Wortschatzumfang in dieser Sprache.* Weiterhin konnten die Untersucher feststellen, dass Kinder, für die eine der Sprachen in der Sprachumgebung nur sehr geringfügig (20%) in der Sprachumgebung repräsentiert war, diese Sprache nur widerwillig in den Testsituationen produzierten. Hinsichtlich des Einflusses des Anteils einer Umgebungssprache auf die produktiven Leistungen kann ferner festgehalten werden: *Je geringer der Anteil einer Sprache in der Sprachumgebung bilingualer Kinder, desto größer ist ihre Hemmschwelle, diese Sprache zu produzieren.*

Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung von Gildersleeve-Neumann et al. (2008) zur Sprachproduktion von Kindern zwischen 3 und 4 Jahren stützen die aus der quantitativen Bestimmung des Wortschatzumfangs gewonnenen Ergebnisse von Pearson et al. (1993, 1997). Durch Tonaufnahmen kindlicher Sprachproduktionen sowie deren phonetischer Transkription gelang es den Untersuchern, zu zeigen, dass Englisch/Spanisch bilingual aufwachsende Kinder mit einem größeren Anteil an Englisch in ihrer Sprachumgebung weit weniger Fehler im Englischen produzierten als bilingualer Kinder, für die beide Sprachen in einem ausgewogenen Verhältnis in der Sprachumgebung repräsentiert waren. Ein Vergleich der bilingualen Gruppen mit einer monolingual englischen Gruppe legte darüber hinaus insgesamt höhere Fehlerquoten der bilingualen Kinder offen. Das schlechtere Abschneiden der bilingualen Kinder stützt das Postulat von Cutler et al. (1989), wonach ein bilingualer Sprecher niemals die Sprachkompetenz zweier monolingualer Sprecher in sich vereinen könne (vgl. Kapitel 4.2).

Die aufgeführten Studien zeigen, dass der Anteil einer Sprache in der Sprachumgebung bilingualer Sprecher einen Einfluss auf die *Quantität* der Sprachproduktion einerseits (Pearson et al. 1993, 1997) und auf die *Qualität*, im Sinne der Sprachkompetenz, andererseits hat (Gildersleeve-Neumann et al. 2008). Analog zu den vorgestellten Ergebnissen aus Perzeptionsstudien reflektieren sie weiterhin die Diskriminationsfähigkeit der beiden Umgebungssprachen in der frühen Entwicklung (Pearson et al. 1993, Genesee et al. 1995).

Für die in der vorliegenden Studie relevante Altersgruppe (Neugeborenenalter) liegen bislang noch keine publizierten Untersuchungsbefunde über den Einfluss des quantitativen Verhältnisses der beiden Inputsprachen auf perzeptive und/oder produktive Leistungen vor.

Da die in der vorliegenden Studie untersuchte Gruppe der bilingualen Kinder sowohl Probanden umfasste, die beide Sprachen in einem ausgewogenen oder in einem unausgewogenen Verhältnis (überwiegend Französisch und überwiegend nicht Französisch) gehört hatten, war eine Untersuchung der Einflussnahme des Umgebungssprachen-Verhältnisses hier möglich. Das Untersuchungsergebnis soll zu einem besseren Verständnis der Einflussnahme pränatal bilingualer Erfahrungen auf früheste Lautproduktionen führen. Damit kommt die vorliegende Untersuchung der Aufforderung einiger Autoren nach, den quantitativen Aspekt des Verhältnisses beider Umgebungssprachen (als den die Sprachdominanz eines Sprechers bedingenden Faktor) bereits in Untersuchungen zu frühesten Sprachentwicklungsstufen zu berücksichtigen (Wartenburger et al. 2003, Werker et al. 2009, Dupoux et al. 2010).

5 Die Intonation des Französischen

Die nachfolgende Studie untersucht, ob eine Variation der vorgeburtlichen Sprachumgebung (bilingual: Französisch und eine weitere Sprache) im Vergleich zu einer ausschließlich monolingualen Sprachumgebung (Französisch) die Schreimelodieproduktion Neugeborener beeinflusst.

Nachfolgend werden prosodische Besonderheiten der französischen Intonation vorgestellt, da Französisch die Umgebungssprache für Gruppe A und eine der beiden Umgebungssprachen für Gruppe B ist.

Für eine Beschreibung der französischen Intonation ist zunächst die Zuordnung des Französischen zur Rhythmuskategorie⁴¹ der *silbenzählenden* Sprachen von Bedeutung. Silbenzählende Sprachen sind durch einen isochronen Silbenrhythmus gekennzeichnet, der sich im Französischen in einer im Vergleich zu germanischen Sprachen geringeren Variationsbreite bezüglich der Lokalisation akzentuierter Silben zeigt (Post 2000). Aufgrund dieser geringen Variationsbreite wird das Französische in der Literatur beizeiten auch als monotone Sprache beschrieben (Post 2000), die entweder durch gar keine Betonungen oder allenfalls durch eine phrasenfinale Betonung, d.h. durch eine *Endbetonung*, gekennzeichnet ist (Rossi 1980).

Eine Betrachtung der Betonung auf Wortebene stützt diese Hervorhebung der Endbetonung für die französische Intonation. Laut Post (2000) ist die Betonung von Wörtern⁴² im Französischen stets auf die letzte Silbe festgelegt, wie nachfolgendes Beispiel⁴³ verdeutlicht:

Nous recherchons l'intonation du français.

(Wir untersuchen die französische Intonation.)

Trotz dieser von Post (2000) beobachteten Endbetonung auf Wortebene ist die französische Intonation maßgeblich durch melodische Variationen sogenannter *Wortgruppierungen*⁴⁴ bestimmt, denen im Französischen eine besondere Bedeutung zukommt. Posts (2000) Ausführungen zur französischen Intonation stehen demnach in Einklang mit der von Rossi (1980) hervorgehobenen Bedeutung von Phrasen.

Die Relevanz der Wortgruppierungen ist dabei darauf begründet, dass die Intonation im Französischen vor allem dem Zweck der Segmentierung des Sprachstroms, zur Detektion der Wortgruppierungen dient. Die Segmentierung basiert auf dem obligatorischen phrasenfinalen Akzent dieser Wortgruppierungen (Post 2000), durch den Phrasengrenzen gekennzeichnet sind. Auch Mertens (1993) weist auf die Bedeutung von Wortgruppierungen für die französische Intonation hin, die der Autor in seinen Ausführungen als *Betonungsgruppen* (stress groups) bezeichnet. Die Betonungsgruppen bestimmen laut Mertens (1993) stets die Betonung der darin enthaltenen Wörter. Sowohl Wortgruppierungen (Post 2000) als auch Betonungsgruppen (Mertens 1993) weisen somit auf die Hinlänglichkeit einer Spezifizierung der Betonung auf Wortebene im Französischen hin. Zur Unterscheidung der französischen und der deutschen Intonation ziehen Hirst und DiCristo (1998) ebenfalls Betonungsgruppen heran und unterstreichen somit ebenfalls die Relevanz dieser rhythmischen Einheit: Nach Aussage der Autoren sind Betonungsgruppen im

⁴¹ Die Rhythmusklassentypologie umfasst weiterhin betonungszählende sowie morenzählende Sprachen (Ladefoged 1975, zit.n. Hirst 2006).

⁴² Im Französischen werden ausschließlich lexikalische Wörter (z.B. Nomen, Verben, Adverbien und Adjektive) betont. Funktionswörter, wie beispielsweise Präpositionen, bleiben hingegen unbetont (Post 2000).

⁴³ Das Beispiel wurde Post (2000) entnommen. Die betonten Silben sind unterstrichen.

⁴⁴ Neben der Wortgruppierung nennt Post (2000) grammatische Kategorien, die Reihenfolge betonter Silben, Sprechstil und -rate sowie Fokus und Emphase als die Verteilung der Tonhöhenakzente im Französischen beeinflussenden Faktoren.

Französischen stets durch eine Betonung auf der rechten Seite (right-headed) und im Deutschen durch eine Betonung auf der linken Seite gekennzeichnet (left-headed). Dabei ist entsprechend der Leserichtung von links nach rechts ebenfalls eine Endbetonung für das Französische (vgl. Mertens 1993, Post 2000, Jun/Fougeron 2002) und eine Anfangsbetonung für das Deutsche charakteristisch.

Jun und Fougeron (2002) versuchten die Ansicht, die Betonung sei im Französischen stets an Betonungsgruppen geknüpft, zu relativieren. So beschrieben die Autoren, dass die Betonung auf Wortebene im Französischen durchaus festgelegt und somit beschreibbar sei, ihre Realisierung werde jedoch von der Position des Wortes innerhalb einer Phrase bestimmt. Dabei sind ausschließlich Wörter, die am Ende einer Wort- oder Betonungsgruppe stehen, durch die typische Endbetonung gekennzeichnet (Post 2000). Wenngleich diese Beschreibung der Betonung des Französischen auf Wortebene im Vergleich zu Mertens (1993) ein Gewicht zugesteht, so verliert sie dieses durch die übergeordnete Rolle der Phrase für die französische Intonation (s. auch Post 2000). Für die Betrachtung der französischen Intonation spielt das Wort folglich eine untergeordnete Rolle, der Melodieverlauf über eine Phrase hinweg ist dagegen von entscheidender Bedeutung.

Die typische Endbetonung des Französischen, die Phrasengrenzen kennzeichnet, ist, so Jun und Fougeron (2002), durch eine ausgeprägte Dehnung der Endsilbe charakterisiert. Diese Dehnung ist das Resultat einer Veränderung der Parameter *Dauer* (zeitliche Dehnung der Endsilbe) und *Intensität* (Intensitätsanstieg). Neben dieser Dehnung sind die Phrasengrenzen weiterhin durch einen Anstieg der *Tonhöhe* (Pitch) und folglich durch einen steigenden *Grundfrequenzverlauf* ($t(F_0)$) gekennzeichnet (Mertens 1993, Jun/Fougeron 2002). Auch Welby (2006) und Delattre (1961) beschreiben den Anstieg der Tonhöhe gegen Ende prosodischer Einheiten (z.B. Wörter, intermediäre prosodische Phrasen) als charakteristisch für die französische Intonation.

Die Kennzeichnung von Betonungen und Phrasengrenzen durch steigende Melodiekonturen weist diesen eine herausragende Bedeutung im Französischen zu.

Es ist daher wahrscheinlich, dass der Endbetonung durch ansteigende Melodiekonturen eine herausragende Rolle im Erwerb der französischen Prosodie zukommt. Wie Mampe et al. (2009) bereits demonstrieren konnten, weisen französische Neugeborene bereits in ihren ersten Vokalisationen eine Produktionspräferenz für ansteigende Melodiekonturen auf (vgl. Kapitel 3). Da diese Melodiekonturen entsprechend den vorangehenden Ausführungen die Intonation der Umgebungssprache charakterisieren, wird in der vorliegenden Studie davon ausgegangen, ebenfalls ansteigende Melodiekonturen (längere An- als Abstiegsflanke; s. Abbildung 8) in den untersuchten Vokalisationen der monolingual französischen Neugeborenen zu finden (s. Kapitel 7).

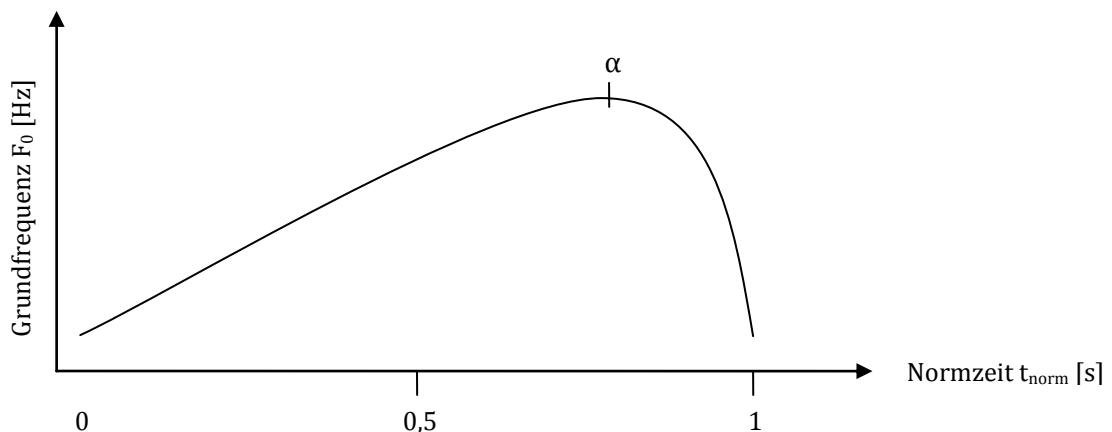


Abbildung 8 Schematische Darstellung einer Melodiekontur mit längerer An- als Abstiegsflanke

In der vorliegenden Arbeit werden spontane Schreimelodiekonturen mithilfe des mathematischen EF-Modells (Autor: W. Mende) analysiert⁴⁵. Mithilfe des EF-Modells ist eine Beschreibung der globalen Form von Melodiebögen u.a. anhand des Formparameters α möglich. Durch den Formparameter α ist dabei die Position des Melodiebogenmaximums ($F_0\text{Max}$) relativ zu der zeitlichen Normierung des Melodiebogens definiert. Das Melodiemaximum α variiert entsprechend der Normierung zwischen 0 und 1.

Die für das Französische charakteristische Endbetonung (vgl. Abbildung 8) ist gemäß den in Kapitel 8.4.5 dargelegten Melodiebogenformen durch $\alpha > 0,5$ definiert.

⁴⁵ Für eine ausführliche Beschreibung des EF-Modells wird auf Kapitel 8.4.5 verwiesen.

6 Methodologische Überlegungen

Das Thema der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung möglicher Auswirkungen einer pränatal monolingualen im Vergleich zu einer pränatal bilingualen Sprachumgebung auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter.

Die Auswahl des Analyseparameters Melodie

Die in Kapitel 2.2.3 dargelegte pränatale Wahrnehmbarkeit von Stimmen und Gesprächen (Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988, Richards et al. 1992) ist ein Beleg dafür, dass bereits Föten erste auditive Erfahrungen mit ihrer künftigen Muttersprache sammeln. Diese auditiven Erfahrungen werden in einem fötalen Gedächtnis gespeichert und bleiben somit bis in das Neugeborenenalter erhalten (u.a. DeCasper/Spence 1986, Hepper 1988, Hepper et al. 1993). Das Bestehen eines fötalen Gedächtnisses ermöglicht schon Neugeborenen die Bewältigung erstaunlicher Wahrnehmungsleistungen. In diesem Zusammenhang sind vor allem die prosodischen Merkmale (Melodie und Rhythmus) der (pränatalen) Sprachumgebung von besonderer Relevanz, da sie pränatal fast uneingeschränkt wahrnehmbar sind, während phonetische Sprachmerkmale intrauterin nur stark eingeschränkt wahrnehmbar sind (Querleu et al. 1988). Dabei spielt die Grundfrequenz (F_0) eine besondere Rolle für die Wahrnehmung der linguistischen Betonung (Hardcastle/Laver 1999).

Aufgrund der Bedeutung der Melodie für die pränatale auditive Perzeption wird die *Melodie* in der vorliegenden Studie als geeigneter Analyseparameter ausgewählt.

Die Melodie der Schreie zu untersuchen, beruht weiterhin auf der Erkenntnis, dass bereits Neugeborene über ein relativ weit ausgereiftes und funktionsfähiges laryngo-respiratorisches System verfügen (Greer 2008), das eine flexible Kontrolle des Atemdrucks während des Phonationsvorgangs (Boliak et al. 1996) sowie Frequenzmodulationen ermöglicht (Wermke 2002). Bereits die Schreie Neugeborener sind daher keineswegs fixiert oder reflexiv (Wermke 2002). Während des Phonationsvorgangs werden die Stimmlippen durch den hindurchströmenden Ausatemstrom in Schwingungen versetzt (Storch 2002), die Grundfrequenz (F_0) wird produziert. Die Zeitfunktion der Grundfrequenz (der Grundfrequenzverlauf $t(F_0)$) beschreibt dabei physikalisch die (Phonations-)Melodie. Noch lange bevor artikulierte Sprachlaute gebildet werden können, sind Neugeborene und Säuglinge folglich in der Lage, trotz des relativ unreifen Sprechapparates prosodierelevante Elemente (Melodie und Rhythmus) zu produzieren (Wermke 2002, Mampe et al. 2009). Aufgrund der weit vorangeschrittenen Ausreifung der laryngo-respiratorischen Organe zum Zeitpunkt der Geburt (Greer 2008) sind dementsprechend bereits sprachspezifisch geprägte Melodiekonturen vorstellbar. In eigenen vorangehenden Untersuchungen (Mampe 2007, Mampe et al. 2009) konnte dies bereits gezeigt werden. Die Schreimelodien der untersuchten monolingualen Neugeborenen zeigten zwar alle universellen 4 Grundmelodietypen nach Wermke (2002) und damit ein Melodierepertoire, das unterschiedlichste Konturvarianten enthält; darüber hinaus konnte aber gleichzeitig demonstriert werden, dass Neugeborene eine deutliche Tendenz zeigen, Melodiekonturen zu produzieren, die typische Intonationseigenschaften ihrer Umgebungssprache (Muttersprache) reflektieren. Eine aktuelle Studie von Lee et al. (2010) stützt die beobachtete Reflexion der Umgebungssprache für kindliche Babbellaute. Der Vergleich koreanischer und englischsprachiger Babbellaute ergab, dass sprachspezifische Eigenschaften hauptsächlich in Vokalen, also in laryngeal erzeugten Lauten, reflektiert waren, die Konsonanten hingegen eine hohe Ähnlichkeit aufwiesen. Dieser Befund ist bezüglich der bereits dargestellten bestehenden laryngo-respiratorischen Kontrolle nicht weiter verwunderlich.

Der Einstieg in den Spracherwerb geschieht sowohl in der Perzeption als auch in der Produktion über Melodie und Rhythmus. Der prosodische Parameter der Melodie stellt somit eine geeignete Messgröße für die Analyse der Lautproduktionen Neugeborener dar.

Die vorliegende Arbeit umfasst daher die Untersuchung von *Melodiekonturen* Neugeborener, um Hinweise auf eine Einflussnahme der pränatalen Sprachumgebung zu erhalten.

Der Nachweis einer pränatalen Prägung erfordert eine Untersuchung der Schreimelodien möglichst kurz nach der Geburt

Der Nachweis einer pränatalen auditiven Prägung auf die postnatale Melodieproduktion erfordert eine Untersuchung der Schreimelodien möglichst kurz nach der Geburt, um den postnatalen Einfluss durch die sprachliche Umgebung möglichst gering zu halten. Diesbezüglich erscheinen Geburtsschreie als für die Melodiekonturanalyse besonders geeignet. Da Geburtsschreie, bedingt durch Flüssigkeit im Vokaltrakt sowie durch postnatale Adaptationsvorgänge, jedoch oftmals stark instabil sind, sind sie für die hier durchgeführte Melodiekonturanalyse ungeeignet. In der vorliegenden Studie werden deshalb ausschließlich Schreimelodien untersucht, die zwischen dem 2. und 5. Lebenstag produziert wurden (vgl. Kapitel 8.4.1). Angesichts dieses Aufnahmezeitraums kann eine postnatale Prägung durch die Muttersprache(n) nicht vollständig ausgeschlossen werden. Da die pränatale Prägung jedoch über einen Zeitraum von 3 Monaten hinweg stattgefunden hat, ist davon auszugehen, dass die postnatale auditive Prägung durch die Muttersprache(n) in den ersten Lebenstagen vergleichsweise gering ist (vgl. hierzu auch Byers-Heinlein et al. 2010).

Das Gruppenunterscheidungsmerkmal der Sprachumgebung

Da in der vorliegenden Studie die Einflussnahme einer pränatal monlingualen im Vergleich zu einer pränatal bilingualen Sprachumgebung auf die postnatale Melodieproduktion untersucht wird, stellt die pränatale Sprachumgebung (Input) der zu untersuchenden Neugeborenen das wichtigste Gruppenunterscheidungsmerkmal dar. In Kapitel 2.2.3 wurde bereits erörtert, dass die mütterliche Stimme (und damit die von ihr gesprochene(n) Sprache(n)) für die pränatale auditive Wahrnehmung von besonderer Relevanz ist, ist sie doch für den Fötus verstärkt wahrnehmbar (u.a. Vince et al. 1985). Vor allem die prosodischen Eigenschaften des mütterlichen Sprechens sind für den Fötus wahrnehmbar, wohingegen Stimmen und Geräusche der Umwelt durch Gewebe, Fruchtwasser sowie intrinsische Geräusche des mütterlichen Organismus gedämpft werden (Bench 1968, Armitage et al. 1980, Vince et al. 1985, Querleu et al. 1988, Querleu et al. 1988a, Gerhardt et al. 1990, 1992, Richards et al. 1992, Gerhardt/Abrams 1996). Die verstärkte Wahrnehmung der mütterlichen Stimme im Vergleich zu Stimmen aus der Umgebung ist laut Spitzer (2005) durch die besondere Lage des fötalen Kopfes im mütterlichen Becken bedingt. Die Beckenknochen umgeben den Kopf des Fötus wie Lautsprecher, wodurch der Schall direkt, via Knochenleitung, zum Fötus übertragen wird. Der Anteil des Luftschalls ist hier vergleichsweise gering. Aufgrund der intrauterinen Verstärkung der mütterlichen Stimme ist von einer starken Prägung des Fötus durch die mütterliche Stimme und Sprechweise auszugehen.

Aufgrund der Bedeutung der mütterlichen Stimme wird deutlich, dass die Untersuchung einer pränatalen auditiven Prägung durch die Muttersprache eine genaue Erfassung des *mütterlichen* Sprach- und Sprechverhaltens erfordert, um die pränatale Sprachumgebung adäquat zu beschreiben. Das Gruppenunterscheidungsmerkmal der pränatalen Sprachumgebung ist daher in der vorliegenden Studie durch die von der Mutter (während des letzten Schwangerschaftsdrittels) gesprochene(n) Sprache(n) definiert.

In Anlehnung an eine Untersuchung von Sundara et al. (2008) sind die *monolingualen Neugeborenen* in der vorliegenden Studie dadurch gekennzeichnet, dass die Mutter während

der Schwangerschaft eine Sprache zu mindestens 90% gesprochen hat. Da alle Lautaufnahmen in der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses in Paris/Frankreich durchgeführt werden, ist die französische Sprache die Umgebungssprache aller monolingualen Probanden. Die Lautaufnahmen der bilingualen Neugeborenen werden in derselben Geburtsklinik angefertigt.

Die *bilingualen Neugeborenen* sind in der vorliegenden Studie dadurch definiert, dass ihre Mütter während der Schwangerschaft regelmäßig zwei Sprachen (Französisch und eine weitere Sprache) gesprochen haben. Die bilingualen Mütter müssen beide Sprachen in einem Verhältnis von mindestens 20:80 während der Schwangerschaft gesprochen haben. Das heißt, eine Sprache wurde zu 80% und die andere zu 20% im alltäglichen Gebrauch gesprochen. Dabei ist es (zunächst) unerheblich, ob Französisch oder die weitere Sprache zu 80% gesprochen wurde⁴⁶.

Zur Quantifizierung der Sprachumgebung werden in Bilingualismusstudien Fragebögen eingesetzt, die eine mehr oder weniger detaillierte Einschätzung des Sprachkontakts bilingualer Probanden ermöglichen. In diese Fragebögen, wie sie beispielsweise von Pearson et al. (1997) oder Bosch und Sebastián-Gallés (2001) entwickelt wurden, wird eingetragen, wie oft bzw. wie lange die bilinguale Person beide Umgebungssprachen hört, und in welchen Situationen beide Sprachen gehört werden⁴⁷. Weiterhin werden Informationen eingetragen, die Aufschluss über die Sprachkompetenz der jeweiligen Kontaktpersonen geben. Die Fragebögen liefern Angaben über die wöchentliche Stundenzahl, die eine bilinguale Person Kontakt zu beiden Umgebungssprachen hat, sowie genaue Angaben zu den Kontaktpersonen und den von ihnen gesprochenen Sprachen.

Die Quantifizierung des Sprachkontaktes Neugeborener ist für die vorliegende Untersuchung ebenfalls relevant, da sie die Basis für die Einteilung der Probanden in die mono- und bilinguale Gruppe bildet. Die Untersuchung Neugeborener erfordert jedoch eine Anpassung der herkömmlich verwendeten Fragebögen. Dieses Erfordernis beruht einerseits darauf, dass die Einschätzung der Sprachumgebung für die pränatale Phase relevant ist, weniger für die postnatale Phase. Andererseits ist die Berücksichtigung verschiedener Kontaktpersonen anders als bei bisherigen Studien hier nicht relevant: Pränatal werden Stimmen anderer Personen, im Gegensatz zur mütterlichen Stimme, nur gedämpft wahrgenommen (u.a. Querleu et al. 1988a, Richards et al. 1992). Dieser Umstand begründet, dass zur Beschreibung der pränatalen Sprachumgebung eine Erfassung des mütterlichen Sprachgebrauchs während der Schwangerschaft ausreichend ist.

In der vorliegenden Arbeit werden daher für die (Selbst-)Einschätzung des mütterlichen Sprachgebrauchs relevante Fragen des von Marian et al. (2007) entwickelten Fragebogens zur Selbsteinschätzung der Spracherfahrung und Sprachkompetenz (LEAP-Q⁴⁸) bilingualer Sprecher verwendet. Der Fragebogen nach Marian et al. (2007) wurde als Vorlage gewählt, da hier ausschließlich der Sprachgebrauch eines bilingualen Sprechers berücksichtigt wird. Informationen zu Bezugspersonen o.Ä., wie sie in den Fragebögen von Sebastián-Gallés et al. (2001) erhoben werden, sind für die vorliegende Studie nicht relevant, geht es doch hier ausschließlich darum, den mütterlichen Sprachgebrauch zu erfassen.

⁴⁶ In der vorliegenden Arbeit werden, in Übereinstimmung mit Publikationen zum Thema Bilingualismus, die Verhältnisse 90:10 und 80:20 zur Definition mono- oder bilingualer Personen verwendet. An dieser Stelle wird darauf verwiesen, dass das Verhältnis bilingualer Personen richtigerweise durch 11:89 beschrieben werden müsste. Es ist jedoch unwahrscheinlich (mit dem hier verwendeten Fragebogen), derart genaue Angaben bezüglich des quantitativen Verhältnisses zweier Sprachen bilingualer Personen zu erhalten. Aus diesem Grund wird hier das in der Literatur gängige Verhältnis 80:20 zur Definition bilingualer Person verwendet.

⁴⁷ Bei älteren Probanden wird in den Fragebögen auch eingetragen, wie oft der Proband beide Sprachen produktiv einsetzt.

⁴⁸ LEAP-Q: Language Experience and Proficiency Questionnaire (Marian et al. 2007)

In dem Fragebogen wird eingetragen, welche Sprachen von der Mutter während des letzten Schwangerschaftsdrittels gesprochen wurden sowie welche Sprachen in ihrer direkten Umgebung gesprochen wurden⁴⁹.

Im Gegensatz zu dem Fragebogen nach Marian et al. (2007) werden in dem hier verwendeten Fragebogen keine Angaben zu Geburtsdatum und Alter der Mutter eingetragen, da diese Angaben für die vorliegende Studie nicht relevant sind. Da der Fragebogen ausschließlich für eine Befragung der Mütter eingesetzt wird, ist die Angabe des Geschlechtes der befragten Person ebenso hinfällig. Fragen zur kulturellen Identifikation, Daten zur Immigration oder Angaben zur Schulbildung der Sprecherin sind für die vorliegende Studie ebenfalls nicht von Belang und werden daher ebenfalls nicht berücksichtigt. Auch Fragen zur Erfassung der Sprachkompetenz der bilingualen Mütter in den von ihnen gesprochenen Sprachen sind für die vorliegende Studie nicht von Belang, da hier nicht der Einfluss der Sprachkompetenz auf die Lautproduktion untersucht werden soll, sondern der Einfluss einer pränatal mono- im Vergleich zu einer pränatal bilingualen Sprachumgebung auf die Lautproduktionen Neugeborener. Die entsprechenden Fragen werden daher in dem hier verwendeten Fragebogen zur Erfassung des mütterlichen Sprachgebrauchs während der Schwangerschaft nicht berücksichtigt. Die von Marian et al. (2007) verwendeten Fragen wurden ins Deutsche übersetzt und gegebenenfalls abgeändert. Der hier verwendete Fragebogen ist lediglich von dem von Marian et al. (2007) entwickelten LEAP-Q inspiriert. Es wird somit keinesfalls Anspruch auf eine vollständige Berücksichtigung aller Inhalte des LEAP-Q nach Marian et al. (2007) erhoben. Eine Übersetzung in das Französische ist nicht notwendig, da die Untersucherin die Mütter befragt und das Ausfüllen des Fragebogens übernimmt.

Heterogene Zusammensetzung der bilingualen Probandengruppe

Bedingt durch den der Untersucherin zur Verfügung stehenden begrenzten Zeitraum für die Durchführung der Lutaufnahmen (4 Monate), ist die Wahrscheinlichkeit sehr gering, ausreichend bilinguale Neugeborene aufnehmen zu können, deren Mütter während der Schwangerschaft dieselben beiden Sprachen gesprochen haben. Zugunsten eines größeren Stichprobenumfangs wird daher bezüglich der Sprachkombination für die vorliegende Untersuchung eine uneinheitliche (heterogene) Zusammensetzung der bilingualen Gruppe in Kauf genommen. Die uneinheitliche Zusammensetzung hat den Vorteil, dass eine bezüglich der Kombination der Umgebungssprachen „neutrale Gruppe“ entsteht, mit einer Störung des französischen Einflusses.

Medizinische Auswahlkriterien

Wenngleich das Gruppenmerkmal der pränatalen Sprachumgebung für die vorliegende Studie maßgeblich von Bedeutung ist, müssen für die Auswahl geeigneter Neugeborener auch medizinisch-biologische Faktoren berücksichtigt werden. Dies basiert auf Erkenntnissen der Perzeptions- und Produktionsforschung, die belegen, dass sowohl die auditive Wahrnehmung als auch die Lautproduktion Neugeborener durch medizinisch-biologische Faktoren beeinflusst werden können. Zu diesen Faktoren zählen unter anderem der mütterliche Missbrauch von Noxen in der Schwangerschaft (Church 1987, Zeskind et al. 1996, Potter et al. 2000, Cone-Wesson 2005, Key et al. 2007, Kable et al. 2009) sowie das Auftreten von prä-, peri- oder postnatalen Infektionen des Kindes (Raes et al. 1982). Weiterhin gibt es Belege über Veränderungen der Sprachwahrnehmung bei intrauteriner Wachstumsstörung (Kisilevsky/Davies 2007). Auch Byrne et al. (1993) konnten einen Zusammenhang zwischen einem niedrigen Geburtsgewicht und einer verzögerten expressiven und rezeptiven

⁴⁹ In der Selbsteinschätzung ihres Sprachgebrauchs wurden die Mütter gebeten, auch die während der Arbeitszeit gesprochenen Sprachen zu berücksichtigen.

Sprachentwicklung aufzeigen. Auch in Zusammenhang mit chromosomalen Aberrationen, die die fötale Entwicklung beeinträchtigen (z.B. karyotype Anomalien, Katzenschrei-Syndrom oder Downsyndrom), wurden Auffälligkeiten in der Schreiproduktion festgestellt, die sich beispielsweise durch eine erhöhte F_0 oder auch durch monotone Melodieverläufe äußern, und diesbezüglich deutlich von den Schreien gesunder Kinder im Neugeborenen- und Säuglingsalter abweichen (u.a. Michelsson et al. 1980, Lynch et al. 1995, Zeskind et al. 1996)⁵⁰.

Um eine Einflussnahme der angeführten Faktoren auf die zu untersuchenden Schreimelodien ausschließen zu können, werden daher für die vorliegende Untersuchung ausnahmslos gesunde Neugeborene ausgewählt (s. Kapitel 8.2.1).

Die Datenerhebung: Überlegungen zur Durchführung der digitalen Lautaufnahmen

Zur Untersuchung der Schreimelodien Neugeborener ist zunächst die Anfertigung von digitalen Schreilautaufnahmen notwendig. In diesem Zusammenhang bedarf es einer hohen Übereinstimmung bezüglich der räumlichen, zeitlichen, personellen und situativen Rahmenbedingungen für die Aufnahmen, um eine hinreichende Standardisierung der Aufnahmebedingungen im Klinikalltag zu erreichen. In der vorliegenden Studie wird dies erreicht, indem die Lautaufnahmen aller Probanden in derselben Geburtsklinik (Port-Royal) in Paris von der Untersucherin der vorliegenden Arbeit durchgeführt werden.

Für die Durchführung von Lautaufnahmen von Babyschreien kommen verschiedene Vorgehensweisen in Betracht: Eine Vorgehensweise besteht darin, Babyschreie gezielt *auszulösen* (etwa durch Kneifen in den Arm oder durch das Schnipsen mit einem Gummiband an den Oberarm oder Fuß des Neugeborenen). Eine weitere Vorgehensweise besteht darin, *abzuwarten*, bis das Neugeborene von selbst zu weinen beginnt.

Das gezielte Auslösen von Babyschreien hat den Vorteil, dass die Lautaufnahme mit einem geringeren Zeitaufwand verbunden ist. Das gezielte Auslösen von Schreien birgt jedoch auch Nachteile. So handelt es sich hierbei um eine Methode, die mit moralischen Bedenken verknüpft ist und unter Umständen zu einer Ablehnung des Studiendesigns durch die zuständige Ethikkommission führt. Ein weiterer, nicht unerheblicher Nachteil ist darin begründet, dass die Verwendung dieser Untersuchungsmethode die Teilnahmebereitschaft der Eltern negativ beeinflusst. Der für die vorliegende Studie wesentlichste Nachteil dieser Methode besteht jedoch darin, dass es sich bei den ausgelösten Schreien um Schmerzschreie handelt, deren akustische Eigenschaften im Gegensatz zu denen spontaner, nicht evozierter Schreilaute durch die subjektive Wahrnehmung von Schmerz bestimmt sind (Bellieni et al. 2004). Es handelt sich um biologische Notsignale, deren Eigenschaften weniger mit der Umgebungssprache korrelieren. Für die im Fokus der vorliegenden Arbeit stehende Fragestellung ist eine Untersuchung der Melodien von Schmerzschreien nicht geeignet. Das gezielte Auslösen von Schreilauten zum Zwecke der Datenerhebung wird daher nicht gewählt.

Die hier gewählte Vorgehensweise der Durchführung von Lautaufnahmen, das Abwarten auf spontan einsetzende Weinlaute der Neugeborenen, hat den Nachteil, dass die Lautaufnahme mit einem erheblichen Zeitaufwand für den Untersucher verbunden ist. So ist nicht vorhersagbar, wann ein Neugeborenes schreit und ob die produzierten Schreilaute für eine spätere Melodiekonturanalyse geeignet sind. Ein wesentlicher Vorteil dieser Möglichkeit besteht jedoch darin, dass sogenannte *mitigierte Schreilaute* oder Spontanschreilaute aufgenommen werden können. Nach Wermke und Mende (2000) sind mitigierte Weinlaute

⁵⁰ Weiterführende Informationen zur Thematik der Schreianalyse als Diagnostikinstrument sind u.a. zu finden bei: Ostwald et al. (1968), Wasz-Höckert et al. (1971), Zeskind/Lester (1978), Raes et al. (1980), Michelsson et al. (1984), Weston/Mader (1984), Wermke (1987), Rapisardi et al. (1989), Boero et al. (2000);

durch eine abgeminderte Intensität sowie durch eine harmonische (stimmhafte) Struktur gekennzeichnet (s. auch Wermke 2002), die im Gegensatz zu Schmerzschreien durch ein größeres Repertoire an Frequenzmodulationen gekennzeichnet sind. Für die Melodieanalyse sind mitigierte Weinlaute daher besonders geeignet. Die Untersucherin nimmt dementsprechend ausschließlich spontane Schreilaute auf. Aufgrund der genannten Durchführungart der Lautaufnahmen ist eine hohe Teilnahmebereitschaft der Eltern zu erwarten.

Die gewählte Vorgehensweise des Abwartens auf spontan einsetzende Schreilaute hat zur Folge, dass keine streng standardisierte Aufnahmesituation, sondern nur eine bedingt gleiche Aufnahmesituation geschaffen werden kann. Unterschiedliche Aufnahmesituationen sowie Unterschiede in der Anzahl der produzierten Schreilaute, die von jedem Neugeborenen aufgenommen werden können, sind so nicht zu vermeiden.

Insgesamt konnte die Untersucherin im zur Verfügung stehenden Untersuchungszeitraum Lautaufnahmen von 60 gesunden Neugeborenen anfertigen. 40 Neugeborene hatten pränatal eine monolingual französische Sprachumgebung, 20 Neugeborene hatten eine pränatal bilinguale Sprachumgebung. Die Anzahl der aufgenommenen Schreilaute pro Neugeborenem variierte in der vorliegenden Studie zwischen 16 und 177.

Die Datenauswertung: Analyse der Melodiekonturen

In einer eigenen Voruntersuchung von Mampe (2007) wurde die Methode der *Handvermessung*⁵¹ für die Auswertung der Schreimelodien eingesetzt. Mithilfe dieser Methode wurden F_0 -Maximalwerte der einzelnen Melodiekonturen ermittelt, aus denen anschließend, in Abhängigkeit der Position des F_0 -Maximalwertes, die Melodiebogenform abgeleitet wurde. Anhand der Verteilungseigenschaften der F_0 -Maximalwerte wurde schließlich auf Melodiekonturproduktionspräferenzen der untersuchten Neugeborenen geschlossen. Der kritische Punkt bei dieser Methode liegt in der Ermittlung des F_0 -Maximums. Bei diesem handelt es sich um einen lokalen Einzelwert innerhalb der Frequenz/Zeit-Datenreihe, der nicht unbedingt dem sich aus der Gesamtform ergebenden Melodiekonturmaximum entsprechen muss.

Diese Ungenauigkeit bezüglich des Melodiekonturmaximums kann mithilfe einer mathematischen Methode zur Modellierung der Melodiekonturen vermieden werden. Bei dieser Methode handelt es sich um das von W. Mende (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften) entwickelte EF-Modell, das eine quantitative Bestimmung der Melodiebogenformen (Melodiekonturen) ermöglicht. Der entscheidende Vorteil dieser Methode gegenüber der Methode der Handvermessung besteht darin, dass das EF-Modell⁵² die globale Melodiekontur anhand von sechs Parametern bestimmt, wobei der

⁵¹ Für die Methode der *Handvermessung* wurde zunächst ein Melodiediagramm in einem Unterprogramm der CDAP[®]-Software erstellt. Durch das Setzen von Cursors wurden anschließend manuell Anfang und Ende des Melodiehauptbogens markiert. Entsprechend der Cursorposition wurden automatisch Zeit/Frequenzwerte für die markierten Anfangs- und Endwerte des Melodiehauptbogens in einer Exceltabelle gespeichert. Innerhalb des markierten Cursorbereichs wurde sodann durch eine spezielle Analyseroutine der CDAP[®]-Software das F_0 -Maximum ermittelt sowie der Zeitpunkt, an dem das F_0 -Maximum erreicht wurde ($t(F_0\max)$). Aus der Differenz des gespeicherten End- (t_E) und Anfangswertes (t_A) wurde anschließend die Melodiebogenlänge berechnet ($\text{Melodiebogenlänge} = t_E - t_A$). Die Melodiekontur wurde zeitlich normiert und anschließend ein relatives F_0 -Maximum berechnet ($t_{\text{norm}}(F_0\max)$). Die Methode der Handvermessung ist ausführlich in Mampe (2007) beschrieben.

⁵² Für eine ausführliche Beschreibung der Methode der EF-Modellierung wird auf Kapitel 8.4.5 verwiesen.

Formparameter α ⁵³ zuverlässig das Melodiekonturmaximum beschreibt. Aufgrund der eindeutigen Bestimmung des Melodiekonturmaximums (α) erlaubt die EF-Modellierung so einen objektiven Vergleich von Schreimelodiekonturen Neugeborener und ist daher unbedingt gegenüber der Methode der Handvermessung vorzuziehen.

Aufgrund des beschriebenen Vorteils der EF-Modellierung gegenüber der Methode der Handvermessung wird die EF-Modellierung für die vorliegende Arbeit zur Bestimmung der Melodiekontur sowie des Melodiekonturmaximums gewählt. Die Auswertung wird in den Räumen des ZVES durchgeführt, wo eine professionelle Anleitung und Beratung während des Analyseprozesses durch Prof. Dr. K. Wermke (Zentrumsleitung) und den Modellautor W. Mende gewährleistet ist.

Bevor die Methode der EF-Modellierung auf ausgewählte Schreimelodien angewendet werden kann, müssen zunächst die aufgenommenen Laute mithilfe signalanalytischer Methoden bearbeitet werden. Digitale Signalanalysemethoden gewährleisten eine hohe Zeit-Frequenz-Auflösung und stellen somit eine zuverlässige Methode zur Untersuchung der F_0 (Melodie) dar (Wermke/Mende 2009). Die professionelle Sprachanalyse-Software CSL™ der Firma KayPENTAX (Lincoln Park/USA) ist eine solche Signalanalysemethode. Sie wird bereits seit vielen Jahren für Forschungszwecke am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) in Würzburg eingesetzt. Die bewährten Routinen zur Editierung der Lutaufnahmen und zur Berechnung der Melodiekonturen werden daher auch für die Auswertung der vorliegenden Daten angewendet.

Weiterhin ermöglicht eine ausschließlich am ZVES vorhandene Software (CDAP, pw-project/Deutschland), die speziell für die Erforschung vorsprachlicher Laute entwickelt wurde (Programmautoren: P. Wermke, W. Mende), eine geeignete Visualisierung der zu untersuchenden Melodiekonturen sowie deren Feinanalyse (s. Kapitel 8.4.2). In diesem Zusammenhang ist unter anderem eine Einzelschreistruktur- und Melodiestrukturanalyse für die vorliegende Arbeit relevant. Die Strukturanalyse bildet die Grundlage für eine Auswahl geeigneter Laute, auf die die Methode der EF-Modellierung angewendet werden kann.

Prinzipiell ist mithilfe der EF-Modellierung der objektive Vergleich verschiedener Melodiebögen oder Klassen von Melodiebögen möglich sowie weiterhin der Vergleich von Melodiebögen unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Letzteres ist jedoch vor allem für Längsschnittstudien von Interesse und spielt hier keine Rolle.

Um die Repräsentativität des Untersuchungsergebnisses der hier durchgeführten Studie zu erhöhen, in der alle untersuchten Probanden im selben Alter (erste Lebenswoche) sind, ist es angezeigt, vor allem solche Melodiestrukturen für die Analyse auszuwählen, die für die Lautproduktionen dieses Altersbereichs besonders charakteristisch sind. Ein von Wermke (2002) entwickeltes System zur Klassifizierung von Melodiekonturen ermöglicht eine Standardisierung der Auswahlkriterien und wird daher nachstehend zusammengefasst.

⁵³ Der Parameter α des EF-Modells entspricht quasi der Variablen $t_{\text{norm}}(F_0\text{max})$ der Handvermessung, basiert aber im Gegensatz zur letzteren Methode nicht auf einem lokalen (zufälligen) Einzelwert, sondern wird aus der globalen Melodiekontur errechnet.

Auswahlkriterien Schreimelodien

Die Festlegung geeigneter Kriterien für die Auswahl von Schreimelodien basiert in der vorliegenden Untersuchung unter anderem auf den Ergebnissen einer Langzeitstudie von Wermke (2002). In dieser Langzeitstudie konnte Wermke belegen, dass Schreimelodien einen Entwicklungsvorgang durchlaufen, der sich in Form einer Komplexitätszunahme der produzierten Schreimelodien äußert. Wermke (2002) zeigte auf, dass Neugeborene innerhalb der ersten Lebenswoche hauptsächlich einfache Schreimelodien produzieren, die durch eine Aufstiegs- und eine Abstiegsflanke gekennzeichnet sind. Sie klassifiziert Melodien dieser Struktur als *einfachböigige* Melodien (s. auch Wermke/Mende 2011). Ab der zweiten Lebenswoche produzieren Neugeborene vermehrt Melodien, die eine doppel- oder mehrfachböigige Melodiestructur aufweisen. Melodien dieses Strukturtyps werden in der ersten Lebenswoche nur zu etwa 30% produziert (Wermke/Mende 2011). Auf der Basis der Erkenntnisse bezüglich der Komplexität der Schreimelodien Neugeborener wird, unter Berücksichtigung des Aufnahmealters der zu untersuchenden Neugeborenen (2-5 Tage), als erstes Kriterium für die Auswahl geeigneter Melodien eine *einfachböigige Melodiestructur* festgelegt (s. Ausführungen zur Einzelschrei- und Melodiestructuranalyse in Kapitel 8.4.3).

