

Aus dem Institut für Medizinische Anthropologie (ZHGB)  
der Medizinischen Fakultät der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften  
von Säuglingsschreien**  
**Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im  
Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum medicarum (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Dipl. Biologin Katrin Lind

aus Neumünster

Gutachter: 1.: Prof. Dr. med. W. Seidner  
2.: Prof. Dr. med. habil. V. Hesse  
3.: Priv.-Doz. Dr. Dr. rer.med. M. Voigt

Datum der Promotion: 12. November 2007



*Für A., B. und C.*

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIELSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROBANDENAUSWAHL, DATENERHEBUNG UND METHODE.....</b>	<b>8</b>
3.1	<b>Auswahlkriterien und Untersuchungen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie .....</b>	<b>8</b>
3.2	<b>Probandenauswahl.....</b>	<b>12</b>
3.3	<b>Datenerhebung .....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Aufnahme der Lautäußerungen.....	14
3.3.2	Datengrundlage .....	14
3.4	<b>Datenanalyse.....</b>	<b>16</b>
3.4.1	Spektralanalyse der Säuglingsschreie.....	16
3.4.2	Untersuchung des Zeitverlaufs der Grundfrequenz.....	17
3.5	<b>Klassifizierung der Säuglingsschreie basierend auf spektralen und melodischen Eigenschaften .....</b>	<b>18</b>
3.6	<b>Analyse der Säuglingsschreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II) .....</b>	<b>24</b>
3.7	<b>Analyse der Säuglingsschreie mit bogenförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ Ia, Ib, -Ib) und Vergleich mit plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II) .....</b>	<b>27</b>
3.8	<b>Statistische Auswertung .....</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN DER VORSPRACHLICHEN VOKALISATIONEN IN DEN ERSTEN 16 LEBENSWOCHEN .....</b>	<b>30</b>
4.1	<b>Untersuchung der Schreistruktur.....</b>	<b>31</b>
4.1.1	Untersuchung der Auftrittshäufigkeiten der Strukturkategorien .....	31
4.1.1.1	Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie 1B.....	32
4.1.1.2	Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorien MB, SL und KS .....	33
4.1.1.3	Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie KL.....	37
4.1.1.4	Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie RS .....	38
4.1.2	Entwicklungsverläufe der Häufigkeiten der sechs Strukturkategorien.....	40
4.2	<b>Eigenschaften der plateauförmigen Melodie-Elemente (Melodie-Typ II) .....</b>	<b>46</b>
4.2.1	Lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation.....	48
4.2.1.1	Unabhängigkeit des linearen Trends von der Plateaulänge .....	49
4.2.1.2	Unabhängigkeit des linearen Trends vom Alter .....	50
4.2.2	Analyse der Plateaulänge .....	51
4.2.3	Untersuchung des Gesamthubes der Grundfrequenz .....	54
4.2.3.1	Zusammenhänge zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Plateaulänge .....	55
4.2.3.2	Unabhängigkeit des Gesamthubes der Grundfrequenz vom Alter .....	56
4.2.4	Vorkommen von plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II) bei einfachen und komplexen Schreien.....	58
4.2.4.1	Anteile der Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen an den Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS.....	61