Ein weiteres Auswahlkriterium für geeignete Schreimelodien ergibt sich aus der Methode der EF-Modellierung. So ist in einigen Fällen die Berechnung einer Melodiekontur mithilfe der Modellparameter des EF-Modells erschwert. Dies ist bei Schreimelodien der Fall, die Wermke (2002) als Melodiekonturen des Typs II definiert hat. Laut Wermke (2002) sind Melodiekonturen dieses Typs wie folgt definiert: „*F₀-Verlauf relativ konstant (kein Bogen) mit Modulationshub von +/- 3% von mittlerer F₀ bei Energiekontur-Schwankungen bis zu ca. 10dB. Der lineare Trend ist <6%.*“ (vgl. Wermke 2002, Tab. 8, S. 42). Diese Melodien zeichnen sich durch eine relative Frequenzstabilität in Form eines ausgeprägten Plateaus aus und sind dadurch nicht für eine Melodiemaximumbestimmung, wie sie hier im Fokus steht, geeignet. Auf Melodien dieses Typs wird die Methode der EF-Modellierung hier nicht angewendet.

Aus der Zielstellung, eine sprachliche Prägung in den Melodiekonturen Neugeborener nachzuweisen, ergibt sich ein weiteres Kriterium für die Auswahl geeigneter Schreimelodien. Es dürfen keine Schreimelodien ausgewertet werden, die durch atemphysiologische Vorgänge bedingte, vegetative Begleitgeräusche darstellen. Dies ist bei der Mehrzahl der sogenannten *Kurzlaute* der Fall, die durch eine Dauer <300ms gekennzeichnet sind.

In den Schreien sehr junger Säuglinge kommen zudem häufig phonatorische Rauschphänomene vor, die durch einen hohen subglottischen Druck während des Phonationsvorganges sowie die winzigen Stimmlippen der Neugeborenen entstehen (Mende et al. 1990). Das phonatorische Rauschen äußert sich im Frequenzspektrum als Störung der Harmoniestruktur. In diesen Rauschbereichen ist F_0 häufig nicht definiert oder stark gestört (vgl. Abbildung 13a und b). Eine Berechnung des Melodiekonturmaximums ist in diesen Signalen nicht oder nicht zuverlässig möglich und führte unter Umständen sogar zu einer Verfälschung des Untersuchungsergebnisses. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb Schreie, die im Frequenzspektrum durch solche Rauschphänomene gekennzeichnet sind, aufgrund unvollständiger Melodiekonturen von der nachfolgenden Melodiekonturanalyse ausgeschlossen.

Die statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wird die am ZVES vorhandene Software SPSS Statistics (Version 18) der Firma IBM (Somers, NY/USA) eingesetzt. Mithilfe dieser Software ist die Durchführung aller notwendigen Berechnungen möglich.

Die Anzahl der mithilfe der EF-Modellierung analysierten Melodiekonturen variierte pro Proband (Anzahl der analysierten Melodiekonturen: Gruppe A: 9-73, Gruppe B: 12-46). Starke Variationen bezüglich der Anzahl an Schreimelodien, die pro Proband in die statistische Auswertung einfließen, können durch eine Mittelung ausgeglichen werden. In der vorliegenden Arbeit wurde dies für die α -Werte eines jeden Kindes durchgeführt (α -Kindmittel). Die Berechnung der Gruppenmittelwerte von α für die monolingualen (Gruppe A) und die bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) auf der Basis der entsprechenden Kindmittelwerte ermöglicht weiterhin den Intergruppenvergleich (vgl. Kapitel 9.1.1 und Kapitel 9.1.2). Die Auswahl adäquater Testmethoden für die statistische Auswertung basiert auf der Ermittlung der Verteilungseigenschaften relevanter Werte (hier der α -Werte) der Testgruppen, die hier ebenfalls durchgeführt wurde (vgl. Kapitel 9.1.3).

Die Interpretation des Ergebnisses: Kofaktorenanalyse

Um sicherzustellen, dass das Untersuchungsergebnis der vorliegenden Arbeit tatsächlich durch die pränatale sprachliche Prägung und nicht etwa durch andere einflussnehmende Faktoren bedingt ist, müssen weitere Faktoren für die Interpretation herangezogen werden (Wermke 2002). Zu diesen Faktoren zählen beispielsweise die *mittlere F_0* sowie die *Einzelschreilänge*. Für beide Faktoren konnte in zahlreichen Studien ein Zusammenhang zu bestehenden neurophysiologischen Dysfunktionen ermittelt werden, der sich in Form charakteristischer Veränderungen der Schreilaute äußerte. Um eine Fehlinterpretation des vorliegenden Untersuchungsergebnisses zu vermeiden, wird daher eine Kofaktorenanalyse der genannten Faktoren durchgeführt. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt anhand relevanter publizierter Arbeiten aus dem Bereich der vorsprachlichen Entwicklung im breiteren Sinne (Zeskind/Lester 1978, Raes et al. 1982, Zeskind et al. 1996, Zeskind et al. 1996a, Michelsson et al. 2002).

Der quantitative Einfluss der Umgebungssprachen auf die Schreimelodieproduktion bilingualer Neugeborener

Neben der Untersuchung des Einflusses einer pränatalen mono- oder bilingualen Sprachumgebung auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter wird in der vorliegenden Studie außerdem untersucht, ob das quantitative Verhältnis der pränatalen Umgebungssprachen die Melodiekonturproduktion der bilingualen Neugeborenen beeinflusst (Intragruppenvergleich von Gruppe B). Diese Fragestellung ist motiviert durch Ergebnisse von Bilingualismus-Studien, die die Einflussnahme der quantitativen Erfahrung mit beiden Umgebungssprachen bereits thematisiert und in Zusammenhang mit einer späteren Sprachdominanz interpretiert haben. Unter quantitativer Erfahrung ist hier das mengenmäßig erfasste Verhältnis der beiden Sprachen in der Umgebung bilingualer Personen/Sprecher gemeint. Sowohl bezüglich der Perzeption als auch bezüglich der Produktion konnte ein Zusammenhang zwischen dem prozentualen Anteil einer Umgebungssprache und den Leistungen der untersuchten Probanden in dieser Sprache festgestellt werden (Pearson et al. 1993, 1997, Sebastián-Gallés/Bosch 2002, Ramon-Casas et

al. 2009). Zwar wurden in den angeführten Untersuchungen keine Neugeborenen, sondern Säuglinge und Kleinkinder (ab 10 Monaten) untersucht, aus einer Untersuchung von Dupoux et al. (2010) geht jedoch hervor, dass bereits ein Zusammenhang zwischen pränatalen Erfahrungen mit einer Umgebungssprache und einer späteren Sprachdominanz besteht. Dieser Befund verleiht vor allem frühesten Phasen des Spracherwerbs ein besonderes Gewicht, hebt er doch die Bedeutung der pränatalen Entwicklung für den späteren Spracherwerbsverlauf eindringlich hervor. Eine genaue Kenntnis schon frühester Entwicklungsphasen ist demnach besonders wichtig, um den Bilingualismus in seiner Komplexität umfassend beschreiben und erklären zu können. Die Thematik der Einflussnahme des quantitativen Verhältnisses der Umgebungssprachen auf die Melodieproduktion im Neugeborenenalter wird in der vorliegenden Untersuchung daher aufgegriffen. Wenngleich Dupoux et al. (2010) auf einen Zusammenhang der quantitativen Erfahrung und der späteren Sprachdominanz hinwiesen, so ist der Nachweis einer Sprachdominanz doch vor allem in vorsprachlichen Entwicklungsstadien erschwert (Werker/Byers-Heinlein 2008). In der vorliegenden Studie ist eine Untersuchung des Aspektes der Sprachdominanz gänzlich unmöglich, da eine Zuordnung der Schreilaute der bilingualen Neugeborenen zu ihren beiden Umgebungssprachen und dementsprechend eine getrennte Betrachtung der Schreimelodien nicht möglich ist. Bosch und Sebastián-Gallés (1997) weisen jedoch darauf hin, dass die mit einem größeren Anteil in der Sprachumgebung repräsentierte Sprache als dominante Sprache von Säuglingen und Kleinkindern beschrieben werden kann (s. auch Triarchi-Herrmann 2006, Werker/Byers-Heinlein 2008). Hinsichtlich der quantitativen Einflussnahme der Umgebungssprachen auf die Melodieproduktion nimmt die vorliegende Untersuchung daher indirekt Bezug auf den Aspekt der Sprachdominanz.

Der quantitative Anteil des Französischen in der pränatalen Sprachumgebung ist das Subgruppenkriterium für die Untersuchung des Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen aller bilingualen Probanden. Die Zuordnung eines Neugeborenen in eine Subgruppe basiert auf der von der Mutter getroffenen Angabe bezüglich ihres Sprachgebrauchs während der Schwangerschaft, die im Input-Fragebogen dokumentiert ist (s.o.). In der vorliegenden Arbeit werden die nachstehenden drei Möglichkeiten zur Beschreibung des quantitativen Verhältnisses der Umgebungssprachen bilingualer Personen herangezogen:

1. Sprache 1 ist stärker repräsentiert als Sprache 2
2. Sprache 1 und Sprache 2 sind gleich stark repräsentiert
3. Sprache 1 ist schwächer repräsentiert als Sprache 2.

Basierend auf diesen drei Möglichkeiten werden die bilingualen Neugeborenen folgenden drei Subgruppen zugeordnet: Subgruppe 1 (überwiegend Französisch), Subgruppe 2 (ausgewogen bilingual) und Subgruppe 3 (überwiegend nicht Französisch).

Der prozentuale Anteil des Französischen wird in Anlehnung an Untersuchungsergebnisse von Bosch und Sebastián-Gallés (1997) und Sundara et al. (2008) festgelegt. Ein ausgewogenes Verhältnis der beiden Umgebungssprachen war in der Untersuchung von Bosch und Sebastián-Gallés (1997) mit 50:50 oder 40:60 definiert. In der vorliegenden Untersuchung werden daher alle Neugeborenen zu Subgruppe 2 (ausgewogen bilingual) zugeordnet, die pränatal das Französische mit einem Anteil von 40% bis 60% gehört hatten. Subgruppe 1 und 3 werden an diesen Referenzwert angepasst. Die Neugeborenen, die die französische Sprache zwischen 70% und 80% pränatal gehört hatten (und die zweite Sprache dementsprechend nur zu 20% bis 30%), werden Subgruppe 1 (überwiegend Französisch) zugeordnet. Die Obergrenze ist an eine Untersuchung von Sundara et al. (2008) angepasst, in der Probanden als monolingual definiert wurden, sofern sie zwei Umgebungssprachen in

einem Verhältnis von 90:10⁵⁴ hören bzw. gehört hatten. Dieses Verhältnis bildet auch die Untergrenze für die hier untersuchten bilingualen Neugeborenen, die Subgruppe 3 (überwiegend nicht Französisch) zugeordnet werden. Diese Neugeborenen hatten Französisch pränatal nur zu 20% bis 30% (und die zweite Sprache dementsprechend zu 80% bis 70%) gehört.

Die Unterteilung der bilingualen Neugeborenen in drei Subgruppen zum Zwecke der Untersuchung des quantitativen Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen auf die Melodiekonturproduktion bedingt einen mit je drei Neugeborenen sehr geringen Stichprobenumfang der Subgruppen 1 und 3. Die Ermittlung der Verteilungseigenschaften sowie, darauf aufbauend, die Auswahl geeigneter statistischer Testverfahren finden deshalb nicht basierend auf den α -Kindmittelwerten, sondern basierend auf den α -Einzelschreiwerten statt. (vgl. Kapitel 9.3).

⁵⁴ Vgl. Fußnote 46.

7 Hypothesen und Zielsetzung

Basierend auf den in den vorhergehenden Kapiteln dargestellten Erkenntnissen wurden die nachstehenden Hypothesen abgeleitet.

Hypothese 1 beinhaltet die Annahme, dass sich die Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturtypen der mono- und bilingualen Neugeborenen aufgrund der unterschiedlichen pränatalen auditiven Prägung durch die Muttersprache(n) unterscheiden:

Hypothese 1:

Monolinguale (Gruppe A) und bilinguale Neugeborene (Gruppe B) unterscheiden sich bezüglich der Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturen.

Die Hypothesen 1a und 1b enthalten Annahmen darüber, welche Melodiekonturtypen von den monolingualen (Gruppe A) und den bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) am häufigsten produziert werden:

Hypothese 1a:

Monolingual französische Neugeborene (Gruppe A) zeigen die Tendenz einer Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke, die durch $\alpha > 0,5$ definiert sind⁵⁵.

Hypothese 1b:

Die bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) zeigen keine Tendenz, vermehrt Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) zu produzieren.

Der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen ist kleiner als der Gruppenmittelwert von α der monolingualen Neugeborenen:

$$\alpha\text{-MW}(B) < \alpha\text{-MW}(A)$$

Hypothese 2 beinhaltet die Annahme, dass das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen einen Einfluss auf die Melodieproduktion bilingualer Neugeborener hat.

Hypothese 2:

Das quantitative Verhältnis der beiden von der Mutter gesprochenen Sprachen beeinflusst die Melodieproduktionen im Neugeborenenalter: Die Verteilungseigenschaften der α -Werte der Schreimelodien der Neugeborenen, deren Mütter überwiegend französisch (Subgruppe 1), ausgewogen französisch und eine weitere Sprache (Subgruppe 2) oder überwiegend nicht französisch (Subgruppe 3) in der Schwangerschaft gesprochen haben, unterscheiden sich.

Im Folgenden werden die für die Bildung der Hypothesen wesentlichen Befunde nochmals zusammenfassend dargelegt:

Zu den Hypothesen 1, 1a und 1b: Pränatale Erfahrungen prägen postnatale Melodieproduktionsleistungen

In den vorherigen Kapiteln wurde versucht, darzustellen, dass bisherige Studien einen Langzeiteffekt der pränatalen Prägung vermuten lassen, der für die postnatale Wahrnehmung eine bedeutsame Rolle spielt. Diese Prägung resultiert aus der fötalen Fähigkeit, auditive Signale bereits ab dem letzten Drittel der Schwangerschaft wahrnehmen zu können (u.a. DeCasper/Fifer 1980, Birnholz/Benacerraf 1983, Querleu et al. 1984, Ockleford et al. 1988,

⁵⁵ Der Wert α ergibt sich dabei aus der EF-Modellierung (vgl. Kapitel 8.4.5). α repräsentiert einen Formparameter des EF-Modells, der die Position des F_0 -Maximums relativ zu der zeitlichen Normierung des Melodiebogens beschreibt. Für eine detaillierte Beschreibung des EF-Modells wird an dieser Stelle auf Kapitel 8.4.5 verwiesen.

Pujol et al. 1991, Hepper/Shahidullah 1994, Jardri et al. 2008) und darüber hinaus zu memorieren (u.a. Hepper 1988, Ockleford et al. 1988, Damstra-Wijmenga 1991, Hepper et al. 1993, James et al. 2002). Ferner geht aus den angeführten Studien hervor, dass die Speicherung der pränatalen auditiven Erfahrungen diese postnatal für auditive Wahrnehmungsaufgaben verfügbar macht. Die in Kapitel 2.3 dargestellten Befunde belegen demnach einen pränatalen Lernvorgang, der für die Wahrnehmung und Verarbeitung von Sprachlauten von besonderer Bedeutung ist.

Erste auditive Erfahrungen mit der Muttersprache basieren auf prosodischen Merkmalen (Intonation, Rhythmus und Dauer), die intrauterin im Unterschied zu phonetischen Sprachmerkmalen sehr gut wahrnehmbar sind (Querleu et al. 1988). Unterstützt durch den pränatalen Lernvorgang weisen Neugeborene eine besonders hohe Sensibilität gegenüber prosodischen Merkmalen auf (z.B. Trehub 2003). Vihman (1996) bezeichnet prosodische Merkmale daher als *Einstieg in den Spracherwerb*.

Prosodische Merkmale dienen älteren Säuglingen als wichtige Orientierungshilfen, anhand derer sie beispielsweise Wortgrenzen erkennen und, darauf aufbauend, eine Einteilung des Gehörten in sinnvolle, bedeutungstragende Einheiten (Silben, Wörter, Phrasen und Sätze) vornehmen können (Christophe et al. 2003). Diese Einteilung oder Segmentierung des Sprachstroms stellt eine wichtige Voraussetzung für die Identifizierung und Speicherung der phonetischen Form und Bedeutung sprachlicher Einheiten im mentalen Lexikon dar.

Die gut erforschten auditiven *perzeptiven* Fähigkeiten menschlicher Föten und Neugeborener mit monolingualer Sprachumgebung liefern Belege dafür, dass schon Neugeborene ihre Muttersprache von einer unbekanntem Sprache differenzieren können (Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Moon et al. 1993) und ihre Muttersprache gegenüber einer anderen Sprache präferieren (Mehler et al. 1986, Moon et al. 1993, Byers-Heinlein et al. 2010).

Sprachspezifische, auf pränatales Lernen zurückzuführende Fähigkeiten sind auch für die *Lautproduktionen* Neugeborener mit pränatal monolingualer Sprachumgebung demonstriert (Mampe 2007, Mampe et al. 2009). Die Autoren zeigten eine Präferenz französischer Neugeborener, steigende Melodiekonturen (längere An- als Abstiegsflanke) zu produzieren, wohingegen die untersuchten deutschen Neugeborenen eine Präferenz für die Produktion fallender Melodiekonturen (kürzere An- als Abstiegsflanke) zeigten. Die Melodiekonturpräferenz reflektierte jeweils das für die Muttersprache typische Intonationsmuster (vgl. Kapitel 3). In Anlehnung an die in Kapitel 5 dargelegten Erläuterungen zur französischen Intonation sowie an das Untersuchungsergebnis von Mampe et al. (2009) wird erwartet, in Gruppe A (monolingual französischer Sprachinput während der Schwangerschaft) ebenfalls eine Präferenz für die Produktion dieses Melodietyps ($\alpha > 0,5$) zu finden (vgl. **Hypothese 1a**).

Die Erforschung der in Kapitel 4 dargestellten Komplexität des bilingualen Spracherwerbs sowie dessen Verschiedenartigkeit zum monolingualen Spracherwerb von Anfang an macht eine genaue Kenntnis aller Erwerbsschritte, auch derjenigen vor dem Auftreten der ersten Wörter, unabdingbar. So schreiben Werker und Byers-Heinlein (2008):

„To understand the particulars of bilingual acquisition and to provide the information necessary for comprehensive, generalizable theories of language acquisition, research on bilingual acquisition is essential.“ (S. 144)

Welchen Einfluss eine vorwiegend bilinguale pränatale Sprachumgebung auf die Wahrnehmungs- und Produktionsleistungen Neugeborener hat, ist bislang noch relativ unklar. Lediglich eine publizierte Studie untersucht Wahrnehmungsleistungen bilingualer Neugeborener (vgl. Byers-Heinlein et al. 2010).

Wie in Kapitel 4.3.1 dargelegt, stellten Byers-Heinlein et al. (2010) im Rahmen einer behavioralen Untersuchung zur Bestimmung einer perzeptiven Präferenz fest, dass sich bilinguale Neugeborene *gleich häufig* ihren beiden Umgebungssprachen zuwenden. Die untersuchten Neugeborenen zeigten demzufolge *keine* Präferenz für eine ihrer beiden Umgebungssprachen.

Basierend auf dem Ergebnis dieser Studie werden aufgrund der verschiedenen pränatalen Sprachumgebung Unterschiede bezüglich der relativen Häufigkeit der produzierten Melodiebogenformen der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) und der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) erwartet (**Hypothese 1**).

Da die pränatale Sprachumgebung der hier untersuchten bilingualen Probanden neben dem Französischen durch eine weitere Sprache gekennzeichnet war, wird auf der Basis des Befundes von Byers-Heinlein et al. (2010) erwartet, dass diese Gruppe keine Produktionspräferenz für das „französische Muster“, also für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$), zeigt (**Hypothese 1b**).

Das Fehlen einer Melodieproduktionspräferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) führt zu der Annahme, dass die bilingualen Neugeborenen vermehrt auch Melodiekonturen produzieren, die durch $\alpha = 0,5$ (symmetrische Melodiekontur) oder $\alpha < 0,5$ (kürzere An- als Abstiegsflanke) gekennzeichnet sind. Weil die für die monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) angenommenen Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke mit $\alpha > 0,5$ das „rechtsliegende“ Extrem der möglichen, mithilfe des EF-Modells beschreibbaren Melodiebogenformen darstellen, wird davon ausgegangen, dass bei einem vermehrten Auftreten von Melodiekonturen des Typs $\alpha < 0,5$ und $\alpha = 0,5$ der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) kleiner ist als der α -Gruppenmittelwert der monolingualen Neugeborenen in Gruppe A.

Weiterhin ist aufgrund der Annahme einer fehlenden Produktionspräferenz davon auszugehen, dass die bilingualen Neugeborenen die Melodiekonturen ($\alpha < 0,5$, $\alpha = 0,5$, $\alpha > 0,5$) in einem gleichmäßigeren Verhältnis produzieren. Dies ist auf die uneinheitliche pränatale Sprachumgebung der bilingualen Probanden zurückzuführen.

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass eine (tendenzielle) Produktionspräferenz nicht im Gegensatz zu der Annahme eines zunächst universellen Spracherwerbsverlaufes steht. Vielmehr wird angenommen, dass die Probanden alle von Wermke (2002) ermittelten universellen Grundmelodietypen produzieren, diese jedoch unterschiedlich häufig (cf. Mampe 2007, Mampe et al. 2009).

Kofaktorenanalyse der Messgrößen *mittlere F_0* und *Einzelstreilänge* zum Ausschluss neurophysiologischer Ursachen der α -Gruppenunterschiede

Um ausschließen zu können, dass mögliche Unterschiede der Gruppenmittelwerte von α auf eine neurophysiologische Unreife/Dysfunktion der untersuchten Neugeborenen zurückzuführen sind, wurde zusätzlich eine Kofaktorenanalyse der Messgrößen *mittlere F_0* und *Einzelstreilänge* für beide Gruppen (monolingual und bilingual) durchgeführt. Die Auswahl der genannten Messgrößen basiert auf den nachfolgend zusammengefassten Befunden bisheriger Studien.

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, besteht die Stimme physikalisch aus komplexen periodischen Schwingungen, die während des Phonationsvorganges innerhalb des Larynx, an den Stimmlippen, durch den hindurchströmenden Expirationsstrom gebildet werden (Lester 1987). Die Grundfrequenz (F_0) stellt dabei die tiefste Frequenzkomponente der Stimme dar, so Golub und Corwin (1982):

„The fundamental frequency is the lowest frequency component of a complex tone and is the determinant of the pitch that one hears.“ (S. 198)

Werden die am Phonationsvorgang beteiligten Strukturen (Larynxmuskulatur), z.B. durch Änderungen von Masse und Steifheit, verändert oder erfährt der subglottische Druck eine Reduzierung oder Erhöhung (Hirose 1999, Michelsson/Michelsson 1999), so wirkt sich dies physikalisch auf die F_0 aus (Golub/Corwin 1982, Wermke 2002): Eine Erhöhung von F_0 wird beispielsweise durch eine erhöhte Steifheit (Anspannung) der Muskulatur (Hirose 1999)

oder durch eine Erhöhung des subglottischen Druckes (Titze 1989) erreicht. Die Fähigkeit zur intentionalen Variation von F_0 ist daher linguistisch relevant (Wermke 2002; vgl. auch Kapitel 5) und für (vor-)sprachliche Leistungen erheblich von Bedeutung. Die Variationsmöglichkeiten von F_0 machen eine feine neurophysiologische Abstimmung laryngealer und respiratorischer Bewegungen unabdingbar (Golub/Corwin 1982, Jürgens 1998, Michelsson/Michelsson 1999, Rubin et al. 2009). Diese Abstimmung, die sogenannte *laryngo-respiratorische Kontrolle*, ist bereits zum Zeitpunkt der Geburt weit ausgereift, wie u.a. Wermke (2002) anhand des Nachweises der Reproduzierbarkeit komplexer Melodieformen im Säuglingsweinen zeigen konnte⁵⁶.

Eine dysfunktionale laryngo-respiratorische Kontrolle bewirkt charakteristische Veränderungen von F_0 , wie durch zahlreiche Befunde der klassischen Schreiforschung belegt ist. Die mittlere F_0 wurde als geeignetes Kriterium zur Beurteilung des neurophysiologischen Status Neugeborener (und Säuglinge) identifiziert (Golub/Corwin 1982, Wasz-Höckert et al. 1968, Wasz-Höckert et al. 1971, Zeskind/Lester 1978, Raes et al. 1980, Michelsson et al. 1982, Michelsson/Michelsson 1999). Dabei wurden in Zusammenhang mit zerebralen Dysfunktionen charakteristischerweise stark erhöhte mittlere F_0 -Werte (u.a. Raes et al. 1980, Michelsson et al. 1982, Zeskind et al. 1996, Zeskind et al. 1996a, Michelsson/Michelsson 1999) oder instabile F_0 -Verläufe (Melodiekonturen) ermittelt (Zeskind/Lester 1978, Michelsson et al. 1980, Golub/Corwin 1982).

In der vorliegenden Untersuchung wurde im Rahmen einer Kofaktorenanalyse untersucht, ob die analysierten Schreimelodien beider Gruppen diesbezüglich unauffällig und in einem für gesunde Neugeborene ermittelten F_0 -Normbereich nach Michelsson und Michelsson (1999) waren (s. Kapitel 9.2.1).

Weiterhin umfasst die Kofaktorenanalyse eine Untersuchung der Messgröße *Einzelschreilänge*, die ein Element der zeitlichen Struktur der analysierten Schreimelodien reflektiert. Auch bezüglich dieser Messgröße gibt es Hinweise auf charakteristische Veränderungen bei vorliegender zerebraler Dysfunktion (Golub/Corwin 1982, Ueberschär 1985). So stellten Golub und Corwin (1982) in diesem Zusammenhang gehäuft das Vorkommen stark verkürzter oder sehr langer Schreie fest. Verglichen mit den bereits angeführten Befunden, die die diagnostische Relevanz der mittleren F_0 als Indikator für zerebrale Dysfunktionen belegen, gibt es in der Literatur relativ wenige Belege für die diagnostische Relevanz der zeitlichen Struktur von Schreilauten. Gerade die zeitliche Struktur spielt jedoch eine bedeutende Rolle in der Lautproduktion, reflektiert sie doch die respiratorische Kontrollfähigkeit der Phonation (z.B. Lester 1987). Die Messgröße der Einzelschreilänge wurde daher in der vorliegenden Arbeit ebenfalls untersucht, um sicherzustellen, dass die beiden Gruppen diesbezüglich keine Unterschiede aufweisen.

Zu Hypothese 2: Der Einfluss des quantitativen Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen auf die Melodieproduktion bilingualer Neugeborener

Neben einem Vergleich der Melodieproduktion bei mono- und bilingualen Neugeborenen wird hier zudem untersucht, ob das quantitative Verhältnis der beiden Umgebungssprachen die Melodiekonturproduktion der bilingualen Neugeborenen beeinflusst. Diese Untersuchung ist motiviert durch Studien, die eine solche Einflussnahme sowohl für perzeptive als auch für produktive Leistungen zumindest bei älteren Säuglingen und Kleinkindern nachweisen konnten. So zeigten beispielsweise Sebastián-Gallés und Bosch (2002) für bilinguale 10 Monate alte Säuglinge eine perzeptive Präferenz für phonotaktisch legale Wortendungen der

⁵⁶ Weitere Belege für die weit vorangeschrittene Ausreifung des laryngo-respiratorischen Systems im Neugeborenenalter sind den Befunden von Greer (2008), Boliek et al. (1996) oder Mampe et al. (2009) zu entnehmen.

Sprache, die in ihrer Sprachumgebung mit einem höheren Anteil repräsentiert war. Pearson et al. (1997) zeigten zudem einen relativen Zusammenhang zwischen Wortschatzumfang und dem quantitativen Verhältnis der beiden Umgebungssprachen auf. Dabei reflektierte der Wortschatzumfang beider Sprachen jeweils prozentual den Anteil, mit dem diese Sprache in der Sprachumgebung der untersuchten Kinder repräsentiert war (s. auch Pearson et al. 1993).

Die Einflussnahme des quantitativen Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen ist hinsichtlich der *Sprachdominanz* von besonderer Relevanz (Bosch/Sebastián-Gallés 1997), könnte doch der vermehrte Sprachkontakt mit einer der beiden Umgebungssprachen die Ausbildung einer Sprachdominanz bedingen bzw. fördern. Die Sprachdominanz wurde vor allem in zahlreichen Studien zur Erforschung des Bilingualismus bei Erwachsenen thematisiert. Diese Studien liefern nicht nur Belege für eine höhere Sprachkompetenz eines Sprechers in seiner dominanten Sprache relativ zu seiner nicht dominanten Sprache, sondern darüber hinaus auch Belege für Unterschiede der neuronalen Wahrnehmung und Verarbeitung zwischen der dominanten und der nicht dominanten Sprache (u.a. Fabbro 2001, Perani et al. 2003, Wartenburger et al. 2003, Conboy/Mills 2006, Bloch et al. 2009).

Dupoux et al. (2010) sehen vor allem sehr frühe Erfahrungen mit den Umgebungssprachen als mögliche Ursachen für die spätere Ausbildung einer Sprachdominanz (s. auch Wartenburger et al. 2003). Dabei erachten die Autoren nicht nur frühkindliche, sondern schon pränatale auditive Erfahrungen mit den Umgebungssprachen als relevant. Gerade das pränatale quantitative Verhältnis der beiden Umgebungssprachen korrelierte in ihrer Untersuchung mit der Sprachdominanz im Erwachsenenalter. Das pränatale quantitative Verhältnis beider Sprachen zueinander könnte somit ein Indikator für die sich später ausbildende Dominanz einer Sprache sein.

Bislang wurde keine Studie publiziert, in der die Einflussnahme des quantitativen Verhältnisses der Umgebungssprachen auf die Lautproduktion im Neugeborenenalter untersucht wurde. Hypothese 2 basiert daher auf den in Kapitel 4.4 dargelegten Befunden des Säuglings- und Kleinkindalters.

Die Problematik bezüglich der Untersuchung der Einflussnahme des pränatalen quantitativen Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen auf die Melodieproduktionen im Neugeborenenalter besteht darin, dass die Schreimelodien bilingualer Neugeborener, im Gegensatz zu Wörtern, nicht eindeutig einer der beiden Umgebungssprachen zugeordnet werden können. Während bei monolingualen Neugeborenen das gehäufte Auftreten einer Melodiekonturform (neben dem Auftreten der drei weiteren Grundmelodiekonturformen nach Wermke (2002) auf den pränatalen Einfluss der Umgebungssprache hindeutet, und daraus die Zuordnung von Konturtypen zu einer bestimmten Sprache abgeleitet werden kann, ist dies bei bilingualen Neugeborenen so einfach nicht möglich. Denn im Falle bilingualer Neugeborener würde die Zuordnung einer Schreimelodiekonturform als ausschließlichen Prägungseffekt einer der beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen eine Verletzung der Universalitätshypothese bedeuten. Schließlich würde ein bestimmter Melodiekonturtyp eindeutig einer Umgebungssprache zugeordnet werden, ohne dabei die Möglichkeit des Vorkommens dieses Melodiekonturtyps in der zweiten Sprache zu berücksichtigen. Darüber hinaus setzt die Zuordnung von Schreimelodiekonturformen zu einer bestimmten Sprache eine systematische (akustische) Intonationsanalyse dieser Sprache voraus. Eine solche Intonationsanalyse liegt jedoch für viele Sprachen nicht vor. Die Zuordnung von Konturtypen zu einer bestimmten Sprache ist weiterhin dadurch erschwert, dass nach wie vor unklar ist, welche Auswirkung eine aus zwei Sprachen zusammengesetzte pränatale Sprachumgebung auf die vorsprachliche Lautproduktion hat.

In der vorliegenden Studie bei Neugeborenen sind der Untersuchung des Einflusses des (pränatalen) quantitativen Verhältnisses der beiden Umgebungssprachen daher Grenzen gesetzt. Es soll lediglich die Frage beantwortet werden: Unterscheiden sich die Schreimelodien bilingualer Neugeborener in Abhängigkeit des pränatalen Verhältnisses der

beiden Umgebungssprachen? Für die Untersuchung wurde eine Unterteilung der bilingualen Probanden (Gruppe B) vorgenommen. Die Unterteilung wurde, basierend auf dem Französisch-Anteil an der pränatalen Sprachumgebung, in die folgenden 3 Subgruppen vorgenommen: überwiegend Französisch (Subgruppe 1), ausgewogen bilingual (Subgruppe 2) oder überwiegend nicht Französisch (Subgruppe 3) (vgl. Kapitel 8.5).

8 Material und Methoden

8.1 Studiendesign

In der vorliegenden explorativen Studie werden Melodiekonturen spontaner Weinlaute von gesunden Neugeborenen untersucht (N=60).

Die Untersucherin machte im Rahmen ihrer Dissertation digitale Aufnahmen spontaner Schreilaute in der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses in Paris/Frankreich.

Im Anschluss an die Datenerhebung wurde eine Auswertung der Lautaufnahmen, mit modernen Mitteln der akustischen Signalanalyse und langjährig getesteten Forschungskonzepten, im Sprachlabor am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES, Leitung: Prof. Dr. K. Wermke) in Würzburg durchgeführt. Für eine objektive Auswertung der Schreimelodien kam weiterhin das mathematische Evolon Force-Modell (EF-Modell) zur Anwendung, das von W. Mende (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften) entwickelt und implementiert und der Autorin für die vorliegende Untersuchung vom ZVES zur Verfügung gestellt wurde.

8.2 Probanden

In der vorliegenden Studie wurden ausschließlich Weinlaute von gesunden Neugeborenen untersucht.

8.2.1 Auswahlkriterien der Probanden

Für die vorliegende Studie wurden nur Neugeborene ausgewählt, bei denen kein Verdacht einer potenziellen Beeinflussung des Schreiverhaltens durch medizinisch-biologische Faktoren (vgl. Kapitel 6) bestanden hat. Die Probanden wurden dazu anhand der folgenden Kriterien ausgewählt:

- termingerechte Geburt
- kein Vorliegen einer Hyper- oder Hypotrophie
- komplikationsloser Schwangerschaftsverlauf
- keine Plazentainsuffizienz
- keine schweren intrauterinen Wachstumsstörungen
- keine Herzerkrankungen
- keine schweren Erbkrankheiten
- kein Alkohol-, Drogen- und/oder Medikamentenmissbrauch sowie damit verbundene Intoxikationen während der Schwangerschaft
- keine prä-, peri- oder postnatal auftretenden Infektionen
- unauffällige medizinische Erstuntersuchung (APGAR-Index⁵⁷ nach 5' \geq 8 und 10' \geq 8)
- neurologische Erstuntersuchung ohne Befund

⁵⁷ Mithilfe des nach der Ärztin Virginia Apgar benannten APGAR-Index wird die postnatale Adaptation von Neugeborenen eine, fünf und zehn Minuten nach der Geburt beschrieben. Zu diesem Zweck werden die Bereiche **A**tmung, **P**uls, **G**rundtonus, **A**ussehen und **R**eflexe von einem Kinderarzt untersucht und nach einem Punkteschema (0-10; 0=sehr schlecht, 10=sehr gut) bewertet (Psyhyrembel 2011).

- unauffälliges bzw. intaktes Gehör⁵⁸
- keine Hyper- oder Hypoglykämie

Alle erhobenen Daten wurden in einem *Patientenprotokoll*⁵⁹ dokumentiert. Der Geburtsmodus⁶⁰ wurde bei der Auswahl der Probanden nicht berücksichtigt.

Erfassung und Dokumentation der pränatalen Sprachumgebung (Input)

Gemäß dem Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Dissertation, dem pränatalen Einfluss der Sprachumgebung (Perzeption) auf frühkindliche Lautäußerungen (Produktion), wurden die Probanden in Abhängigkeit von der pränatalen Sprachumgebung in zwei Gruppen eingeteilt. Für Gruppe A war diese *monolingual* französisch, für Gruppe B *bilingual* (Französisch und eine weitere Sprache, vgl. 8.2.3).

Insgesamt wurden 40 monolinguale Neugeborene (Gruppe A) und 20 bilingual Neugeborene (Gruppe B) in die Auswertung eingeschlossen.

Für die Erfassung des mütterlichen Sprachgebrauchs während des letzten Schwangerschaftsdrittels fand eine modifizierte Version des von Marian et al. (2007) entwickelten Fragebogens zur Selbsteinschätzung des Sprachgebrauchs Verwendung⁶¹. In diesen trug die Untersucherin ein, welche Sprache neben dem Französischen von der bilingualen Mutter gesprochen wurde. Außerdem wurden prozentuale Angaben der Mutter bezüglich des Gebrauchs ihrer beiden Sprachen sowie der prozentuale Anteil der beiden Sprachen in der Sprachumgebung der Mutter eingetragen.

Diese Angaben werden in der vorliegenden Untersuchung als Maß für den pränatal gehörten Anteil (in %) beider Sprachen der Probanden verwendet. Die Summe der Anteile beider Sprachen bildete stets 100%⁶².

Zur Erfassung des mütterlichen Sprachgebrauchs wurde die *Sprachkompetenz* der Mütter in den von ihnen gesprochenen Sprachen nicht berücksichtigt, da die Erfassung äußerst schwierig ist und über das Thema der Arbeit hinausgeht.

8.2.2 Das Aufnahmealter der Probanden – Zeitraum der Lutaufnahmen

Für die Durchführung der digitalen Lutaufnahmen stand der Untersucherin ausschließlich der Zeitraum des Krankenhausaufenthaltes der Mutter und ihres Neugeborenen zur Verfügung. Mit der Entlassung war die Teilnahme an der vorliegenden Studie für die Probanden beendet. Der Zeitpunkt der Entlassung erfolgte in Abhängigkeit vom Geburtsmodus. Traten keine weiteren postpartalen Komplikationen auf, so erfolgte die

⁵⁸ An der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses in Paris ist eine routinemäßige Untersuchung der Hörfähigkeit bei Neugeborenen im Sinne eines Neugeborenen-Hörscreenings, wie es in deutschen Kliniken routinemäßig durchgeführt wird, nicht üblich. Die Messung der Otoakustischen Emissionen (OAEs) erfolgt lediglich bei auffälliger Familienanamnese, d.h. wenn bereits Fälle von Schwerhörigkeit in einer Familie aufgetreten sind. Die Funktionsfähigkeit des Gehörs kann daher nur bedingt als unauffällig angenommen werden.

⁵⁹ Ein Patientenprotokoll ist dem Anhang beigefügt.

⁶⁰ Geburtsmodus: spontane Geburt, vaginale Geburt mit Manualhilfe (Zange oder Saugglocke), primäre oder sekundäre Sektio.

⁶¹ Der hier verwendete Fragebogen ist dem Anhang beigefügt.

⁶² Der Anteil des Französischen wurde nachfolgend für die Untersuchung des Einflusses des quantitativen Verhältnisses der pränatalen Sprachumgebung auf die Melodiekonturen bilingualer Neugeborener herangezogen, um die bilingualen Probanden Subgruppen zuzuordnen (s. Kapitel 8.5).

Entlassung drei Tage nach spontaner (vaginaler) Geburt und fünf Tage nach Kaiserschnitt (primär und sekundär). Damit war der mögliche Aufnahmezeitraum der Probanden durch den Geburtsmodus bestimmt. Lautaufnahmen konnten demzufolge maximal bis zum fünften Lebenstag durchgeführt werden. In einigen Fällen gelang es der Untersucherin, mehrere Aufnahmen der Probanden, an verschiedenen Lebenstagen innerhalb dieses Zeitraums, durchzuführen. Das durchschnittliche Aufnahmealter der Probanden lag für die monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) bei 3,2 Tagen (2.-5. Tag) und für die bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) bei 3,0 Tagen (2.-4. Tag).

8.2.3 Gruppenbildung in Abhängigkeit von der pränatalen Sprachumgebung

Gruppe A: Pränatal monolinguale Sprachumgebung

Gruppe A setzt sich aus 40 Neugeborenen (22 Mädchen, 18 Jungen) zusammen.

Alle Kinder dieser Probandengruppe hatten während des letzten Schwangerschaftsdrittels eine monolinguale (französischsprachige) Sprachumgebung.

Gruppe B: Pränatal bilinguale Sprachumgebung

Gruppe B setzt sich aus 20 Neugeborenen (8 Mädchen, 12 Jungen) zusammen.

Die Sprachumgebung der Neugeborenen in Gruppe B war während des letzten Schwangerschaftsdrittels bilingual. Der Einschluss eines Neugeborenen in Gruppe B setzte voraus, dass die Mutter während der Schwangerschaft regelmäßig eine zweite Sprache (neben dem Französischen) gesprochen hat und dass deren Anteil $\geq 20\%$ betrug (vgl. Kapitel 6).

Aufgrund der in Kapitel 4.2 dargelegten Definition von Bilingualismus für die vorliegende Studie werden die Probanden mit pränatal bilingualer Sprachumgebung im Weiteren als *bilinguale Neugeborene* bezeichnet.

Tabelle 2 bietet eine Übersicht über die jeweiligen pränatalen Umgebungs- bzw. Muttersprachen (Input) der einzelnen Probanden.

Da in der vorliegenden Studie keine Aussagen über den Einfluss bestimmter Sprachkombinationen auf die Schreimelodien Neugeborener untersucht werden sollen, stellt die bezüglich der Sprachumgebung uneinheitliche Zusammensetzung der Probandengruppe keinen Nachteil für die nachfolgende Auswertung dar.

Der Einfachheit halber wird Französisch in Tabelle 2 als Sprache 1 betitelt, auch wenn ihr Anteil weniger als 50% betrug.

Tabelle 2 Übersicht über die pränatalen Umgebungssprachen der Probanden von Gruppe B

Probanden-Code (PID)	Pränatale Umgebungssprachen		Anteil der gesprochenen Sprachen [%]	
	Sprache 1	Sprache 2	Sprache 1	Sprache 2
BJ	Französisch	Libanesisch	40	60
CK	Französisch	Tibetanisch	50	50
CZ	Französisch	Portugiesisch	60	40
DO	Französisch	Spanisch	30	70
DQ	Französisch	Kambodschanisch	50	50
DR	Französisch	Englisch	50	50
EE	Französisch	Spanisch	70	30
EF	Französisch	Arabisch	30	70
EG	Französisch	Arabisch	50	50
EH	Französisch	Afrikanisch	50	50
EN	Französisch	Italienisch	50	50
EP	Französisch	Portugiesisch	50	50
EV	Französisch	Arabisch	80	20
FF	Französisch	Polnisch	50	50
FN	Französisch	Arabisch	50	50
FR	Französisch	Chinesisch	20	80
FX	Französisch	Sinhala	60	40
GF	Französisch	Vietnamesisch	40	60
GJ	Französisch	Serbokroatisch	70	30
GP	Französisch	Englisch	50	50

8.3 Datenerhebung

Wie bereits in Kapitel 8.2.2 angeführt, wurden alle Aufnahmen während des Krankenhausaufenthaltes im Anschluss an die Geburt der Probanden durchgeführt. Die digitalen Lautaufnahmen wurden für beide Probandengruppen in der Geburtsklinik *Port-Royal* des Cochin Krankenhauses in Paris/Frankreich in den Jahren 2006 und 2008 von der Verfasserin der vorliegenden Arbeit erhoben. Eine Kooperation mit dem Labor für Kognitionswissenschaften und Psycholinguistik (LSCP⁶³) in Paris ermöglichte der Untersucherin die Studiendurchführung auf der Wöchnerinnenstation der Geburtsklinik. Für die Anfertigung digitaler Lautaufnahmen lag eine Genehmigung der örtlichen Ethikkommission in Paris vor. Sowohl Projektdurchführung als auch die Einsicht in alle projektrelevanten medizinischen Patientenakten war zudem durch die Klinikdirektion (Professor Dominique Cabrol) autorisiert. Die Notwendigkeit der Einsicht in medizinische Akten ergab sich aus den in Kapitel 8.2.1 aufgezeigten medizinisch-biologischen Auswahlkriterien der Probanden.

Der Erstkontakt zu den Eltern wurde frühestens nach Eintreffen von Mutter und Kind auf der Wöchnerinnenstation hergestellt. Im Kreißsaal wurden keine Aufnahmen durchgeführt. Demzufolge waren erste Lautaufnahmen frühestens am zweiten Lebenstag möglich. Vor Anfertigung der digitalen Aufnahmen wurden die Eltern von der Untersucherin über Inhalt

⁶³ LSCP: Laboratoire des Sciences Cognitives et Psycholinguistique (Leitung: Emmanuel Dupoux, Anne Christophe); www.lscp.net

und Ablauf der Studie aufgeklärt. Im Falle einer Teilnahmebereitschaft wurde eine Einverständniserklärung von beiden Elternteilen unterzeichnet, durch welche der Nutzung der erhobenen akustischen Daten zu wissenschaftlichen Zwecken zugestimmt wurde⁶⁴.

Da die Neugeborenen auf der Wöchnerinnenstation mit ihren Müttern in einem Patientenzimmer untergebracht waren (Rooming-in), wurden die Lautaufnahmen entweder im Patientenzimmer selbst oder im direkt daran anschließenden Wickelraum durchgeführt. Daraus ergaben sich folgende Aufnahmesituationen: beim Wickeln, beim An- und Ausziehen, beim Baden, vor oder während der medizinischen Untersuchung durch die Hebamme oder die Kinderärztin, vor oder während des Stillens, im Bett oder auf dem Arm der Eltern liegend. Die Lage der Neugeborenen während der Aufnahme sowie Lageänderungen wurden von der Untersucherin während der Aufnahme vermerkt und später im Digitalisierungsprotokoll dokumentiert. Alle nachfolgend ausgewerteten Schreimelodien wurden in Rückenlage produziert.

Für die vorliegende Untersuchung wurden ausschließlich spontane Weinlaute der Neugeborenen aufgenommen. Schmerzschreie (z.B. bei Blutentnahme) sind durch akustische Besonderheiten (u.a. eine höhere Grundfrequenz sowie eine längere zeitliche Dauer) charakterisiert (u.a. Runefors et al. 2000), die die Untersuchung der hier im Fokus stehenden Fragestellung erschweren würden. Daher wurden Schmerzschreie nicht aufgenommen. Die Eltern wurden darüber hinaus dazu ermutigt, ihre Kinder bei Bedarf zu beruhigen, sodass vornehmlich mitigierte, d.h. gemäßigte Schreilaute aufgezeichnet werden konnten.

Während des Datenerhebungszeitraumes befand sich die Untersucherin vor allem im Aufenthaltsraum oder auf dem Flur der Wöchnerinnenstation. Zu relevanten Zeitpunkten (z.B. Stillzeiten, Wickel- und Badezeiten) konnte sie so schnell in die Patienten- oder Wickelräume gelangen, um spontan einsetzende Schreie der vorab für die Untersuchung ausgewählten Neugeborenen aufzunehmen. Diese Art und Weise der Datenerhebung ist naturgemäß sehr zeitaufwendig. Durch die Integration der Lautaufnahmen in den Klinikalltag entstand für die Mütter jedoch kein zusätzlicher zeitlicher Aufwand. Die Teilnahmebereitschaft der Mütter/Eltern war aus diesem Grunde sehr hoch.

8.3.1 Digitale Aufzeichnung der Schreilaute der Neugeborenen

Alle Aufnahmen wurden mit einem digitalen Aufnahmegerät der Firma TASCAM HD-P2 (Seriennr.: 0060002), mit einer Samplingfrequenz von 48 kHz und einer 16 Bit Dynamikbreite sowie einem omnidirektionalen Kondensatormikrofon der Firma Earthworks TC-20 (Seriennr.: 7640C), mit manueller Aussteuerung, durchgeführt. Speichermedium im verwendeten Aufnahmegerät war eine Compact Flashcard. Alle digitalen Lautaufnahmen konnten somit direkt als *.wav-Dateien abgespeichert werden.

Während der Aufnahmen betrug der Abstand zwischen Mikrofon und Schallquelle (Mund des Neugeborenen) etwa 15 cm. Eine weitergehende Standardisierung des Abstandes war aufgrund der wechselnden Aufnahmesituationen nicht möglich.

⁶⁴ Für die vorliegende Studie wurde eine Standard-Einverständniserklärung des LSCP verwendet.

8.4 Datenanalyse

Um feststellen zu können, ob ein Unterschied zwischen den Melodiekonturen Neugeborener mit pränatalem monolinguaem oder bilinguaem sprachlichem Input besteht, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Vergleich der Form der produzierten Melodiekonturen durchgeführt.

Da hierfür aus den unter Kapitel 6 genannten Gründen einfachböige Melodiekonturen besonders repräsentativ sind, wurden zunächst aus dem vorhandenen Datenmaterial eines Probanden Einzelschreie isoliert (im Folgenden dargestellt unter Kapitel 8.4.1) und deren Melodiekonturen (Grundfrequenzverläufe) berechnet (s. Kapitel 8.4.2). Diese Melodiekonturen wurden sodann einer Strukturanalyse unterzogen, wodurch die einfachböigen Melodiekonturen identifiziert und für die weitere Analyse ausgewählt wurden (s. Kapitel 8.4.3).

Auf die so gewonnenen einfachböigen Melodiekonturen wurde im Anschluss an die Bestimmung der Bogenlänge (s. Kapitel 8.4.4) die Methode der EF-Modellierung angewandt (s. Kapitel 8.4.5). Die EF-Modellierung ermöglicht eine objektive Beschreibung der Melodiebogenform der Einzelschreie, sodass ein objektiver Vergleich der verschiedenen Melodiekonturen möglich ist, deren Analyse wiederum Rückschlüsse auf die pränatale Prägung zulassen.

8.4.1 Kodierung, Editierung und Spektralanalyse der Einzelschreie

Kodierung, Editierung sowie alle weiteren Analyseschritte wurden im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) der Universität Würzburg durchgeführt. Die hierfür benötigten Einrichtungen, Geräte und Programme wurden der Autorin vom ZVES zur Verfügung gestellt. Die dabei entstandenen digitalen Datensätze wurden in der Datenbank des ZVES archiviert und zur weiteren Nutzung aufbereitet (Programmautor Archiv: P. Wermke).

Die vorliegende Untersuchung umfasst Datensätze von insgesamt 60 Probanden (Gruppe A: 40, Gruppe B: 20) mit insgesamt 5779 Einzelschreien (Gruppe A: 3500, Gruppe B: 2279). Ein Datensatz umfasst dabei alle aufgenommenen Einzelschreie (Vokalisation während einer Expirationsphase) eines Probanden. Die Bearbeitung der Datensätze ist nachfolgend beschrieben.

Kodierung der Sounddateien

Alle akustischen Dateien wurden vor der Aufnahme in die Datenbank des ZVES aus datenschutzrechtlichen Gründen anonymisiert. Zu diesem Zweck wurde jedem Probanden ein Probandencode (PID) zugeordnet, um eine Unterscheidung der Datensätze bezüglich Geschlecht, Aufnahmealter und Inputsprache im weiteren Verlauf zu ermöglichen. Alle Analyseergebnisse werden auf diese Weise unverwechselbar, aber anonymisiert den individuellen Probanden zugeordnet. Alle weiteren Analyseergebnisse tragen dieselbe PID.

Editierung der Sounddateien

Die Editierung der Lautaufnahmen wurde unter Zuhilfenahme der Sprachanalysesoftware Computerized Speech Lab (CSL™) Model 4400/4500 der Firma KayPENTAX⁶⁵ (Lincoln Park / USA) durchgeführt. In einem ersten Arbeitsschritt wurde das Zeitsignal der Aufnahme untersucht und Einzelschreie wurden extrahiert und in individuellen Dateien archiviert.

Da jede einzelne Sounddatei einer Aufnahme, bedingt durch verschiedene Aufnahmesituationen, eine unterschiedliche Dauer aufwies, wurden alle diese Originalaufnahmen zunächst als zweiminütige *Langserien* (Abbildung 9) abgespeichert.

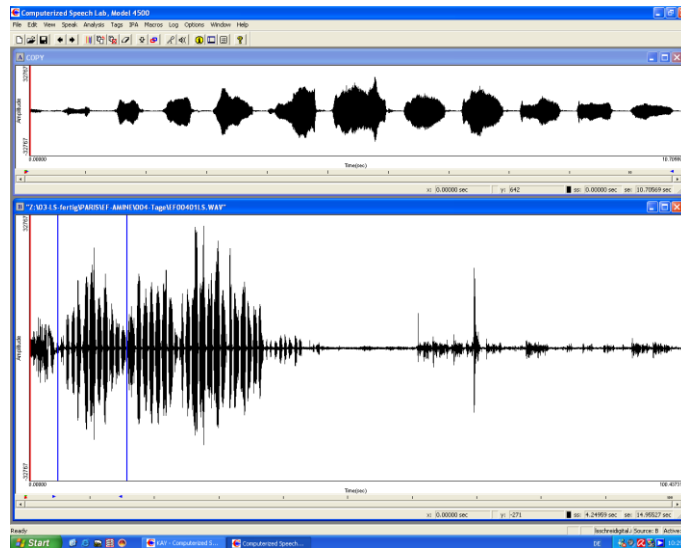


Abbildung 9 Langserie im Ausgabefenster der CSL™-Software

Im unteren Fenster ist die Zeitdarstellung (Amplitude) der Gesamtdauer (t) der Aufnahme eines Probanden zum Aufnahmezeitpunkt x abgebildet. Die blauen Cursors zeigen die Langserie (2 Min) in der Originalaufnahme (in Minuten) an. Das obere Fenster zeigt die Amplitude (y -Achse) der im unteren Fenster markierten Langserie (Dauer: 2 Min) an.

Ein weiterer Arbeitsschritt umfasste das Abhören der Langserien in Echtzeit, für die Extraktion von *Einzelschreien* (Abbildung 10). Ein Einzelschrei ist dabei stets als Vokalisation während einer Expiration gekennzeichnet. Für jeden Einzelschrei wird ein Audiosignal (*.wav-Format) in der Datenbank abgespeichert.

⁶⁵ Die Firma KayPENTAX ist ein Unternehmensbereich der PENTAX Medical Company. Für weitere Produktinformationen wird auf die Homepage des Unternehmens verwiesen: www.kayelemetrics.com/ (Zugriff am: 08.03.2011)

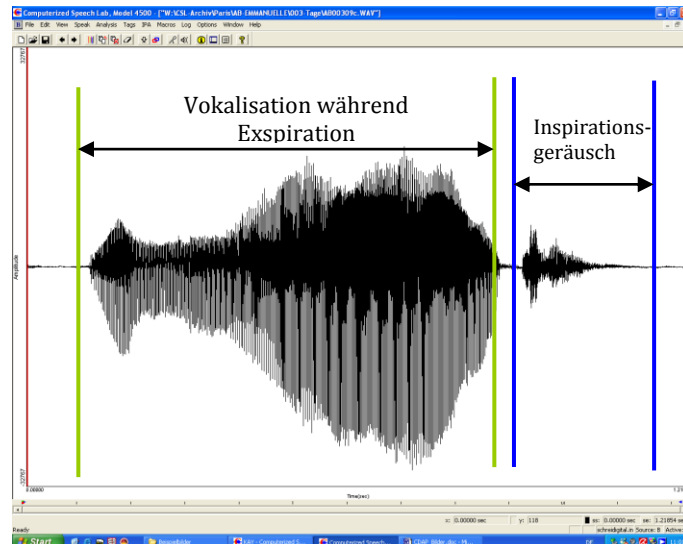


Abbildung 10 Einzelschrei im Ausgabefenster der CSLTM-Software

Auf der y-Achse ist die Amplitude (16 Bit) eines Einzelschreis aufgetragen. Die x-Achse zeigt die zeitliche Dauer (t in [s]) des Einzelschreis an. Die grünen Cursors zeigen die Lautäußerung während einer Expiration (Einzelschrei) an, die blauen Cursors zeigen das nachfolgende Inspirationsgeräusch an.

Spektralanalyse der Einzelschreie

Ebenfalls unter Verwendung der CSLTM-Software fand in einem weiteren Arbeitsschritt eine instationäre Spektralanalyse der Einzelschreie statt. Die Einzelscheiben des Spektrogramms wurden durch einen Fast-Fouriertransformations-Algorithmus (FFT), unter Verwendung eines Hanning-Fensters (1024 Abtastwerte) der CSLTM-Software, errechnet. Für jeden Einzelschrei wurde ein *Schmalbandspektrogramm* (Bandbreite 45 Hz) erstellt, das die Änderung der spektralen Eigenschaften in der Zeit darstellt (vgl. Abbildung 11).

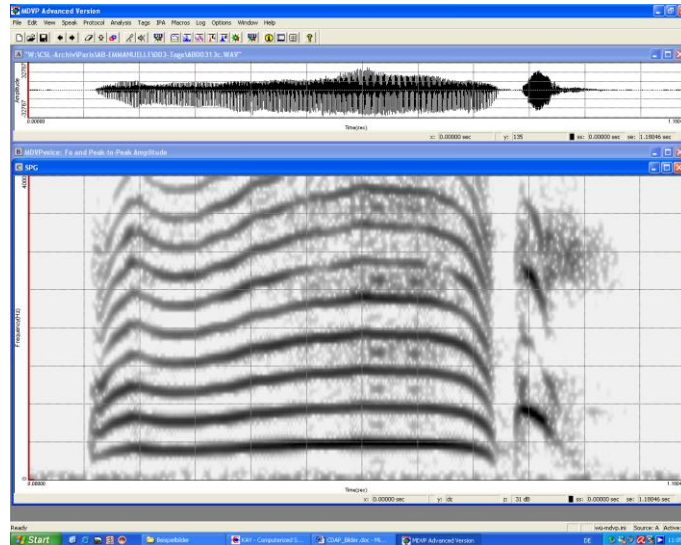


Abbildung 11 Ein mit CSL™ erstelltes Schmalbandspektrogramm eines Einzelschreies

Das obere Ausgabefenster der CSL™-Software zeigt den Einzelschrei im Zeitbereich (Amplitude/Zeit). Das untere Ausgabefenster bildet das Schmalbandspektrogramm (Frequenz/Zeit) des Einzelschreies ab. Im Schmalbandspektrogramm werden die Frequenzkomponenten des Einzelschreies zwischen 0 und 4 kHz dargestellt sowie weiterhin deren Veränderung über die Länge des Einzelschreies (cf. Wermke 2002). In der vorliegenden Arbeit sind alle Frequenzspektren in dieser Form dargestellt.

Im Schmalbandspektrogramm ist die Zeitfunktion des Spektrums mit hoher Zeitauflösung (~20ms) dargestellt. Die erkennbaren Unterschiede der Grauskalierung der verschiedenen Frequenzbänder im Spektrogramm zeigen den Energiegehalt dieser an. Je höher die Energiedichte eines Frequenzbandes, desto schwärzer ist dessen Einfärbung.

Das unterste Frequenzband stellt den Zeitverlauf der Grundfrequenz (F_0) dar (s. Abbildung 12). Die Grundfrequenz, die in Hertz [Hz] gemessen wird, reflektiert die Schwingungen der Stimmlippen im Larynx (vgl. Abbildung 14a). Der Verlauf der Grundfrequenz korrespondiert psychoakustisch mit der Melodie des akustischen Signals. Die darüberliegenden Frequenzbänder bilden ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz ab. Diese Vielfache werden auch *harmonische Obertöne* oder *Harmonische* genannt (F_1 - F_x). Treten Frequenzbänder zwischen den harmonischen Obertönen auf mit Frequenzen, die ganzzahlige Brüche der Grundfrequenz haben, dann liegen sogenannte *Subharmonische* vor.

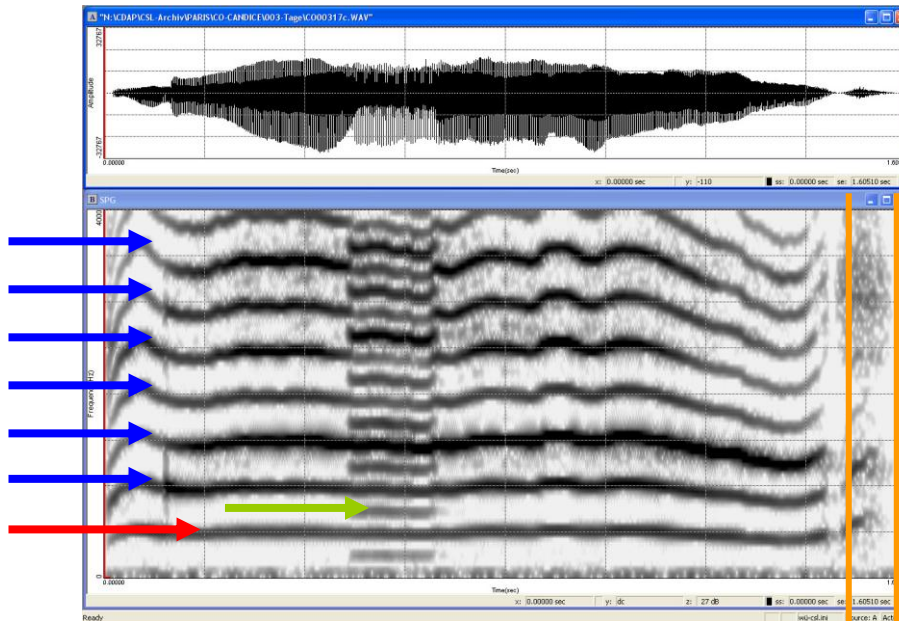


Abbildung 12 Spektrale Eigenschaften eines Einzelschreies in einem Schmalbandspektrogramm (Ausgabefenster der CSL™-Software)

Der rote Pfeil kennzeichnet den Grundfrequenzverlauf $t(F_0)$. Die blauen Pfeile zeigen die harmonischen Obertöne, der grüne Pfeil eine Subharmonische an. Der Bereich zwischen den orangefarbenen Cursors kennzeichnet die spektralen Eigenschaften der nachfolgenden Inspiration.

Als weitere spektrale Eigenschaften können *Rauschbanden* (Abbildung 13a und Abbildung 13b) und *Frequenzsprünge* (Abbildung 15) auftreten. Rauschbanden entstehen, wenn die Stimmlippen während der Vokalisation nicht gleichmäßig schwingen, was beispielsweise durch einen zu starken subglottischen Druck (Pressen) oder Flüssigkeit auf der Stimmritze⁶⁶ (Fruchtwasser) verursacht wird (vgl. Abbildung 14b).

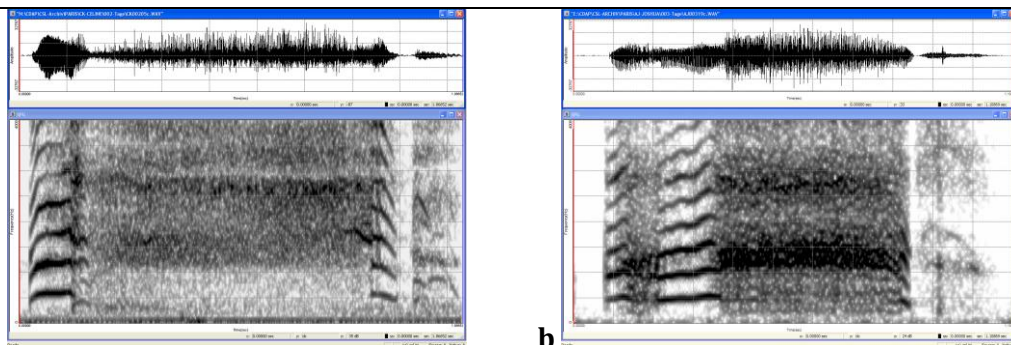


Abbildung 13 a, b Beispielspektrogramme sehr stark verrauschter Einzelschreie

Die Spektrogramme zeigen starke phonatorische Rauschbanden in der Mitte des Einzelschreies (a) sowie starke Rauschbanden am Rand des Einzelschreies (b). Eine Berechnung von F_0 und somit eine Auswertung der Melodie sind innerhalb der Rauschbanden nicht (oder nur eingeschränkt) möglich.

⁶⁶ In den ersten Lebenstagen haben Neugeborene teilweise noch minimale Reste von Fruchtwasser in den Atemwegen. Diese könnten dazu führen, dass die Stimmlippen nicht richtig schwingen können, wodurch es zu einem vermehrten Auftreten von Rauschbanden in den Schreien Neugeborener kommt. Mit zunehmendem Alter nehmen diese Rauschbanden deutlich ab (Fuamenya 2011).

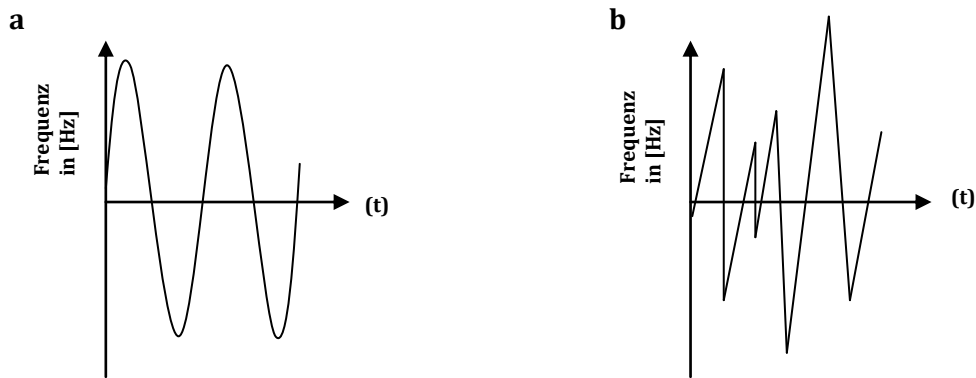


Abbildung 14 a, b Schematische Darstellung des Zeitsignals von Tönen und Geräuschen

(a) Schematische Darstellung von gleichmäßigen Schwingungen der Stimmlippen, deren Frequenz in Hertz [Hz] messbar ist; (b) Schematische Darstellung unregelmäßiger Bewegungen der Stimmlippen; in den so erzeugten Geräuschen ist keine Frequenz messbar (u.a. Böhme/Welzl-Müller 1998, Haughton 2002, Stickel 2003).

In den Abbildung 15 a und b ist das in der Terminologie der klassischen Schreiforschung der 1960er-Jahre mit Frequenzsprung (*Shift*) bezeichnete Phänomen (Wasz-Höckert et al. 1968) dargestellt. Frequenzsprünge sind durch einen abrupten Sprung von einem Frequenzband auf ein höheres oder tieferes Frequenzband gekennzeichnet.

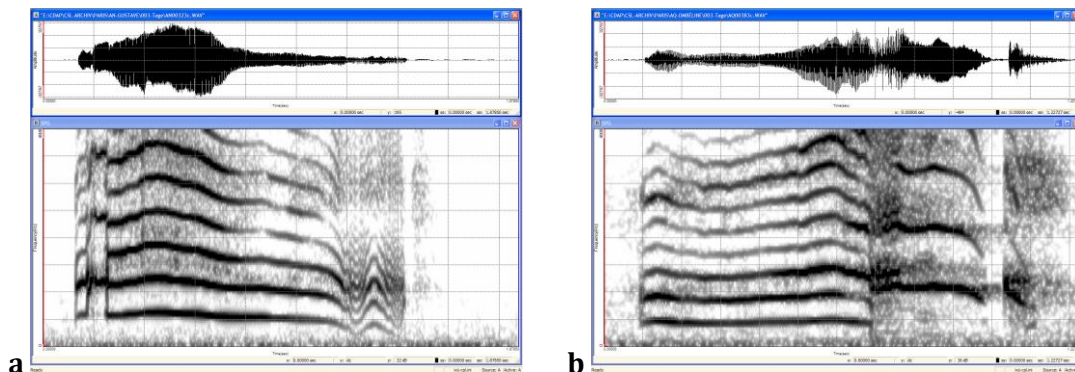


Abbildung 15 a, b Frequenzsprung (*Shift*) im Schmalbandspektrogramm (Ausgabefenster der CSL™-Software)

Für die einzelnen Aufnahmen jedes Probanden wurde mithilfe der Software *Cry-Data-Analysis-Program* (CDAP®, der Firma pw-project/Deutschland) eine Übersichtsdarstellung (Album) aller vorhandenen Schmalbandspektrogramme erstellt.

8.4.2 Analyse der Melodiekontur

Im nächsten Arbeitsschritt wurde unter Verwendung der Grundfrequenzanalyseroutine aus dem Zusatzprogramm der CSL™-Software (MDVP-Advanced 5105, Version 2.4.4) der Verlauf der Grundfrequenz berechnet ($t(F_0)$).

Die Software CDAP® ermöglicht eine geeignete Visualisierung der so errechneten Melodiekonturen. Nach Anwendung einer Tiefpassfilterung (ca. 40 Hz) auf diesen Grundfrequenzverlauf erhält man schließlich einen relativ glatten Grundfrequenzverlauf – die *Melodiekontur* – des jeweiligen Einzelschreis⁶⁷.

Die Berechnung der Melodiekonturen liefert die Grundlage für die Anwendung des mathematischen EF-Modells zur objektiven Beschreibung der Melodiebogenform, die ebenfalls unter Verwendung der CDAP®-Software berechnet wird.

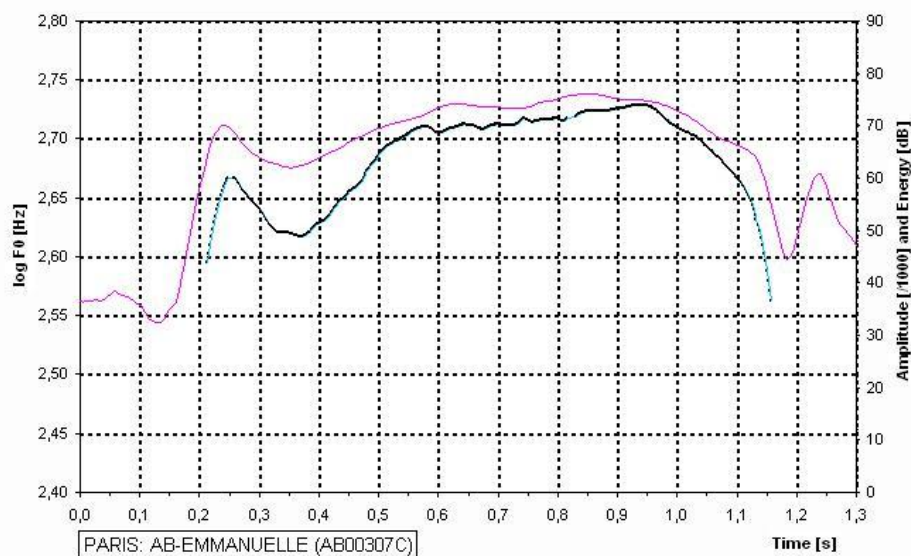


Abbildung 16 Darstellung von Intensitäts- und Grundfrequenzverlauf in CDAP®

Die (gefilterte) Melodiekontur des Einzelschreis ist durch die blaue Linie gekennzeichnet. Die rosafarbene Linie beschreibt den Intensitätsverlauf des Einzelschreis. Beide Konturen (Melodie und Intensität) sind mit der CDAP®-Software dargestellt.

⁶⁷ Mit der Berechnung der Melodiekontur erfolgt zudem die Berechnung der Intensitätskontur (Zeitfunktion der Intensität). Die Analyse der Intensität ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit und wird daher im Weiteren nicht beschrieben. Man erkennt in dem in Abbildung 16 gezeigten Beispiel eine starke Parallelität beider Konturverläufe, die jedoch für Säuglingsschreie nicht charakteristisch ist.

8.4.3 Strukturanalyse der Einzelschreie und Auswahl geeigneter Melodiekonturen für die nachfolgende Auswertung

Basierend auf den Ergebnissen der Spektral- und Melodieanalyse wurde nachfolgend eine Strukturanalyse der Einzelschreie, insbesondere basierend auf der Melodiestructur, unter Verwendung eines speziellen Moduls der CDAP®-Software (QSS-Modul) durchgeführt. Diese Analyse diente der Auswahl geeigneter Laute für die nachfolgende EF-Modellierung (s. Kapitel 8.4.5). Im Zuge dieser ZVES-spezifischen QSS-Strukturanalyse werden die Einzelschreie bzw. die Melodien verschiedenen Kategorien zugeordnet, die nachfolgend erläutert werden. Die QSS-Strukturanalyse basiert auf einem Klassifizierungssystem, das von Wermke (2002) entwickelt und nachfolgend langjährig am ZVES weiterentwickelt und ausführlich getestet wurde. Für die vorliegende Arbeit wurden Teilaspekte dieses Strukturanalyzesystems benutzt, um die für die Melodiekonturuntersuchung notwendige Vorauswahl geeigneter Neugeborenen-schreie vornehmen zu können. Die bei der Klassifizierung hier berücksichtigten spektralen und melodischen Merkmale sind in Tabelle 3 zusammengefasst:

Tabelle 3 Merkmale, die bei der Einzelschrei- und der Melodiestructuranalyse verwendet wurden

Einzelschreistrukturanalyse:
<ul style="list-style-type: none"> - Rauschbanden im Einzelschrei (ohne Rauschbande, Rauschbanden am Rand, Rauschbanden in der Mitte, vollständig verrauschter Einzelschrei) (s. Abbildung 13a, b)
Melodiestructuranalyse:
<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Melodiebögen (1 oder mehr) - Melodie-Segmentierung (vorhanden oder nicht) - Kurzlaute (<300 ms) - Vorhandensein einer An- oder Endwelle

Für die vorliegende Arbeit wurden ausschließlich solche Melodien analysiert, die in der Strukturanalyse als einfachböigige (1B) Melodien gekennzeichnet wurden. Melodien, deren Kontur durch einen einzelnen Bogen mit ansteigender und danach abfallender Flanke gekennzeichnet ist (s. Abbildung 17a).

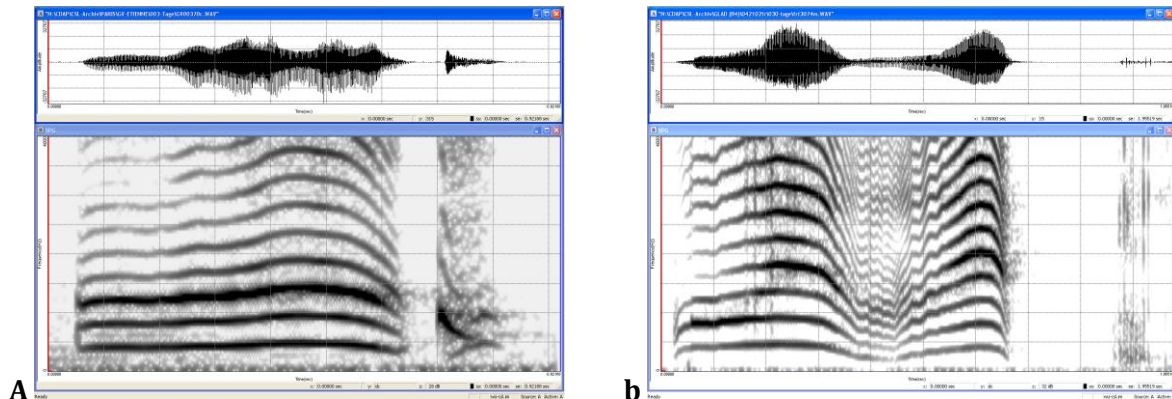


Abbildung 17 a, b Spektrogramm einer einfachböigen Melodie (a) und einer doppelböigen Melodie (b)

In a ist das Spektrogramm einer einfachböigen Melodie (1B) dargestellt. Die Melodiekontur ist durch eine ansteigende Flanke bis zum Melodiemaximum und eine absteigende Flanke gekennzeichnet. In b ist das Spektrogramm eines Einzelschreies dargestellt, dessen Melodiekontur doppelböig (2B) ist. Diese Melodiekontur ist durch zwei Anstiegs- und zwei Abstiegsflanken gekennzeichnet.

Melodiekonturen, die durch einen relativ stabilen Frequenzverlauf gekennzeichnet sind (Typ II nach Wermke 2002), sowie Kurzlaute und Einzelschreie mit starken Rauschbanden wurden nicht in die nachfolgende EF-Modellierung (s. Kapitel 8.4.5) eingeschlossen (vgl. Kapitel 6).

Von ursprünglich 5779 Einzelschreien (Gruppe A: 3500, Gruppe B: 2279) wurden 4035 Einzelschreie (Gruppe A: 2299, Gruppe B: 1736) aufgrund der beschriebenen Auswahlkriterien nicht für eine weitergehende Feinanalyse der Melodiekontur verwendet (cf. Tabelle 4). 890 Schreimelodien wurden als komplexe oder segmentierte Melodien (15,4%), 150 als einfachböige Melodie des Typs II (2,6%), 902 als Kurzlaute (15,6%) und 1592 als Melodie mit starken Rauschbanden (27,5%) klassifiziert. Die nachfolgend beschriebene EF-Modellierung konnte folglich auf 1744 Einzelschreie (Gruppe A: 1201, Gruppe B: 543) angewendet werden.

Tabelle 4 Übersicht über die von der EF-Modellierung ausgeschlossenen Einzelschreie

Merkmal	Anzahl der ausgeschlossenen Einzelschreie	%
Rauschbanden	1592	27,5
> 1 Melodiebogen	233	4,0
vorhandene Segmentierung	657	11,4
Kurzlaute	902	15,6
Melodiekontur des Typs II	150	2,6
stark irreguläre Typen	501	8,7

8.4.4 Identifizierung und Markierung von Melodiebogenanfang und -ende

Unter Verwendung der CDAP[®]-Software wurden nach abgeschlossener Auswahl der für die EF-Modellierung geeigneten Einzelschreie (N=1744) mittels Cursorsetzung jeweils Melodiebogenanfang (t_A) und -ende (t_E) markiert. Aus den so gewonnenen Zeitwerten wurde die Melodiebogenlänge berechnet (Melodiebogenlänge= t_E-t_A). Abbildung 18 illustriert schematisch die Markierung. Mit dem manuellen Setzen der Cursors (rote Linien) bestimmt der Untersucher Anfang und Ende des Melodiebogens.

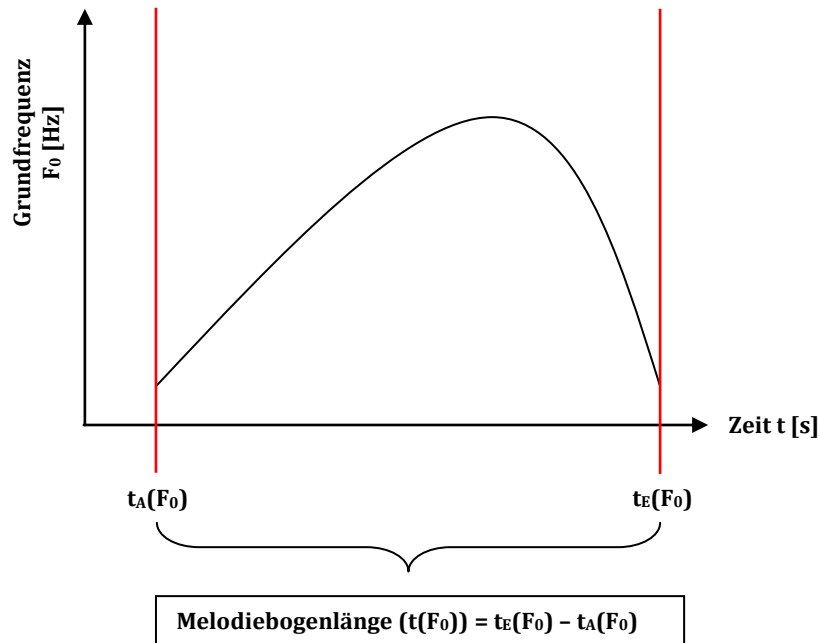


Abbildung 18 Schematische Darstellung der Markierung von Bogenanfang und -ende

Auf der Ordinate ist die Grundfrequenz (F_0 [Hz]) aufgetragen, auf der Abszisse die Zeit (t [s]). Die roten Linien stehen für die gesetzten Cursor. Der Abstand zwischen beiden Cursors beschreibt die Länge des Melodiebogens in Sekunden.

Markierung von Bogenanfang und -ende bei vorhandener An- und/oder Endwelle

Besonderheiten bei der Bogenmarkierung ergaben sich bei vorhandenem Strukturmerkmal einer An- und/oder Endwelle. Bei den für die EF-Modellierung ausgewählten Melodiebögen kamen insgesamt 824 Anwellen und 86 Endwellen vor. Das Verhältnis von An- zu Endwelle betrug dementsprechend 9,6:1.

Unter An- und Endwellen versteht man modulierte Elemente, die vor einem Melodiebogen (*Anwelle*) oder nach einem Melodiebogen (*Endwelle*) auftreten können. Sowohl An- als auch Endwelle sind ohne Segmentierung direkt mit dem Melodiebogen verbunden. An- und Endwelle sind durch eine maximale Dauer von 150ms gekennzeichnet. Abbildung 19 fasst schematische Darstellungen (a-d) und korrespondierende Beispiel-Spektrogramme (e-h) der in der vorliegenden Arbeit unterschiedenen Anwellenarten zusammen:

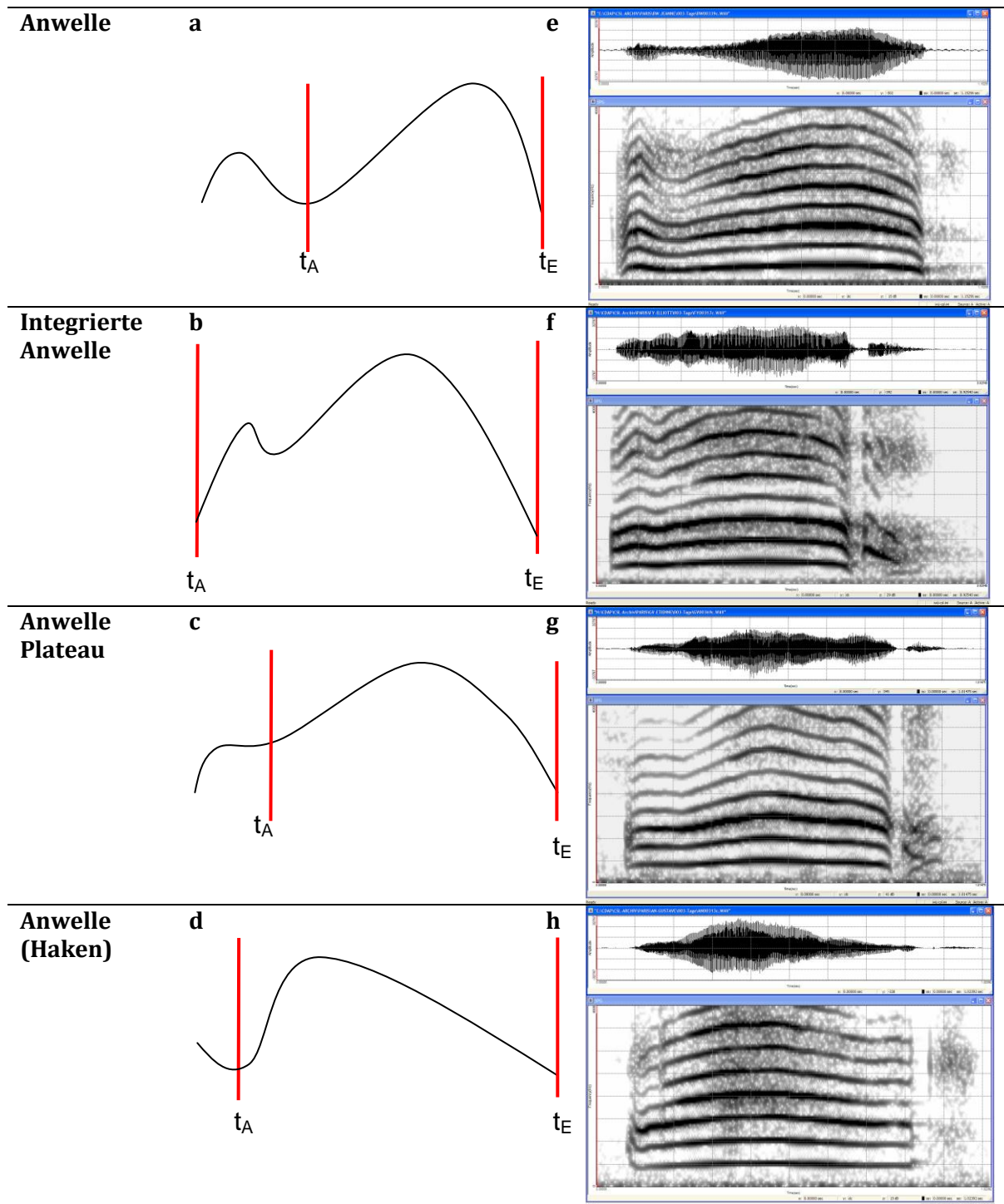


Abbildung 19 Übersicht über unterschiedene Arten von Anwellen und deren Berücksichtigung bei der Markierung von Melodiebogenanfang (t_A) und -ende (t_E)

In a-d sind schematische Darstellungen einer Anwelle (a), einer integrierten Anwelle (b), einer Plateau-Anwelle (c) und einer Haken-Anwelle (d) dargestellt. (e-h) zeigen Beispielspektrogramme einer Anwelle (e), einer integrierten Anwelle (f), einer Plateau-Anwelle (g) und einer Haken-Anwelle (h). Die roten Linien markieren Hauptbogenanfang und -ende.

Integrierte Anwellen wurden in den Hauptbogen einbezogen und nicht vom Melodiebogen separat markiert. Alle übrigen Arten von Anwellen wurden separat markiert. Ihre Dauer wurde im nachfolgenden Analyseschritt berücksichtigt (s. Kapitel 8.4.5). Die

Gesamtmelodielänge eines Einzelschreis ergibt sich aus der Hauptbogenlänge + eventuell vorhandener An- und/oder Endwelle. Der mit dem EF-Modell ermittelte Formparameter α wurde bei Vorhandensein solcher zusätzlicher Strukturmerkmale auf die Einzelschreilänge korrigiert.

In Abbildung 20⁶⁸ sind die in der vorliegenden Arbeit unterschiedenen Endwellenarten zusammengefasst. Bezüglich der Endwellen wurde in der vorliegenden Studie zwischen *Endwellen*, *integrierten Endwellen* und *Haken-Endwellen* unterschieden. Analog zur bereits beschriebenen Markierung von Melodiebogenanfang und -ende bei bestehender Anwelle wurden integrierte Endwellen in die Flanke einbezogen, alle anderen Endwellen hingegen separat markiert⁶⁹.

⁶⁸ Auf die Anwellen wird in der Erläuterung nicht näher eingegangen. Sie wurden jedoch grafisch durch die Markierung von Bogenanfang und -ende in den entsprechenden schematischen Darstellungen (Abbildung 20a und c) berücksichtigt.

⁶⁹ Bei der hier verwendeten EF-Modellierung (vgl. Kapitel 8.4.5) wurden nicht integrierte Anwellen (und Endwellen) aus der Modellierung ausgeschlossen, da ihre Inklusion zu einer stark veränderten Form der modellierten Melodiekontur bzw. zu einer deutlich schlechteren Anpassung und folglich zu einem fehlerhaften Melodiekontur-Maximum führen würde.

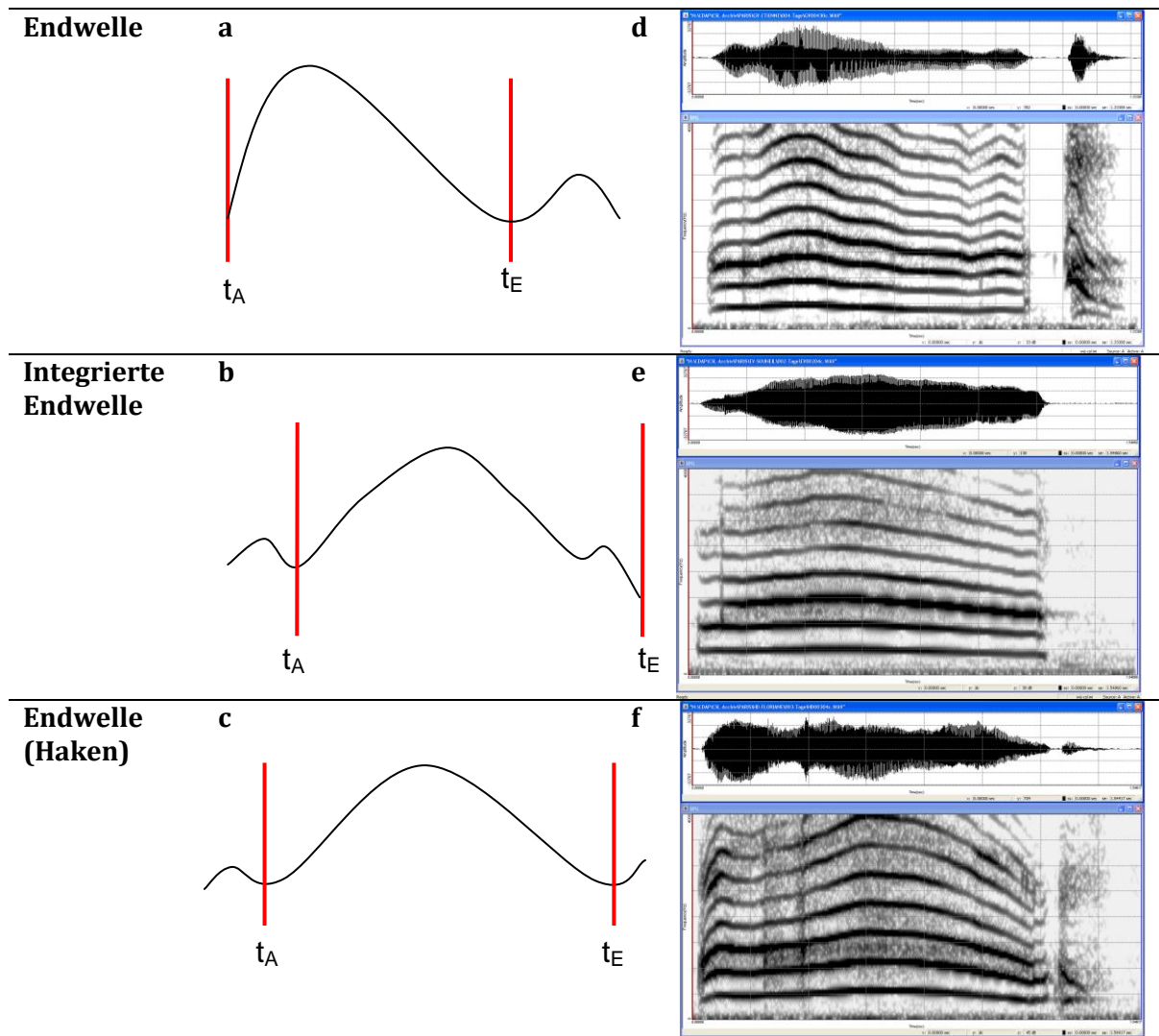


Abbildung 20 Übersicht über unterschiedene Arten von Endwellen und deren Berücksichtigung bei der Markierung von Melodiebogenanfang und -ende

In a-c sind schematische Darstellungen eines Melodiebogens mit Endwelle (a), mit integrierter Endwelle (b) und eines Melodiebogens mit Haken-Endwelle (c) dargestellt.