<b>4.3 Eigenschaften der bogenförmigen Melodie-Elemente (Melodie-Typ Ia, Ib und-Ib)</b> .....	<b>62</b>
4.3.1 Untersuchung der Bogenlängen und deren Vergleich mit den Plateaulängen ...	63
4.3.2 Messung des Gesamthubes der Grundfrequenz bei bogenförmigen Melodie-Elementen und Vergleich mit den Messungen bei plateauförmigen Melodie-Elementen.....	66
4.3.2.1 Zusammenhang zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Länge bei bogenförmigen Melodie-Elementen .....	68
4.3.2.2 Unabhängigkeit des Gesamthubes der Grundfrequenz vom Alter bei bogenförmigen Melodie-Elementen .....	69
<b>5 DISKUSSION</b> .....	<b>71</b>
5.1 Welche Auftrittshäufigkeiten zeigen die sechs Strukturkategorien und kommt es zu einer entwicklungsbedingten Veränderung der relativen Häufigkeit innerhalb einer Strukturkategorie? .....	71
5.2 Untersuchungen der plateauförmigen und der bogenförmigen Melodie-Elemente.....	77
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>83</b>
<b>7 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>86</b>
<b>8 ANLAGE 1</b> .....	<b>90</b>
<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>95</b>
<b>LEBENS LAUF</b> .....	<b>98</b>
<b>ERKLÄRUNG</b> .....	<b>101</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zeitbereichssignal und dazugehöriges Schmalbandspektrum eines Säuglingsschreis.....	17
Abb. 2: Grafische Darstellung der gefilterten Melodie des Schreies, dessen Schmalbandspektrum in Abb. 1 gezeigt wird.....	18
Abb. 3: Übersicht über die vier unterschiedlichen Grundfrequenzverläufe (Melodie-Typen) bei Säuglingsschreien mit einbögigen Melodie-Elementen.....	19
Abb. 4: Schematisierte Beispiele für die Strukturkategorien MB und SL.....	20
Abb. 5: Zwei Beispiele für Schreie der Strukturkategorie Komplexe Struktur (KS).....	21
Abb. 6: Schematisierte Darstellung von An- und Endlauten (Pfeile), wie sie bei Melodien aller beschriebenen Kategorien auftreten können.....	22
Abb. 7: Zeitbereichssignal und Schmalbandspektrum eines verrauschten Säuglingsschreies (Strukturkategorie RS).....	23
Abb. 8: Zeitbereichssignal und Schmalbandspektrum eines einfachen Schreies, bestehend aus einem plateauförmigen Melodie-Element.....	24
Abb. 9: Grafische Darstellung der Originalmelodie und der gefilterten Melodie des Schreies, dessen Schmalband-Spektrum in Abb. 8 gezeigt wurde.....	25
Abb. 10: Streudiagramm des $F_0$ Verlaufs des Schreies in Abb. 8 und Abb. 9 nach Filterung und Entfernen des An- und Abstiegs sowie der Inspiration mit Darstellung der linearen Regressionsgeraden.....	26
Abb. 11: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der einzelnen Strukturkategorien im Untersuchungszeitraum.....	32
Abb. 12: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚einbögige Schreie‘ (1B) je Lebenswoche.....	33
Abb. 13: Gestapeltes Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorien ‚Mehrfachbögen‘ (MB) und ‚segmentierte Laute‘ (SL) je Lebenswoche.....	34
Abb. 14: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Komplexe Struktur‘ (KS) je Lebenswoche.....	36
Abb. 15: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Kurzlaute‘ (KL) je Lebenswoche.....	37
Abb. 16: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Rausch-Strukturen‘ (RS) je Lebenswoche.....	38
Abb. 17: Liniendiagramm der monatlichen Mediane der relativen Häufigkeiten der Strukturkategorien 1B, MB, SL, KS, KL und RS. * signifikante Veränderung.....	41
Abb. 18: Liniendiagramm der wöchentlichen Mediane der relativen Häufigkeit der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS.....	42
Abb. 19: Diagramm des Quotienten der einfachen Schreie (1B) zur Summe der komplexen Schreie (MB+SL+KS) aufgetragen gegen das Alter mit Darstellung der Regressionsgeraden.....	45
Abb. 20: Balkendiagramm der altersabhängigen prozentualen Anteile an Schreien mit Melodie-Elementen des Melodie-Typs II.....	47
Abb. 21: Histogramm der prozentualen Häufigkeiten für die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation [%].....	48
Abb. 22: Darstellung der 236 Einzelwerte des linearen Trends [%/ms] gegen die Plateaulänge [ms].....	49
Abb. 23: Streudiagramm der Einzelwerte des linearen Trends vs. Alter in Wochen.....	50