Die Beispielspektrogramme (d-f) zeigen eine Endwelle (d), eine integrierte Endwelle (e) und eine Haken-Endwelle (f). Die roten Linien markieren Hauptbogenanfang und -ende.

8.4.5 Anwendung des EF-Modells auf einfachböige Melodien

Im Gegensatz zu der in Mampe (2007) angewandten Methode (Handvermessung der einzelnen Schreimelodiekonturen) fand die Bestimmung der Kontur der Melodiebögen unter Verwendung des EF-Modells statt, das von W. Mende (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften) entwickelt und implementiert wurde (siehe z.B. Wermke/Mende 2011). Die Anwendung des EF-Modells am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) liefert eine einheitliche quantitative Beschreibung von Melodiebögen in (früh-)kindlichen Äußerungen.

Für die EF-Modellierung wurden zunächst, wie bereits in Kapitel 8.4.3 beschrieben, geeignete einfachböige Melodien ausgewählt: Für jeden einzelnen Melodiebogen wurden durch Parameteroptimierung sechs Parameter des Modells bestimmt, nebst einem Maß für die Güte der Anpassung. Die Parameteroptimierung wurde, wie bereits die Strukturanalyse, unter Verwendung der CDAP®-Software (pw-project/Deutschland) und der am ZVES üblichen Auswerteroutinen durchgeführt. Für die nichtlineare Optimierung der Modellparameter wurde von W. Mende, P. Wermke und Ph. Gérard der Levenberg-Marquardt-Algorithmus in einem speziellen Modul der CDAP®-Software implementiert. Das EF-Modell wurde hier auf 1744 einfachböige Melodien von 60 Neugeborenen angewendet. Die Anwendung des EF-Modells sowie die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse erfolgten unter Anleitung des Autors W. Mende sowie mit Unterstützung von P. Wermke und Ph. Gérard.

Wie bereits erwähnt, dient das EF-Modell der Bestimmung der globalen Form von Melodiebögen. Feinere Melodievariationen um diese globale Form werden durch die Anwendung des EF-Modells ausgefiltert. Trotz dieser Filterung geht der Einfluss dieser Variationen in die Berechnung des hoch aggregierten Melodiebogens ein. Der so erhaltene Modell-Melodiebogen stellt somit zwar eine Vereinfachung und Glättung des Melodieverlaufs dar, der relevante Informationen der ungefilterten Melodie berücksichtigt und dennoch durch den integrativen Prozess der Parameteroptimierung eindeutig bestimmt ist. Mit der Anpassung des EF-Modellbogens an die Daten des gegebenen originalen Melodiebogens wird durch das Modell die globale Form dieses Melodiebogens (Melodiekontur) extrahiert (vgl. Abbildung 21). Aufgrund der Modell-Filterung sind die resultierenden EF-Modellkurven stark geglättet und beinhalten nur genau ein wohl definiertes Maximum sowie je eine steigende und eine fallende Flanke des modellierten Bogens (eine mono-modale Kurve).

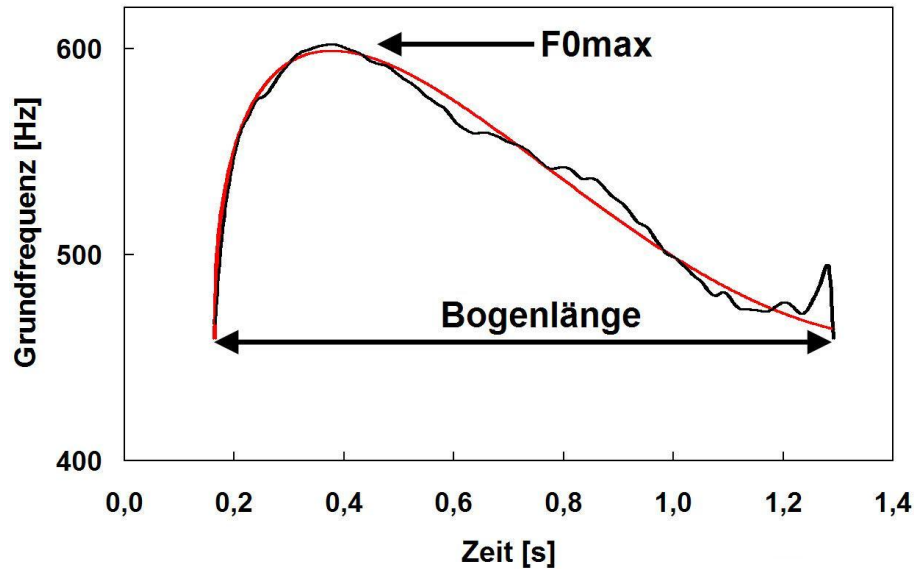


Abbildung 21 Darstellung eines modellierten Melodiebogens (Wermke/Mende 2011, S. 633)

Die schwarze Linie zeigt den Grundfrequenzverlauf ($t(F_0)$) eines Schreilautes. Der Grundfrequenzverlauf folgt einem einfachbögigen Verlauf. Die rote Linie zeigt die mithilfe des EF-Modells ermittelte geglättete Modellkurve des einfachbögigen Melodiebogens.

Das Modell enthält sechs Parameter und wird vom Autor W. Mende wie folgt beschrieben: „Vier Modell-Parameter dienen der Darstellung des Melodiebogens in einem Zeit-Frequenz-Koordinatensystem (t_A , t_E , F_0 Socket, F_0 max). Zwei weitere Parameter dienen zusätzlich der Beschreibung der Formeigenschaften der modellierten Melodiebögen (α , β). Der erste Formparameter α beschreibt die Position des F_0 -Maximums relativ zu der zeitlichen Normierung des Melodiebogens. Diese Beschreibung setzt sich aus dem Verhältnis der Länge der Anstiegsflanke und der Gesamtbogenlänge zusammen.

$$\alpha = \frac{t_{F_0\max} - t_A}{t_E - t_A}$$

Der Parameter α variiert nach Konstruktion zwischen 0 und 1. Somit sind symmetrische Melodiebögen mit gleichlanger Anstiegs- und Abstiegsflanke durch $\alpha=0,5$ charakterisiert. Melodiebögen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke sind durch ein $\alpha < 0,5$ gekennzeichnet, Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke sind durch einen Wert $> 0,5$ für α charakterisiert. Damit charakterisiert α in eindeutiger Weise die Schiefe des Melodiebogens. Unabhängig von α ist durch β die Wölbung (Kurtosis) eines Melodiebogens charakterisiert. Durch die beiden Formparameter α und β können vier Formklassen (Wermke 2002, Wermke/Mende 2011) beschrieben werden, die alle prinzipiell möglichen einfachen Melodiebogenformen im Modell beschreiben. Durch die vier Skalen-Parameter sowie die Formparameter α und β , die die EF-Modellierung liefert, sind die einfachen Melodiebögen beschrieben.

Ein wichtiger Vorteil der Methode der EF-Modellierung besteht in der geringen Anzahl an Parametern (sechs), die für die Beschreibung eines Melodiebogens notwendig sind. Auch parametrische Mittelungen sind möglich. Auf diese Weise können verschiedene Melodiebögen oder Klassen von Melodiebögen miteinander verglichen werden.“ (Interner Forschungsbericht ZVES, 2003)

Die EF-Modellierung kann den störenden Einfluss lokaler Frequenzvariationen oder hochfrequenter Geräusche in der Melodie eliminieren. Somit wird die Definition eines eindeutigen F₀-Maximums möglich. Ein Vergleich von Melodiebögen unterschiedlicher Entwicklungsstadien des Kindes ist mit dem EF-Modell ebenfalls möglich (Wermke/Mende 2011), was in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht zur Anwendung kommt.

8.5 Bestimmung des Anteils beider Sprachen in der bilingualen Gruppe B

In Ergänzung zu der vergleichenden Untersuchung der Melodiekonturen mono- und bilingualer Neugeborener wird in der vorliegenden Studie untersucht, ob das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen die Melodieproduktion im Neugeborenenalter beeinflusst.

Zu diesem Zweck wurde ein Intragruppenvergleich der α -Werte von Gruppe B durchgeführt. Die pränatale Sprachumgebung war für alle Probanden aus Gruppe B durch Französisch und eine weitere Sprache geprägt (vgl. Kapitel 8.2.3, Tabelle 2), wobei das quantitative Verhältnis der beiden Sprachen für die einzelnen Probanden variierte. In Abhängigkeit dieses Verhältnisses wurde zusätzlich eine Unterverteilung der Probanden von Gruppe B in drei Subgruppen vorgenommen.

Unterteilung der Probanden von Gruppe B nach quantitativem Verhältnis der Umgebungssprachen

Die Neugeborenen wurden entsprechend der von ihren Müttern angegebenen prozentualen Anteile ihres eigenen Sprachgebrauchs während des letzten Schwangerschaftsdrittels unterteilt. Als Subgruppenkriterium wurde der Französisch-Anteil festgelegt, da das Französische die gemeinsame Umgebungssprache der Neugeborenen in Gruppe B ist. Die Summe der Anteile beider pränataler Umgebungssprachen wurde für jeden Probanden mit 100% angenommen.

Subgruppe 1 umfasst Probanden, die einen Französisch-Anteil zwischen 70 und 80% in ihrer pränatalen Sprachumgebung hatten. Sie sind dementsprechend nachfolgend durch das Label *überwiegend Französisch* gekennzeichnet. Subgruppe 2 fasst alle Probanden zusammen, die eine *ausgewogen bilinguale* Sprachumgebung hatten. Der Französisch-Anteil dieser Gruppe lag zwischen 40 und 60%. Mit einem Französisch-Anteil von 20 bis 30% ist Subgruppe 3 unter dem Label *überwiegend nicht Französisch* zusammengefasst (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5 Unterteilung der Gruppe B nach Anteil des Französischen in der pränatalen Sprachumgebung

Subgruppe	Anteil der französischen Sprache in der pränatal bilingualen Sprachumgebung [%]
1 überwiegend Französisch	70-80
2 ausgewogen bilingual	40-60
3 überwiegend nicht Französisch	20-30

Nachstehend ist die Unterteilung der insgesamt 20 Neugeborenen aus Gruppe B tabellarisch dargestellt. Je 3 Neugeborene wurden den Subgruppen 1 und 3 zugeordnet. Mit insgesamt 14 Neugeborenen ist Subgruppe 2 die umfangreichste Subgruppe. Tabelle 6 fasst die Anzahl der Probanden sowie die Anzahl der analysierten Melodiekonturen der drei Subgruppen zusammen:

Tabelle 6 Anzahl der Probanden und Anzahl der Einzelschreie pro Subgruppe

Subgruppe	Anzahl der Probanden (N)	Anzahl der Einzelschreie/Subgruppe (N)
1 überwiegend Französisch	3	68
2 ausgewogen bilingual	14	380
3 überwiegend nicht Französisch	3	95

Aufgrund der geringen Probandenanzahl von Subgruppe 1 und Subgruppe 3 wurden die α -Werte der Subgruppen anschließend nicht auf Basis der Kindmittel, sondern auf Basis der Einzelschreie miteinander verglichen.

8.6 Kofaktorenanalyse

Um neurophysiologische Ursachen eines Gruppenunterschiedes für α ausschließen zu können, wurde eine Kofaktorenanalyse der Variablen *Einzelschreilänge* und *mittlere F_0* durchgeführt.

Zu diesem Zweck wurden zunächst die Einzelschreilängen (vgl. Kapitel 8.4.4) von Gruppe A (N=1201) und Gruppe B (N=543) miteinander verglichen (Kofaktorenanalyse I).

Die Kofaktorenanalyse II, die Untersuchung der Variablen der mittleren F_0 , umfasste eine Beurteilung der Verteilung aller mittleren F_0 -Werte (Kapitel 8.4.2) auf Gruppenebene in Bezugnahme auf einen Norm-Frequenzbereich (400-600Hz), der in verschiedenen Studien von Michelsson et al. (z.B. Michelsson/Michelsson 1999) für die Schreimelodien gesunder Kinder ermittelt wurde.

8.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde unter Verwendung der Software SPSS Statistics (Version 18) der Firma IBM (Somers, NY/USA) (vgl. Kapitel 9) durchgeführt.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde mithilfe der EF-Modellierung ein Wert α für jeden Einzelschrei berechnet. Anschließend wurden alle α -Werte eines jeden Neugeborenen gemittelt (Kindmittelwerte) und schließlich ein Gruppenmittelwert von α für Gruppe A und Gruppe B berechnet.

Aufgrund des umfangreichen Datenmaterials wurden zunächst *deskriptive Statistiken* der verschiedenen Messgrößen (α , Einzelschreilänge, mittlere F_0) für die Probandengruppen erstellt. Die deskriptiven Statistiken erlauben einen ersten Überblick über die Verteilungseigenschaften der zu untersuchenden Messgröße. Sie beinhalten Mittelwert mit Standardfehler, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Interquartilbereich. Darüber hinaus wurden die Häufigkeitsverteilungen der Messgrößen zum Teil in *Histogrammen* grafisch zusammengefasst.

Der Gruppenunterschied des Parameters mittlere F_0 ist zudem in einem Boxplot-Diagramm abgebildet. Mithilfe von Boxplot-Diagrammen lassen sich statistische Verteilungen unter Berücksichtigung der Streu- und Lagemaße grafisch darstellen. Der Kasten (Box) ist seitlich durch die 25. und die 75. Perzentile begrenzt. Innerhalb des Kastens ist der Median (50.

Perzentile) als Linie gekennzeichnet. Damit wird durch den Kasten der Bereich abgebildet, in dem 50% der Daten liegen. Durch die Linien (engl.: *whiskers*) sind zudem der jeweils kleinste und größte Wert gekennzeichnet, wobei Ausreißer (Werte, die 1,5 bis 3 Kastenlängen von der 25. bzw. 75. Quartile entfernt liegen) und Extremwerte (Werte, die mehr als 3 Kastenlängen von der 25. und 75. Quartile entfernt liegen) extra abgebildet werden. Ausreißer sind durch Kreise (°) gekennzeichnet, Extremwerte durch Sterne (*) (vgl. Janssen/Laatz 2005).

Nach Testung der statistischen Verteilungseigenschaften der Messgrößen (Shapiro-Wilk-Test) wurde bei hinreichender Normalverteilung ein T-Test (unabhängige Stichproben), bei fehlender Normalverteilung ein nichtparametrisches Verfahren zur Testung der ermittelten Unterschiede eingesetzt (Mann-Whitney-U-Test, H-Test nach Kruskal-Wallis). Die Interpretation der entsprechenden Ergebnisse erfolgte auf einem 5%-Niveau. Da Hypothese 1b als gerichtete Hypothese formuliert ist, wurde der ermittelte Unterschied einseitig auf Signifikanz getestet und das Ergebnis auf einem 10%-Niveau interpretiert.

Die Kofaktorenanalysen I und II wurden auf Basis der Einzelschreie, die auch in der EF-Modellierung analysiert wurden, durchgeführt.

Kofaktorenanalyse I umfasste einen Vergleich aller untersuchten Einzelschreilängen von Gruppe A (N=1201) und Gruppe B (N=543). Die statistischen Verteilungseigenschaften der Einzelschreilängen wurden deskriptiv zusammengefasst (Tabelle 12) sowie grafisch in Form eines Histogrammes (Abbildung 26) dargestellt. Da keine hinreichende Normalverteilung vorlag, wurde für die Signifikanztestung ein nichtparametrisches Verfahren (Mann-Whitney-U-Test) eingesetzt. Alle Ergebnisse der Kofaktorenanalyse I sind in Kapitel 9.2.2 zusammengefasst.

Für die Kofaktorenanalyse II wurden ebenfalls die statistischen Verteilungseigenschaften der mittleren F_0 -Werte auf Einzelschreibasis von Gruppe A und B deskriptiv zusammengefasst (Tabelle 9) und in einem Histogramm (Abbildung 24) dargestellt. Die ermittelten Werte der mittleren F_0 von Gruppe A und Gruppe B wurden sodann in einem Boxplot-Diagramm (Abbildung 25) dargestellt und mit dem von Michelsson und Michelsson (1999) für die Schreilaute gesunder Neugeborener ermittelten Normbereich (400-600Hz) verglichen. Alle Ergebnisse der Kofaktorenanalyse II sind in Kapitel 9.2.1 zusammengefasst.

Für die Überprüfung des Einflusses des quantitativen Verhältnisses der pränatal gehörten Umgebungssprachen auf die Melodiekonturen der untersuchten bilingualen Neugeborenen (Hypothese 2) wurden die Subgruppen 1, 2 und 3 miteinander verglichen (s. Kapitel 9.3).

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs von Subgruppe 1 und 3 (je 3 Probanden) wurde diese Untersuchung auf Basis der Einzelschreie durchgeführt. Die Verteilungseigenschaften der α -Werte sind pro Subgruppe deskriptiv zusammengefasst. Die Verteilungen der α -Werte wurden weiterhin auf hinreichende Normalverteilung getestet (Shapiro-Wilk). Da α für keine Subgruppe hinreichend normalverteilt war, wurde die Signifikanztestung mithilfe eines nichtparametrischen Verfahrens (H-Test nach Kruskal-Wallis) durchgeführt.

Außerdem wurden die Verteilungen der α -Werte aller Subgruppen in einem Boxplot-Diagramm dargestellt. Da das Französische für alle Probanden eine Umgebungssprache war, wurde im Boxplot-Diagramm der auf Einzelschreibasis errechnete α -Wert von Gruppe A als Referenzlinie eingezeichnet. Französisch ist die einzige pränatal gehörte Umgebungssprache der Probanden dieser Gruppe.

Alle Ergebnisse sind in Kapitel 9 zusammengefasst.

9 Ergebnisse

Die Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses einer pränatalen *bilingualen* Sprachumgebung im Vergleich zu einer pränatalen *monolingualen* Sprachumgebung auf die Melodieproduktion Neugeborener innerhalb der ersten Lebenswoche.

Zu diesem Zweck wurden insgesamt 5779 spontane Schreilaute von 60 Neugeborenen (40 monolingual französisch, 20 bilingual) in der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses (Paris) aufgenommen. Anschließend fand eine Auswertung der *Melodiekonturen* der spontanen Schreilaute am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Universität Würzburg (ZVES, Leitung: Prof. Dr. K. Wermke) statt, die eine objektive Bestimmung des F_0 -Maximums (Melodiekonturmaximums) der einzelnen Melodiebögen mithilfe eines mathematischen EF-Modells beinhaltete (vgl. Kapitel 8.4.5). Der Formparameter des angewendeten mathematischen EF-Modells (α) liefert die Position des F_0 -Maximums relativ zu der zeitlichen Normierung des Melodiebogens und variiert nach Konstruktion in der vorliegenden Arbeit zwischen 0 und 1 (s. Kapitel 8.4.5). Das EF-Modell wurde auf 1744 geeignete einfachböigige Einzelschreie (1201 monolingual, 543 bilingual) angewendet (vgl. Kapitel 8.4.3).

Die Ergebnisse zur Überprüfung von Hypothese 1 sind nachstehend in Kapitel 9.1 dargestellt. Kapitel 9.2 umfasst die Ergebnisse der Kofaktorenanalyse. Die Ergebnisse zur Überprüfung von Hypothese 2 sind in Kapitel 9.3 zusammengefasst.

9.1 *Vergleich des Einflusses einer pränatal monolingualen und pränatal bilingualen Sprachumgebung auf die Melodieproduktion im Neugeborenenalter*

Für die Überprüfung von Hypothese 1 – *Monolinguale (Gruppe A) und bilingual Neugeborene (Gruppe B) unterscheiden sich bezüglich der Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturen* – wurde zunächst unter Verwendung des EF-Modells der Modellparameter α für jeden Einzelschrei berechnet (vgl. Kapitel 8.4.5). Anschließend wurden alle α -Werte eines Kindes gemittelt (Kindmittel). Die Verteilungseigenschaften dieser α -Kindmittel sind in Histogrammen (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23) dargestellt (s. Kapitel 9.1.1 und Kapitel 9.1.2). Aus den so gewonnenen Kindmittelwerten wurde schließlich ein Gruppenmittelwert für α errechnet.

Nachfolgend werden zunächst die Verteilungseigenschaften der α -Kindmittel für die mono- und bilingualen Neugeborenen dargestellt, da diese zu einem besseren Verständnis der Überprüfung von Hypothese 1 beitragen. In Kapitel 9.1.1 werden die α -Kindmittel der monolingualen Neugeborenen dargestellt, um die in Hypothese 1a getroffene Annahme – *Monolingual französische Neugeborene (Gruppe A) zeigen die Tendenz einer Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke, die durch $\alpha > 0,5$ definiert sind* – zu untersuchen.

In Kapitel 9.1.2 werden sodann die Verteilungseigenschaften der α -Kindmittel der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) dargelegt.

Kapitel 9.1.3 beinhaltet sodann einen Vergleich der α -Gruppenmittelwerte der monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen, zur Überprüfung von Hypothese 1b und Hypothese 1.

9.1.1 Wie schreien monolinguale Neugeborene? Verteilungseigenschaften der Kindmittelwerte der Messgröße α für Gruppe A

In nachfolgendem Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse zu den Schreimelodiekonturen der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) dargelegt. Zu diesem Zweck sind nachstehend die Verteilungseigenschaften der Kindmittelwerte der Messgröße α für Gruppe A in Abbildung 22 dargestellt. Die Messgröße α gibt Aufschluss über die Lage des F_0 -Maximums einer Melodiekontur und, darauf aufbauend, über die globale Melodiekonturform.

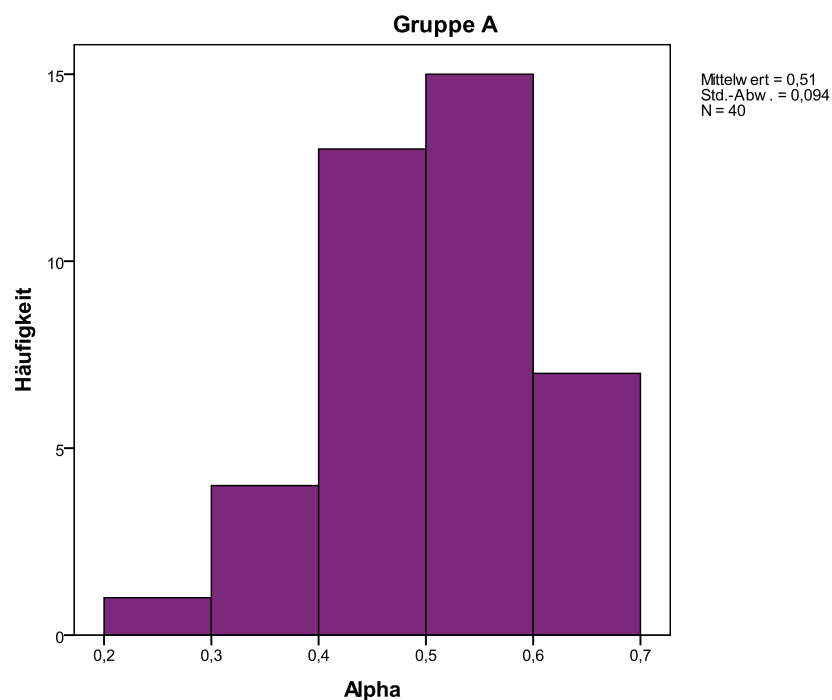


Abbildung 22 Histogramm zur Verdeutlichung der Verteilungseigenschaften der α -Kindmittelwerte der monolingual französischen Neugeborenen (Gruppe A, N=40)

Der Verteilung der α -Kindmittelwerte ist zu entnehmen, dass die monolingual französischen Neugeborenen am häufigsten solche Melodiekonturen produzierten, für die α zwischen 0,4 und 0,6 lag. Die monolingual französischen Neugeborenen produzierten dementsprechend vorwiegend Melodiekonturen mit einer längeren An- als Absteigsflanke. Den in Tabelle 7 zusammengefassten Verteilungseigenschaften ist der α -Gruppenmittelwert für die monolingualen Neugeborenen von 0,51 (STABW = 0,1) zu entnehmen.

Tabelle 7 Deskriptive Statistik der Häufigkeitsverteilung der pro Kind gemittelten α -Werte der monolingual französischen Neugeborenen (Gruppe A, N=40)

		Statistik	Standardfehler
α	Mittelwert	,51	,01
	Median	,50	
	Standardabweichung	,10	
	Minimum	,29	
	Maximum	,69	
	Interquartilbereich	,12	
	Kurtosis	-,06	,733

Für die auf Kindbasis gemittelten α -Werte liegt eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test, $p=0,739$).

Hypothese 1a beinhaltet die Annahme, dass die monolingual französischen Neugeborenen vor allem Melodiekonturen produzieren, die durch $\alpha > 0,5$ gekennzeichnet sind. Diese Annahme basiert auf den besonderen Charakteristika der französischen Intonation, die die Probanden dieser Gruppe pränatal gehört hatten (vgl. Kapitel 5). Mit einem Gruppenmittelwert(α) = 0,51 kann Hypothese 1a – *Monolingual französische Neugeborene (Gruppe A) zeigen die Tendenz einer Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke, die durch $\alpha > 0,5$ definiert sind* – bestätigt werden.

9.1.2 Wie schreien bilinguale Neugeborene? Verteilungseigenschaften der Kindmittelwerte von α für Gruppe B

Nachstehend werden die Verteilungseigenschaften der Schreimelodiekonturen der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) dargestellt. Analog zu den Ergebnissen der monolingualen Neugeborenen werden ebenfalls die α -Kindmittelwerte dargestellt (Abbildung 23 und Tabelle 8).

Für die bilinguale Probandengruppe (Gruppe B) war die Erfahrung mit den spezifischen Charakteristika der französischen Sprache durch eine weitere Sprache „gestört“. Dabei bewirkte die Störung eine höhere prosodische Variabilität der Sprachumgebung. Aufgrund dieser höheren Variabilität wurde in Hypothese 1b die Annahme formuliert, dass sich die bilingualen Neugeborenen von den monolingual französischen Neugeborenen bezüglich der am häufigsten produzierten Melodiekonturform unterscheiden.

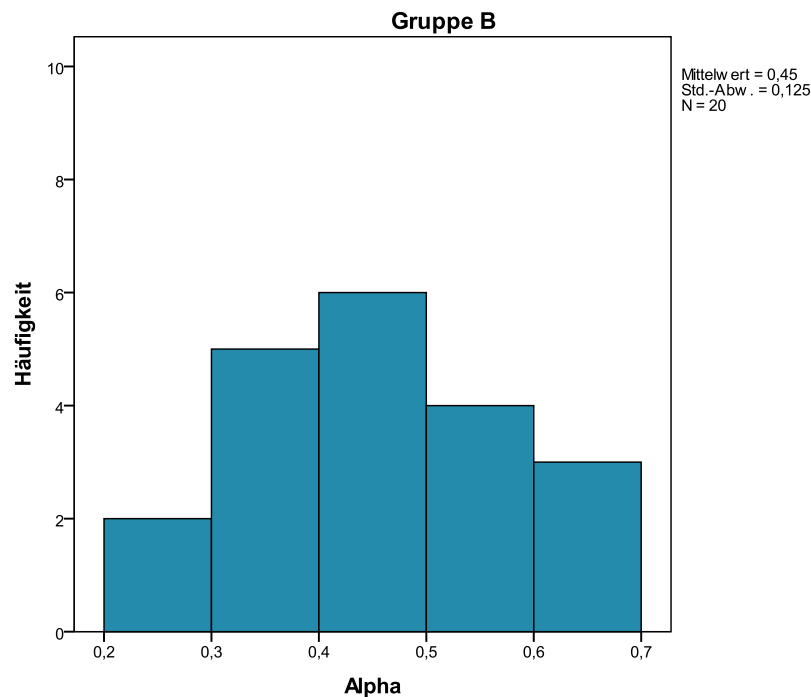


Abbildung 23 Histogramm der Häufigkeitsverteilung der α -Kindmittelwerte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B, N=20)

Abbildung 23 ist zu entnehmen, dass die bilingualen Neugeborenen am häufigsten solche Melodiekonturen produzierten, für die α zwischen 0,3 und 0,5 lag. Für die produzierten Schreimelodiekonturen der bilingualen Neugeborenen lag dementsprechend eine deutlich gleichmäßigere Verteilung vor als für die monolingual französischen Neugeborenen. Ein α -Wert $< 0,5$ steht für tendenziell eher Melodiekonturen mit einer kürzeren An- als Abstiegsflanke. Der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen liegt bei 0,45 (STABW=0,13; vgl. Tabelle 8). Die in Hypothese 1b getroffene Annahme kann somit bestätigt werden.

Für die auf Kindbasis gemittelten α -Werte der bilingualen Neugeborenen liegt eine hinreichende Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Test, $p=0,341$).

Tabelle 8 Deskriptive Statistik der Häufigkeitsverteilung der α -Kindmittelwerte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B, N=20)

		Statistik	Standardfehler
α	Mittelwert	,45	,03
	Median	,44	
	Standardabweichung	,13	
	Minimum	,21	
	Maximum	,63	
	Interquartilbereich	,20	
	Kurtosis	-,64	,99

9.1.3 Schreien bilinguale Neugeborene anders als monolinguale Neugeborene? Vergleich der α -Gruppenmittelwerte von Gruppe A und B

In Anlehnung an das Untersuchungsergebnis von Byers-Heinlein et al. (2010), das keine erkennbare perzeptive Perzeptionspräferenz bei bilingualen Neugeborenen für eine ihrer Muttersprachen demonstriert, wurde postuliert, dass dies ebenfalls in der Melodieproduktion der bilingualen Neugeborenen reflektiert ist. Aus diesem Postulat wurde abgeleitet, dass die bilingualen Neugeborenen die Melodiekonturen ($\alpha < 0,5$, $\alpha = 0,5$, $\alpha > 0,5$) in einem ausgewogenen Verhältnis produzieren bzw. die produzierten Melodiekonturen in einer deutlich gleichmäßigeren Verteilung vorliegen. Basierend auf der Annahme eines gleichmäßigeren Verhältnisses wurde daher in Hypothese 1b ein größerer α -Gruppenmittelwert für die monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) postuliert ($\alpha\text{-MW}(B) < \alpha\text{-MW}(A)$). Die Richtung dieser Hypothese resultiert aus den mithilfe von α beschreibbaren Melodiekonturen: Melodiekonturen mit einer kürzeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha < 0,5$), Melodiekonturen mit einer symmetrischen An- und Abstiegsflanke ($\alpha = 0,5$) und Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) (vgl. Kapitel 8.4.5). Die gleichmäßige Auftrittshäufigkeit aller Melodiekonturformen lässt einen insgesamt kleineren α -Wert für die bilingualen Neugeborenen erwarten.

Die in Kapitel 9.1.1 und Kapitel 9.1.2 dargelegten Verteilungseigenschaften der α -Werte der monolingualen (Gruppe A) und bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) zeigen, dass sich beide Gruppen voneinander unterscheiden. Diese Verteilungsunterschiede weisen darauf hin, dass sich die mono- und bilingualen Neugeborenen bezüglich der Häufigkeit der erzeugten Melodiekonturformen unterscheiden.

Der α -Gruppenmittelwert der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) liegt bei 0,51 (STABW = 0,10) und für die bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) bei 0,45 (STABW = 0,13). Damit besteht ein α -Mittelwertsunterschied zwischen Gruppe A und Gruppe B von 0,06. Wie in Hypothese 1b angenommen, ist der α -Mittelwert der Gruppe der bilingualen Neugeborenen (B) kleiner als der der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) ($\alpha\text{-MW}(B) < \alpha\text{-MW}(A)$).

Der errechnete α -Mittelwertsunterschied ist auf einem 10%-Niveau statistisch signifikant (T-Test, $p=0,031$). Der α -Gruppenmittelwert der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) ist somit statistisch signifikant größer als der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B). Hypothese 1b kann somit bestätigt werden.

Mit der Bestätigung von Hypothese 1b kann zugleich Hypothese 1 bestätigt werden:

Monolinguale und bilinguale Neugeborene unterscheiden sich bezüglich der Häufigkeit produzierter Melodiekonturformen.

9.2 *Kofaktorenanalyse I und II: Ausschluss neurophysiologischer Dysfunktionen als Ursache für die Unterschiede der von den mono- und bilingualen Neugeborenen produzierten Melodiekonturen*

Die Kofaktorenanalyse wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob die ermittelten unterschiedlichen Melodiekonturpräferenzen der monolingualen (Gruppe A) und der bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen tatsächlich auf eine pränatale sprachliche Prägung zurückzuführen sind oder auf neurophysiologische Dysfunktionen der untersuchten Neugeborenen. Zu diesem Zweck wurden die Messgrößen *mittlere F₀* (Kofaktorenanalyse I) und *Einzelstreifenlänge* (Kofaktorenanalyse II) statistisch ausgewertet. Beide Messgrößen wurden in der klassischen Schreiforschung als geeignete Indikatoren zur Beurteilung des hirneurophysiologischen Status Neugeborener identifiziert (u.a. Wasz-Höckert et al. 1968, Golub/Corwin 1982, Michelsson et al. 1982, Ueberschär 1985, Michelsson/Michelsson 1999; vgl. Kapitel 6 und Kapitel 7).

9.2.1 *Kofaktorenanalyse I: Intergruppenvergleich der Messgröße mittlere F₀*

Die Untersuchung der Messgröße der *mittleren F₀* wurde auf der Basis aller Einzelschreie einer Gruppe, ohne vorangehende Kindmittelung, durchgeführt. Die Verteilungseigenschaften der mittleren F₀-Werte beider Gruppen wurden mit dem von Michelsson und Michelsson (1999) für gesunde Neugeborene ermittelten Normbereich (400 bis 600Hz) verglichen.

Die Verteilungseigenschaften der mittleren F₀ der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) und der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) sind nachstehend in Tabelle 9 zusammengefasst:

Tabelle 9 Deskriptive Statistik der mittleren F₀ für die monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen

Gruppe		Statistik	Standardfehler
Mittlere F₀ [Hz]	A monolingual	Mittelwert	459,26
		Median	461,55
		Standardabweichung	65,87
		Minimum	192,41
		Maximum	871,47
		Interquartilbereich	71,57
	B bilingual	Mittelwert	440,72
	Median	450,47	
	Standardabweichung	49,83	
	Minimum	235,06	
	Maximum	556,72	
	Interquartilbereich	61,10	

Tabelle 9 ist zu entnehmen, dass sich die Mittelwerte der Messgröße der mittleren F₀ nur geringfügig zwischen der Gruppe der monolingualen (MW = 459,3Hz, STABW = 65,9) und der Gruppe der bilingualen Neugeborenen (MW = 440,7Hz, STABW = 49,8) unterscheiden. Der jeweils kleinste (Minimum) und größte Wert (Maximum) der mittleren F₀-Verteilungen zeigt jedoch, dass die Werte der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) deutlich stärker

gestreut sind als die der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B). Eine mögliche Erklärung für die stärkere Streuung der Werte der monolingualen Neugeborenen könnte in der größeren Stichprobengröße ($N=1201$ Einzelschreie), verglichen mit der der bilingualen Neugeborenen ($N=543$ Einzelschreie), liegen.

Die Verteilungseigenschaften sind in Abbildung 24 veranschaulicht.

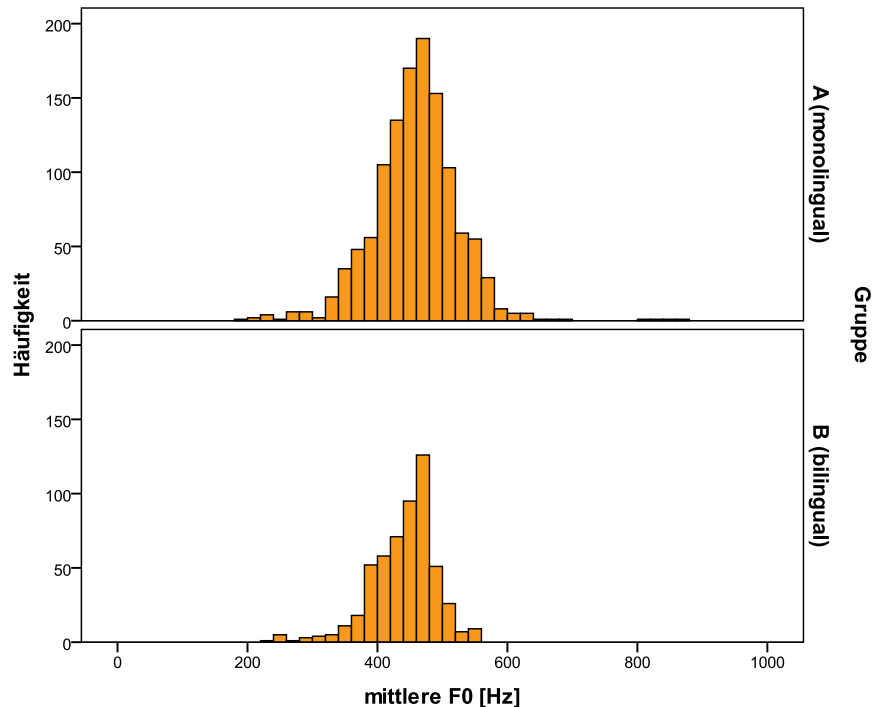


Abbildung 24 Histogramm der Verteilungseigenschaften der mittleren F_0 der monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen

Die Werte der mittleren F_0 sind weder für die Gruppe der monolingualen Neugeborenen (A) noch für die der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) hinreichend normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test, Gruppe A: $p=0,0001$, Gruppe B: $p=0,0001$).

Zur Veranschaulichung sind die Verteilungen der Messgröße mittlere F_0 beider Gruppen nachstehend in einem Boxplot-Diagramm dargestellt, in dem außerdem der Normbereich für mittlere F_0 -Werte nach Michelsson und Michelsson (1999) eingetragen wurde (Abbildung 25). Mit einem Mittelwert von 459,3Hz (STABW = 65,9) liegt die mittlere F_0 der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) innerhalb des von Michelsson und Michelsson (1999) ermittelten Normbereichs. Auch die mittleren F_0 -Werte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) liegen mit einem Mittelwert von 440,7Hz (STABW = 49,8) innerhalb dieses Normbereichs.

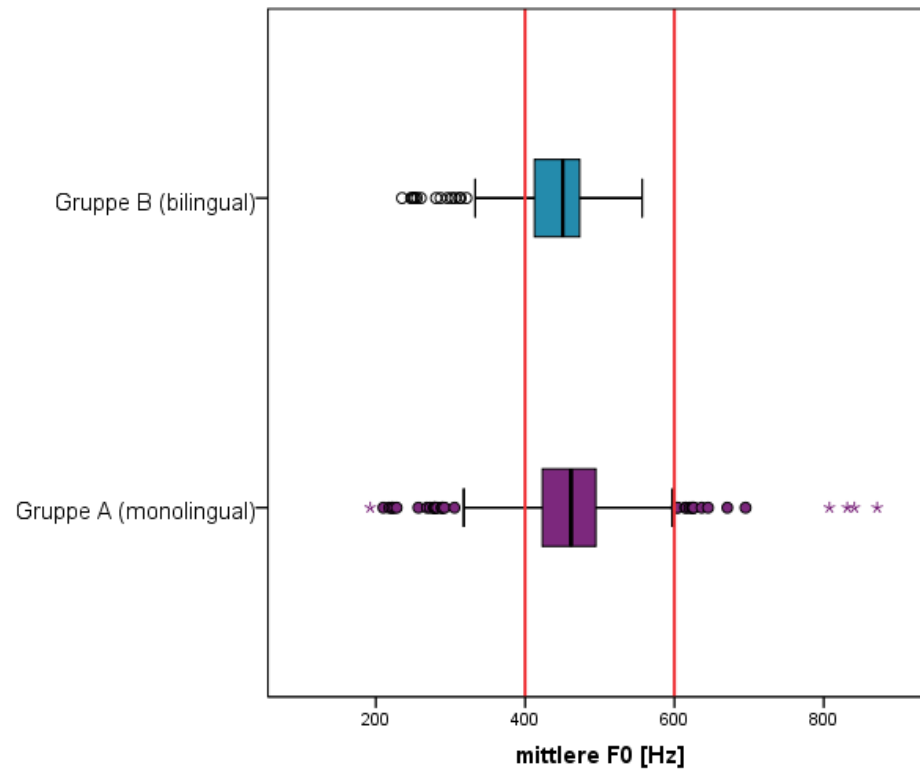


Abbildung 25 Boxplot-Diagramm der mittleren F_0 für Gruppe A (monolingual) und Gruppe B (bilingual)

Die roten Linien kennzeichnen den für die Schreie gesunder Neugeborener ermittelten Normbereich der mittleren F_0 nach Michelsson und Michelsson (1999).

Obwohl die Mittelwerte der mittleren F_0 der mono- und der bilingualen Neugeborenen innerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, ist Abbildung 25 zu entnehmen, dass in beiden Gruppen mittlere F_0 -Werte vorkommen, die außerhalb des Normwertbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen. Diese Werte (Ausreißer), die außerhalb des unteren oder oberen Whiskers liegen, sind im Boxplot-Diagramm durch Kreise gekennzeichnet. Im Datensatz der monolingual französischen Gruppe treten zudem Extremwerte auf, die im Boxplot-Diagramm durch Sterne gekennzeichnet sind.

Tabelle 10 Anteil der Einzelschreie, deren mittlere F_0 -Werte außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen

		Gruppe		Gesamt
		A monolingual	B bilingual	
Kindbasiert	Anzahl der Probanden	40	20	60
	Anzahl der Probanden, die Schreie mit einer mittleren $F_0 < 400\text{Hz}$ produziert haben (%)	24 (60)	10 (50)	34 (56,7)
	Anzahl der Probanden, die Schreie mit einer mittleren $F_0 > 600\text{Hz}$ produziert haben (%)	4 (10)	0 (0)	4 (6,7)
Schreibbasiert	Anzahl der Einzelschreie	1201	543	1744
	Anzahl der Einzelschreie mit einer mittleren $F_0 < 400\text{Hz}$ (%)	168 (14)	99 (18)	267 (15,3)
	Anzahl der Einzelschreie mit einer mittleren $F_0 > 600\text{Hz}$ (%)	29 (2,4)	0 (0)	29 (1,7)

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. ist zu entnehmen, dass in der vorliegenden Untersuchung Schreimelodien von insgesamt 40 monolingualen und 20 bilingualen Neugeborenen untersucht wurden (vgl. Kapitel 8.2.3). In der Gruppe der monolingualen Neugeborenen sind die Einzelschreie, für die die mittlere F_0 außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegt (d.h. für die die mittlere $F_0 < 400\text{Hz}$ oder $> 600\text{Hz}$ ist), insgesamt 24 Kindern zuzuordnen. Das entspricht 60% der untersuchten monolingualen Probandengruppe. In der Gruppe der bilingualen Neugeborenen sind die Einzelschreie, die außerhalb des mittleren F_0 -Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, insgesamt 10 Neugeborenen zuzuordnen, was 50% der untersuchten bilingualen Neugeborenen entspricht.

Eine Betrachtung aller analysierten Einzelschreie (1744) verdeutlicht, dass die mittlere F_0 für 16,4% der untersuchten Einzelschreimelodien der monolingualen Probandengruppe entweder $< 400\text{Hz}$ oder $> 600\text{Hz}$ lag. In der Gruppe der bilingualen Probanden (Gruppe B) wurden insgesamt 543 Einzelschreimelodien untersucht. 18% dieser Einzelschreimelodien haben mittlere F_0 -Werte, die $< 400\text{Hz}$ oder $> 600\text{Hz}$ sind.

Für eine weitere Veranschaulichung sind alle mittleren F_0 -Werte, die außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, in Tabelle 11 zusammengefasst und den entsprechenden Probanden zugeordnet. Aufgeführt sind der Probandencode (PID) und die Gesamtanzahl der Einzelschreie, die von diesem Probanden in die Analyse der mittleren F_0 eingegangen sind. Weiterhin sind die Anzahl der Einzelschreie, für die die mittlere $F_0 < 400\text{Hz}$ ist, sowie die Anzahl der Einzelschreie, für die die mittlere $F_0 > 600\text{Hz}$ ist, angegeben. In Klammern ist außerdem der prozentuale Anteil dieser Werte an der Gesamtmenge der analysierten Einzelschreie des entsprechenden Probanden aufgeführt. Außerdem sind der Mittelwert der mittleren F_0 -Werte sowie der Wert α dieser Probanden aufgeführt. Rot hervorgehoben sind die Mittelwerte (MW) der mittleren F_0 , die außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen. In der Gruppe der monolingualen Probanden entspricht das vier Neugeborenen. In der Gruppe der bilingualen Probanden entspricht das zwei Neugeborenen. Die Betrachtung der Kind-Mittelwerte der mittleren F_0 verdeutlicht, dass alle Mittelwerte innerhalb des Normbereichs nach Michelsson

und Michelsson (1999) liegen, oder aber unterhalb dieses Normbereichs. Weiterhin fällt auf, dass Letztere nur knapp außerhalb des Normbereichs liegen.

Tabelle 11 Zuordnung der Ausreißer und der Extremwerte der mittleren F_0 zu den jeweiligen monolingualen (Gruppe A) und bilingualen (Gruppe B) Neugeborenen

	Probandencod e (PID)	Einzel- schreie gesamt	mittlere F_0 <400Hz (%)	mittlere F_0 >600Hz (%)	MW (mittlere F_0) [Hz]
A monolingual	AB	38	1 (2,6)		455,5
	AD	19	1 (5,3)		502,1
	AO	35	2 (5,7)		469
	AS	50	1 (2)		460,7
	AU	37	27 (73)		386,1
	AX	51	2 (4)	14 (27,5)	562,5
	AZ	73	10 (13,7)		452,7
	BB	15		2 (13,3)	554,6
	BC	14	1 (7,1)		483,7
	BO	27	9 (33,3)		418,9
	BV	39	4 (10,3)		441,2
	BW	38	2 (5,3)	12 (31,6)	419,5
	CE	38	5 (13,2)		445,8
	CG	15	4 (26,7)		418,1
	CM	15	3 (20)		435,4
	CO	13	1 (7,7)		448,8
	CW	13	9 (69,2)		389,4
	DA	39	8 (20,5)		417,8
	EJ	26	13 (50)		370
	FJ	23	17 (73,9)		379,5
FP	66	12 (18,2)	1 (1,5)	484,9	
FY	26	2 (7,7)		450,4	
GV	24	2 (8,3)		431,1	
HD	21	1 (4,7)		479,3	
B bilingual	CK	33	10 (30,3)		423,5
	DO	36	3 (8,3)		438,1
	DQ	27	6 (22,2)		425,7
	DR	39	28 (78,8)		390,1
	EE	29	27 (93,1)		364,1
	EF	26	3 (11,5)		444,3
	EG	29	8 (27,6)		414,2
	EH	31	4 (12,9)		452,2
	FN	22	2 (9,1)		467,8
	FR	33	8 (24,3)		423,9

9.2.2 Kofaktorenanalyse II: Intergruppenvergleich der Messgröße Einzelschreilänge

Die Untersuchung der Messgröße *Einzelschreilänge* wurde, analog zur Untersuchung der mittleren F_0 , auf der Basis aller Einzelschreie beider Gruppen, ohne vorangehende Kindmittelung, durchgeführt. Somit wurden 1201 Einzelschreie der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) und 543 Einzelschreie der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) untersucht.

Die deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der Messgröße Einzelschreilänge ist in Tabelle 12 für beide Gruppen zusammengefasst. Die monolingualen Neugeborenen produzierten Einzelschreie mit einer durchschnittlichen Einzelschreilänge von 0,78 Sekunden (STABW = 0,34). Die bilingualen Neugeborenen produzierten Schreie einer durchschnittlichen Länge von 0,75 Sekunden (STABW = 0,26). Die ermittelten Mittelwerte beider Gruppen unterscheiden sich somit nur geringfügig (0,03s) voneinander (s. u.).

Tabelle 12 Deskriptive Statistik über die Verteilungseigenschaften der Messgröße Einzelschreilänge für Gruppe A (monolingual) und Gruppe B (bilingual)

Gruppe		Statistik	Standard-fehler
Einzelschreilänge [s]	A monolingual	Mittelwert	,78
		Median	,72
		Standardabweichung	,34
		Minimum	,23
		Maximum	2,75
		Interquartilbereich	,43
	B bilingual	Mittelwert	,75
		Median	,70
		Standardabweichung	,26
		Minimum	,30
		Maximum	2,05
		Interquartilbereich	,30

Zur Veranschaulichung sind die Häufigkeitsverteilungen der Messgröße Einzelschreilänge (in [s]) beider Gruppen in Abbildung 26 dargestellt:

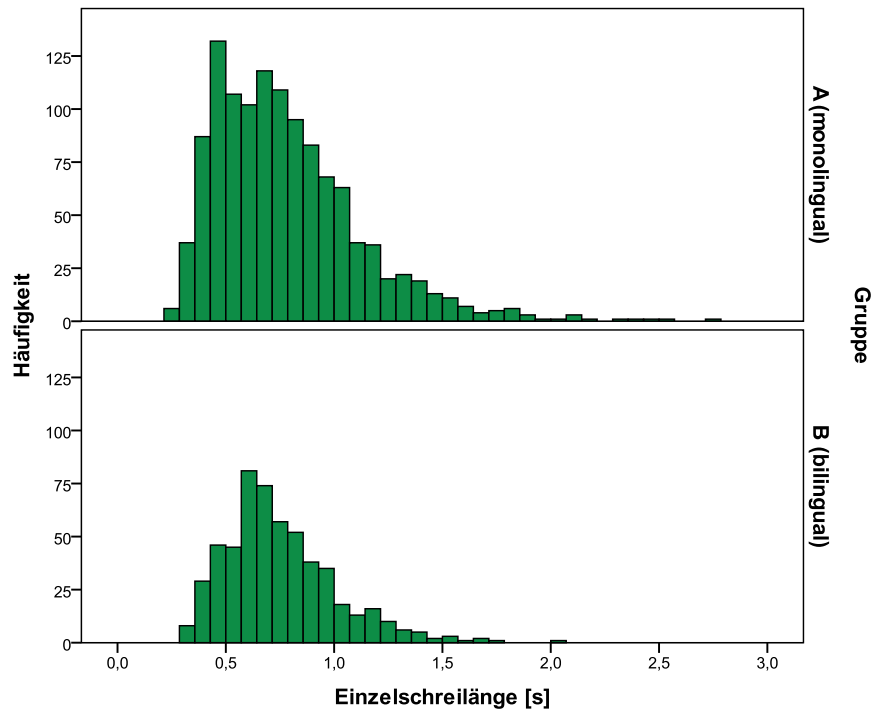


Abbildung 26 Histogramm der absoluten Häufigkeiten der Einzelstreilängen für die Gruppe der monolingualen (A; N=1201) und die Gruppe der bilingualen Neugeborenen (B; N=543)

Die Werte der Einzelstreilängen sind weder für Gruppe A noch für Gruppe B hinreichend normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test, A: $p=0,0001$, B: $p=0,0001$). Der Unterschied der Einzelstreilängen der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) und der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) ist statistisch nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,57$).

Der Vergleich der ermittelten Einzelstreilängen mit einem Befund von Michelsson et al. (2002), aus dem für die Einzelschreie gesunder Neugeborener eine Länge von $1,4 \pm 0,6s$ hervorgeht, zeigt ferner, dass die hier untersuchten Einzelschreie innerhalb des von den Autoren ermittelten Normbereichs liegen.

9.3 **Untersuchung der Einflussnahme des Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen auf die Schreimelodien Neugeborener**

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Intragruppenvergleichs der α -Werte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) zusammengefasst. Mithilfe des Intragruppenvergleichs wurde untersucht, ob das Verhältnis der Umgebungssprachen die Melodiekonturproduktion bilingualer Neugeborener beeinflusst.

Für ältere bilinguale Kinder konnten Pearson et al. (1993, 1997) bereits zeigen, dass diese ihre Umgebungssprachen in dem Verhältnis produzierten, in dem die beiden Sprachen in ihrer Umgebung repräsentiert sind. Die in der Sprachumgebung dominant auftretende Sprache wurde folglich vermehrt produziert.

Wie bereits erwähnt, war die Erfahrung mit den spezifischen Charakteristika der Intonation der französischen Sprache für die bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) durch eine weitere Sprache „gestört“. Zum Zwecke des Intragruppenvergleichs wurden die bilingualen Probanden daher, in Abhängigkeit vom Anteil, mit dem die französische Sprache in ihrer pränatalen Sprachumgebung repräsentiert war, in folgende drei Subgruppen unterteilt (vgl. Kapitel 8.5): überwiegend Französisch (Subgruppe 1), ausgewogen bilingual (Subgruppe 2) und überwiegend nicht Französisch (Subgruppe 3).

Aus der Unterteilung resultierten mit je 3 Probanden sehr kleine Stichprobengrößen für die Subgruppen 1 und 3. Die statistische Auswertung der produzierten Melodiekonturformen (α) wurde daher auf der Basis der Einzelschreie und nicht auf der Basis der Kindmittelwerte von α durchgeführt. Für die Auswertung wurden zunächst die Verteilungseigenschaften der α -Werte der Einzelschreie für alle Subgruppen deskriptiv zusammengefasst (s. Kapitel 9.3.1) sowie weiterhin in einem Boxplot-Diagramm dargestellt (s. Kapitel 9.3.2). Die Mittelwertsunterschiede wurden anschließend, unter Verwendung eines geeigneten Testverfahrens (H-Test nach Kruskal-Wallis), auf Signifikanz getestet.

9.3.1 **Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturformen (α -Werte) der bilingualen Subgruppen 1, 2 und 3**

Nachfolgend sind die Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturformen (α -Werte) der Subgruppen 1 bis 3 tabellarisch zusammengefasst.

Subgruppe 1 umfasst insgesamt drei Neugeborene, deren pränatale Sprachumgebung *überwiegend französisch* geprägt war. Von den Neugeborenen dieser Subgruppe wurden insgesamt 68 Einzelschreie ausgewertet. Tabelle 13 fasst die Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturformen (α -Werte) zusammen. Die Neugeborenen dieser Subgruppe produzierten im Durchschnitt Melodiekonturen, die mit $\alpha=0,42$ (STABW = 0,21) durch eine kürzere An- als Abstiegsflanke gekennzeichnet sind. Mit dem kleinsten α -Wert bei 0,05 und dem größten α -Wert bei 0,83 sind die produzierten Melodiekonturen von Subgruppe 1 (überwiegend Französisch) durch eine hohe Variabilität gekennzeichnet.

Für die α -Werte in Subgruppe 1 liegt keine hinreichende Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk, $p=0,019$).

Tabelle 13 Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 1: überwiegend französische Sprachumgebung (N=68)

Subgruppe		Statistik	Standardfehler
α	1	Mittelwert	,42
	überwiegend Französisch	Median	,38
		Standardabweichung	,21
		Minimum	,05
		Maximum	,83
		Interquartilbereich	0,33

Subgruppe 2 stellt mit 14 Neugeborenen die größte der 3 Subgruppen dar. Sie umfasst die Neugeborenen, deren pränatale Sprachumgebung *ausgewogen bilingual* geprägt war, d.h. für die beide Umgebungssprachen in einem ausgewogenen Verhältnis in der Sprachumgebung repräsentiert waren. Tabelle 14 fasst die Verteilungseigenschaften der insgesamt 380 Melodiekonturen dieser Subgruppe zusammen. Die Neugeborenen dieser Subgruppe produzierten durchschnittlich Melodiekonturen, die mit $\alpha=0,46$ (STABW = 0,19) ebenfalls eine kürzere An- als Abstiegsflanke haben. Auch hier ist eine hohe Variabilität der produzierten Melodiekonturen aufgrund des α -Minimums von 0,07 und des α -Maximums von 0,9 zu beobachten.

Die α -Werte sind für Subgruppe 2 ebenfalls nicht hinreichend normalverteilt (Shapiro-Wilk, $p=0,0001$).

Tabelle 14 Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 2: ausgewogen bilinguale Sprachumgebung (N=380)

Subgruppe		Statistik	Standardfehler
α	2	Mittelwert	,46
	ausgewogen bilingual	Median	,47
		Standardabweichung	,19
		Minimum	,07
		Maximum	,90
		Interquartilbereich	0,33

Subgruppe 3 umfasst insgesamt drei Neugeborene, die pränatal das Französische zu einem geringeren Anteil gehört hatten als eine weitere Sprache. In Tabelle 15 sind die Verteilungseigenschaften der insgesamt 95 Melodiekonturen (α -Werte) der überwiegend nicht französisch geprägten Neugeborenen zusammengefasst. Die Neugeborenen dieser Gruppe produzierten ebenfalls durchschnittlich Melodien, die mit $\alpha=0,46$ (STABW = 0,17) eine kürzere An- als Abstiegsflanke haben. Im Gegensatz zu den Melodiekonturen der überwiegend französischen (Subgruppe 1) und der ausgewogen bilingualen Neugeborenen (Subgruppe 2) sind die Melodiekonturen dieser Subgruppe durch eine geringere Variabilität (α -Minimum: 0,17; α -Maximum: 0,81) gekennzeichnet.

Für die α -Werte in Subgruppe 3 liegt ebenfalls keine hinreichende Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk, $p=0,007$).

Tabelle 15 Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen (α -Werte) von Subgruppe 3: überwiegend nicht französische Sprachumgebung (N=95)

Subgruppe			Statistik	Standardfehler
α	3 überwiegend nicht Französisch	Mittelwert	,46	,02
		Median	,43	
		Standardabweichung	,17	
		Minimum	,17	
		Maximum	,81	
		Interquartilbereich	0,24	

Entsprechend der in Kapitel 9.1.2 zusammengefassten Verteilungseigenschaften der α -Werte der bilingualen Neugeborenen belegen die hier dargelegten Ergebnisse, dass die bilingualen Neugeborenen durchschnittlich Melodiekonturen produzierten, die eine tendenziell eher kürzere An- als Abstiegsflanke aufweisen.

9.3.2 Hat das quantitative Verhältnis der pränatalen Umgebungssprachen einen Einfluss auf die produzierten Schreimelodien? Signifikanztestung der α -Mittelwertsunterschiede der Subgruppen 1, 2 und 3

Im folgenden Kapitel wird untersucht, ob die produzierten Melodiekonturen (α -Werte) der Neugeborenen, in Abhängigkeit des Verhältnisses der pränatal von ihnen gehörten Umgebungssprachen, signifikant verschieden sind (vgl. Hypothese 2, Kapitel 7).

Zur Veranschaulichung sind die α -Verteilungen der drei Subgruppen in nachstehendem Boxplot-Diagramm dargestellt:

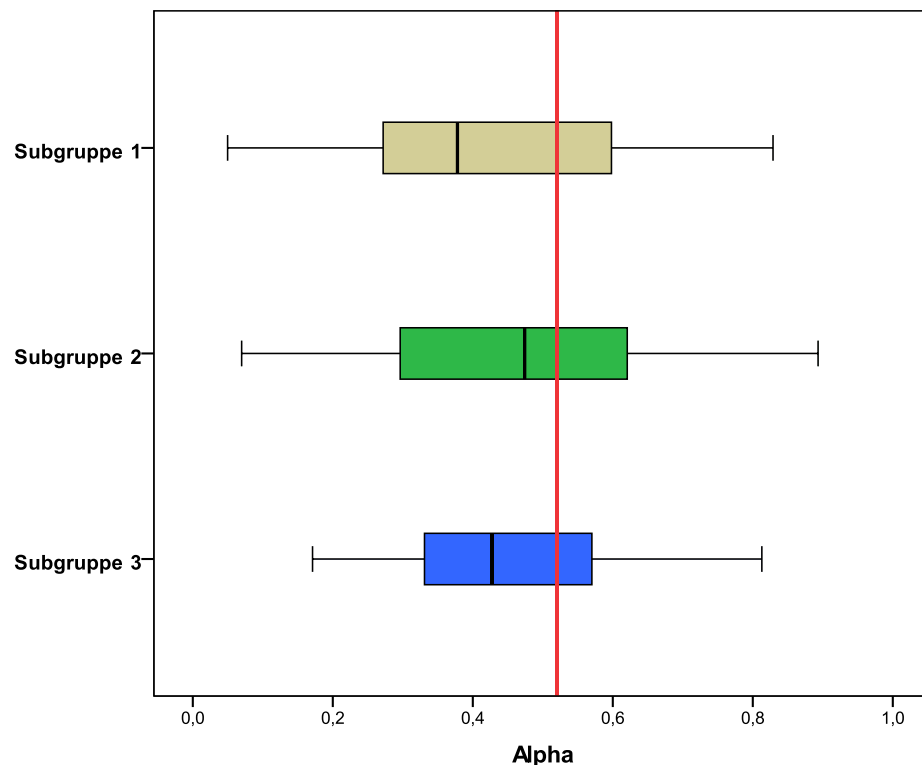


Abbildung 27 Boxplot-Diagramm der Verteilungen der α -Werte in Abhängigkeit des quantitativen Verhältnisses der pränatalen Umgebungssprachen (Subgruppe 1-3)

Abgebildet sind die Verteilungseigenschaften der α -Werte der Subgruppen 1, 2 und 3. Im Boxplot-Diagramm sind die Verteilungen der α -Werte auf Basis der Einzelschreie für die verschiedenen Subgruppen abgebildet: Subgruppe 1 (überwiegend Französisch) umfasst 68 Einzelschreie, Subgruppe 2 (ausgewogen bilingual) umfasst 380 Einzelschreie und Subgruppe 3 (überwiegend nicht Französisch) umfasst 95 Einzelschreie. Die rote Linie zeigt den auf Basis der Einzelschreie berechneten Median für α der Gruppe A (Median: 0,52).

Aus Abbildung 27 geht hervor, dass sich die α -Verteilung von Subgruppe 3 am deutlichsten von den α -Verteilungen der Subgruppen 1 und 2 unterscheidet. Die stärkste Variabilität von α ist hingegen in Subgruppe 2 festzustellen.

Das Boxplot-Diagramm veranschaulicht weiterhin die Lage der α -Medianwerte der Subgruppen 1 bis 3. Da die Einteilung der Subgruppen hinsichtlich des Französisch-Anteils in der pränatalen Sprachumgebung durchgeführt wurde, wurde außerdem der Medianwert der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) als Referenzlinie im Boxplot-Diagramm

eingetragen (rote Linie). Für die Neugeborenen dieser Gruppe war die französische Sprache zu 100% in der pränatalen Sprachumgebung repräsentiert. Die Berechnung des Referenz-Medians der monolingualen Neugeborenen erfolgte ebenfalls auf der Basis der α -Werte aller untersuchten Einzelschreie dieser Gruppe (N=1201) und unterscheidet sich daher von dem auf der Basis der α -Kindmittelwerte ermittelten Median der monolingualen Neugeborenen (vgl. Tabelle 7).

Die Medianwerte der bilingualen Subgruppen 1 bis 3 liegen links des Medianwertes der monolingualen Gruppe. Die größte Abweichung vom Referenz-Median der monolingualen Gruppe ist für Subgruppe 1 (überwiegend französische Sprachumgebung), die geringste Abweichung für Subgruppe 2 (ausgewogen bilinguale Sprachumgebung) zu beobachten.

Aus den Tabelle 13 bis Tabelle 15 geht bereits hervor, dass die Mittelwerte von α in Subgruppe 2 und 3 übereinstimmen (MW=0,46; STABW(2) = 0,19; STABW(3) 0,17). Der mit 0,42 nur geringfügig verschiedene Mittelwert von Subgruppe 1 lässt ferner keinen signifikanten Mittelwertsunterschied erwarten. Da in keiner der Subgruppen eine hinreichende Normalverteilung der α -Werte gegeben war, wurde die Signifikanztestung mithilfe eines nichtparametrischen Tests (H-Test nach Kruskal-Wallis) durchgeführt. Die Interpretation des Ergebnisses erfolgt auf einem 5%-Niveau. Wie erwartet, zeigt das Ergebnis keinen statistisch signifikanten Unterschied der produzierten Melodiekonturen (α) zwischen Subgruppe 1, 2 und 3 an (H-Test nach Kruskal-Wallis, $p=0,273$).

Das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen hat dementsprechend keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Melodieproduktion im Neugeborenenalter.

10 Diskussion

Nachfolgend werden zunächst die Ergebnisse der Kofaktorenanalyse dargelegt und diskutiert (Kapitel 10.1). Anschließend werden die in Kapitel 7 aufgestellten Hypothesen auf der Grundlage der in Kapitel 9 dargelegten Ergebnisse überprüft (Kapitel 10.2 und 10.3).

Um die Repräsentativität des Ergebnisses zu erhöhen, wurden für die EF-Modellierung Einzelschreie ausgewählt, deren Melodiestructur für die untersuchte Altersgruppe charakteristisch ist. Für wenige Tage alte Neugeborene sind das Schreie mit einer *einfachböigen Melodiebogenstruktur* (1B), wie in Wermke (2002) demonstriert wurde. Einfachböige Melodien können besonders stabil gebildet werden, da hier eine reife laryngo-respiratorische Regelung und damit eine intentionale Frequenzmodulation möglich ist. Im Gegensatz zum laryngealen System sind supralaryngeale Mechanismen bei jungen Säuglingen noch relativ unreif (Bosma et al. 1965). Diese relative Unreife sowie postnatale Adaptationsvorgänge können zu großen interindividuellen Unterschieden in der Schreimelodieproduktion Neugeborener führen, weshalb die Auswahl geeigneter Schreimelodien notwendig ist, damit das Ergebnis nicht durch andere Faktoren maskiert wird. Ebenso wie in Wermke (2002) gab es auch im vorliegenden Datenmaterial deutlich mehr Einzelschreie mit einer einfachböigen Melodiestructur als solche mit einer komplexen Melodiestructur. Nur 15,4% des vorliegenden Datenmaterials waren durch eine komplexe Melodiestructur (Doppel- und Mehrfachböigen oder Segmentierungen) gekennzeichnet.

Eine Maskierung des Ergebnisses wäre außerdem gegeben, wenn auch solche Einzelschreie eingeschlossen werden würden, die aufgrund ihrer spektralen Eigenschaften nicht für die hier verwendete Analyse-methode (EF-Modellierung) geeignet sind (z.B. aufgrund von starken Rauschbanden). Dies wäre auch gegeben, wenn Einzelschreie eingeschlossen werden würden, von denen nicht darauf zu schließen ist, dass sie eine sprachliche Prägung reflektieren, sondern rein vegetativer Natur sind. Dies ist bei Lauten anzunehmen, die durch eine sehr kurze zeitliche Struktur gekennzeichnet sind (Kurzlaute). Neben Einzelschreien mit komplexen Melodiestructuren wurden daher auch Einzelschreie von der Auswertung ausgeschlossen, die durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet waren: starke Rauschbanden, doppel- oder mehrfachböige Melodiestructur, vorhandene Segmentierung, Kurzlaute, Melodiestructur des Typs II sowie eine stark instabile Melodiestructur (vgl. Tabelle 4, s. Seite 78).

Aufgrund der genannten Auswahlkriterien konnte die EF-Modellierung auf 1744 (Gruppe A: 1201, Gruppe B: 543) von insgesamt 5779 Schreimelodien angewendet werden. Es wurden dementsprechend 4035 (Gruppe A: 2299, Gruppe B: 1736) Schreimelodien von der Konturanalyse ausgeschlossen, das sind 69,8% der im Rahmen der Datenerhebung aufgenommenen Schreie.

10.1 Kofaktorenanalyse: Können neurophysiologische Dysfunktionen der untersuchten Neugeborenen als Ursache des ermittelten α -Gruppenmittelwerts-unterschiedes der mono- und bilingualen Neugeborenen ausgeschlossen werden?

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde festgestellt, dass sich die Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturen monolingualer und bilingualer Neugeborener unterscheiden. Dieses Ergebnis wird auf die unterschiedliche pränatale Sprachumgebung der mono-, verglichen mit den bilingualen Neugeborenen, zurückgeführt.

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der hier untersuchten Neugeborenen mit publizierten Ergebnissen der Schreiforschung verglichen, um zu überprüfen, ob der ermittelte Unterschied möglicherweise auf bestimmte (neuro-)physiologische Faktoren zurückzuführen sein könnte.

Für ein besseres Verständnis möglicher Faktoren wird zunächst kurz erläutert, wie Schreimelodien erzeugt werden und welche (neuro-)physiologischen Vorgänge an diesem Erzeugungsprozess beteiligt sind.

„Crying in the human infant is a complex phenomenon occurring during the expiratory phase of respiration, and includes the production of sound of the vocal folds.“

(vgl. Michelsson/Michelsson 1999, S. S298)

Schreimelodien entstehen aus der Verbindung von Respirations- und Phonationsvorgang: Für die Produktion einer Schreimelodie (und später auftretender Lautäußerungen, wie etwa Babbellauten und Wörtern) wird die Expirationsluft (Ausatemluft) gleichmäßig durch den Larynx gepresst (Fiukowski 1992, Shadle 1999), wo sie die geschlossene Glottis in periodische Schwingungen versetzt. Durch den Verschluss der Glottis wird das Entweichen der Expirationsluft abgebremst, weshalb die Expirationsphase während des Phonationsvorganges im Vergleich zur Ruheatmung verlängert ist (Böhme 1997, Storch 2002).

Eine partielle Veränderung des subglottischen Druckes während des Phonationsvorganges hat direkte Auswirkungen auf die Phonation bzw. auf die Stimmqualität. So führt eine Verstärkung des subglottischen Druckes beispielsweise zu einer Erhöhung von F_0 sowie zu einer Erhöhung der Intensität. Die produzierte Babyschreimelodie wird psychoakustisch entsprechend höher und lauter wahrgenommen. Veränderungen von F_0 werden nicht nur durch eine Veränderung des subglottischen Druckes, sondern auch durch eine Veränderung der laryngealen Muskulatur erreicht. So bewirken Veränderungen des M. cricothyroideus sowie des M. arythyroideus Änderungen von Masse und Steifheit der Stimmlippen. Dabei hat eine Aktivitätssteigerung (Anspannung) des M. cricothyroideus einen Anstieg von F_0 (Tonhöhe) zur Folge, eine Aktivitätsminderung desselben bewirkt entsprechend eine Minderung von F_0 (Hirose 1999).

Die Ausführungen zur Erzeugung von Schreimelodien sowie zur Veränderung der Stimmqualität machen deutlich, dass sowohl respiratorische Strukturen als auch laryngeale Strukturen an der Produktion von Babyschreien beteiligt sind (Michelsson/Michelsson 1999). U.a. für Veränderungen der Stimmqualität ist zudem eine äußerst feine *neuronale* Kontrolle und Abstimmung der beteiligten laryngealen und respiratorischen Strukturen notwendig. Bewegungen des Stimmapparates können schon zum Zeitpunkt der Geburt

geplant, gesteuert und kontrolliert werden (Jürgens 1998, Rubin et al. 2009)⁷⁰. Diese neurophysiologischen Vorgänge sind in Fähigkeiten, wie etwa der Variation melodisch-rhythmischer Eigenschaften in Neugeborenen- und Säuglingsschreien sowie der von Wermke (2002) beschriebenen Schreimelodieentwicklung in den ersten Lebenstagen und -monaten, reflektiert. Charakteristische Veränderungen der akustischen Eigenschaften von Babyschreien (mittlere F_0 , Einzelschreilänge) sind ein Hinweis auf Störungen der laryngo-respiratorischen Kontrollfunktion und liefern so wichtige Informationen über den neurophysiologischen Status Neugeborener (Thelen 1979, Michelsson et al. 1980, Golub/Corwin 1982, Rapisardi et al. 1989, Michelsson/Michelsson 1999). In diesem Zusammenhang belegen zahlreiche Studien der klassischen Schreiforschung, dass die Schreilaute von Probanden mit neurophysiologischer Dysfunktion z.B. durch sehr kurze oder sehr lange Einzelschreilängen sowie durch stark erhöhte mittlere F_0 -Werte gekennzeichnet sind (u.a. Michelsson et al. 1980, Golub/Corwin 1982, Byrne et al. 1993, Lynch et al. 1995, Zeskind et al. 1996)⁷¹. Dabei wurde v.a. die Messgröße der mittleren F_0 als geeigneter Indikator für die Diagnostik neurophysiologischer Dysfunktionen ermittelt.

In der vorliegenden Untersuchung wird das Produkt der bereits beschriebenen (neuro-)physiologischen Erzeugungsmechanismen, die *Melodiekontur* (zeitliche Veränderung von F_0), untersucht. Wenngleich zahlreiche Studien der Schreiforschung einen Zusammenhang zwischen den akustischen Eigenschaften von Schreilaute und dem neurophysiologischen Status Neugeborener und Säuglinge demonstriert haben, so wurde bislang noch nicht untersucht, ob neurophysiologische Dysfunktionen auch die Melodiekonturproduktion beeinflussen. Eine solche Einflussnahme könnte beispielsweise dadurch zum Ausdruck kommen, dass eine erhöhte mittlere F_0 zur vermehrten Produktion von steigenden Melodiekonturen (längere An- als Abstiegsflanke) führt. Niedrige mittlere F_0 -Werte könnten dann entsprechend zu einer vermehrten Produktion von fallenden Melodiekonturen (kürzere An- als Abstiegsflanke) führen. Darüber hinaus wäre es möglich, dass kurze Schreilaute eher steigende Melodiekonturen bedingen und längere Schreilaute eher fallende Melodiekonturen bedingen.

Es ist nicht auszuschließen, dass neurophysiologische Dysfunktionen die Melodiekonturproduktion beeinflussen. In der vorliegenden Arbeit wurden deshalb die Messgrößen mittlere F_0 und Einzelschreilänge auf Gruppenebene untersucht, um ausschließen zu können, dass große Unterschiede zwischen den untersuchten Probandengruppen bestehen.

Nachfolgend werden die in Kapitel 9.2.1 und Kapitel 9.2.2 zusammengefassten Ergebnisse bezüglich ihrer Relevanz für die Interpretation des ermittelten α -Gruppenmittelwertsunterschiedes der Schreimelodien der mono- und bilingualen Neugeborenen diskutiert.

⁷⁰ Für eine detaillierte Übersicht über neurologische Repräsentation, Regelung und Steuerung des Atmungsvorgangs wird auf Rubin et al. (2009) verwiesen.

⁷¹ Vgl. auch Kapitel 8.2.1 und Kapitel 7.

10.1.1 Die Messgröße der mittleren F_0

Im Rahmen der Kofaktorenanalyse wurde die Messgröße mittlere F_0 untersucht, da in den Studien der klassischen Schreiforschung vor allem für Schreimelodien mit stark erhöhter mittlerer F_0 ⁷² ein Zusammenhang zu bestehenden neurophysiologischen Dysfunktionen festgestellt werden konnte (Zeskind/Lester 1978, Raes et al. 1980, Michelsson et al. 1982, Zeskind et al. 1996, Zeskind et al. 1996a, Michelsson/Michelsson 1999). Es wurden aber auch Schreimelodien mit sehr instabilen F_0 -Konturen als Indikator für das Bestehen neurophysiologischer Dysfunktionen identifiziert (z.B. Zeskind/Lester 1978, Michelsson et al. 1980).

Neben Belegen über charakteristische Veränderungen der mittleren F_0 bei neurophysiologischer Dysfunktion liefern die genannten Studien auch Informationen über Referenzwerte der mittleren F_0 von gesunden Neugeborenen.

Die von Michelsson und Michelsson (1999) untersuchten Schreimelodien gesunder Neugeborener lagen beispielsweise in einem Frequenzbereich zwischen 400 und 600Hz. Eine weitere Untersuchung von Michelsson et al. (2002) ergab mittlere F_0 -Werte zwischen 495+/-95Hz für die Schreimelodien gesunder Neugeborener und stützt somit den früheren Befund.

Im Rahmen der Kofaktorenanalyse wurden die auf Basis der Einzelschreie gemittelten mittleren F_0 -Werte beider Gruppen (Gruppe A: 1201, Gruppe B: 543) mit dem von Michelsson und Michelsson (1999) für gesunde Neugeborene angegebenen Normbereich mittlerer F_0 -Werte (400-600Hz) verglichen.

Den in Kapitel 9.2.1 aufgeführten Ergebnissen ist zu entnehmen, dass die Mittelwerte der mittleren F_0 für beide Gruppen mit 459Hz (Gruppe A) und 441Hz (Gruppe B) innerhalb des von Michelsson und Michelsson (1999) beschriebenen Normbereichs zwischen 400 und 600Hz liegen. Abbildung 25 verdeutlicht jedoch, dass einige wenige Melodiekonturen eine mittlere F_0 aufweisen, die außerhalb dieses Normbereichs liegt. In Gruppe A (monolingual französisch) treten sowohl mittlere F_0 -Werte auf, die <400Hz sind, als auch solche, die >600Hz sind. Alle Werte, die in Gruppe B (bilingual) außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, sind <400Hz. Tabelle 11 enthält eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Probanden.

Die Einzelschreie, die mit einer mittleren F_0 produziert wurden, die außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, sind insgesamt 34 Neugeborenen zuzuordnen (24 monolingual, 10 bilingual). Dies erscheint zunächst sehr auffällig, bedeutet es doch, dass insgesamt 60% der monolingualen und 50% der bilingualen Neugeborenen auch Schreie produzierten, deren mittlere F_0 <400Hz oder >600Hz war. Eine Betrachtung der Anzahl dieser Schreilaute verdeutlicht jedoch, dass nur 16,4% aller von den monolingualen Neugeborenen und 18% aller von den bilingualen Neugeborenen produzierten Schreilaute außerhalb des Normbereichs liegen. Die vereinzelte Produktion von Schreimelodien, deren F_0 <400Hz oder >600Hz ist, darf noch nicht als Hinweis auf eine bestehende neurophysiologische Dysfunktion betrachtet werden. Denn der Normbereich nach Michelsson und Michelsson (1999) ist nicht auf einzelne Schreimelodien zu beziehen, sondern auf die F_0 -Werte eines Probanden im Mittel.

⁷² Raes et al. (1980) ermittelten nachfolgend zusammengefasste F_0 -Werte in Zusammenhang mit verschiedenen Erkrankungen. An Hyperbilirubinämie erkrankte Säuglinge produzierten vorwiegend Schreie, deren Melodien zwischen 960 bis 2120Hz lagen (MW: 1540Hz). Bei vorliegender zentraler Asphyxie produzierten die betroffenen Kinder vorwiegend Schreimelodien zwischen 640 und 1320Hz (MW: 980Hz). Die Mittelwerte weisen darauf hin, dass stark erhöhte Schreimelodien auf das Vorliegen der genannten Erkrankungen hinweisen. Die Mittelwerte zeigen eine deutliche Erhöhung der F_0 -Werte im Vergleich zu den für gesunde Neugeborene ermittelten F_0 -Werten von Michelsson/Michelsson (1999) an, die zwischen 400 und 600Hz lagen.

Es wird jedoch deutlich, dass bei einigen Neugeborenen ein prozentual sehr hoher Anteil an Schreilaute produziert wurde, für die die mittlere F_0 außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegt. Die Daten der betreffenden Neugeborenen werden nachfolgend eingehend betrachtet und diskutiert.

Tabelle 11 ist zu entnehmen, dass die monolingualen Neugeborenen AU, CW, EJ, FJ und die bilingualen Neugeborenen DR und EE vorwiegend Schreilaute mit einer mittleren $F_0 < 400\text{Hz}$ produzierten. Keines dieser Neugeborenen produzierte Schreilaute mit einer mittleren $F_0 > 600\text{Hz}$.

Wie nicht anders zu erwarten, ist auch der Mittelwert der mittleren F_0 ($MW(mF_0)$) dieser Probanden $< 400\text{Hz}$. Mit einem $MW(mF_0)$ von $364,1\text{Hz}$ weicht der Wert des bilingualen Neugeborenen mit dem Probandencode EE am stärksten von der Untergrenze des Normbereichs (nach Michelsson/Michelsson 1999) ab. Die $MW(mF_0)$ der Neugeborenen AU, CW, EJ, FJ, und DR sind $> 364,1\text{Hz}$ und $< 400\text{Hz}$.

In der klassischen Schreiforschung wurden v.a. stark erhöhte mittlere F_0 Werte als Hinweis auf neurophysiologische Dysfunktionen ermittelt (Zeskind/Lester 1978, Raes et al. 1980, Michelsson et al. 1982, Zeskind et al. 1996, Zeskind et al. 1996a, Michelsson/Michelsson 1999). Niedrige mittlere F_0 -Werte wurden in Zusammenhang mit Trisomien festgestellt (Michelsson et al. 1980), die bei den hier untersuchten Probanden ausgeschlossen werden können.

Das Ergebnis der Kofaktorenanalyse wird daher nicht als Hinweis auf vorliegende neurophysiologische Dysfunktionen bei den hier untersuchten Neugeborenen interpretiert. Die Berücksichtigung des Streuungsmaßes der Standardabweichung ($STABW(A)=65,87$, $STABW(B)=49,83$; vgl. Tabelle 9) stützt diese Interpretation.

Nachfolgend werden die Daten der Neugeborenen näher betrachtet, die mittlere F_0 -Werte produziert haben, die $> 600\text{Hz}$ sind. Dies ist bei 29 Einzelschreien der insgesamt 1201 untersuchten Einzelschreie der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) der Fall. Das entspricht 2,4% der untersuchten Einzelschreie von Gruppe A. Diese Einzelschreie wurden von vier Neugeborenen der monolingualen Gruppe produziert (vgl. Tabelle 11), was insgesamt 10% der Probanden dieser Gruppe entspricht.

Eine Betrachtung des $MW(mF_0)$ der Probanden verdeutlicht jedoch, dass die Mittelwerte der entsprechenden Neugeborenen innerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen. Die Mittelwerte der mittleren F_0 liegen bei den vier Neugeborenen zwischen $419,5\text{Hz}$ und $562,5\text{Hz}$ (vgl. Tabelle 11). Die geringe Anzahl an Schreimelodien, deren mittlere $F_0 > 600\text{Hz}$ ist, weist daher gemäß Michelsson und Michelsson (1999) nicht auf das Bestehen neurophysiologischer Dysfunktionen bei den entsprechenden Neugeborenen hin.

Wermke (2002) weist darauf hin, dass für die Interpretation der mittleren F_0 -Werte, die außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) liegen, weitere Faktoren zu beachten sind, um eventuelle Fehlinterpretationen zu vermeiden. Zu diesen Faktoren zählt beispielsweise die Situation, in der der Schrei aufgenommen wurde. Weist diese Situation auf einen Schmerzschrei hin (z.B. nach der Blutentnahme), so wäre mit erhöhten mittleren F_0 -Werten zu rechnen (Porter et al. 1986, Fuller/Horii 1988, Runefors et al. 2000). In der vorliegenden Untersuchung wurden jedoch ausschließlich mitigierte (gemäßigte) Schreilaute aufgenommen. War aus der Aufnahmesituation auf Schmerzschreie zu schließen, so wurde die Aufnahme von der Untersucherin abgebrochen und die Schreilaute wurden anschließend von der Auswertung ausgeschlossen. In Gruppe B (bilingual) waren alle mittleren F_0 -Werte, die außerhalb des Normbereichs nach Michelsson und Michelsson (1999) lagen, $< 400\text{Hz}$. Diese Einzelschreie sind folglich nicht durch eine stark erhöhte mittlere F_0 gekennzeichnet, weshalb für diese Schreimelodien nicht von Schmerzschreien auszugehen ist. Eine eingehende Überprüfung der Aufnahmeprotokolle lieferte weiterhin keine Hinweise für eine mögliche Begründung der Werte der mittleren F_0 .

Für die Probanden der monolingualen Gruppe A, die Einzelschreie mit einer mittleren F_0 <400Hz oder >600Hz produzierten, wurde ebenfalls eine Überprüfung der Aufnahmesituationen vorgenommen. Auch hier konnten keine Hinweise für eine mögliche Begründung der erhöhten mittleren F_0 -Werte ermittelt werden.

Weitere für die Interpretation des Ergebnisses vorstellbare Faktoren stellen das Gestationsalter eines Probanden und dessen Geburtsgewicht dar.

Michelsson et al. (1993) stellten bei den von ihnen untersuchten Neugeborenen einen Zusammenhang zwischen einem niedrigen Gestationsalter (<37 Wochen) und erhöhten F_0 -Werten fest. Bezüglich des vorstellbaren Zusammenhanges des Geburtsgewichtes und der produzierten F_0 wird an dieser Stelle auf den Befund von Wermke und Robb (2010) verwiesen. Die Autoren konnten keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Faktor des Geburtsgewichtes bzw. der Geburtsgröße und der produzierten F_0 ermitteln.

Für die Interpretation des Ergebnisses der vorliegenden Studie ist jedoch anzunehmen, dass weder der Faktor des Gestationsalters noch der des Geburtsgewichtes relevant sind. Diese Annahme ist den in Kapitel 8.2.1 dargelegten Auswahlkriterien der Probanden abzuleiten: Für die vorliegende Untersuchung wurden ausschließlich eutrophe Neugeborene ausgewählt, die termingerecht geboren worden waren. Das durchschnittliche GA der monolingualen Neugeborenen lag bei 39,4 Wochen, das der bilingualen Neugeborenen lag bei 39,4 Wochen. Außerdem lag bei keinem der untersuchten Neugeborenen eine Hypo- oder Hypertrophie vor. Das durchschnittliche Geburtsgewicht der monolingualen Neugeborenen lag bei 3401g, das der bilingualen Neugeborenen lag bei 3269,5g. Eine Einflussnahme der genannten Faktoren auf die Messgröße der mittleren F_0 ist daher nicht anzunehmen.

Ein weiterer denkbarer Faktor, der für die Interpretation der im vorliegenden Datenmaterial vorkommenden mittleren F_0 -Werte <400Hz und >600Hz infrage käme, besteht in interindividuellen Unterschieden der untersuchten Neugeborenen (z.B. die Länge der Stimmlippen). Die hohe Ähnlichkeit der Probanden bezüglich ihres Geburtsgewichtes und ihrer Körpergröße macht dies jedoch unwahrscheinlich.

Wermke und Robb (2010) nennen folgende weitere mögliche Ursache für interindividuelle Unterschiede der produzierten mittleren F_0 :

„(...) neonates of smaller body size may simply have experienced more stress during the crying episode compared with larger neonates. The increase in stress was reflected in their crying as a high maximum F_0 .“ (Wermke/Robb 2010, S. 92)

Die Autoren sind der Meinung, dass das Schreien für kleinere Neugeborene möglicherweise eine höhere Belastung darstellt als für größere Neugeborene.

Letztlich ist zu konstatieren, dass keine eindeutige Ursache für die beschriebenen Abweichungen der Messgröße mittleren F_0 identifiziert werden kann.

Der Vergleich der mittleren F_0 -Werte der Schreie beider Gruppen hat keinen Hinweis auf signifikante Unterschiede geliefert. Die mittleren F_0 -Maximalwerte liegen im Normbereich für gesunde Neugeborene. Es gibt keinen Anhaltspunkt für eine neurophysiologische Funktionsstörung der der Stimmproduktion unterliegenden Regelmechanismen, die sich erfahrungsgemäß häufig in pathologisch veränderten F_0 -Mittelwerten reflektieren (Zeskind/Lester 1978, Michelsson et al. 1980, Raes et al. 1982, Zeskind et al. 1996, Zeskind et al. 1996a, Michelsson et al. 2002).

10.1.2 Einzelschreilänge

Die Messgröße Einzelschreilänge ist durch die Schwingungsdauer (in [s]) der Stimmlippen während einer Expirationsphase definiert. Golub und Corwin (1982) konnten zeigen, dass die Schreimelodien von Kindern mit neurophysiologischen Dysfunktionen durch eine sehr kurze oder aber eine sehr lange Einzelschreilänge gekennzeichnet waren. Ähnlich wie bei der Grundfrequenz scheint es also einen „Normbereich“ zu geben, der durch physiologische bzw. neurophysiologische Faktoren bestimmt wird. Es galt zu klären, ob sich beide Gruppen möglicherweise bzgl. dieser Messgröße voneinander unterscheiden. Sollte dies der Fall sein, könnten Melodiekonturunterschiede durch neurophysiologische Faktoren bedingt sein – ein Umstand, der gegen eine Interpretation im Sinne der Reflexion einer frühen Prägung sprechen könnte.

Für die Kofaktorenanalyse wurde auf der Basis aller analysierten Einzelschreie eine statistische Auswertung der Messgröße *Einzelschreilänge* auf Gruppenebene (Gruppe A: 1201, Gruppe B: 543) durchgeführt. Die statistische Auswertung umfasste einen Vergleich der ermittelten Gruppenmittelwerte der mono- und bilingualen Neugeborenen. Darüber hinaus wurden die Gruppenmittelwerte der Messgröße Einzelschreilänge mit einem für gesunde Neugeborene ermittelten Normwert ($1,4 \pm 0,6s$, nach Michelsson et al. 2002) der mittleren Einzelschreilänge verglichen.

Tabelle 12 ist zu entnehmen, dass die monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) Melodiekonturen produzierten, die durch eine mittlere Einzelschreilänge von 0,78s gekennzeichnet waren. Die Gruppe der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) produzierte Melodiekonturen mit einer mittleren Einzelschreilänge von 0,75s. Die Gruppenmittelwerte unterschieden sich nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney-U-Test, $p=0,57$).

Die Schreimelodien der hier untersuchten Neugeborenen weisen keine Auffälligkeiten in der zeitlichen Struktur auf, wie ein Vergleich der Gruppenmittelwerte mit dem von Michelsson et al. (2002) dokumentierten Normbereich verdeutlicht. Das vorliegende Ergebnis, basierend auf der Messgröße Einzelschreilänge, lässt nicht auf bestehende neurophysiologische Dysfunktionen oder der der Schreiproduktion zugrunde liegenden Mechanismen bei den untersuchten Neugeborenen schließen.

10.2 Vergleichende Untersuchung der produzierten Melodiekonturen mono- und bilingualer Neugeborener

Basierend auf den in Kapitel 4.3 dargelegten Befunden, die Abweichungen bezüglich der perceptiven und produktiven Leistungen von bilingualen, verglichen mit monolingualen Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern, aufzeigen, wurde in Hypothese 1 die Annahme formuliert, dass die untersuchten Schreimelodiekonturen der monolingualen (Gruppe A) und bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) bezüglich der α^{73} -Verteilungseigenschaften verschieden sind.