Abb. 24: Streudiagramm der Einzelwerte der Plateaulängen, differenziert nach Kindern. ....	51
Abb. 25: Boxplott der Plateaulängen [ms] vs. Alter in Wochen. ....	52
Abb. 26: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der angegebenen Längenintervalle [ms].	53
Abb. 27: Balkendiagramm der prozentualen Anteile des Gesamthubes der Grundfrequenz in $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen bei plateauförmigen Melodie-Elementen.....	54
Abb. 28: Streudiagramm der Einzelwerte des logarithmierten Gesamthubes aufgetragen gegen die Plateaulänge [ms] sowie Darstellung der linearen Regressionsgerade. ....	55
Abb. 29: Gestapeltes Balkendiagramm der prozentualen Anteile der $\frac{1}{4}$ -Ton Intervalle in 14- tägigen Altersintervallen. Jeder Zeitabschnitt entspricht 100%.....	57
Abb. 30: Schreistruktur 1B bestehend aus Melodie-Typ II. ....	58
Abb. 31: Schreistruktur 1B bestehend aus Melodie-Typ II. ....	58
Abb. 32: Schreistruktur SL mit Melodie-Typ Ia und Melodie-Typ II. ....	58
Abb. 33: Schreistruktur SL mit Melodie-Typ II und 3 Bögen. ....	58
Abb. 34: Schreistruktur MB bestehend aus Melodie-Typ II und zwei mal Melodie-Typ Ia. ....	59
Abb. 35: Schreistruktur KS mit anfänglich ausgeprägter Grundfrequenzmodulation, gefolgt vom Melodie-Typ II. ....	59
Abb. 36: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS bei plateauförmigen (N = 236) und bogenförmigen Melodie-Elementen (N = 5248).60	60
Abb. 37: Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der prozentualen Anteile der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS für Schreie mit plateauförmigen (grau) und ohne plateauförmige Melodie-Elemente (orange).....	61
Abb. 38 Histogramm der relativen Verteilung der Häufigkeiten der Melodie-Element-Längen. .	64
Abb. 39: Altersabhängige Darstellung der Längen der plateauförmigen (N = 120) und der bogenförmigen (N = 2089) Melodie-Elemente in Form von Boxplots. ....	65
Abb. 40: Histogramm der Verteilung der prozentualen Anteile der Gesamthübe pro $\frac{1}{4}$ -Ton- Intervall für bogenförmige Melodie-Elemente (N = 2089, orange) und plateauförmige Melodie-Elemente (N = 120, grau). ....	67
Abb. 41: Boxplot über die Längen der bogenförmigen Melodie-Elemente (orange) (N = 2089) bzw. der plateauförmigen Melodie-Elemente (grau) (N = 120) vs. relativer Gesamthub in $\frac{1}{4}$ - Ton-Intervallen. ....	69
Abb. 42: Boxplot für die Anzahl der $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle der bogenförmigen Melodie-Elemente gegen das Alter. ....	70

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahlkriterien der GLaD-Study für die Probandenrekrutierung .....	8
Tabelle 2: Zusammenstellung der Untersuchungen, die in anderen Teilprojekten der GLaD-Study während der ersten 24 Monate durchgeführt wurden und deren Ergebnisse für die vorliegende Arbeit relevant sind. ....	11
Tabelle 3: Übersicht über das transitorische Auftreten eingeschränkter Hörleistungen bei sieben der 17 untersuchten Kinder (Quelle: Gross/Nubel).....	13
Tabelle 4: Übersicht über das Alter der Probanden bei den einzelnen Aufnahmen sowie Angabe des Geschlechts, die Anzahl der Aufnahmetermine sowie die Anzahl der analysierten Schreie pro Proband. ....	15
Tabelle 5: Übersicht über die absolute Häufigkeit, die relative Häufigkeit und die Standardfehler (Std-F) jeder Strukturkategorie für jede der 16 untersuchten Wochen und gemittelt über den gesamten Untersuchungszeitraum. ....	39
Tabelle 6: Aufstellung der Anzahl der wöchentlichen Schreie der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS sowie Angabe des Quotienten und der Standardabweichung (Std-A).....	45
Tabelle 7: Werte der in Abb. 29 dargestellten Balken sowohl für die prozentualen Anteile [%] als auch für die absolute Anzahl [N] der plateauförmigen Melodie-Elemente in je 14-tägigen Altersabschnitten als auch insgesamt .....	57
Tabelle 8: Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests für den Vergleich der Medianwerte der Parameter Plateaulänge, lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, Gesamthub von plateauförmigen Melodie-Elementen von 10 vs. 6 Kinder. ....	63
Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse von zwei Studien, in denen Schmerzschreie von Säuglingen mit chromosomalen Aberrationen untersucht wurden. * Michelsson et al., 1980, # J. Lind et al., 1970 .....	79