Neben der Annahme abweichender Verteilungseigenschaften der produzierten Melodiekonturen mono- und bilingualer Neugeborener wurden in den Hypothesen 1a und 1b spezifizierte Annahmen bezüglich der erwarteten Melodiekonturproduktion der untersuchten Neugeborenen formuliert.

Hypothese 1a beinhaltet die Annahme, dass die Gruppe der monolingual französischen Neugeborenen tendenziell mehr Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke produziert, die durch $\alpha > 0,5$ definiert sind (s. Kapitel 6).

Hypothese 1b beinhaltet die Annahme, dass die bilingualen Neugeborenen keine Tendenz für die vermehrte Produktion von Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) zeigen. In der pränatalen Sprachumgebung der bilingualen Neugeborenen war neben Französisch eine weitere Sprache repräsentiert.

Da in der vorliegenden Studie keine Aussagen über den Einfluss bestimmter Sprachkombinationen auf die Schreimelodien Neugeborener untersucht werden sollen, ist die bezüglich der Sprachumgebung uneinheitliche Zusammensetzung der Probandengruppe ein Vorteil für die vorliegende Untersuchung (s. auch Kapitel 6 und Kapitel 8.2.3). Sie erlaubt, die aus der Analyse resultierenden Informationen zu den produzierten Melodiekonturen auf den Einfluss der pränatal bilingualen Sprachumgebung zurückzuführen. Eine Berücksichtigung der Kombination der beiden Sprachen in der pränatalen Sprachumgebung ist somit nicht notwendig.

Bezüglich der Kombination der Umgebungssprachen ist Gruppe B eine „neutrale Gruppe“, mit einer Störung des französischen Einflusses. Für die bilingualen Probanden war die pränatale Wahrnehmung der französischen Intonation dementsprechend durch die Wahrnehmung der Intonation einer anderen Sprache gestört. Aufgrund des Vorhandenseins einer weiteren Sprache in der pränatalen Sprachumgebung wurde in Hypothese 1b außerdem die Annahme formuliert, dass der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen kleiner ist als der der monolingualen Probanden. Diese Hypothese basiert auf der Annahme, dass bilinguale Neugeborene aufgrund der höheren prosodischen Komplexität ihrer pränatalen Sprachumgebung die Grundmelodietypen nach Wermke (2002) in einem gleichmäßigeren Verhältnis produzieren als die monolingual französischen Neugeborenen. Für die monolingual französischen Neugeborenen wird angenommen, dass sie eine Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke zeigen, die charakteristisch für die französische Intonation sind (vgl. Mampe 2007, Mampe et al. 2009). Da die pränatale Wahrnehmung der französischen Intonation bei den bilingualen Neugeborenen durch die Intonation einer weiteren Sprache „gestört“ ist, wird für die bilingualen Neugeborenen keine Produktionspräferenz für Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke angenommen. Diese Annahme basiert auf einer Studie von Byers-Heinlein et al. (2010), aus der hervorgeht, dass bilinguale Neugeborene keine perzeptive Präferenz für

⁷³ Durch den Formparameter α ist die Position des Melodiekonturmaximums angezeigt. α wurde mithilfe der EF-Modellierung berechnet und variiert in der vorliegenden Arbeit zwischen 0 und 1 (s. Kapitel 8.4.5).

eine der pränatal gehörten Umgebungssprachen hatten. Die untersuchten bilingualen Neugeborenen wandten sich gleich häufig beiden bekannten Sprachen hin.

Durch das Fehlen einer Produktionspräferenz von Melodiekonturen, die durch $\alpha > 0,5$ (Melodiekontur mit längerer An- als Abstiegsflanke) gekennzeichnet sind, ist es wahrscheinlich, dass auch vermehrt Melodiekonturen produziert werden, die durch $\alpha = 0,5$ (symmetrische Melodiekontur) oder $\alpha < 0,5$ (Melodiekontur mit kürzerer An- als Abstiegsflanke) gekennzeichnet sind (vgl. Kapitel 7).

Nachfolgend werden relevante Erkenntnisse bezüglich der pränatalen Prägung auf perzeptive und produktive Leistungen monolingualer und bilingualer Neugeborener zusammengefasst, die für eine Interpretation des vorliegenden Untersuchungsergebnisses relevant sind.

Wie äußert sich die pränatale Prägung bezüglich der Perzeption und Produktion bei mono- und bilingualen Neugeborenen?

Der prägende Effekt vorgeburtlicher auditiver Erfahrungen mit der Muttersprache äußert sich bei monolingualen Neugeborenen am deutlichsten in Form einer perzeptiven Präferenz für muttersprachliche Stimuli (Mehler et al. 1986, Moon et al. 1993, Byers-Heinlein et al. 2010, Granier-Deferre et al. 2011), wie in Kapitel 2.4 ausgeführt wurde. Die Präferenz für muttersprachliche Stimuli beruht dabei auf der Fähigkeit, zwei Sprachen voneinander differenzieren zu können (Mehler et al. 1986, Mehler et al. 1988, Moon et al. 1993, Byers-Heinlein et al. 2010) sowie andererseits darauf, dass die Neugeborenen ihre Muttersprache bereits aus der Schwangerschaft kennen und sie in einem fötalen Gedächtnis gespeichert haben (z.B. DeCasper/Spence 1986, Hepper 1988, Hepper et al. 1993).

Ein Nachweis prägender vorgeburtlicher auditiver Erfahrungen auf der produktiven Ebene ist viel schwieriger zu erreichen. Aufgrund einer geeigneten Methodologie, nämlich prosodisch stark kontrastierende Sprachen zu wählen und geeignete Analyseparameter (hier die Melodiestructur wegen der relativen Reife des laryngo-respiratorischen Systems im Neugeborenenalter) zu wählen, konnte in eigenen Vorarbeiten demonstriert werden, dass vorgeburtliche auditive Erfahrungen dazu führen, dass Neugeborene tendenziell vermehrt die Melodiekonturen produzieren, die für die pränatal gehörte Umgebungssprache typisch sind (Mampe 2007, Mampe et al. 2009). So produzierten die untersuchten deutschen Neugeborenen tendenziell mehr Melodiekonturen, die eine kürzere An- als Abstiegsflanke hatten. Melodiekonturen dieses Typs sind besonders charakteristisch für die Intonation des Deutschen. Die französischen Neugeborenen produzierten tendenziell vermehrt solche Melodiekonturen, die eine längere An- als Abstiegsflanke hatten. Solche Melodiekonturen sind charakteristisch für die französische Intonation (vgl. Kapitel 5).

In welcher Form sich eine bilinguale Sprachumgebung auf perzeptive und produktive Leistungen im Neugeborenenalter auswirkt, ist noch verhältnismäßig unerforscht und damit weitestgehend unklar.

Die perzeptiven auditiven Leistungen bilingualer Neugeborener wurden erstmals von Byers-Heinlein et al. (2010) untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchung stellten die Autoren fest, dass bilinguale Neugeborene, im Gegensatz zu monolingualen Neugeborenen, keine perzeptive Präferenz für eine ihrer beiden Umgebungssprachen zeigen. Diese fehlende Präferenz wurde von den Autoren jedoch nicht als fehlende Prägung, sondern als *gleichstarke Prägung* der Neugeborenen durch die beiden ihnen bekannten Sprachen interpretiert. Die Autoren ermittelten zudem, dass bilinguale Neugeborene bereits dazu in der Lage sind, rhythmisch sehr ähnliche Sprachen zu differenzieren. Dies ist ein wesentlicher Unterschied

zu monolingualen Neugeborenen, was die Autoren dazu bewegt, anzunehmen, dass eine pränatal bilinguale Sprachumgebung *spezifische Erwerbsmechanismen* auslösen könnte⁷⁴.

Bezüglich der Lautproduktion sind für das Neugeborenenalter bislang noch keine vergleichbaren Studien publiziert, die den Einfluss einer pränatal bilingualen Sprachumgebung untersucht haben. Aus diesem Grund liefert die bereits angeführte Untersuchung von Byers-Heinlein et al. (2010) zu postnatalen Perzeptionsleistungen bilingualer Neugeborener die bislang einzige Grundlage für die Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit.

Die α -Verteilungseigenschaften der monolingualen Neugeborenen

Die Verteilung der kindgemittelten α -Werte der monolingualen Neugeborenen zeigt, dass die monolingual französischen Neugeborenen die vier Grundmelodietypen nach Wermke (2002) produzierten (vgl. Kapitel 9.1.1). Dieser Rückschluss ist aus der Streuung der α -Werte zwischen 0,29 und 0,69 abzuleiten. Die monolingualen Neugeborenen produzierten dementsprechend sowohl Melodiekonturen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha < 0,5$) als auch symmetrische Melodiekonturen ($\alpha = 0,5$) oder Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$).

Das Fehlen von α -Werten außerhalb des genannten Minimums und Maximums ist hier darauf zurückzuführen, dass die Berechnung der deskriptiven Statistik auf der Basis kindgemittelter α -Werte durchgeführt wurde und nicht auf der Basis der Einzelschreie⁷⁵. Die deskriptive Statistik zeigt somit die Verteilung der α -Mittelwerte an. Extremwerte (hier $\alpha = 0$ oder $\alpha = 1$) sind somit nicht zu erwarten.

Der Verteilung (Abbildung 22) der α -Kindmittelwerte ist weiterhin zu entnehmen, dass die monolingualen Neugeborenen am häufigsten Melodiekonturen produzierten, für die α zwischen 0,4 und 0,6 lag. Der α -Gruppenmittelwert der monolingual französischen Neugeborenen liegt bei 0,51 (STABW=0,1). Damit ist der α -Gruppenmittelwert knapp $> 0,5$.

In Hypothese 1a wurde postuliert, dass die monolingual französischen Neugeborenen tendenziell mehr Melodiekonturen produzieren, für die $\alpha > 0,5$ ist. In der vorliegenden Studie wurden Melodiekonturen, deren $\alpha > 0,5$ ist, als „Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke“ bezeichnet. Hypothese 1a kann somit bestätigt werden. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass der hier ermittelte α -Gruppenmittelwert eher auf eine vermehrte Produktion symmetrischer Melodiekonturen hinweist, ist er doch mit 0,51 nur knapp $> 0,5$. Eine Betrachtung der α -Verteilungseigenschaften in Abbildung 22 zeigt jedoch, dass die deutliche Mehrheit der Schreimelodien mit $\alpha > 0,4$ produziert wurde und verhältnismäßig wenige Schreimelodien produziert wurden, die durch $\alpha < 0,4$ gekennzeichnet sind. Somit ist eine deutliche Tendenz zur vornehmlichen Produktion von Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke für die monolingual französischen Neugeborenen erkennbar.

Als Ursache dafür, dass das Untersuchungsergebnis nur auf eine schwach ausgeprägte Produktionspräferenz der monolingual französischen Probanden für steigende Melodiekonturen hinweist, wäre einerseits vorstellbar, dass keine pränatale auditive Prägung durch die Muttersprache stattgefunden hat. Andererseits könnte die α -Verteilung der monolingualen Neugeborenen auch darauf hinweisen, dass zwar eine pränatale auditive

⁷⁴ Für genauere Ausführungen der Studie von Byers-Heinlein et al. (2010) wird auf Kapitel 4.3.1 verwiesen.

⁷⁵ Die α -Werte der produzierten Einzelschreie der monolingualen Neugeborenen variieren von 0,028 bis 0,96.

Prägung stattgefunden hat, diese jedoch nicht in der Schreimelodieproduktion Neugeborener zum Ausdruck kommt.

Die Annahme, dass die monolingualen Neugeborenen keine pränatale perzeptive Prägung durch ihre Muttersprache erfahren haben, kann angesichts der zahlreichen anderslautenden Befunde aus Perzeptionsstudien widerlegt werden. In diesen Untersuchungen wurde die pränatale auditive Prägung durch die Fähigkeit monolingualer Neugeborener zur auditiven Differenzierung zweier (rhythmisch hinlänglich verschiedener) Sprachen (u.a. Nazzi et al. 1998, Ramus et al. 2000), durch die Präferenz Neugeborener für ihre Muttersprache (u.a. Mehler et al. 1986, Moon et al. 1993) sowie durch eine postnatale Präferenz für pränatal gehäuft dargebotene nicht sprachliche Stimuli (z.B. DeCasper/Spence 1986) nachgewiesen. Auch die vorliegende Untersuchung zeigt im Folgenden, dass eine pränatale auditive Prägung durch die Muttersprache stattfindet.

Die Annahme, dass sich eine pränatale perzeptive Prägung nicht in der Melodiekonturproduktion Neugeborener widerspiegelt, ist in Anbetracht der Untersuchungsergebnisse eigener Vorarbeiten ebenfalls unwahrscheinlich (Mampe 2007, Mampe et al. 2009). Auch der Befund, dass sich die Verteilungseigenschaften der Melodiekonturen der hier untersuchten bilingualen Neugeborenen von denen der monolingualen Neugeborenen unterscheiden (vgl. Kapitel 9.1.2 und Kapitel 9.1.3), widerlegt diese Annahme, wie an späterer Stelle ausführlicher diskutiert wird (S. 116). Zuvor werden nachfolgend zunächst die Ergebnisse der α -Verteilungseigenschaften der bilingualen Neugeborenen hinsichtlich der in Hypothese 1b formulierten Annahme überprüft.

Die α -Verteilungseigenschaften der bilingualen Neugeborenen

Die Ergebnisse der Überprüfung von Hypothese 1b sind ausführlich in Kapitel 9.1.2 dargelegt. Der Verteilung der α -Kindmittelwerte der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) ist zu entnehmen, dass auch die Bilingualen alle vier Grundmelodietypen nach Wermke (2002) produzierten. Dies ist den Extremwerten der kindgemittelten α -Werte zu entnehmen (α -Minimum=0,21; α -Maximum=0,63). Der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen liegt bei 0,45 (STABW=0,13). Damit weist der Gruppenmittelwert darauf hin, dass die von den bilingualen Neugeborenen produzierten Melodiekonturen vornehmlich durch $\alpha < 0,5$ gekennzeichnet waren. In der vorliegenden Arbeit werden diese Melodiekonturen als Melodiekonturen mit einer kürzeren An- als Abstiegsflanke bezeichnet (s. Kapitel 8.4.5). Aus Abbildung 23 (S. 91) geht hervor, dass die bilingualen Neugeborenen am häufigsten solche Melodiekonturen produzierten, für die α zwischen 0,3 und 0,5 lag. Die in Hypothese 1b formulierte Annahme, dass die bilingualen Neugeborenen tendenziell nicht vermehrt Melodiekonturen produzieren, die durch $\alpha > 0,5$ gekennzeichnet sind, kann somit bestätigt werden.

In Hypothese 1b wurde auch angenommen, dass sich die α -Gruppenmittelwerte der mono- und der bilingualen Neugeborenen wie folgt unterscheiden: $\alpha\text{-MW}(B) < \alpha\text{-MW}(A)$.

Die in Kapitel 9.1.3 zusammengefassten Ergebnisse bestätigen diesen postulierten α -Gruppenmittelwertsunterschied. Der α -Gruppenmittelwert der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) ist mit $\alpha = 0,45$ um 0,6 kleiner als der α -Gruppenmittelwert der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A). Weil Hypothese 1b als gerichtete Annahme formuliert wurde, wurde eine einseitige Signifikanztestung des α -Gruppenmittelwertsunterschieds durchgeführt. Diese einseitige Signifikanztestung ergab, dass der α -Gruppenmittelwertsunterschied der bilingualen Neugeborenen statistisch signifikant kleiner ist als der der monolingualen Neugeborenen. Die bilingualen Neugeborenen produzierten damit signifikant häufiger Melodiekonturen mit einer kürzeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha < 0,5$) und symmetrische Melodiekonturen ($\alpha = 0,5$) als die monolingualen Neugeborenen. Die in

Hypothese 1b formulierte Richtung des Gruppenmittelwertsunterschieds kann somit bestätigt werden.

Damit kann zusammenfassend Hypothese 1 bestätigt werden: Die Melodieproduktionen Neugeborener, die pränatal nur eine Sprache gehört haben, unterscheiden sich bezüglich der α -Verteilungseigenschaften von denen Neugeborener, die pränatal zwei Sprachen gehört haben⁷⁶.

Aufgrund der ermittelten statistischen Signifikanz des Unterschiedes der produzierten Melodiekonturen der mono- und bilingualen Neugeborenen kann schließlich die auf Seite 115 aufgeführte Behauptung, dass die pränatale auditive Erfahrung möglicherweise noch nicht in der Melodieproduktion Neugeborener zum Ausdruck kommt, nicht bestätigt werden. Das Ergebnis, dass sich die relativen Auftrittshäufigkeiten der Melodiekonturen der beiden Gruppen voneinander unterscheiden, kann vielmehr als Hinweis darauf betrachtet werden, dass eine pränatale Prägung der Schreimelodieproduktion Neugeborener sowohl durch eine monolinguale als auch durch eine bilinguale Sprachumgebung stattgefunden hat.

Das Untersuchungsergebnis stützt so die Befunde von Perzeptionsstudien mit mono- und bilingualen Probanden, die eine pränatale auditive Prägung durch die Muttersprache(n) belegen (u.a. Mehler et al. 1986, Moon et al. 1993, Byers-Heinlein et al. 2010).

Die gefundenen Ergebnisse werden dementsprechend als Folge einer pränatalen Prägung durch die Umgebungssprache(n) interpretiert. Da hier Schreimelodien untersucht wurden, die von wenige Tage alten Neugeborenen (2-5 Tage) produziert wurden, kann jedoch auch eine postnatale Prägung durch die Muttersprache(n) nicht vollständig ausgeschlossen werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass die hier untersuchten Schreimelodien weit mehr durch die pränatalen auditiven Erfahrungen geprägt sind als durch postnatale auditive Erfahrungen. Diese Annahme beruht darauf, dass die pränatale Prägung über einen Zeitraum von 3 Monaten stattgefunden hat, während die postnatale Prägung mit nur wenigen Tagen vergleichsweise gering ausfällt (vgl. Byers-Heinlein et al. 2010).

Fraglich ist, weshalb die α -Verteilungseigenschaften der monolingual französischen Neugeborenen nicht ebenso deutlich auf eine vermehrte Produktion von Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke hinweisen wie in Mampe (2007) gezeigt wurde. Dies könnte zum einen methodische Gründe haben.

In der vorliegenden Studie wurde die Analyse der Schreimelodiekonturen mithilfe eines mathematischen Modells, der EF-Modellierung, durchgeführt. In Mampe (2007) kam die Methode der Handvermessung zur Anwendung.

Wie bereits in Kapitel 8.4.5 beschrieben, ist mithilfe der Methode der EF-Modellierung die Bestimmung der globalen Melodiekontur anhand von sechs Parametern möglich. Dabei ist durch den Formparameter α das Melodiekonturmaximum zuverlässig beschrieben. Die eindeutige Bestimmung des Melodiekonturmaximums erlaubt einen objektiven Vergleich von Schreimelodiekonturen Neugeborener.

Bei der Methode der Handvermessung wird hingegen für jede Melodiekontur ein lokaler F_0 -Maximalwert ermittelt. In Abhängigkeit von der Position dieses F_0 -Maximalwertes erfolgt schließlich die Ableitung der Melodiebogenform. In Kapitel 6 wurde bereits darauf

⁷⁶ Dass der hier ermittelte Unterschied der Melodiekonturproduktion Neugeborener auf das Gruppenunterscheidungsmerkmal der pränatalen Sprachumgebung (monolingual vs. bilingual) der untersuchten Probandengruppen zurückzuführen ist und nicht etwa auf interindividuelle, medizinisch-biologische Faktoren, ist einerseits den in Kapitel 8.2.1 aufgeführten Auswahlkriterien abzuleiten sowie andererseits den Ergebnissen der Kofaktorenanalyse (vgl. Kapitel 9.2), aufgrund derer neurophysiologische Ursachen für die ermittelten α -Gruppenmittelwerte ausgeschlossen wurden (vgl. Kapitel 10.1).

hingewiesen, dass der lokale F_0 -Maximalwert nicht zwangsläufig dem tatsächlichen Maximalwert der Melodiekonturform entsprechen muss. Lokale Messwerte sind weitaus variabler als ein aus der gesamten Bogenform ermittelter Maximalwert einer Melodiekontur.

Die Bestimmung der globalen Form von Melodiebögen mithilfe des EF-Modells stellt somit die zu bevorzugende Methode dar, da sie durch eine hohe Objektivität gekennzeichnet ist. Aber auch hier kann es gelegentlich zu einer leichten Verschiebung des originalen F_0 -Maximalwertes kommen. Ob die hier beobachtete Abminderung des in Mampe (2007) gezeigten Effektes so zu erklären ist, müsste durch eine systematische methodenvergleichende Untersuchung geprüft werden. Da sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit jedoch inhaltlich nicht prinzipiell, sondern nur im Kontrast der Unterschiede unterscheiden, ist dies hier nicht weiter relevant.

Für die Untersuchung des Einflusses pränataler Hörerfahrungen auf die Melodiekonturproduktion mono- und bilingualer Neugeborener ist auch folgende Frage von Relevanz:

Unterscheidet sich die Art der pränatalen Prägung durch zwei Sprachen von der Art der pränatalen Prägung durch eine Sprache?

Die hier beschriebenen unterschiedlichen α -Verteilungen der produzierten Melodiekonturen beider Gruppen liefern einen Hinweis darauf, dass sich eine pränatal bilinguale Sprachumgebung anders auf die Melodieproduktion im Neugeborenenalter auswirkt als eine monolinguale Sprachumgebung. Dabei bewirkt die zweite Sprache, dass der für die monolingual französischen Neugeborenen beobachtete typische Effekt zur Produktion von tendenziell mehr steigenden Melodiekonturen (längere An- als Abstiegsflanke) verloren geht. Für die bilingualen Neugeborenen ist vielmehr eine tendenziell vermehrte Produktion von fallenden Melodiekonturen (kürzere An- als Abstiegsflanke) zu beobachten. Die α -Verteilungseigenschaften der bilingualen Neugeborenen weisen jedoch darauf hin, dass für die bilingualen Neugeborenen keine Produktionspräferenz anzunehmen ist. Vielmehr sind die α -Werte der bilingualen Neugeborenen gleichmäßiger verteilt. Dies ist der Kurtosis von $-0,64$ zu entnehmen, die auf eine sehr flache Verteilung der α -Werte der bilingualen Neugeborenen hinweist (vgl. Tabelle 8). Außerdem zeigt die Spannweite der α -Werte der bilingualen Neugeborenen eine große Variationsbreite an, was ebenfalls gegen die Präferenz zur Produktion eines bestimmten Melodiekonturtyps spricht. Dieser Befund wird gestützt durch den von Byers-Heinlein et al. (2010) für die Perzeption bilingualer Neugeborener ermittelten Befund, der ein gleich großes Interesse bilingualer Neugeborener für ihre beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen belegt.

Die Art der pränatalen Prägung durch zwei Sprachen scheint daher von der Art der pränatalen Prägung durch eine Sprache verschieden zu sein.

Zur Begründung der gleichmäßigeren Verteilung der produzierten Melodiekonturen der bilingualen Neugeborenen sind zwei verschiedene Interpretationsmöglichkeiten denkbar:

Die erste Interpretationsmöglichkeit beinhaltet die Annahme, dass die Existenz von zwei anstelle nur einer Sprache in der pränatalen Sprachumgebung zu einer weniger starken Prägung durch diese Sprachen geführt hat. Dabei ist die *weniger starke Prägung* aus dem geringeren zeitlichen Umfang abgeleitet, mit dem beide Sprachen, verglichen mit einer monolingualen Sprachumgebung, in der pränatalen Umgebung auftreten. Diese Annahme schließt prinzipiell die Tatsache, dass auch bilinguale Neugeborene durch ihre pränatale Sprachumgebung geprägt sind, nicht aus. Es wird hier aber auch gemutmaß, dass, je häufiger

eine Sprache in der pränatalen Sprachumgebung auftritt, eine stärkere Prägung durch diese Sprache die Folge ist.

Trifft diese Interpretationsmöglichkeit zu, dann müssten die Neugeborenen, deren Mütter während der Schwangerschaft sehr viel französisch gesprochen haben, sehr viel stärker durch die französische Intonation geprägt sein. Die sehr viel stärkere Prägung müsste durch eine vermehrte Produktion von Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) zum Ausdruck kommen. Entsprechend müssten die Neugeborenen, deren Mütter während der Schwangerschaft sehr wenig französisch gesprochen haben, nur sehr schwach durch die französische Intonation geprägt sein. Diese Neugeborenen müssten deutlich weniger Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke produzieren.

Ein solcher Effekt konnte im vorliegenden Datenmaterial nicht gefunden werden (vgl. Kapitel 9.3.2; Abbildung 27). Im Gegenteil: Die Neugeborenen, deren Mütter während der Schwangerschaft überwiegend französisch gesprochen hatten (Subgruppe 1), produzierten weniger oft Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke als die Neugeborenen, deren Mütter überwiegend nicht französisch (Subgruppe 3) oder aber beide Sprachen in einem ausgewogenen Verhältnis (Subgruppe 2) gesprochen hatten. Das Ergebnis dieser Untersuchung wird ausführlich in Kapitel 10.3 diskutiert.

Die Annahme, dass eine pränatal bilinguale Sprachumgebung zu einer weniger starken Prägung durch beide Sprachen führt, wird außerdem entkräftet durch Perzeptionsstudien, die Differenzierungs- und Präferenzleistungen für nicht sprachliche Stimuli belegen (Hepper 1988, Damstra-Wijmenga et al. 1991, James et al. 2002). Diese Studien zeigen auf, dass schon geringe Auftrittshäufigkeiten eine Prägung bewirken können, da die im Rahmen dieser Studien verwendeten Stimuli zwar regelmäßig, aber jeweils für die Dauer nur weniger Minuten in der auditiven Umgebung der Föten präsent waren. Verglichen mit der Umgebungssprache waren die eingesetzten Stimuli somit deutlich weniger in der Umgebung repräsentiert. Darüber hinaus war die auditive Umgebung nicht ausschließlich durch diese Stimuli gekennzeichnet, sondern zusätzlich durch weitere Stimuli, wie beispielsweise die in der Umgebung gesprochene Sprache. Von entscheidender Bedeutung für den Prägungseffekt ist dementsprechend nicht die Quantität, mit der ein Stimulus in der pränatalen Umgebung repräsentiert ist, sondern die Regelmäßigkeit, mit der dieser Stimulus auftritt. Der Schlüssel für eine pränatale auditive Prägung ist demnach nicht durch den quantitativen Umfang oder die Ausschließlichkeit eines Merkmals gegeben, sondern durch die Regelmäßigkeit, mit der dieses Merkmal auftritt. Dass eine pränatale Prägung durch zwei Sprachen zu einer geringeren Prägung führen könnte, wird hier folglich ausgeschlossen. Auf den Einfluss des quantitativen Verhältnisses der beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen wird in nachfolgendem Kapitel noch einmal ausführlicher eingegangen.

Die zweite und wahrscheinlichere Möglichkeit zur Interpretation der gleichmäßigeren Verteilung der produzierten Melodiekonturen der bilingualen Neugeborenen beinhaltet die Annahme, dass die höhere prosodische Komplexität der pränatalen Sprachumgebung eine *andersartige Prägung* bewirkt. Das erscheint daher wahrscheinlich, da im Gegensatz zur erstgenannten Interpretationsmöglichkeit nicht von einer *Verringerung der Prägung* ausgegangen wird, sondern von einer *veränderten Art der Prägung* infolge der unterschiedlichen Sprachumgebung.

Welcher Art die spezifischen (Sprach-)erwerbsmechanismen sind, ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Die vorliegende Untersuchung deutet darauf hin, dass sich die Melodiekonturproduktion von Neugeborenen mit pränatal monolingualer Sprachumgebung und Neugeborenen mit pränatal bilingualer Sprachumgebung unterscheidet.

Dass dieses Ergebnis nicht auf die Kombination der pränatal gehörten Umgebungssprachen der bilingualen Neugeborenen zurückzuführen ist, sondern auf die Existenz einer zweiten

Sprache *per se*, ist aus der uneinheitlichen Zusammensetzung der bilingualen Probandengruppe abzuleiten. Alle Probanden hatten pränatal Französisch und eine weitere Sprache gehört. Insgesamt kamen 15 weitere Sprachen in der pränatalen Sprachumgebung der bilingualen Neugeborenen vor (vgl. Tabelle 2, S. 68). Aufgrund der Vielzahl der zweiten Sprachen stellt die bilinguale Probandengruppe hinsichtlich der Kombination der Umgebungssprachen eine „neutrale Gruppe“ dar, in der der Einfluss des Französischen gestört ist. Auf welche Art und Weise der Einfluss des Französischen gestört ist, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden, da keine Intonationsanalysen für die 15 weiteren Sprachen vorgenommen wurden. Die melodischen Eigenschaften dieser Sprachen sind im Einzelnen daher hier nicht bekannt. Es ist vielmehr anzunehmen, dass die 15 Sprachen im Mittel ein *Prosodiemittel* bilden, weshalb es unwahrscheinlich ist, dass das Untersuchungsergebnis auf eine bestimmte Kombination der pränatal gehörten Umgebungssprachen zurückzuführen ist.

10.3 Hat das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen einen Einfluss auf die Schreimelodien der bilingualen Neugeborenen?

In Kapitel 10.2 wurde bereits dargestellt, dass die im Mittel erzeugten Melodiekonturen bilingualer Neugeborener von denen monolingualer Neugeborener abweichen. Ferner wurde die für die bilingualen Neugeborenen ermittelte Abweichung als Resultat einer stattgefundenen pränatalen Prägung interpretiert, die entsprechend der pränatalen Sprachumgebung zu einer andersartigen Prägung der bilingualen Neugeborenen führt.

Im nachfolgenden Kapitel wird Hypothese 2 auf der Basis der in Kapitel 9.3 dargestellten Ergebnisse überprüft. Hypothese 2 beinhaltet die Annahme, dass das quantitative Verhältnis der beiden von der Mutter gesprochenen Sprachen die Melodieproduktionen im Neugeborenenalter beeinflusst.

Hypothese 2 war motiviert durch Studien, die einen Zusammenhang zwischen dem quantitativen Verhältnis der beiden Umgebungssprachen und den perceptiven und produktiven Leistungen bilingualer Säuglinge und Kleinkinder (ab 10 Monaten) belegen (Pearson et al. 1993, Pearson et al. 1997, Sebastià-Gallés/Bosch 2002, Ramon-Casas et al. 2009). Pearson et al. (1997) ermittelten beispielsweise einen relativen Zusammenhang zwischen dem Wortschatzerwerb und dem quantitativen Verhältnis der beiden Umgebungssprachen, d.h. die untersuchten Kleinkinder produzierten die in der Sprachumgebung vermehrt auftretende Sprache ebenfalls vermehrt. Dieser Befund wurde in Zusammenhang mit dem Phänomen der Sprachdominanz bilingualer Sprecher diskutiert (vgl. Kapitel 4.4). Auch die Untersuchung von Dupoux et al. (2010), die mit erwachsenen Probanden durchgeführt wurde, weist auf einen Zusammenhang zwischen dem quantitativen Verhältnis der Umgebungssprachen und der Sprachdominanz hin. Die Autoren erachten diesbezüglich bereits das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen für relevant. Es ist daher denkbar, dass das pränatale quantitative Verhältnis der beiden Umgebungssprachen ein Indikator für die sich später ausbildende Dominanz einer Sprache ist. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die genannten Studien keine Neugeborenen untersucht haben, sondern bilinguale Säuglinge, Kleinkinder und Erwachsene. Sie stellen daher nur bedingt geeignete Vergleichsstudien für die hier untersuchten Neugeborenen dar.

In der vorliegenden Studie wurde erstmals überprüft, ob das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen einen Einfluss auf die produzierten Melodiekonturen im Neugeborenenalter hat.

Zu diesem Zweck wurde ein Intragruppenvergleich der Melodiekonturproduktion der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) durchgeführt. Wie bereits in Kapitel 8.2.3 ausgeführt,

war die Gruppe der bilingualen Neugeborenen bezüglich der pränatal gehörten Umgebungssprachen zwar heterogen zusammengesetzt, die französische Sprache kam jedoch in der pränatalen Sprachumgebung aller bilingualen Neugeborenen vor. Lediglich die zweite pränatal gehörte Umgebungssprache war für die untersuchten Probanden verschieden (vgl. Kapitel 8.2.3, Tabelle 2).

Für die bilingualen Neugeborenen war zudem der pränatale Einfluss des Französischen unterschiedlich stark durch die zweite Umgebungssprache beeinflusst: Manche der Mütter haben während der Schwangerschaft sehr viel französisch und sehr wenig die zweite Sprache gesprochen. Manche der Mütter haben sehr wenig französisch, dafür aber die andere Sprache sehr viel gesprochen. Eine weitere Gruppe von Müttern hat während der Schwangerschaft beide Sprachen etwa gleich häufig gesprochen (vgl. Kapitel 6). Der prozentuale Anteil, mit dem die Mütter während der Schwangerschaft französisch gesprochen haben, war die Grundlage des Intragruppenvergleichs der bilingualen Neugeborenen. Die bilingualen Neugeborenen wurden entsprechend 3 Subgruppen zugeordnet (vgl. Kapitel 8.5, 85).

Subgruppe 1 wurden insgesamt drei Neugeborene zugeordnet. Diese Neugeborenen hatten pränatal *überwiegend Französisch* (die Mutter hat 70 bis 80% französisch gesprochen) gehört. Der Einfluss des Französischen war dementsprechend nur leicht durch eine andere Sprache beeinflusst. Subgruppe 2 wurden insgesamt 14 Neugeborene zugeordnet, die pränatal Französisch und eine weitere Sprache in einem *ausgewogenen Verhältnis* (die Mutter hat 40 bis 60% französisch gesprochen) gehört hatten. Subgruppe 3 wurden drei Neugeborene zugeordnet. Sie hatten pränatal *überwiegend nicht Französisch* (die Mutter hat nur 20 bis 30% französisch gesprochen) gehört. Für diese Probanden war der pränatale Einfluss des Französischen am stärksten durch eine weitere Sprache beeinflusst.

Da den Subgruppen 1 und 3 jeweils nur drei Neugeborene zugeordnet wurden, wurde die statistische Auswertung von Hypothese 2 auf Einzelschreibasis und nicht auf Basis der Kindmittelwerte durchgeführt. Insgesamt wurden 543 Melodiekonturen der 20 bilingualen Neugeborenen ausgewertet. Subgruppe 1 (überwiegend französische Sprachumgebung) umfasste 68 Schreimelodien, Subgruppe 2 (ausgewogen bilinguale Sprachumgebung) umfasste 380 Einzelschreie und Subgruppe 3 (überwiegend nicht französische Sprachumgebung) beinhaltete 95 Einzelschreie.

Die α -Verteilungen der drei Subgruppen sind in Abbildung 27 in Form eines Boxplot-Diagramms dargestellt (s. Kapitel 9.3.2). In das Boxplot-Diagramm wurde zusätzlich der Median von Gruppe A als Referenzwert eingetragen⁷⁷. Gruppe A umfasst die monolingualen Neugeborenen, deren Mütter während der Schwangerschaft ausschließlich (zu 100%) französisch gesprochen hatten.

Abbildung 27 verdeutlicht, dass die Medianwerte der Subgruppen 1 bis 3 links des Referenzmedians der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) liegen. Sie sind dementsprechend kleiner als dieser. In Anbetracht der in Kapitel 9.1.3 zusammengefassten Ergebnisse der Verteilungseigenschaften der kindgemittelten α -Werte der mono- und bilingualen Neugeborenen war dieses Ergebnis zu erwarten.

Der Median der α -Verteilung von Subgruppe 1 liegt bei 0,38 und von Subgruppe 2 liegt er bei 0,47. Für Subgruppe 3 liegt der Median der α -Verteilung bei 0,43. Am deutlichsten weicht folglich der Median der Neugeborenen, die pränatal überwiegend Französisch gehört hatten (Subgruppe 1), von dem Median der monolingualen Neugeborenen ab, die pränatal ausschließlich Französisch gehört hatten.

Das Boxplot-Diagramm verdeutlicht weiterhin, dass die α -Verteilungen der Subgruppen 1 und 2 eine hohe Ähnlichkeit bezüglich der Größe der Box sowie der Variationsbreite der

⁷⁷ Der hier eingesetzte Median von Gruppe A wurde, entsprechend der in diesem Boxplot-Diagramm abgebildeten α -Verteilungen der Subgruppen 1, 2 und 3, ebenfalls auf Einzelschreibasis berechnet (Median(A)=0,52).

Verteilung aufweisen. Tatsächlich beträgt der Interquartilbereich der α -Verteilungen (der im Diagramm der Größe der Box entspricht) der Subgruppen 1 und 2 jeweils 0,33. Mit Variationsbreiten von 0,78 (Spannweite: 0,05 bis 0,9) für Subgruppe 1 und 0,82 (Spannweite: 0,07 bis 0,89) für Subgruppe 2, weisen die α -Werte dieser Subgruppen außerdem eine sehr ähnliche Streuung auf. Einzig der Median unterscheidet sich deutlich zwischen den beiden Subgruppen (Subgruppe 1=0,38; Subgruppe 2=0,47). Bezüglich der Variationsbreite und dem Interquartilbereich unterscheidet sich die α -Verteilung von Subgruppe 3 deutlich von den α -Verteilungen der Subgruppen 1 und 2. Mit einem Interquartilbereich von 0,24 ist dieser von Subgruppe 3 um 0,09 kleiner als der der Subgruppen 1 und 2. Die Variationsbreite von 0,64 (Spannweite: 0,17 bis 0,83) zeigt außerdem eine deutlich geringere Streuung der α -Werte von Subgruppe 3, verglichen mit den Subgruppen 1 und 2 an.

Die α -Werte der Neugeborenen, die während der Schwangerschaft überwiegend nicht Französisch gehört hatten (Subgruppe 3), sind folglich durch eine geringere Variationsbreite gekennzeichnet. Es ist unwahrscheinlich, dass dies auf die geringe Anzahl der für diese Subgruppe untersuchten Einzelschreie zurückzuführen ist, da der Stichprobenumfang von Subgruppe 3 mit 95 Einzelschreien um insgesamt 27 Einzelschreie größer ist als der von Subgruppe 1 (N=68).

Die Betrachtung der α -Mittelwerte verdeutlicht, dass die Neugeborenen, die pränatal überwiegend Französisch gehört hatten (Subgruppe 1), vornehmlich Melodiekonturen produzierten, die durch α -Mittelwerte=0,42 gekennzeichnet waren. Sowohl die Subgruppe der Neugeborenen, die pränatal eine ausgewogene bilinguale Sprachumgebung hatte (Subgruppe 2), als auch die Subgruppe der Neugeborenen, die pränatal eine überwiegend nicht französische Sprachumgebung hatte (Subgruppe 3), produzierten vornehmlich Melodiekonturen, die durch α -Mittelwerte=0,46 gekennzeichnet waren. Da die α -Werte in allen drei Subgruppen sehr flach verteilt sind (K(Subgruppe1)= -0,85⁷⁸; K(Subgruppe2)= -1,0; K(Subgruppe3)= -0,71), kann die tendenzielle Präferenz zur Produktion eines bestimmten Melodiekonturtyps ausgeschlossen werden.

Die Signifikanztestung ergab außerdem, dass die α -Mittelwerte der Subgruppen sich statistisch nicht signifikant unterscheiden (H-Test nach Kruskal-Wallis, $p=0,273$; vgl. Kapitel 9.3.2). Anhand der hier durchgeführten Untersuchung konnte kein Zusammenhang zwischen dem Anteil des jeweils von der Mutter gesprochenen Französisch und der Auftrittshäufigkeit tendenziell endbetonter Melodiekonturen der Schreie der bilingualen Neugeborenen gefunden werden. Das quantitative Verhältnis der pränatal gehörten Umgebungssprachen hat somit keinen wesentlichen Einfluss auf die Melodieproduktion bilingualer Neugeborener. Hypothese 2 kann daher nicht bestätigt werden.

Betrachtet man das Boxplot-Diagramm (Abbildung 27), scheint die Subgruppenanalyse sogar einen deutlichen Widerspruch zu den Befunden eigener Vorarbeiten darzustellen (Mampe 2007, Mampe et al. 2009). In den Vorarbeiten konnte gezeigt werden, dass melodische Charakteristika der pränatal gehörten Umgebungssprache schon in der Melodieproduktion *monolingualer* Neugeborener, in Form einer tendenziellen Produktionspräferenz für die charakteristische Melodiekonturform, auftreten. Die höhere Quantität, mit der diese melodischen Charakteristika in der pränatalen Sprachumgebung vertreten waren, hatte demzufolge einen starken Einfluss auf die Melodieproduktion der monolingualen Neugeborenen. Es erscheint daher zunächst widersprüchlich, warum ein höherer Anteil des Französischen in der von der Mutter gesprochenen Sprache bei bilingualen Neugeborenen nicht einen korrespondierenden Effekt bewirkt.

Setzt man die α -Mittelwerte der drei Subgruppen in Relation zu dem α -Referenzmittelwert der monolingual französischen Neugeborenen, so wird deutlich, dass ausgerechnet die Neugeborenen, die pränatal überwiegend Französisch gehört hatten (Subgruppe 1), eine weitaus geringere Tendenz zur Produktion von Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) zeigen als die Neugeborenen, die pränatal überwiegend nicht

⁷⁸ Der Wert K gibt die Kurtosis der α -Verteilung an.

Französisch gehört hatten (Subgruppe 3). Dies erscheint verwunderlich, da der Einfluss des Französischen in Subgruppe 1 nur geringfügig durch eine zweite Sprache beeinflusst war. Vor dem Hintergrund der Befunde aus Mampe (2007) und Mampe et al. (2009) würde man deshalb eher erwarten, dass in Subgruppe 1 eine größere Tendenz zur Produktion der für die französische Sprache typischen steigenden Melodiekonturen nachzuweisen sein sollte. Diese Annahme wird bezüglich der Perzeption auch durch eine aktuelle Studie von Granier-Deferre et al. (2011) gestützt, in der die Autoren darauf hinweisen, dass die vermehrte pränatale auditive Erfahrung mit einem bestimmten Merkmal zu einer erhöhten postnatalen perzeptiven Sensibilität gegenüber diesem Merkmal führt. So schreiben sie:

„(...) a major (...) effect of recurring prenatal experience with a sound is an enhanced subsequent perceptual sensitivity to the sound.“ (Granier-Deferre et al. 2011, S. 5)

Der vermeintliche Widerspruch ist dadurch zu erklären, dass mono- und bilinguale Neugeborene untersucht wurden.

In den eigenen Vorarbeiten wurden ausschließlich *monolinguale* Neugeborene untersucht, während in der vorliegenden Studie *bilinguale* Neugeborene untersucht wurden.

Die Mütter der hier untersuchten Neugeborenen haben während der Schwangerschaft nicht nur eine, sondern zwei Sprachen gesprochen, nämlich französisch und eine weitere Sprache, vgl. Kapitel 8.2.3. Das bedeutet, dass in der pränatalen Sprachumgebung die prosodischen Charakteristika von zwei Sprachen vorkamen und nicht nur von einer Sprache.

Es ist wahrscheinlich, dass für eine Klärung des Widerspruches eine genaue Kenntnis der prosodischen Charakteristika *beider* Sprachen notwendig ist. In der vorliegenden Arbeit sind jedoch lediglich die prosodischen Charakteristika der französischen Sprache bekannt (s. Kapitel 5). Aus Tabelle 2 (S. 68) geht hervor, dass in der bilingualen Gruppe insgesamt 15 verschiedene Kombinationen der pränatal gehörten Umgebungssprachen auftreten. Zur Klärung des vermeintlichen Widerspruches mit der hier untersuchten Probandengruppe wäre folglich eine genaue Intonationsanalyse von 15 weiteren Sprachen notwendig. Dies war hier nicht möglich, weil es den Rahmen der vorliegenden Arbeit gesprengt hätte.

Würde die Intonationsanalyse der zweiten Sprache ergeben, dass diese durch dieselben melodischen Merkmale wie das Französische charakterisiert ist (also beide durch Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke), dann wäre anzunehmen, dass die Neugeborenen tendenziell mehr „französische“ Melodiekonturen produzieren würden.

Für prosodisch stark kontrastierende Sprachen wäre das nicht anzunehmen.

Bezogen auf die in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse kann aufgrund der unbekanntenen melodischen Charakteristika der zweiten Umgebungssprache nicht ermittelt werden, ob bei der bilingualen Gruppe die quantitativ am meisten Französisch gehört hat (Subgruppe 1), eventuell gerade die melodischen Charakteristika der zweiten Sprache am weitesten von denen der französischen Sprache entfernt waren. Das könnte allerdings erklären, warum diese Neugeborenen (scheinbar paradoxerweise) am wenigsten zur Produktion von Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) tendiert haben. Es wäre wünschenswert, in künftigen Untersuchungen die melodischen Charakteristika *beider* Umgebungssprachen genau zu bestimmen und die Überprüfung der Einflussnahme des quantitativen Verhältnisses der pränatal gehörten Umgebungssprachen zu wiederholen.

Weiterhin ist es möglich, dass die quantitativen Angaben der Mütter bezüglich ihres eigenen Sprachgebrauchs während der Schwangerschaft ungenau waren und deswegen das Ergebnis so widersprüchlich erscheint.

Die pränatale Sprachumgebung wurde in der vorliegenden Arbeit mithilfe eines Fragebogens erfasst. In diesen Fragebogen⁷⁹ wurde von der Untersucherin eine von den Müttern vorgenommene Selbsteinschätzung ihres eigenen Sprachgebrauchs in der Schwangerschaft eingetragen. Sich auf solche Selbsteinschätzungen zu verlassen, ist jedoch nicht unkritisch, da sich doch eine Unsicherheit bezüglich der Zuverlässigkeit der von den Müttern getroffenen Angaben ergibt (Goodz et al. 1989). Diese Unsicherheit ergibt sich aus einem oftmals fehlenden Bewusstsein bilingualer Sprecher über ihren tatsächlichen Sprachgebrauch im Alltag. So kann es sein, dass Eltern sich zwar vornehmen, ausschließlich in einer Sprache mit ihrem Kind zu sprechen (pro Elternteil eine Sprache), im Kommunikationsgeschehen jedoch unbewusst zwischen zwei Umgebungssprachen wechseln (s. auch Triarchi-Herrmann 2006). Die detaillierten Angaben, die in Fragebögen zur Erfassung des Sprachkontaktes bilingualer Personen eingetragen werden, müssen demnach nicht immer korrekt sein. Wie in anderen Bilingualismusstudien musste sich die Untersucherin in der vorliegenden Arbeit ebenfalls auf die Aussagen der Mütter verlassen.

Für die hier im Fokus stehende vergleichende Untersuchung eines pränatal mono- oder bilingualen Einflusses auf die Schreimelodieproduktion im Neugeborenenalter sind quantitative Ungenauigkeiten in der Selbsteinschätzung zum Sprachgebrauch jedoch nicht von Bedeutung.

Letztlich kann man jedoch auf der Basis der vorliegenden Daten konstatieren, dass bei Neugeborenen, die pränatal Französisch und eine weitere Sprache gehört haben, der Einfluss des Französischen allein nicht ausreichend ist, um eine Prägung im Sinne der französischen Sprache zu bewirken. D.h., dass bilinguale Neugeborene, die pränatal überwiegend Französisch gehört haben (Subgruppe 1), nicht vermehrt die für das Französische typischen Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke ($\alpha > 0,5$) produzieren. Obwohl die Untersuchung auf Einzelschreibasis durchgeführt wurde, kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass das Ergebnis auf die geringe Anzahl der hier untersuchten Kinder (v.a. in den Subgruppen 1 und 3 mit je nur 3 Kindern) zurückzuführen ist. Es wäre daher wünschenswert, die Untersuchung mit einer größeren Anzahl an Kindern sowie einer größeren Anzahl an Einzelschreien zu wiederholen.

Dass die innerhalb der Subgruppen produzierten Melodiekonturformen keine statistisch signifikanten Unterschiede aufweisen, weist ferner darauf hin, dass das Vorkommen einer zweiten Sprache in der pränatalen Sprachumgebung per se eine andersartige Prägung der Melodiekonturproduktion bewirkt als das Vorkommen nur einer Sprache. Der Vergleich der Melodieproduktionen der Subgruppen stützt so die in Kapitel 10.2 getroffene Interpretation, wonach nicht die Menge, mit der eine Sprache in der pränatalen Sprachumgebung repräsentiert ist, die Art der Prägung beeinflusst, sondern die Regelmäßigkeit, mit der eine Sprache auftritt. Für alle untersuchten Neugeborenen waren beide Sprachen regelmäßig in der pränatalen Sprachumgebung vertreten. Das regelmäßige Vorkommen zweier Sprachen und die damit einhergehende höhere prosodische Komplexität einer pränatal bilingualen Sprachumgebung, verglichen mit einer monolingualen Sprachumgebung, könnte den Unterschied der Melodieproduktion mono- und bilingualer Neugeborener bewirkt haben (vgl. Kapitel 9.1.3 und Kapitel 10.2).

⁷⁹ Der Fragebogen basiert auf dem von Marian et al. (2007) entwickelten Fragebogen (LEAP-Q; vgl. Kapitel 6).

10.4 *Methodenkritik*

10.4.1 **Bestimmung der pränatalen Sprachumgebung**

In dem hier verwendeten Fragebogen zur Bestimmung der pränatalen Sprachumgebung wurde nicht untersucht, ob die Mütter beide Sprachen akzentfrei sprechen. Nur im Falle einer Akzentfreiheit wäre gewährleistet, dass die charakteristischen Merkmale der Intonation einer Sprache eindeutig in der Melodieproduktion nachgewiesen werden können. In weiteren Studien könnte eine Selbsteinschätzung des Akzents daher wertvolle Informationen für die individuelle Überprüfung und Interpretation der produzierten Schreimelodien liefern. Es wäre daher wünschenswert, zusätzlich Informationen zu Akzenten und Dialekten zu erheben. In diesem Zusammenhang wäre es auch vorstellbar, zusätzlich zu einem Fragebogen Spontansprachaufnahmen der Mütter anzufertigen. Mithilfe dieser Spontansprachaufnahmen würde nicht nur die von der Mutter produzierte Sprachmelodie dokumentiert, sondern auch die Selbsteinschätzungen der Mütter bezüglich ihres Sprachgebrauches würden objektiviert. Die Durchführung derartiger Spontansprachaufnahmen war jedoch im Rahmen des Datenerhebungszeitraumes in der Geburtsklinik Port-Royal in Paris nicht möglich.

10.4.2 **Ausschluss mehrfachböiger und segmentierter Laute**

Vor dem Hintergrund des Befundes von Wermke und Friederici (2004), in dem ein Anteil einfachböiger Schreimelodien in der Lautproduktion der ersten Lebenswoche mit 90% angegeben ist, wurden in der vorliegenden Arbeit ausschließlich Melodiekonturen dieser Struktur für die weitere Analyse ausgewählt. Komplexere Melodiestrukturen (Doppelbögen, Mehrfachbögen oder Segmentierungen) wurden hingegen von der Analyse ausgeschlossen (vgl. Kapitel 6 und Kapitel 8.4.3).

Obwohl laut Wermke und Friederici (2004) komplexere Strukturen in der ersten Lebenswoche nur etwa 10% der Lautproduktionen ausmachen, wäre eine Untersuchung dieser Strukturtypen in weiteren Untersuchungen dennoch von Interesse. Sie könnten zu einer Validierung der Befunde für einfachböige Melodiekonturen beitragen und ergänzend Aussagen über rhythmische Eigenschaften frühester Lautäußerungen liefern. Bezüglich der Untersuchung französischer Neugeborenenlaute könnte so auch berücksichtigt werden, dass die französische Intonation stets auf Phrasen bezogen ist (Mertens 1993, Post 2000; vgl. Kapitel 5). Auf diese Weise wären weitere Einsichten möglich, da das Untersuchungsergebnis nicht nur auf einen Teil (wenngleich einen sehr repräsentativen) beschränkt wäre.

Des Weiteren könnte anhand der im Rahmen der Strukturanalyse ermittelten Daten der Melodiekomplexitätsindex (MCI⁸⁰) nach Wermke et al. (2007) bestimmt werden. Der MCI stellt ein objektives Maß des strukturellen Komplexitätsgrades der untersuchten Vokalisationen dar. Die Berechnung des MCI für die Lautproduktionen Neugeborener mit unterschiedlicher pränataler Sprachumgebung könnte aufzeigen, ob die Komplexitätszunahme im mono- und bilingualen Spracherwerb einheitlich verläuft oder aber für beide Spracherwerbsformen divergiert. Auf diese Weise könnten eventuell auftretende hemmende oder verstärkende Effekte eines bilingualen Inputs auf den Komplexitätsgrad frühkindlicher Lautproduktionen ermittelt werden. Eine vergleichbare Studie wird derzeit am ZVES in Würzburg durchgeführt.

⁸⁰ MCI = Melody Complexity Index

10.4.3 Berechnung des Melodiekonturmaximums α

Der Verlauf der F_0 wurde bezüglich des Zeitpunktes untersucht, an dem das Maximum der Melodiekontur erreicht wird ($t(F_0\max)$). Aus psychoakustischer Sicht ist der F_0 -Maximalwert als der Zeitpunkt definiert, an dem ein Monotoniewechsel (Wechsel des Steigungsverhaltens) erfolgt. In der vorliegenden Studie entspricht die Position des F_0 -Maximalwerts dem Formparameter α , der mithilfe der EF-Modellierung ermittelt wurde.

Trotz strukturell ausgereiftem Gehör könnte die Wahrnehmung eines solchen Zeitpunktes für Föten und Neugeborene eventuell erschwert sein, ist doch anzunehmen, dass die Melodiewahrnehmung nicht (ausschließlich) punktuell erfolgt, sondern vielmehr auf der Wahrnehmung der *Frequenzmodulationsgeschwindigkeit* beruht. Psychoakustisch bleiben daher künftig genaue Wahrnehmungsmechanismen abzuklären sowie, darauf aufbauend, weitere geeignete Parameter (z.B. Dauer und Intensität) für eine umfassendere Untersuchung zu identifizieren. Eine mehrdimensionale Untersuchung, in der weitere psychoakustische Parameter sowie deren Zusammenwirken Berücksichtigung finden, sollte daher in künftige Untersuchungen eingebunden werden, um das hier erzielte Ergebnis zu vervollständigen.

In der vorliegenden Studie wird deshalb kein Anspruch auf Vollständigkeit, im Sinne einer vollständigen Berücksichtigung aller relevanten Parameter erhoben. Das Untersuchungsergebnis ist vielmehr als Beitrag zu dem äußerst umfangreichen und weitestgehend unerforschten Untersuchungsgegenstand der frühkindlichen Lautproduktionen (mono- und bilingual aufwachsender Neugeborener) zu betrachten.

10.4.4 Probleme der statistischen Auswertung

Um einen Selektionseffekt zu vermeiden, wurden von den Neugeborenen alle Schreimelodien ($N=1744$) in die Analyse eingeschlossen, die die in Kapitel 8.4.3 beschriebenen Kriterien erfüllten. Von jedem Neugeborenen war eine unterschiedliche Anzahl an produzierten Schreimelodien für die Auswertung verfügbar. Diese Unterschiede resultierten aus interindividuell sehr verschiedenen Aufnahmelängen, die durch die Aufnahmesituationen einerseits und durch die Schreigewohnheiten der Neugeborenen andererseits zustande kamen. Die Anzahl der analysierten Melodiekonturen variierte in der Gruppe der monolingualen Neugeborenen (Gruppe A) zwischen 9 und 73 Melodiekonturen und in der Gruppe der bilingualen Neugeborenen (Gruppe B) zwischen 12 und 46. Die große Variationsbreite der untersuchten einfachböigen Melodiekonturen könnte eventuell zu einer Verzerrung des Ergebnisses geführt haben. Dies beruht darauf, dass die Mittelwerte der Neugeborenen, die auf der Basis einer geringen Anzahl an Melodiekonturen berechnet wurden, stärker in die statistische Analyse eingehen als die Mittelwerte der Neugeborenen, die auf der Basis einer größeren Anzahl an Melodiekonturen berechnet wurden.

Um so bedingte Messfehler zu verhindern, wäre die Verwendung einheitlicher Stichproben für die Durchführung vergleichbarer Studien wünschenswert.

11 Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Lautproduktionen mono- und bilingualer Neugeborener verglichen. Zu diesem Zweck wurden die Schreimelodiekonturen von Neugeborenen untersucht, deren pränatale Sprachumgebung entweder monolingual (Französisch) oder bilingual (Französisch und eine weitere Sprache) war. Darüber hinaus wurde überprüft, ob das quantitative Verhältnis der beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen die Melodiekonturproduktion der bilingualen Neugeborenen beeinflusst.

Hierzu wurden digitale Aufnahmen spontaner Weinlaute von Neugeborenen (innerhalb der ersten Lebenswoche) in der Geburtsklinik Port-Royal des Cochin Krankenhauses in Paris/Frankreich angefertigt. Anschließend wurde am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Universität Würzburg (ZVES, Leitung: Prof. Dr. K. Wermke) eine signalanalytische Auswertung der Weinlaute durchgeführt und die Melodiekonturen der einzelnen Weinlaute wurden ermittelt. Für einen objektiven Vergleich der Melodiekonturen wurde die Methode der EF-Modellierung auf geeignete einfachböige Schreimelodiekonturen angewandt. Diese Methode lieferte für jede Melodiekontur genau einen Maximalwert (in Form des Formparameters α). In der vorliegenden Arbeit variierten die Maximalwerte (α) der Schreimelodiekonturen zwischen 0 und 1. Melodiekonturen mit einem Wert $\alpha < 0,5$ sind als Melodiekonturen mit kürzerer An- als Abstiegsflanke definiert. Mit $\alpha > 0,5$ sind Melodiekonturen mit längerer An- als Abstiegsflanke definiert.

Basierend auf den ermittelten Melodiekonturmaxima (α) wurde die statistische Analyse durchgeführt.

Es wurde festgestellt, dass sich die von den bilingualen Neugeborenen produzierten Melodiekonturen statistisch signifikant von denen der monolingualen Neugeborenen unterscheiden (T-Test, $p=0,031$). Bilinguale Neugeborene schreien anders als monolinguale Neugeborene. Die französisch *monolingualen* Neugeborenen produzierten tendenziell mehr Melodiekonturen, die durch $\alpha > 0,5$ gekennzeichnet sind. Diese Melodiekonturen mit einer längeren An- als Abstiegsflanke sind charakteristisch für die pränatal gehörte französische Intonation. Für die bilingualen Neugeborenen konnte hingegen kein gehäuftes Auftreten einer bestimmten Melodiekonturform und somit keine tendenzielle Präferenz für die Produktion einer bestimmten Melodiekonturform festgestellt werden. Der hinreichende Unterschied der α -Verteilungen der mono- und bilingualen Neugeborenen belegt, dass pränatale auditive Erfahrungen bereits die Melodieproduktion Neugeborener prägen. Die Ergebnisse der Kofaktorenanalyse (Einzelschreilänge, mittlere F_0) stützen diese Beobachtung, indem sie zeigen, dass die gruppenspezifischen Ergebnisse hier nicht auf medizinisch-biologische Ursachen zurückzuführen sind.

Das Untersuchungsergebnis wird nicht als *weniger starke Prägung* durch eine pränatal bilinguale Sprachumgebung, verglichen mit einer pränatal monolingualen Sprachumgebung, interpretiert, sondern als *andersartige Prägung* der Melodieproduktion. Diese Interpretation steht in Einklang mit der Interpretation von Byers-Heinlein et al. (2010). Die Autoren gehen bezüglich der Perzeption davon aus, dass eine pränatal bilinguale Sprachumgebung andere Spracherwerbsmechanismen auslöst als eine pränatal monolinguale Sprachumgebung. Welcher Art diese speziellen Spracherwerbsmechanismen sind, konnte mithilfe des vorliegenden Datenmaterials nicht ermittelt werden.

Weiterhin ist dem Intragruppenvergleich der *bilingualen* Neugeborenen zu entnehmen, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem quantitativen Verhältnis der

pränatal gehörten Umgebungssprachen und der Melodieproduktion im Neugeborenenalter besteht (H-Test nach Kruskal-Wallis, $p=0,273$). Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass das quantitative Verhältnis der beiden pränatal gehörten Umgebungssprachen allein keinen Einfluss auf die Melodieproduktion der bilingualen Neugeborenen hat. Es scheint wahrscheinlich, dass die Quantität der pränatal gehörten Umgebungssprachen nicht ohne Berücksichtigung der *Kombination der Umgebungssprachen* untersucht werden kann. Darüber hinaus bedarf es einer genauen Kenntnis der prosodischen Charakteristika beider Umgebungssprachen.

Diese Arbeit ist bislang die einzige publizierte Studie, die den Einfluss einer bilingualen anstelle einer monolingualen Sprachumgebung auf die Lautproduktionen Neugeborener untersucht. Damit liefert die Untersuchung einen Beitrag für ein besseres Verständnis bereits frühester Stadien des bilingualen und monolingualen Spracherwerbs. Weitere Untersuchungen des quantitativen Verhältnisses der pränatal gehörten Umgebungssprachen mit einer homogenen Zusammensetzung der bilingualen Probandengruppe sowie eine Dokumentation der vorsprachlichen Entwicklung bilingualer Neugeborener und Säuglinge im Längsschnitt wären wünschenswert, um das vorliegende Ergebnis zu validieren.

12 Literatur

- Abutalebi, J., Annoni, J.-M., Zimine, I., Pegna, A.J., Seghier, M.L., Lee-Jahnke, H., Lazeyras, F., Cappa, S.F. Khateb, A. (2008). Language Control and Lexical Competition in Bilinguals: An Event-Related fMRI Study. *Cerebral Cortex* **18**, 1496-1505.
- Al-Qahtani, N.H. (2005). Foetal response to music and voice. *Aust N Z J Obstet Gynaecol* **45(5)**, 414-7.
- Anstatt, T. (Hrsg.)(2007). Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen. Erwerb, Formen, Förderung. (Tübingen: Attempto Verlag).
- Armitage, S.E., Baldwin, B.A., Vince, M.A. (1980). The fetal sound environment of sheep. *Science* **208**, 1173-1174.
- Bast, T.H., Anson, B.J. (1949). The temporal bone and the ear. (Springfield, IL: Charles C. Thomas).
- Bellieni, C.V., Sisto, R., Cordelli, D.M., Buonocore, G. (2004). Cry features reflect pain intensity in term newborns: an alarm threshold. *Pediatr Res* **55(1)**, 142-6.
- Bench, J. (1968). Sound transmission to the human foetus through the maternal abdominal wall. *J Genet Psychol* **113**, 85-87.
- Bertoncini, J. Floccia, C., Nazzi, T., Mehler, J. (1995). Morae and syllables: rhythmical basis of speech representations in neonates. *Lang Speech* **38(Pt. 4)**, 311-329.
- Bertoncini, J., Mehler, J. (1981). Syllables as Units in Infant Speech Perception. *Infant Behav Dev* **4**, 247-260.
- Biesalski, P., Frank, F. (Hrsg.) (1994). Phoniatrie – Pädaudiologie. Bd 2. 2. Aufl. (Stuttgart: Thieme).
- Birnholz, J.C., Benacerraf, B.R. (1983). The Development of Human Fetal Hearing. *Science* **222**, 516-518.
- Bloch, C., Kaiser, A., Kuenzli, E., Zappatore, D., Haller, S., Franceschini, R., Luedi, G., Redue, E.-W., Nitsch, C. (2009). The age of second language acquisition determines the variability in activation elicited by narration in three languages in Broca's and Wernicke's area. *Neuropsychologia* **47**, 625-633.
- Boero, D.L., Weber, G., Vigone, M.C., Lenti, C. (2000). Crying abnormalities in congenital hypothyroidism: preliminary spectrographic study. *J Child Neurol* **15(9)**, 603-8.
- Böhme, G. (1997). Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen. Band 1: Klinik. 3. Aufl. (Stuttgart: Gustav Fischer Verlag).
- Böhme, G., Welzl-Müller, K. (1998). Audiometrie: Hörprüfungen im Erwachsenen- und Kindesalter. Ein Lehrbuch. 4. überarb. und erg. Aufl. (Bern: Verlag Hans Huber).
- Boliek, C.A., Hixon, T.J., Watson, P.J., Morgan, W.J. (1996). Vocalization and Breathing During the First Year of Life. *J Voice* **10(1)**, 1-22.
- Bosch, L., Sebastián-Gallés, N. (1997). Native-language recognition abilities in 4-month-old infants from monolingual and bilingual environments. *Cognition* **65**, 33-69.
- Bosch, L., Sebastián-Gallés, N. (2001). Evidence of Early Language Discrimination Abilities in Infants from Bilingual Environments. *Infancy* **2(1)**, 29-49.
- Bosch, L., Sebastián-Gallés, N. (2003). Simultaneous Bilingualism and the Perception of a Language-Specific Vowel Contrast in the First Year of Life. *Lang Speech* **46(2-3)**, 217-243.
- Bosma, J.F., Truby, H.M., Lind, J. (1965). Cry motions of the newborn infant. *Acta Paediatr Scand Suppl.* **163**, 61-92.
- Bradley, R.M., Mistretta, C.M. (1975). Fetal Sensory Receptors. *Psychological Reviews* **55(3)**, 352-382.

-
- Bredberg, G. (1967). The human cochlea during development and aging. *J Laryngol Otol* **81**, 739-758.
 - Brezinka, C., Lechner T., Stephan, K. (1997). The fetus and noise. *Gynakol. Geburtshilfliche Rundsch* **37(3)**, 119-129.
 - Brezinka, C., Lechner T., Stephan, K., Pfeiffer, K. (1998). Vibroacoustic stimulation of the Fetus Using a Conventional Mechanical Alarm Clock. *J Matern Fetal Investig* **8(4)**, 172-177.
 - Burns, T.C., Yoshida, K.A., Hill, K., Werker, J.F. (2007). The development of phonetic representation in bilingual and monolingual infants. *Applied Psycholinguistics* **28**, 455-474.
 - Byers-Heinlein, K., Burns, T.C., Werker, J.F. (2010). The Roots of Bilingualism in Newborns. *Psychol Sci* **21(3)**, 343-8.
 - Kovelmann, I., Baker, S.A., Petitto, L.-A. (2008). Bilingual and Monolingual Brains Compared: A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Syntactic Processing and a Possible "Neural Signature" of Bilingualism. *J Cogn Neurosci* **20(1)**, 153-169.
 - Byrne, J., Ellsworth, C., Bowering, E., Vincer, M. (1993). Language Development in Low Birth Weight Infants: The First Two Years of Life. *J Dev Behav Pediatr* **14(1)**, 21-7.
 - Carral, V., Huotilainen, M., Ruusuvirta, T., Fellman, V., Näätänen, R., Escera, C. (2005). A kind of auditory 'primitive intelligence' already present at birth. *Eur J Neurosci* **21**, 3201-3204.
 - Chen, X., Striano, T., Rakoczy, H. (2004). Auditory-oral matching behaviour in newborns. *Dev Sci* **7(1)**, 42-47.
 - Christophe, A., Gout, A., Peperkamp, S., Morgan, J. (2003). Discovering words in the continuous speech stream: the role of prosody. *J Phonetics* **31**, 585-598.
 - Christophe, A., Morton, J. (1998). Is Dutch Native English? Linguistic Analysis by 2-months-olds. *Dev Sci* **1(2)**, 215-219.
 - Church, M.W. (1987). Chronic in utero alcohol exposure affects auditory function in rats and in humans. *Alcohol* **4(4)**, 231-9.
 - Conboy, B.T., Mills, D.L. (2006). Two languages, one developing brain: event-related potentials to words in bilingual toddlers. *Dev Sci* **9**, F1-12.
 - Cone-Wesson, B. (2005). Prenatal alcohol and cocaine exposure: influences on cognition, speech, language, and hearing. *J Commun Disord* **38(4)**, 279-302.
 - Cross, I. (2009). Communicative Development: Neonate Crying Reflects Patterns of Native-Language Speech. *Curr Biol* **19(23)**, R1078-R1079.
 - Cutler, A., Mehler, J., Norris, D., Segui, J. (1983). A language-specific comprehension strategy. *Nature* **304(5922)**, 159-60.
 - Cutler, A., Mehler, J., Norris, D., Segui, J. (1989). Limits on bilingualism. *Nature* **340(6230)**, 229-30.
 - Damstra-Wijmenga, S.M. (1991). The memory of the new-born baby. *Midwives Chron* **104**, 66-69.
 - DeBoysson-Bardies, B. (2001). How Language comes to children. From Birth to Two Years. (Cambridge: MIT Press).
 - DeBoysson-Bardies, B., Halle, P., Sagart, L., Durand, C. (1989). A crosslinguistic investigation of vowel formants in babbling. *J Child Lang* **16(1)**, 1-17.
 - DeBoysson-Bardies, B., Sagart, L., Durand, C. (1984). Discernible differences in the babbling of infants according to target language. *J Child Lang* **11**, 1-15.
 - DeCasper, A.J., Fifer, W.P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science* **208**, 1174-1176.
-

-
- DeCasper, A.J., Spence, M.J. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant Behav Dev* **9**, 133-150.
 - Delattre, P. (1961). [The intonation model of Simone de Beauvoir: A declarative comparative study on intonation]. *French Review* **35**, 59-67.
 - Draganova, R., Eswaran, H., Murphy, P., Huotilainen, M., Lowery, C., Preissl, H. (2005). Sound frequency change detection in fetuses and newborns, a magnetoencephalographic study. *Neuroimage* **28(2)**, 354-61.
 - Draganova, R., Eswaran, H., Murphy, P., Lowery, C., Preissl, H. (2007). Serial magnetoencephalographic study of fetal and newborn auditory discriminative evoked responses. *Early Hum Dev* **83(3)**, 199-207.
 - Dupoux, E., Peperkamp, S., Sebastián-Gallés, N. (2010). Limits on bilingualism revisited: stress 'deafness' in simultaneous French-Spanish bilinguals. *Cognition* **114**, 266-275.
 - Fabbro, F. (2001). The bilingual brain: cerebral representation of languages. *Brain Lang* **79**, 211-222.
 - Fennell, C.T., Byers-Heinlein, K., Werker, J.F. (2007). Using speech sounds to guide word learning: the case of bilingual infants. *Child Dev* **78**, 1510-1525.
 - Fernald, A., Kuhl, P.K. (1987). Acoustic determinants of infant preference for motherese speech. *Inf Behav Dev* **10(3)**, 279-293.
 - Fior, R. (1995). What hearing does the child need to optimize ist language development? *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol* **32(Suppl.)**, S205-S207.
 - Fiukowski, H. (1992). Sprechlerzieherisches Elementarbuch. 5. Aufl. (Tübingen: Niemeyer).
 - Friederici, A.D., Friedrich, M., Christophe, A. (2007). Language experience affects brain responses in 4-month-old-infants. *Curr Biol* **17(4)**, 1208-11.
 - Friederici, A.D., Hahne, A., (2000). Neurokognitive Aspekte der Sprachentwicklung. In: Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie III: Sprache, Band 3: Sprachentwicklung. H. Grimm (Hrsg.), (Göttingen: Hogrefe-Verlag), 273-310.
 - Fuamenya, N. A. (2011). Quantitative analysis of subharmonic and noise phenomena in vocalizations of young infants: Comparing infants with and without orofacial clefts. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg. <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2011/6571/>
 - Fujimura, O., Erickson, D. (1999). Acoustic Phonetics. In: Handbook of Phonetics. W.J. Hardcastle, J. Laver (Hrsg.), (Oxford, Malden: Blackwell Publishers), 65-115.
 - Fuller, B.F., Horii, Y. (1988). Spectral energy distribution in four types of infant cry. *J Commun Disord* **21(3)**, 251-61.
 - Genesee, F., Nicoladis, E., Paradis, J. (1995). Language differentiation in early bilingual development. *J Child Lang* **22(3)**, 611-31.
 - Gerhardt, K.J., Abrams, R.M. (1996). Fetal Hearing: Characterization of the Stimulus and Response. *Semin Perinatol* **20**, 11-20.
 - Gerhardt, K.J., Abrams, R.M., Oliver, C.C. (1990). Sound environment of the fetal sheep. *Am J Obstet Gynecol* **162(1)**, 282-7.
 - Gerhardt, K.J., Huang, X., Arrington, K.E., Meixner, K., Abrams, R.M., Antonelli, P.J. (1996). Fetal sheep in utero hear through bone conduction. *Am J Otolaryngol* **17**, 374-379.
 - Gerhardt, K.J., Otto, R., Abrams, R.M., Colle, J.J., Burchfield, D.J., Peters, A.J.M. (1992). Cochlear Microphonics Recorded From Fetal and Newborn Sheep. *Am J Otolaryngol* **13(4)**, 226-33.
-

-
- Gildersleeve-Neumann, C.E., Kester, E.S., Davis, B.L., Pena, E.D. (2008). English speech sound development in preschool-aged children from bilingual English-Spanish environments. *Lang Speech Hear Serv Sch* **39**, 314-328.
 - Golub, H.L., Corwin, M.J. (1982). Infant Cry: A Clue to Diagnosis. *Pediatrics* **69(2)**, 197-201.
 - Goodz, N.S. (1989). Parental Language Mixing in Bilingual Families. *Infant Mental Health Journal* **10(1)**, 25-44.
 - Granier-Deferre, C., Bassereau, S., Jacquet, A.-Y., Lecanuet, J.P. (1998). Fetal and neonatal cardiac orienting response to music in quiet sleep. *Dev Psychobiol* **33**, 372.
 - Granier-Deferre, C., Bassereau, S., Ribeiro, A., Jacquet, A.-Y., DeCasper, A.J. (2011). A Melodic Contour Repeatedly Experienced by Human Near-Term Fetuses Elicits a Profound Cardiac Reaction One Month after Birth. *PLoS ONE* **6(2)**, e17304. doi:10.1371/journal.pone.0017304.
 - Greer, J.J. (2008). Development of respiratory rhythm generation. *J Appl Physiol* **104**, 1211-1212.
 - Hallé, P.A., DeBoysson-Bardies, B., Vihman, M.M. (1991). Beginnings of prosodic organization: intonation and duration patterns of disyllables produced by Japanese and French infants. *Lang Speech* **34(Pt 4)**, 299-318.
 - Houghton, P. (2002). Acoustics for Audiologists. (San Diego: Academic Press).
 - Henshall, W.R. (1972). Intra-uterine sound-levels. *Am J Obstet Gynecol* **112**, 576-578.
 - Hepper, P.G. (1988). Fetal "Soap" addiction. *Lancet* **1(8598)**, 1347-8.
 - Hepper, P.G., Scott, D., Shahidullah, S. (1993). Newborn and fetal response to maternal voice. *J Reprod Infant Psychol* **11**, 147-153.
 - Hepper, P.G., Shahidullah, B.S. (1994). Development of fetal hearing. *Archives of Disease in Childhood* **71**, F81-F87.
 - Hespos, S.J. (2007). Language Acquisition: When does the Learning Begin? *Curr Biol* **17(16)**, R628-R630.
 - Hirose, H. (1999). Investigating Laryngeal Physiology. In: Handbook of Phonetics. W.J. Hardcastle, J. Laver (Hrsg.), (Oxford, Malden: Blackwell Publishers), 116-136.
 - Hirst, D., DiCristo, A. (1998). A Survey of intonation systems. In: Intonation Systems. A survey of twenty languages. D. Hirst, A. DiCristo (Hrsg.), (Cambridge: Cambridge University Press), 1-44.
 - Hirst, D.J. (2006). Phonetics: The prosody of speech and language. In: Encyclopaedia of Language and Linguistics. 2. Aufl. K. Brown, (Hrsg.), (Oxford: Oxford University Press), **10**, 167-178.
 - Höhle, B., Bijeljac-Babic, R., Herold, B., Weissenborn, J., Nazzi, T. (2009). The development of language specific prosodic preferences during the first half year of life and its relation to later lexical development: evidence from German and French infants. *Infant Behav Dev* **32(3)**, 262-74.
 - Houston, D.M., Jusczyk, P.W., Kuijpers, C., Coolen, R., Cutler, A. (2000). Cross-language word segmentation by 9-month-olds. *Psychon Bull Rev* **7**, 504-509.
 - Hülshoff, T. (2001). Medizinische Grundlagen der Heilpädagogik. 2. Aufl. (München/Basel: Ernst Reinhardt).
 - James, D.K., Spencer, C.J., Stepsis, B.W. (2002). Fetal learning: a prospective randomized controlled study. *Ultrasound Obstet Gynecol* **20(5)**, 431-8.
 - Janssen, J., Laatz, W. (2005). Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. 5. neu überarbeitete und erweiterte Aufl. (Berlin/Heidelberg: Springer Verlag).
 - Jardri, R., Pins, D., Houfflin-Debarge, V., Chaffiotte, C., Rocourt, N., Pruvo, J.-P., Steinling, M., Delion, P., Thomas, P. (2008). Fetal cortical activation to sound at 33 weeks of gestation: a functional MRI study. *Neuroimage* **42**, 10-18.
-

-
- Johansson, B., Wedenberg, E., Westin, B. (1992). Fetal heart rate response to acoustic stimulation in relation to fetal development and hearing impairment. *Acta Obstet Gynecol Scand* **71**, 610-615.
 - Juan-Garau, M., Pérez-Vidal, C. (2001). Mixing and pragmatic parental strategies in early bilingual acquisition. *J Child Lang* **28(1)**, 59-86.
 - Jun, S.-A., Fougeron, C. (2002). Realizations of accentual phrase in French intonation. *Phonetics* **14**, 147-172.
 - Jürgens, U. (1998). Neuronal control of mammalian vocalization, with special reference to the squirrel monkey. *Naturwissenschaften* **85(5)**, 376-88.
 - Kable, J.A., Coles, C.D., Lynch, M.E., Carroll, J. (2009). The impact of maternal smoking on fast auditory brainstem responses. *Neurotoxicol Teratol* **31(4)**, 216-24.
 - Keidel, W.D. (1975). Physiologie des Gehörs. Akustische Informationsverarbeitung. (Stuttgart: Thieme).
 - Key, A.P., Ferguson, M., Molfese, D.L., Peach, K., Lehman, C., Molfese, V.J. (2007). Smoking during pregnancy affects speech-processing ability in newborn infants. *Environ Health Perspect* **115(4)**, 623-9.
 - Kisilevsky, B.S., Davies, G.A. (2007). Auditory processing deficits in growth restricted fetuses affect later language development. *Med Hypotheses* **68(3)**, 620-8.
 - Kisilevsky, S., Hains, S.M., Jacquet, A.-Y., Granier-Deferre, C., Lecanuet, J.P. (2004). Maturation of fetal responses to music. *Dev Sci* **7**, 550-559.
 - Kisilevsky, S., Hains, S.M., Lee, K., Xie, X., Huang, H., Ye, H.H., Zhang, K., Wang, Z. (2003). Effects of experience on fetal voice recognition. *Psychol Sci* **14(3)**, 220-4.
 - Kovács, A.M., Mehler, J. (2009). Flexible learning of multiple speech structures in bilingual infants. *Science* **325**, 611-612.
 - Kovács, A.M., Mehler, J. (2009a). Cognitive gains in 7-month-old bilingual infants. *Proc Natl Acad Sci U S A* **106**, 6556-6560.
 - Kros, C. (2005). Hearing: Aid from hair force. *Science* **433**, 810-811.
 - Kuhl, P.K., Conboy, B.T., Padden, D., Nelson, T., Pruitt, J. (2005). Early Speech Perception and Later Language Development: Implications for the "Critical Period". *Lang Learn Dev* **1(3&4)**, 237-264.
 - Kuhl, P.K., Meltzoff, A.N. (1996). Infant vocalizations in response to speech: vocal imitation and developmental change. *J Acoust Soc Am* **100(4 Pt 1)**, 2425-38.
 - Kuhl, P.K., Stevens, E., Hayashi, A., Deguchi, T., Kiritani, S., Iverson, S. (2006). Infants show a facilitation effect for native language phonetic perception between 6 and 12 months. *Dev Sci* **9(2)**, F13-F21.
 - Lecanuet, J.P., Granier-Deferre, C., Jacquet, A.Y., Busnel, M.C. (1992). Decelerative cardiac responsiveness to acoustical stimulation in the near term fetus. *Q J Exp Psychol B* **44(3-4)**, 279-303.
 - Lecanuet, J.P., Granier-Deferre, C., Jacquet, A.Y., DeCasper, A.J. (2000). Fetal discrimination of low-pitched musical notes. *Dev Psychobiol* **36(1)**, 29-39.
 - Lecanuet, J.P., Schaal, B. (1996). Fetal sensory competencies. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* **68**, 1-23.
 - Lecanuet, J.P., Schaal, B. (2002). Sensory performances in the human foetus: a brief summary of research. *Intellectica* **34**. 29-56.
 - Lee, S.A., Davis, B., Macneilage, P. (2010). Universal Production patterns and ambient language influences in babbling: a cross-linguistic study of Korean- and English-learning infants. *J Child Lang* **37(2)**, 293-318.
 - Lenneberg, E. (1967). Biological foundations of language. (New York: Wiley).
 - Lester, B. M. (1987). Developmental Outcome Prediction from Acoustic Cry Analysis in Term and Preterm Infants. *Pediatrics* **(80)**, 529-534.
-

-
- Lynch, M.P., Oller, D.K., Steffens, M.L., Levine, S.L., Basinger, D.L., Umbel, V. (1995). Onset of Speech-like Vocalizations in Infants with Down Syndrome. *Am J Mental Retard* **100(1)**, 68-86.
 - Mampe, B. (2007). Vergleichende Untersuchung prosodischer Eigenschaften von Lautäußerungen französischer und deutscher Neugeborener. Magistra Artium (M.A.), Würzburg.
 - Mampe, B., Friederici, A.D., Christophe, A., Wermke, K. (2009). Newborns' Cry Melody is Shaped by their Native Language. *Curr Biol* **19(23)**, 1994-7.
 - Marian, V., Blumenfeld, H.K., Kaushanskaya, M. (2007). The Language Experience and Proficiency Questionnaire (LEAP-Q): Assessing Language Profiles in Bilinguals and Monolinguals. *J Speech Lang Hear Res* **50(4)**, 940-67.
 - Mehler, J., Jusczyk, P.W., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoncini, J., Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition* **29**, 143-178.
 - Mehler, J., Lambertz, G., Jusczyk, P., Amiel-Tison, C. (1986). Discrimination of the mother tongue by newborn infants. *C R Acad Sci III* **303(15)**, 637-40.
 - Mende, W., Herzel, K., Wermke, K. (1990). Bifurcations and chaos in newborn infant cries. *Physics Letters A* **145(8/9)**, 418-424.
 - Mertens, P. (1993). Intonational grouping, boundaries, and syntactic structure in French. In: Proceedings of ESCA Workshop on Prosody, Lund, 156-159.
 - Michelsson, K., Eklund, K., Leppanen, P., Lyytinen, H. (2002). Cry characteristics of 172 healthy 1-to 7-day-old infants. *Folia Phoniatr Logop* **54(4)**, 190-200.
 - Michelsson, K., Raes, J., Thoden, C.-J., Wasz-Höckert, O. (1982). Sound spectrographic analysis in neonatal diagnostics. An evaluative study. *J Phonet* **10**, 79-88.
 - Michelsson, K., Michelsson, O. (1999). Phonation in the newborn, infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* **49 Suppl. 1**, S297-S301.
 - Michelsson
 - Michelsson, K., Raes, J., Rinne, A. (1984). Cry Score-an Aid in Infant Diagnosis. *Folia phoniat* **36**, 219-224.
 - Michelsson, K., Tuppurainen, N., Aula, P. (1980). Cry analysis of infants with karyotype abnormality. *Neuropediatrics* **11(4)**, 365-76.
 - Moll, K.J., Moll, M. (2002). *Kurzlehrbuch Anatomie*. 17. Aufl. (München/Jena: Urban&Fischer Verlag).
 - Moon, C., Cooper, R.P., Fifer, W.P. (1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant Behav Dev* **16(4)**, 495-500.
 - Navarra, J., Sebastián-Gallés, N., Soto-Faraco, S. (2005). The perception of second language sounds in early bilinguals: new evidence from an implicit measure. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **31**, 912.
 - Nazzi, T., Bertoncini, J., Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: toward an understanding of the role of rhythm. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **24(3)**, 756-66.
 - Ockleford, E.M., Vince, M.A., Layton, C., Reader, M.R. (1988). Responses of neonates to parents' and mothers' voices. *Early Hum Dev* **18(1)**, 27-38.
 - Oller, D.K. (1980). The emergence of the sounds of speech in infancy. In: *Child Phonology, 1: Production*. G. Yenikomshian, J.F. Kavanagh, C.A. Ferguson (Hrsg.), (New York: Academic Press).
 - Oller, D.K. (2000). *The emergence of the speech capacity*. (Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates).
 - Ostwald, P.F., Phibbs, R., Fox, S. (1968). Diagnostic Use of Infant Cry. *Biol Neonat* **13**, 68-82.
-

-
- Paradis, J., Genesee, F. (1996). Syntactic acquisition in bilingual children: Autonomous or interdependent? *Studies in Second Language Acquisition* **18**, 1-25.
 - Pearson, B.Z., Fernandez, S., Lewedeg V., Oller, D.K. (1997). The relation of input factors to lexical learning by bilingual infants. *Appl Psycholing* **18**, 41-58.
 - Pearson, B.Z., Fernández, S., Oller, D.K. (1995). Cross-language synonyms in the lexicons of bilingual infants: one language or two? *J Child Lang* **22**, 345-368.
 - Pearson, B.Z., Fernandez, S.C., Oller, D.K. (1993). Lexical Development in Bilingual Infants and Toddlers: Comparison to Monolingual Norms. *Lang Learn* **43(1)**, 93-120.
 - Perani, D., Abutalebi, J, Paulesu, E., Brambati, S., Scifo, P., Cappa, S.F., Fazio, F. (2003). The role of age of acquisition and language usage in early, high-proficient bilinguals: an fMRI study during verbal fluency. *Hum Brain Mapp* **19**, 170-182.
 - Plessinger, M.A., Woods, J.R. (1986). Fetal auditory brain stem response: external and intrauterine auditory stimulation. *Am J Physiol* **250**, R137-R141.
 - Polka, L., Werker, J.F. (1994). Developmental changes in perception of nonnative vowel contrasts. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **20(2)**, 421-35.
 - Pompino-Marschall, B. (2003). Einführung in die Phonetik. 2. Auflage. (Berlin: DeGruyter).
 - Porcaro, C., Zappasodi, F., Babati, G., Salustri, C., Pizzella, V., Rossini, P.M., Tecchio, F. (2006). Fetal auditory responses to external sounds and mother's heart beat: detection improved by Independent Component Analysis. *Brain Res* **1101(1)**, 51-8.
 - Porter, F.L., Miller, R.H., Marshall, R.E. (1986). Neonatal pain cries: Effect of circumcision on acoustic features and perceived urgency. *Child Dev* **57**, 790-802.
 - Post, B. (2000). Tonal and Phrasal Structures in French Intonation. (published PhD dissertation). (The Hague: Holland Academic Graphics). (Preprint (.zip file)).
 - Potter, S.M., Zelazo, P.R., Stack, D.M., Papageorgiou, A.N. (2000). Adverse effects of fetal cocaine exposure on neonatal auditory information processing. *Pediatrics* **105(3)**, E40.
 - Priner, R., Freeman, S., Perez, R., Sohmer, H. (2003). The Neonate Has a Temporary Conductive Hearing Loss due to Fluid in the Middle Ear. *Audiol Neurootol* **8**, 100-110.
 - Probst, R., Grevers, G., Iro, H. (2000). Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. (Stuttgart: Thieme).
 - Pschyrembel. Klinisches Wörterbuch (2011). 262. Aufl. (Berlin: De Gruyter).
 - Pujol, R., Lavigne-Rebillard, M., Uziel, A. (1991). Development of the human cochlea. *Acta Otolaryngol (Stockh)* **482 (suppl)**, 7-12.
 - Putz, R., Pabst, R. (Hrsg.) (2006). Sobotta. Atlas der Anatomie des Menschen. Bd 1. Kopf, Hals, obere Extremität. 22., neu überarb. Aufl. (München/Jena: Urban&Fischer Verlag).
 - Querleu, D. (1985). Perception auditive du foetus in utero. *J Gynecol Obstet Biol Reprod* **14**, 58s-60s.
 - Querleu, D., Lefebvre, C., Titran, M., Renard, X., Morillion, M., Crepin, G. (1984). [Reaction of the newborn infant less than 2 hours after birth to the maternal voice.] *J. Gynecol. Obstet. Biol. Reprod. (Paris)* **13**, 125-134.
 - Querleu, D., Renard, X., Boutteville, C., Crepin, G. (1989). Hearing by the human fetus? *Semin Perinatol* **13**, 409-420.
 - Querleu, D., Renard, X., Versyp, F., Paris-Delrue, L., Crepin, G. (1988). Fetal hearing. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* **28(3)**, 191-212.
 - Querleu, D., Renard, X., Versyp, F., Paris-Delrue, L., Vervoort, G. (1988a). Intra-amniotic transmission of the human voice. *Rev Fr Gynecol Obstet* **83**. 43-50.
 - Raes, J., Michelsson, K., Dehaen, F., Despontin, M. (1982). Cry analysis in infants with infectious and congenital disorders of the larynx. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* **4(2)**, 157-69.
-