## Abkürzungsverzeichnis

B	Bogen
BERA	brainstem electric response audiometry
CDAP <sup>®</sup>	Cry-Data-Analysis-Program
CSL	Computer Speech Laboratory
ELFRA	Eltern Fragebogen
$F_0$	Grundfrequenz
$F_{0max}$	höchster Wert der Grundfrequenzkurve
$F_{0min}$	niedrigster Wert der Grundfrequenzkurve
FFT	Fast-Fouriertransformation
GLaD-Study	German Language Acquisition Development
Hz	Hertz
KL	Kurzlaut
KS	Komplexe Struktur
LKF <sub>0</sub> M	linearen Komponente der Grundfrequenz-Modulation
LW	Lebenswoche
m	männlich
MB	Mehrfachbögen
MD	Medianwert
MDVP-Advanced	Multi-Dimensional-Voice-Program Advanced
ms	Millisekunden
MW	Mittelwert
N	Anzahl
Ns	nicht signifikant
OAE	otoakustische Emissionen
RS	Rausch-Struktur
S	Sekunde(n)
SSES	spezifische Sprachentwicklungsstörung
Std-A	Standardabweichung
Std-F	Standardfehler
SL	Segmentierte Laute
TSH	Thyroidea-stimulierendes Hormon
w	weiblich

## 1 EINLEITUNG

Seit Begründung der wissenschaftlichen Forschungsrichtung „Säuglingsschreianalyse“ durch die skandinavischen Forscher Ole Wasz-Höckert (z.B. Wasz-Höckert et al., 1962, 1963, 1964, 1968) und John Lind (z.B. Lind/Truby, 1965; J. Lind et al., 1966; Greenberg et al., 1967) in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgt eine systematische Analyse von Säuglingsschreien.

Im Rahmen der Forschung in der Fachrichtung „Schreidiagnostik“, bei der medizindiagnostische Aspekte im Zentrum der Schreiforschung stehen, sind zahlreiche vergleichende Studien zwischen medizinisch auffälligen und unauffälligen Säuglingen in verschiedenen Ländern durchgeführt worden (z.B. Prechtl et al., 1969; Michelsson, 1971; Sirviö/Michelsson, 1976; Lester, 1976; Zeskind/Lester, 1981; vergl. Review in Lester/Boukydis, 1985). Diese Studien lieferten objektive Belege dafür, dass sich die Lauteigenschaften der Schreie von medizinisch auffälligen Säuglingen von denen gesunder Säuglinge unterscheiden (z.B. J. Lind et al., 1965; Ostwald et al., 1970; Michelsson et al., 1984; Rothgänger, 1999).

Trotz dieser ‚verheißungsvollen‘ Belege für die indikative Valenz der Säuglingsschreie erwies sich die Umsetzung der Erkenntnisse in Form eines nicht-invasiven Screeninginstrumentes für die klinische Praxis als bedeutend schwieriger als zunächst angenommen.

Die beobachtete enorme intra- und interindividuelle Variabilität der Schreimuster, die Kontextabhängigkeit der Schreitypen und die erst neuerlich entdeckten entwicklungsbedingten Veränderungen von Schreieigenschaften belegten die Notwendigkeit, interdisziplinäre Studien zu konzipieren und durchzuführen, um in der ‚Schreidiagnostik‘ praxisrelevante Fortschritte machen zu können.

Im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie (GLaD-Studie) an der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin „Lindenhof“ in Berlin–Lichtenberg, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft<sup>1</sup> und das Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig, wurde von einer interdisziplinären Forschergruppe erstmalig ein Längsschnittprojekt realisiert, das die Lautproduktion gesunder Säuglinge

---

<sup>1</sup> DFG-Projekt „Frühkindliche Sprachentwicklung und spezifische Sprachentwicklungsstörungen“, DFG-Forschergruppe 381. [www.glad-study.de](http://www.glad-study.de)

von der ersten Lebenswoche bis zum 3. Lebensjahr systematisch dokumentiert und analysiert. Den frühesten Lautproduktionen, den Säuglingsschreien, ist in der GLaD-Study ein eigenes Teilprojekt gewidmet. Die Erhebung und Auswertung dieser frühesten der ‚vorsprachlichen‘ Lautproduktionen der Säuglinge in den ersten vier bis sechs Lebensmonaten waren Bestandteile des Teilprojektes „Sprachproduktion - Schreianalyse“<sup>2</sup> am Institut für Medizinische Anthropologie der Charité. Das Teilprojekt machte es möglich, die intra- und interindividuelle Variabilität ausgewählter Schreieigenschaften sehr intensiv zu untersuchen und Normbereiche für die Variation einzelner Parameter zu charakterisieren. Dieses Längsschnittprojekt vom Schreien bis zum Sprachbeginn im engeren Sinne eröffnete auch die Möglichkeit, die in den letzten Jahren aufgestellten Hypothesen über entwicklungsbedingte Veränderungen in den Schreien (Mende et al., 1990; Mende/Wermke, 1992; Wermke/Mende, 1994; Wermke/Mende, 2000) und deren Relevanz für den Spracherwerb an einer medizinisch gut untersuchten Gruppe von fast 200 Kindern zu testen. Diese Untersuchungen sind in das aus sieben Teilprojekten bestehende Gesamtprojekt der Forschergruppe eingebettet. In dem Gesamtprojekt werden Aspekte der *Sprachproduktion* und *Sprachperzeption* (inkl. vorsprachlicher Leistungen) sowie der für den Spracherwerb relevanten kognitiven Fähigkeiten untersucht. Zusätzlich erfolgte in regelmäßigen Abständen eine Erhebung medizinisch-biologischer Entwicklungsdaten (u.a. Wachstum, Hörleistungen; s. Anlage 1).