-
- Raes, J., Michelsson, K., Kaiser, G. (1980). Spektrographische Babyschreianalyse: Ein Hilfsmittel zur neuropädiatrischen Evaluation und Diagnose. *Sprache-Stimme-Gehör* **4(4)**, 131-172.
 - Ramon-Casas, M., Swingley, D., Sebastián-Gallés, N., Bosch, L. (2009). Vowel categorization during word recognition in bilingual toddlers. *Cogn Psychol* **59**, 96-101.
 - Ramus, F., Hauser, M.D., Miller, C., Morris, D., Mehler, J. (2000). Language Discrimination by Human Newborns and by Cotton-Top Tamarin Monkeys. *Science* **288**, 349-351.
 - Rapisardi, G., Vohr, B., Cashore, W., Peucker, M., Lester, B. (1989). Assessment of infant cry variability in high-risk infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* **17(1)**, 19-29.
 - Richards, D.S., Frentzen, B., Gerhardt, K.J., McCann, M.E., Abrams, R.M. (1992). Sound levels in the human uterus. *Obstet Gynecol* **80(2)**, 186-90.
 - Rivera-Gaxiola, M., Silva-Pereyra, J., Kuhl, P.K. (2005). Brain potentials to native and non-native contrasts in 7- and 11-month-old American infants. *Dev Sci* **8(2)**, 162-172.
 - Rohen, J.W., Lütjen-Drecoll, E. (2004). Funktionelle Embryologie. Die Entwicklung der Funktionssysteme des menschlichen Organismus. 2. Aufl. (Stuttgart: Schattauer).
 - Rossi, M. (1980). Le français, langue sans accent? [French a non-stressed language?] In: *L'accent en français contemporain [stress in modern French]*. J. Fonagy, P. Léon (Hrsg.), (Paris: Didier), 13-51.
 - Rubin, J.E., Shevtsova, N.A., Ermentrout, G.B., Smith, J.C., Rybak, I.A. (2009). Multiple rhythmic states in a model of the respiratory central pattern generator. *J Neurophysiol* **101(4)**, 2146-65.
 - Runefors, P., Arbjörnsson, E., Elander, G., Michelsson, K. (2000). Newborn infants' cry after heel-prick: analysis with sound spectrogram. *Acta Paediatr* **89(1)**, 68-72.
 - Sacks, O. (2007). *Musicophilia: Tales of Music and the Brain*. (New York, Toronto: Alfred A. Knopf).
 - Sadler, T.W. (1998). *Medizinische Embryologie. Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen*. 9. überarb. Auflage. (Stuttgart: Thieme).
 - Sambeth, A., Ruohio, K., Alku, P., Fellman, V., Huotilainen, M. (2008). Sleeping newborns extract prosody from continuous speech. *Clin Neurophysiol* **119**, 332-341.
 - Sebastián-Gallés, N., Bosch, L. (2002). Building phonotactic knowledge in bilinguals: role of early exposure. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* **28**, 974-989.
 - Sebastián-Gallés, N., Bosch, L. (2009). Developmental shift in the discrimination of vowel contrasts in bilingual infants: is the distributional account all there is to it? *Dev Sci* **12**, 874-887.
 - Shadle, C.H. (1999). The Aerodynamics of Speech. In: *Handbook of Phonetics*. W.J. Hardcastle, J. Laver (Hrsg.), (Oxford, Malden: Blackwell Publishers), S. 33-64.
 - Shahidullah, S., Hepper, P.G. (1994). Frequency discrimination by the fetus. *Early Hum Dev* **36(1)**, 13-26.
 - Smith, L.S., Dmochowski, P.A., Muir, D.W., Kisilevsky, B.S. (2007). Estimated cardiac vagal tone predicts fetal responses to mother's and stranger's voices. *Dev Psychobiol* **49(5)**, 543-7.
 - Snow, D. (2002). Intonation in the monosyllabic utterances of 1-year-olds. *Infant Behav Dev* **24**, 393-407.
 - Sohmer, H., Freeman, S. (1995). Functional development of auditory sensitivity in the fetus and neonate. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* **6(2)**, 95-108.
 - Sohmer, H., Perez, R., Sichel, J-Y., Freeman, S. (2001). The pathway Enabling Sounds to Reach and Excite the Fetal Inner Ear. *Audiol Neurootol* **6(3)**: 109-116.
 - Spitzer, M. (2005). *Musik im Kopf. Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk*. (Stuttgart: Schattauer).
-

-
- Stark, R.E. (1980). Stages of speech development in the first year of life. In: *Child Phonology, 1: Production*. G. Yenikomshian, J.F. Kavanagh, C.A. Ferguson (Hrsg.), (New York: Academic Press).
 - Steinhauer, K., Alter, K., Friederici, A.D. (1999). Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neurosci* **2(2)**, 191-196.
 - Stickel, A. (2003). *Faszination Gehör. Entdeckungsreise in die Welt des Klangs*. (Bergkirchen: PPVMedien GmbH).
 - Storch, G. (2002). *Phonetik des Deutschen. Für sprachtherapeutische Berufe*. (Stockach: Günther Storch Verlag).
 - Sundara, M., Polka, L., Molnar, M. (2008). Development of coronal stop perception: bilingual infants keep pace with their monolingual peers. *Cognition* **108**, 232-242.
 - Thelen, E. (1979). Rhythmical stereotypies in normal human infants. *Anim Behav* **27(Pt 3)**, 699-715.
 - Trehub, S.E. (2003). The Developmental Origins of Musicality. *Nature Neurosci* **6**, 669-673.
 - Triarchi-Herrmann, V. (2006). *Mehrsprachige Erziehung. Wie sie ihr Kind fördern*. (München: Reinhardt).
 - Van Petten, C., Bloom, P. (1999). Speech boundaries, syntax and the brain. *Nature Neurosci* **2(2)**, 103-104.
 - Vihman, M. (1996). *Phonological Development. The Origins of Language in the Child*. (Oxford:Blackwell Publishers Ltd.).
 - Vince, M.A.; Billing, A.E., Baldwin, B.A., Toner, J.N., Weller, C. (1985). Maternal vocalisations and other sounds in the fetal lamb's sound environment. *Early Hum Dev* **11(2)**, 179-90.
 - Volterra, V., Taeschner, T. (1978). The acquisition and development of language by bilingual children. *J Child Lang* **5**, 311-326.
 - Wartenburger, I., Heekeren, H.R., Abutalebi, J., Cappa, S.F., Villringer, A., Perani, D. (2003). Early Setting of Grammatical Processing in the Bilingual Brain. *Neuron* **37**, 159-170.
 - Wasz-Höckert, O., Koivisto, M., Vuorenkoski, V., Partanen, T.J., Lind, J. (1971). Spectrographic analysis of pain cry in hyperbilirubinemia. *Biol Neonate* **17(3)**, 260-71.
 - Wasz-Höckert, O., Lind, J., Vuorenkoski, V., Partanen, T., Valanne, E. (1968). The infant cry. A spectrographic and auditory analysis. *Clin Dev Med* **29**, 1-42.
 - Weber, C., Hahne, A., Friedrich, M., Friederici, A.D. (2004). Discrimination of word stress in early infant perception: electrophysiological evidence. *Brain Research Cognitive Brain Research* **18(2)**, 149-161.
 - Welby, P. (2006). French intonational structure: Evidence from tonal alignment. *J Phon* **34**, 343-371.
 - Werker, J., Tees, R.C. (1984). Cross-language Speech Perception: Evidence for Perceptual Reorganization During the First Year of Life. *Infant Behav Dev* **7**, 49-63.
 - Werker, J.F., Byers-Heinlein, K. (2008). Bilingualism in infancy: first Steps in perception and comprehension. *Trends Cogn Sci* **12**, 144-151.
 - Werker, J.F., Byers-Heinlein, K., Fennell, C.T. (2009). Bilingual beginnings to learning words. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **364**, 3649-3663.
 - Werker, J.F., Gilbert, J.H., Humphrey, K., Tees, R.C. (1981). Developmental aspects of cross-language speech perception. *Child Dev* **52(1)**, 349-55.

-
- Wermke, K. (1987). Begründung und Nachweis der Eignung des Säuglingsschreies als Indikator für zentralnervöse Funktionsstörungen des Neugeborenen. Fallstudien unter Einsatz eines speziellen Computerverfahrens. Dissertationsschrift. Humboldt-Universität zu Berlin.
 - Wermke, K. (1997). The infant cry – a biosiren expressing the need for relief of distress, but also a trigger for violence against the child. In: Gewalt in der Kleingruppe und das Recht. Schriften zur Rechtspsychologie. M. Gruter, M. Rehbinder, (Bern: Stämpfli), 237-250.
 - Wermke, K. (2002). Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten. Habilitationsschrift. Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de>
 - Wermke, K., Friederici, A.D. (2004). Developmental changes of infant cries – the evolution of complex vocalizations. *Behav Brain Sci* **27(4)**, 474-475.
 - Wermke, K., Leising, D., Stellzig-Eisenhauer, A. (2007). Relation of melody complexity in infants' cries to language outcome in the second year of life: a longitudinal study. *Clin Linguist Phon* **21(11-12)**, 961-73.
 - Wermke, K., Mende, W. (2000). Developmental changes of infant cries during the first months of life: the evolution of complex vocalizations. Workshop "Development and Interaction of Linguistic and Non-Linguistic Cognition in Infants". Berlin.
 - Wermke, K., Mende, W. (2006). Melody as a primordial legacy from early roots of language. *Behav Brain Sci* **29**, 300.
 - Wermke, K., Mende, W., (2009). Musical elements in human infant cries: In the beginning is the melody. In: *Musicae Scientiae*, Special Issue 2009-2010. I. Deliège (Hrsg.), (Brüssel: Presses Universitaires de Bruxelles), 151-175.
 - Wermke, K., Mende, W. (2011). From emotion to notion. The importance of melody. In: *Handbook of Social Neuroscience*. Decety, J., Cacioppo, J. (Hrsg.). (New York: Oxford University Press).
 - Wermke, K., Mende, W., Manfredi, C., Brusciaglioni, P. (2002). Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Med Eng Phys* **24(7-8)**, 501-14.
 - Wermke, K., Robb, M.P. (2010). Fundamental Frequency of Neonatal Crying: Does Body Size matter? *J Voice* **24(4)**, 388-94.
 - Weston, A.J., Mader, N.T. (1984). Infants' vocalizations as a diagnostic tool. *Percept Mot Skills* **58(3)**, 787-96.
 - Whalen, D.H., Levitt, A.G., Wang, Q. (1991). Intonational differences between the reduplicative babbling of French- and English-learning infants. *J Child Lang* **18(3)**, 501-16.
 - Wirth, G. (2000). Sprachstörungen, Sprechstörungen, Kindliche Hörstörungen. Lehrbuch für Ärzte, Logopäden und Sprachheilpädagogen. 5. Aufl. (Köln: Deutscher Ärzte-Verlag).
 - Yoshida, K.A., Iversen, J.R., Patel, A.D., Mazuka, R., Nito, H., Gervain, J., Werker, J.F. (2010). The development of perceptual grouping biases in infancy: A Japanese-English cross-linguistic study. *Cognition* **115(2)**, 356-61.
 - Zeskind, P.S., Lester, B.M. (1978). Acoustic features and auditory perceptions of the cries of newborns with prenatal and perinatal complications. *Child Dev* **49(3)**, 580-9.
 - Zeskind, P.S., Marshall, T.R., Goff, D.M. (1996). Cry Thresholds Predicts Regulatory Disorder in Newborn Infants. *J Pediatr Psychol* **21(6)**, 803-819.
 - Zeskind, P.S., Platzman, K., Coles, C.D., Schuetze, P.A. (1996a). Cry Analysis Detects Subclinical Effects of Prenatal Alcohol Exposure in Newborn Infants. *Infant Behav Dev* **19**, 497-500.
-

13 Anhang

Patientendaten

Patientendaten						
Patienten-ID						
Name			Straße			
Vorname			Postleitzahl			
Geburtsdatum, Uhrzeit			Wohnort			
Geschlecht <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich			Telefon			
Geburt und Schwangerschaft						
Sprachinput während der Schwangerschaft:		<input type="checkbox"/> einsprachig		<input type="checkbox"/> mehrsprachig		
Sprachen:						
Rauchen:		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Mutter	<input type="checkbox"/> Vater	<input type="checkbox"/> beide	<input type="checkbox"/> in der Wohnung
Modus:		<input type="checkbox"/> spontan	<input type="checkbox"/> Manualhilfe	<input type="checkbox"/> prim. Sektio	<input type="checkbox"/> sek. Sektio	
Gestationsalter in vSSW						
Geburtsgewicht in g		APGAR 5'		APGAR 10'		
Geburtslänge in cm		Geschwister (Anzahl)			
Kopfumfang in cm		Zwilling (Anzahl)			
.....		Geschlecht			
Familienanamnese:						
Neurologische Erstuntersuchung		<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> auffällig	Schwere intrauterine Wachstumsstörungen		
Herzkrankungen		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Plazentainsuffizienz		
Hörscreening (OAE)		<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein	Hypo/Hyperglykämie		
Medikamente		<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein				
Haben Sie in der Schwangerschaft ein Instrument gespielt? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein						
Instrument:		Art der Musik: Rock/Pop/Jazz/Klassik, Häufigkeit: tägl., m/W, 1/W, selten				
Haben Sie in der Schwangerschaft Musik gehört? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein						
Art der Musik: Rock / Pop / Jazz / Klassik						
Bei welcher Gelegenheit haben Sie Musik gehört?						

Aufnahmeprotokoll

Aufnahmeprotokoll			
Probandencode: _____	Untersuchungsnummer _____		
<input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> S			
Vorname: _____	Untersucher/in: _____		
Nachname: _____	Aufnahmedatum: _____		
Geb. Datum: _____	Uhrzeit: _____		
Alter in Tagen: _____	Letzte Mahlzeit: _____		
Recorder Nr. _____			
Stillen	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> On Demand	<input type="checkbox"/> Flasche _____
Größe (cm) _____	Kopfumfang (cm) _____	Gewicht (g) _____	
Motorischer Zustand _____	Physischer Zustand _____		
Mutter-Kind-Interaktion: _____			
Schreihäufigkeit/Tag <input type="checkbox"/> weniger als 1 Std. <input type="checkbox"/> mehr als 1 Std. <input type="checkbox"/> mehr als 1 Std.			
Besonderheiten: _____ (Erkrankungen, Medikamente, Rauchen)			
Wären Sie bereit eine weitere Aufnahme im Alter von 5 Monaten zu wiederholen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
Haben Sie in der Schwangerschaft ein Instrument gespielt? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
Instrument: _____ Art der Musik: Rock/Pop/Jazz/Klassik, Häufigkeit: tägl., m/W, 1/W, selten			
Haben Sie in der Schwangerschaft Musik gehört? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
Art der Musik: Rock / Pop / Jazz / Klassik			
Bei welcher Gelegenheit haben Sie Musik gehört? _____ _____			

Fragebogen zur Bestimmung des mütterlichen Sprachgebrauchs während der Schwangerschaft (in Anlehnung an Marian et al. (2007))

Name:

Name des Kindes:

1) Bitte führen Sie alle Sprachen auf, die sie sprechen. Halten Sie bitte die Reihenfolge der Sprachdominanz ein:

1	2	3	4
---	---	---	---

2) Bitte ordnen Sie ihre Sprachen nach Erwerbssalter:

1	2	3	4
---	---	---	---

3) Bitte geben Sie für jede der genannten Sprachen den prozentualen Anteil an, mit dem Sie diese im letzten Schwangerschaftsdrittel **gehört** haben:

Sprache:	1	2	3	4	
%					= 100%

4) Bitte geben Sie für jede der genannten Sprachen den prozentualen Anteil an mit dem Sie diese im letzten Schwangerschaftsdrittel **gesprochen** haben:

Sprache:	1	2	3	4	
%					= 100%

Auswertung:

	Sprachen			
	1	2	3	4
Frage 3				
Frage 4				

Eigene Publikation: Mampe, B., Friederici, A.D., Christophe, A., Wermke, K. (2009). Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language. *Curr Biol* 19(23), 1994-7.

Please cite this article in press as: Mampe et al., Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language, *Current Biology* (2009), doi:10.1016/j.cub.2009.09.064

Current Biology 19, 1–4, December 15, 2009 ©2009 Elsevier Ltd All rights reserved DOI 10.1016/j.cub.2009.09.064

Report

Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language

Birgit Mampe,¹ Angela D. Friederici,² Anne Christophe,³ and Kathleen Wermke^{1,*}

¹Center for Prespeech Development and Developmental Disorders, Department of Orthodontics, University of Würzburg, 97070 Würzburg, Germany

²Max-Planck-Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, 04103 Leipzig, Germany

³Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Ecole Normale Supérieure/CNRS, 75005 Paris, France

Summary

Human fetuses are able to memorize auditory stimuli from the external world by the last trimester of pregnancy, with a particular sensitivity to melody contour in both music and language [1–3]. Newborns prefer their mother's voice over other voices [4–8] and perceive the emotional content of messages conveyed via intonation contours in maternal speech (“motherese”) [9]. Their perceptual preference for the surrounding language [10–12] and their ability to distinguish between prosodically different languages [13–15] and pitch changes [16] are based on prosodic information, primarily melody. Adult-like processing of pitch intervals allows newborns to appreciate musical melodies and emotional and linguistic prosody [17]. Although prenatal exposure to native-language prosody influences newborns' perception, the surrounding language affects sound production apparently much later [18]. Here, we analyzed the crying patterns of 30 French and 30 German newborns with respect to their melody and intensity contours. The French group preferentially produced cries with a rising melody contour, whereas the German group preferentially produced falling contours. The data show an influence of the surrounding speech prosody on newborns' cry melody, possibly via vocal learning based on biological predispositions.

Results

Cries of 60 healthy newborns, 30 born into French and 30 into German monolingual families, were analyzed. Melody in neonates' cries is characterized by single rising-and-then-falling arcs. These melody arcs were analyzed by determining the relative (normalized) time at which the maximum pitch (F_{0max}) was reached [$t_{norm}(F_{0max})$] (see “Melody Contour Analysis” in Experimental Procedures). Intensity contour analyses were performed in a corresponding manner for each cry.

As shown in Figure 1, a marked difference in the median values of $t_{norm}(F_{0max})$ points to group-specific preferences for produced melody contours (French group, 0.60 s; German group, 0.45 s). The arithmetic means of $t_{norm}(F_{0max})$ were significantly different in French (0.58 ± 0.13 s) and German (0.44 ± 0.15 s) newborns (Mann-Whitney test, $p < 0.0001$). Whereas French newborns preferred to produce rising melody contours, German newborns more often produced falling

contours (exemplified in Figure 2). These results show a tendency for infants to utter melody contours similar to those perceived prenatally. A significant difference was also found for the intensity maxima of melody arcs [$t_{norm}(I_{max})$]: mean 0.59 ± 0.12 versus 0.47 ± 0.12 for French group versus German group; Mann-Whitney test, $p < 0.001$. The difference in the median values of $t_{norm}(I_{max})$ —0.61 s versus 0.45 s for French versus German—are also displayed in Figure 1.

In addition, melody and intensity were significantly correlated in both groups (Spearman rho 0.45, $p < 0.05$ and 0.69, $p < 0.01$ for the French group and German group, respectively). However, despite the robust correlation between melody and intensity, there is some evidence that they are controlled by separate neurophysiological mechanisms [19–21]. Indeed, several cries exhibited independent melody and intensity contours.

Discussion

Prosodic features such as melody, intensity, and rhythm are essential for an infant acquiring language [22]. There is compelling evidence that infants are sensitive to prosodic features of their native language long before speech-like babbling sounds are uttered or first words are produced [22, 23]. Indeed, auditory learning starts as early as the third trimester of gestation [24, 25], and prosodic features are well preserved across the abdominal barrier, whereas phonetic aspects of speech are disrupted, making prosodic characteristics very salient for the human fetus [26]. In newborns, traces of early auditory learning processes are reflected in perceptual preferences for melodies to which they were exposed prenatally [1, 10, 14, 27, 28].

The present study is different from former investigations in that it focuses on a possible influence of the surrounding language on newborns' sound production instead of investigating perceptual preferences for the native language. This influence was investigated by analyzing melody contours of newborns' crying.

The observed melody contours of French and German newborns' crying show that they not only have memorized the main intonation patterns of their respective surrounding language but are also able to reproduce these patterns in their own production. Newborns produced significantly more often those melody types and intensity contours that were prosodically typical for their native languages: French newborns preferentially produced rising (low to high) contours, whereas German newborns preferentially produced falling (high to low) contours (for both melody and intensity contours).

These patterns are consistent with the intonation patterns observed in both of these languages. In French, intonation is characterized by a pitch rise toward the end of several kinds of prosodic units (words, intermediate prosodic phrases), except for the very last unit of an utterance, which presents a falling contour (see, e.g., [29, 30]). This is a crucial difference from German intonation, which typically exhibits a falling melody contour, e.g., from the accented high-tone syllable to the end of the intonational phrase [31]. This difference between French and other languages has already been observed to

*Correspondence: wermke_k@klinik.uni-wuerzburg.de

Please cite this article in press as: Mampe et al., Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language, *Current Biology* (2009), doi:10.1016/j.cub.2009.09.064
 Current Biology Vol 19 No 23
 2

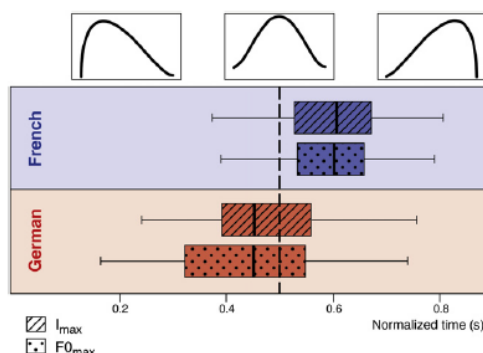


Figure 1. Box-Plot Diagram of the Values $t_{\text{norm}}(F0_{\text{max}})$ and $t_{\text{norm}}(I_{\text{max}})$
 Distribution of all observed melody and intensity contours in German and French newborns' crying, displayed as box plots of the 25th to 75th percentile, with the solid vertical line inside each box representing the median and the bars outside each box representing the minimum and maximum values. The dashed vertical line represents a symmetric melody arc. The data indicate a preference for either rising (French group) or falling (German group) melodies.

have an impact on the sound production of 7- to 18-month-old infants: French infants have been found to produce more rising melody contours than English and Japanese infants [32, 33].

The newborns examined in the present study probably learned these characteristics of their mother tongue by listening to it prenatally (although we cannot completely exclude early postnatal learning during the first 2–5 days of life). Language-specific preferences for final versus initial stress patterns have already been reported in perception for French and German infants as young as 4 months of age via neurophysiological techniques [34]. The present cry production data show an even earlier impact of native language, because neonates' cries are already tuned toward their native language.

The specific perceptual abilities of human fetuses and young infants for melody properties evolved over several million years of vocal and auditory communication and (more recently) spoken language [35]. Thus, rather than being specific to speech, most of the precocious perceptual performances of human infants have deep roots in a phylogenetically older primate auditory perceptual system. There are also obvious acoustic similarities between nonhuman primate calls and human infant cries (cf. review in [36, 37]). However, in contrast to nonhuman primates, human infants develop spoken language quickly and seemingly without effort. In spite of many similarities, human infants and nonhuman primates differ with respect to language-relevant perceptive capacities (cf. [38]) as well as early productive performances.

Thus, two aspects of the present data suggest that human infants' melody production is based on a well-coordinated respiratory-laryngeal activity, in contradiction to older studies that argued that cry melody was strictly constrained by the respiratory cycle (e.g., [39, 40]). First, newborns seem capable of an independent control of fundamental frequency and intensity, as suggested by the observed cases of cries where melody and intensity contours are decorrelated (see also [19]). Second, and more importantly, if newborns' cries were constrained by the respiratory cycle, then they should always

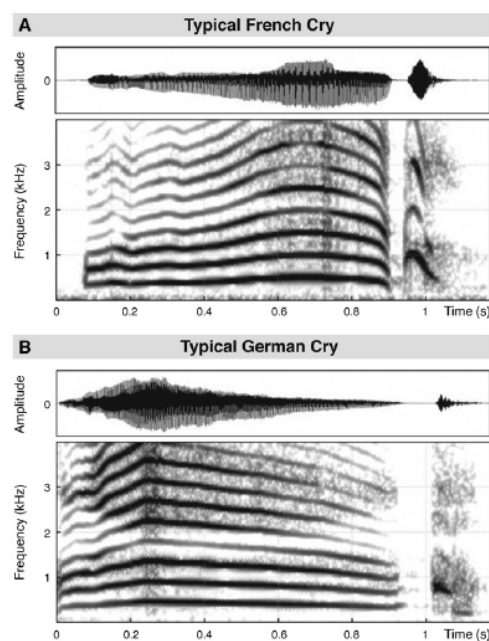


Figure 2. Time Waveform and Narrow-Band Spectrograms of a Typical French Cry and a Typical German Cry

follow a falling pattern, a simple physiological consequence of the rapidly declining subglottal pressure during expiratory phonation. The present data show that German and French infants produce different types of cries, even though they share the same physiology. In particular, the fact that the French newborns produce “nonphysiological” rising patterns supports former findings demonstrating that human newborns' cry melody patterns are already a product of a well-coordinated respiratory-laryngeal activity under the control of neurophysiological mechanisms [19, 20].

Apes' vocalizations (e.g., bonobo sounds) are described as exhibiting a strict correlation between $F0$ variations and intensity, suggesting a close association between $F0$, intensity, and subglottal pressure [41]. Many of the laryngeal muscle functions for swallowing, respiration, and vocalization are controlled by subcortical regions in nonhuman primates [42], whereas intentional control of breathing and crying in newborns originates in the cerebral cortex [36, 43]. The muscles of the larynx function as a part of the respiratory system before birth. Like other respiratory muscles, they undergo considerable use prior to birth [44]. For reproducing the melody contours perceived and stored prenatally, a coordinated action of melody and intensity may simply be a very economic and thus the easiest way to achieve the contour target, even though infants will manipulate these parameters independently in the process of learning to speak.

The present cry production data show an extremely early impact of native language. Thus far, a capability for vocal imitation had only been demonstrated from 12 weeks onward.

Please cite this article in press as: Mampe et al., Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language, *Current Biology* (2009), doi:10.1016/j.cub.2009.09.064

Cry Melody of French and German Newborns

3

Listening to an adult speaker producing vowels, infants responded with utterances that perceptually matched the vowels presented to them [45]. To do this, infants must be capable of moving their articulators in order to reach a specific auditory target. Anatomical and functional constraints of the immature vocal tract mechanisms do not allow for the imitation of articulated speech sounds before about 3 months. Imitation of melody contour, in contrast, is merely predicated upon well-coordinated respiratory-laryngeal mechanisms and is not constrained by articulatory immaturity. Newborns are probably highly motivated to imitate their mother's behavior in order to attract her and hence to foster bonding [46, 47]. Because melody contour may be the only aspect of their mother's speech that newborns are able to imitate, this might explain why we found melody contour imitation at that early age. Hence, our data support the existence of imitation in newborns by fulfilling all the necessary prerequisites postulated by Jones [48]. Whether human newborns' preference for speech is innate [49] or acquired [26], the observed performances are based on biological predispositions, particularly for melody perception and production [47, 50].

Recent findings indicate a systematic melody development from simple to complex patterns beginning at birth and demonstrate a strong developmental continuity from crying via cooing and babbling toward speech (e.g., [20, 21, 50–52]). The significant finding of this study is that newborns, in their own sound production, already reproduce some of the prosodic properties of the specific language that they were exposed to prenatally.

Experimental Procedures

Participants

Cries of 30 French (11 female, 19 male; mean age 3.1 days, range 2–5 days) and 30 German (15 female, 15 male; mean age 3.8 days, range 3–5 days) newborns were analyzed. All subjects were healthy, full-term newborns with normal hearing from a strictly monolingual (French or German) family background. German infants had a mean gestational age of 39.5 weeks; French newborns had a mean gestational age of 39.6 weeks. The studies were performed with the approval of the ethics committees of Charité Berlin and Cochin Hospital (Paris). All participating families followed the institutional consent procedures in German or French.

Cry Recordings

Recordings of the French newborns were made at Port-Royal Maternity of Cochin Hospital (Paris). For the German newborns, existing digital sound files of cries that were recorded as part of the German Language Development Study (<http://glad-study.cbs.mpg.de>) were used. Cry recordings were made during spontaneous, normal mother-child interactions (while changing diapers, before feeding, or while calming the spontaneously fussy baby) with a TASCAM DAT recorder (DA-P1, serial number 880096) and an Earthworks microphone (TC20, serial number 7642C). All recordings were made in pain-free situations (excluding, e.g., pain cries in response to heel lancing for blood sampling). During recording, the distance between the microphone and the newborn's mouth was about 15 cm. Individual recording time varied between 3 and 10 min, depending on the spontaneous crying behavior of the neonate. A cry was defined as the vocal output occurring on a single expiration. In total, 2500 cries were recorded.

Cry Analysis

Spectral analysis and high-resolution melody (fundamental frequency [F0] contour) computations were carried out with Computerized Speech Laboratory CSL 4400/MDVP (Kay Elemetrics Corp.) together with postprocessing for interactive removal of high-frequency modulation noise and artifacts (Cry-Data-Analysis-Program [CDAP]; see [19] for details). Frequency spectrograms of all cries were produced in order to identify voiced, harmonic cries and to exclude noisy, voiceless cries. Depending on physical state and the course of postnatal adaptation, newborns' crying may contain irregularities such as subharmonics or phonatory noise. Such phenomena are

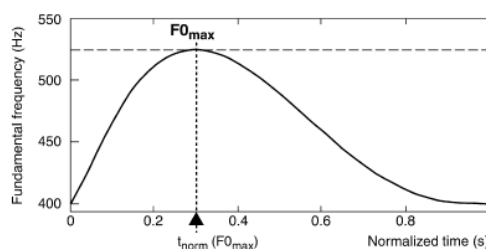


Figure 3. Diagrammed Cry Melody as Time Function of Fundamental Frequency F0 with Time-Normalized Duration

caused by strong nonlinearities in the restoring forces resulting from an extremely large amplitude-to-length ratio of the vocal folds in newborns [53]. From a perspective of nonlinear dynamics, voiceless (noisy) segments of newborn cries can be interpreted as low-dimensional chaos [53, 54]. Voiceless cries and cries containing broad regions of phonatory noise in their frequency spectra could not be used for the applied methodology because fundamental frequency (melody) cannot be reliably determined in those signals.

For the final melody analyses, 1254 voiced cries were used (French group, mean number of cries per neonate: 21, range 3–54; German group, mean number of cries per neonate: 18, range 10–38). The large interindividual variability in number of cries per session was due to the fact that we strictly avoided eliciting crying (through stimulation).

Melody Contour Analysis

Only simple cries containing single rising-and-then-falling melody arcs were analyzed. These cry types were selected because they predominate in the crying of healthy newborns. These melody arcs can be assigned to four basic melody types: (1) quickly rising and slowly decreasing melody: left-accentuated type—“falling contour”; (2) slowly rising and quickly decreasing melody: right-accentuated type—“rising contour”; (3) symmetrical rising-and-then-falling melody: symmetric type; and (4) a relatively stable fundamental frequency with a rising or falling trend: plateau type [20, 50]. These melody arcs were analyzed as follows (see Figure 3): after normalizing arc duration to 1 s, the normalized time $t_{\text{norm}}(F0_{\text{max}})$ corresponding to the maximum pitch ($F0_{\text{max}}$) of each melody arc was determined. $t_{\text{norm}}(F0_{\text{max}})$ values < 0.5 s represent “falling contours”; $t_{\text{norm}}(F0_{\text{max}})$ values > 0.5 s represent “rising contours” (Figure 1). Intensity contour analyses were performed in a corresponding manner for each cry.

Newborns of both groups generated all four basic melody types typical at that age. This observation reflects a general aptitude for generating melodies with varying contours and explains the observed partial data overlap in Figure 1.

Acknowledgments

This work was supported by the European Union (EC12778/NEST-CALACEI Project) and a grant to B.M. from the FAZIT-Foundation.

Received: August 20, 2009
Revised: September 27, 2009
Accepted: September 28, 2009
Published online: November 5, 2009

References

- DeCasper, A.J., and Spence, M.J. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant Behav. Dev.* 9, 133–150.
- Kisilevsky, S., Hains, S.M., Jacquet, A.-Y., Granier-Deferre, C., and Lecanuet, J.P. (2004). Maturation of fetal responses to music. *Dev. Sci.* 7, 550–559.
- Granier-Deferre, C., Bassereau, S., Jacquet, A.Y., and Lecanuet, J.P. (1998). Fetal and neonatal cardiac orienting response to music in quiet sleep. *Dev. Psychobiol.* 33, 372.

Please cite this article in press as: Mampe et al., Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language, *Current Biology* (2009), doi:10.1016/j.cub.2009.09.064

Current Biology Vol 19 No 23

4

4. Querleu, D., Lefebvre, C., Tiran, M., Renard, X., Morillon, M., and Crepin, G. (1984). [Reaction of the newborn infant less than 2 hours after birth to the maternal voice]. *J. Gynecol. Obstet. Biol. Reprod. (Paris)* 13, 125–134.
5. DeCasper, A.J., and Fifer, W.P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science* 208, 1174–1176.
6. Ockleford, E.M., Vince, M.A., Layton, C., and Reader, M.R. (1988). Responses of neonates to parents' and others' voices. *Early Hum. Dev.* 18, 27–36.
7. Damstra-Wijmenga, S.M. (1991). The memory of the new-born baby. *Midwives Chron.* 104, 66–69.
8. Hepper, P.G., Scott, D., and Shahidullah, S. (1993). Newborn and fetal response to maternal voice. *J. Reprod. Infant Psychol.* 11, 147–153.
9. Fernald, A., and Simon, T. (1984). Expanded intonation contours in mothers' speech to newborns. *Dev. Psychol.* 20, 104–113.
10. Mehler, J., Jusczyk, P.W., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoincini, J., and Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition* 29, 143–178.
11. Moon, C., Cooper, R.P., and Fifer, W.P. (1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant Behav. Dev.* 16, 495–500.
12. Mehler, J., and Dupoux, E. (1994). What Infants Know (Oxford: Basil Blackwell).
13. Mehler, J., and Christophe, A. (1995). Maturation and learning of language in the first year of life. In *The Cognitive Neurosciences: A Handbook for the Field*, M.S. Gazzaniga, ed. (Cambridge, MA: MIT Press), pp. 943–954.
14. Nazzi, T., Floccia, C., and Bertoincini, J. (1998). Discrimination of pitch contours by neonates. *Infant Behav. Dev.* 21, 779–784.
15. Ramus, F., Hauser, M.D., Miller, C., Morris, D., and Mehler, J. (2000). Language discrimination by human newborns and by cotton-top tamarin monkeys. *Science* 288, 349–351.
16. Carral, V., Huottilainen, M., Ruusuvirta, T., Fellman, V., Näätänen, R., and Escera, C. (2005). A kind of auditory 'primitive intelligence' already present at birth. *Eur. J. Neurosci.* 21, 3201–3204.
17. Stefanics, G., Háden, G.P., Sziller, I., Balázs, L., Beke, A., and Winkler, I. (2009). Newborn infants process pitch intervals. *Clin. Neurophysiol.* 120, 304–308.
18. Whalen, D.H., Levitt, A.G., and Wang, Q. (1991). Intonational differences between the reduplicative babbling of French- and English-learning infants. *J. Child Lang.* 18, 501–516.
19. Wermke, K., Mende, W., Manfredi, C., and Brusciaglioni, P. (2002). Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Med. Eng. Phys.* 24, 501–514.
20. Wermke, K. (2002). [Investigation of the melody development in cries of monozygotic twins in the first 5 months of life]. *Habilitationschrift (postdoctoral thesis)*, Humboldt-Universität zu Berlin. <http://edoc.hu-berlin.de>.
21. Wermke, K., and Mende, W. (1994). Ontogenetic development of infant cry and non-cry vocalization as early stages of speech abilities. In *Proceedings of the Third Congress of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association*, R. Aulanko and A.M. Korpi-jaakko-Huuhka, eds. (Helsinki, Finland: University of Helsinki), pp. 181–189.
22. Vihman, M.M. (1996). *Phonological Development: The Origins of Language in the Child* (Oxford: Blackwell Publishers).
23. Boysson-Bardies, B. (1999). *How Language Comes to Children: From Birth to Two Years* (Cambridge, MA: MIT Press).
24. Hepper, P.G. (1997). Memory in utero? *Dev. Med. Child Neurol.* 39, 343–346.
25. Shahidullah, S., and Hepper, P.G. (1994). Frequency discrimination by the fetus. *Early Hum. Dev.* 36, 13–26.
26. Rosen, S., and Iverson, P. (2007). Constructing adequate non-speech analogues: What is special about speech anyway? *Dev. Sci.* 10, 165–168.
27. James, D.K., Spencer, C.J., and Stepsis, B.W. (2002). Fetal learning: A prospective randomized controlled study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 20, 431–438.
28. Hepper, P.G. (1988). Fetal "soap" addiction. *Lancet* 1, 1347–1348.
29. Delattre, P. (1961). [The intonation model of Simone de Beauvoir: A declarative comparative study on intonation]. *French Review* 35, 59–67.
30. Welby, P. (2006). French intonational structure: Evidence from tonal alignment. *J. Phon.* 34, 343–371.
31. Wiese, R. (1996). *The Phonology of German* (Oxford: Clarendon Press).
32. Hallé, P.A., de Boysson-Bardies, B., and Vihman, M.M. (1991). Beginnings of prosodic organization: Intonation and duration patterns of disyllables produced by Japanese and French infants. *Lang. Speech* 34, 299–318.
33. Levitt, A.G., and Wang, Q. (1991). Evidence for language-specific rhythmic influences in the reduplicative babbling of French- and English-learning infants. *Lang. Speech* 34, 235–249.
34. Friederici, A.D., Friedrich, M., and Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Curr. Biol.* 17, 1208–1211.
35. Mithen, S. (2006). *The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body* (London: Phoenix).
36. Newman, J.D. (2007). Neural circuits underlying crying and cry responding in mammals. *Behav. Brain Res.* 182, 155–165.
37. Masataka, N. (2008). *The Onset of Language* (Cambridge: Cambridge University Press).
38. Pinker, S., and Jackendoff, R. (2005). The faculty of language: What's special about it? *Cognition* 95, 201–236.
39. Lieberman, P. (1967). *Intonation, Perception, and Language* (Cambridge, MA: MIT Press).
40. Lieberman, P. (1965). *The Physiology of Cry and Speech in Relation to Linguistic Behavior. In Infant Crying: Theoretical and Research Perspectives*, B.M. Lester and Z.C.F. Boukydis, eds. (New York: Plenum Press), pp. 29–57.
41. Demolin, D., and Delvaux, V. (2006). A comparison of the articulatory parameters involved in the production of sound of bonobos and modern humans. In *Proceedings of the Sixth International Conference on the Evolution of Language*, A. Cangelosi, K. Smith, and A.D.M. Smith, eds. (Rome: World Scientific Publishing Co.), pp. 67–74.
42. Simonyan, K., and Jürgens, U. (2003). Efferent subcortical projections of the laryngeal motor cortex in the rhesus monkey. *Brain Res.* 974, 43–59.
43. Darnall, R.A., Ariagno, R.L., and Kinney, H.C. (2006). The late preterm infant and the control of breathing, sleep, and brainstem development: A review. *Clin. Perinatol.* 33, 883–914.
44. Harding, R. (1984). Function of the larynx in the fetus and newborn. *Annu. Rev. Physiol.* 46, 645–659.
45. Kuhl, P.K., and Meltzoff, A.N. (1996). Infant vocalizations in response to speech: Vocal imitation and developmental change. *J. Acoust. Soc. Am.* 100, 2425–2438.
46. Meltzoff, A.N., and Moore, M.K. (1983). Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Dev.* 54, 702–709.
47. Falk, D. (2009). *Finding Our Tongues* (New York: Basic Books).
48. Jones, S.S. (2009). The development of imitation in infancy. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 364, 2325–2335.
49. Vouloumanos, A., and Werker, J.F. (2007). Listening to language at birth: Evidence for a bias for speech in neonates. *Dev. Sci.* 10, 159–164.
50. Wermke, K., and Mende, W. (2009). Musical elements in human infants' cries: In the beginning is the melody. In *Musicae Scientiae, Special Issue on Music and Evolution*, O. Vitouch and O. Ladinig, eds. (Brussels: Presses Universitaires de Bruxelles), pp. 151–173.
51. Wermke, K., and Friederici, A.D. (2004). Developmental changes of infant cries – The evolution of complex vocalizations. *Behav. Brain Sci.* 27, 474–475.
52. Hsu, H.C., Fogel, A., and Cooper, R.B. (2000). Infant vocal development during the first 6 months: Speech quality and melodic complexity. *Infant Child Dev.* 9, 1–16.
53. Titze, I.R., Baken, R.J., and Herzel, H. (1993). Evidence of chaos in vocal fold vibration. In *Vocal Fold Physiology*, I.R. Titze, ed. (San Diego, CA: Singular Publication Group), pp. 143–188.
54. Mende, W., Herzel, H., and Wermke, K. (1990). Bifurcations and chaos in newborn infant cries. *Phys. Lett. A* 145, 418–424.

Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Hansen, der meine Promotion von Anfang an sehr positiv und konstruktiv unterstützt hat.

Besonderen Dank möchte ich meiner Betreuerin Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke aussprechen. Durch ihre stetige Unterstützung und guten Ratschläge habe ich die Zeit meiner Promotion als großen Gewinn empfunden. Nicht nur durch die Möglichkeit zur Mitarbeit an einem durch das BMWF geförderten Projekt hat sie mir viel Vertrauen entgegen gebracht. Für alle Chancen, Möglichkeiten und schönen Erlebnisse im Zeitraum der Promotion möchte ich ihr herzlichst danken. Für ihr stets offenes Ohr, nicht nur für wissenschaftliche Belange möchte ich ihr vielmals danken.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Werner Mende (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften) bedanken, der mir das von ihm entwickelte EF-Modell über das ZVES für die Auswertung zur Verfügung gestellt hat. Darüber hinaus war er mir nicht nur ein wichtiger Berater in mathematischen Fragen, sondern auch ein sehr interessanter und kritischer Diskussionspartner.

Besonderer Dank gilt auch P.D. Dr. Anne Christophe, (Direktorin des Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique in Paris) und Dr. Emmanuel Dupoux für die erneute Möglichkeit zur Kooperation mit dem LSCP und das mir entgegen gebrachte Vertrauen. Durch die Kooperation war mir der Zutritt zur Wöchnerinnenstation der Geburtsklinik Port-Royal möglich, wo ich die Lautaufnahmen anfertigen konnte.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Sylvie Margules, die mir in organisatorischen Fragen sehr hilfreich zur Seite stand. Außerdem möchte ich meinen Kolleginnen Dr. Inga Vendelin und Isabell Brunet für die schöne gemeinsame Zeit danken.

Peter Wermke danke ich für die tatkräftige und vor allem geduldige Unterstützung im Umgang mit der Software *Cry-Data-Analysis-Program* (CDAP®, der Firma pw-project/Deutschland) sowie in anderen mit der Datenanalyse verbundenen Belangen (Programmautor Archiv).

Bei Prof. Dr. med. Wafaa Shehata-Dieler, der leitenden Ärztin Audiologie/Pädaudiologie/Elektrophysiologie/Phoniatrie der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen, plastische und ästhetische Operationen des Universitätsklinikums Würzburg, danke ich für das zur Verfügung gestellte Neugeborenenaudiogramm.

Besonderer Dank gilt außerdem der FAZIT-Stiftung, die mir ein Promotionsstipendium gewährt hat und so die Entstehung der vorliegenden Arbeit finanziell unterstützt hat.

Meinen Kolleginnen Annette Prochnow und Sandra Pachtner möchte ich für eine unvergessliche Zeit danken, die wir während unserer gemeinsamen wissenschaftlichen Arbeit verbracht haben.

LEBENS LAUF

Name, Vorname
Geburtsdatum

Mampe - Keller, Birgit
17.06.1980

Ausbildung

Oktober 2003- Juni 2007	Magisterstudium Bayrische Julius-Maximilian Universität Würzburg Hauptfach: Sonderpädagogik – insbesondere Sprachheilpädagogik Nebenfächer: Pädagogik, Soziologie Abschluss: Magistra Artium (MA)
September 2002 – Juli 2003	Mediendesign für Digital- Printmedien Wildner AG, Akademie München (Berufsfachschule für Mediendesign) Abschluss: Zertifikat Mediendesign
September 2001 – Februar 2002	Diplom-Studium FH Aalen Internationale Betriebswirtschaftslehre
Oktober 2000 – Juni 2001	Centre de Linguistique Appliquée (CLA) der Université de la Franche Comté in Besançon/Frankreich Abschluss: Certificat pour l'enseignement du français langue étrangère (CERF)
September 1991 – Juli 2000	Christoph-Probst-Gymnasium Gilching Abschluss: Abitur

Berufstätigkeit

seit 15.01.2013	Tätigkeit als Pädagogin in der pädagogischen Abteilung der Arbeitsstelle Frühförderung Bayern
seit Mai 2011	Projektassistenz „Harle.kin – Nachsorge in Bayern“ in der medizinischen Abteilung der Arbeitsstelle Frühförderung Bayern
01.04.2011 – 31.12.2012	Tätigkeit als Sprachheilpädagogin in der SOS- Entwicklungsdiagnostischen Beratungsstelle Landsberg a. Lech
01.05.2009 – 30.04.2010	EXIST-Stipendiatin (Existenzgründungen aus der Wissenschaft des Bundesministeriums für Wissenschaft und Technologie) am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen/JMU Würzburg
01.10.2008 – 05.12.2008	Ingénieur en technique de recherches cliniques am Laboratoire de Sciences Cognitive et Psycholinguistiques (LSCP) der Ecole Normale Supérieure in Paris/Frankreich
01.08.2008 – 31.10.2008	Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Sprachheilpädagogik Julius-Maximilians Universität Würzburg
01.01.2008 – 30.06.2008	Tätigkeit als Sprachheilpädagogin in der Praxis für Logopädie, Claudia Fertig Ochsenfurt