Das Ziel der GLaD-Study ist es, schon im vorsprachlichen Alter Prädiktoren für das spätere Auftreten spezifischer Sprachentwicklungsstörungen (SSES) zu finden. Von spezifischen Sprachentwicklungsstörungen wird gesprochen, wenn die Kinder ohne offensichtliche Primärbeeinträchtigungen, wie z.B. neurologische Störungen, Hörschäden, mentale Retardierung oder soziale Deprivation erhebliche Schwierigkeiten beim Erwerb ihrer Muttersprache haben. SSES manifestieren sich bei Kindern beispielsweise durch verspäteten Sprechbeginn, Wortschatzarmut, Verstehensschwierigkeiten, sowie Defizite im Bereich der Phonologie, der Morphologie und der Syntax.

---

<sup>2</sup> Forschergruppe 381, Teilprojekt Nr. WE 1724/3-1, geleitet von Prof. Kathleen Wermke

Das Schreiprojekt innerhalb der GLaD-Study zielt damit auf einen sehr spezifischen Aspekt der „Schreidiagnostik“, nämlich die Frage nach der Valenz von Schreilaut-eigenschaften zur Identifikation von Risikofaktoren für den Spracherwerb.

Bisher existieren nur einige wenige Schreistudien, die die mögliche Relevanz der frühen Lautäußerungen für den Spracherwerb untersucht haben (Tonkova-Yampol'skaya, 1968; Lieberman, 1985; Mende/Wermke, 1992; Wermke/Mende, 1992; Wermke, 2004). Tonkova-Yampol'skaya (1968) und Lieberman (1985) interpretieren z. B. gefundene Ähnlichkeiten der Intonationsmuster von Säuglingsschreien zu denen gesprochener Sprache Erwachsener als einen deutlichen Hinweis auf eine kontinuierliche Entwicklung von Säuglingsschreien zu Sprachlauten. Intonationsmuster beschreiben relativ langsame Variationen der Grundfrequenz einer Lautäußerung. Die Hervorhebung der Bedeutung der Zeitfunktion der Grundfrequenz (Melodie) von Säuglingsschreien und anderen vorsprachlichen Lauten in Bezug zum Spracherwerb findet sich auch in den Arbeiten von Wermke/Mende et al. (z.B. Mende/Wermke, 1993; Wermke/Mende, 1992, 1993, 1994; 2000; Wermke et al., 2002; 2003; Wermke, 2004; Wermke/Friederici, 2004; Borschberg/Ruppert, 1998). Im Ergebnis ihrer Längsschnittstudien zum Säuglingsschrei haben Wermke/Mende et al. u.a. die Hypothese aufgestellt, dass aus den zunächst einfachen Melodiestructuren der Schreie der ersten Lebenswochen immer komplexere Melodiestructuren entwickelt werden und dass diese Entwicklung in Zusammenhang mit dem Sprech- und Spracherwerb, insbesondere dem Erwerb prosodischer Eigenschaften steht. Diese Hypothese überprüfte Wermke (2002) im Rahmen einer Zwillingsstudie. Die systematische Untersuchung struktureller Eigenschaften von Melodien in Säuglingsschreien bei 15 gesunden, monozygoten Zwillingspaaren belegte, dass vier ‚einfache‘ Grund-Melodietypen in Form charakteristischer Melodiebögen bei allen untersuchten Säuglingen ab der ersten Lebenswoche auftreten. Diese vier Melodie-Typen werden von Wermke (2002) wie folgt definiert (s. auch Kap. 3.4 und Abb. 3):

- Typ Ia - symmetrisch steigend-fallender Melodiebogen
- Typ Ib - asymmetrischer Melodiebogen mit verlängerter abfallender Flanke
- Typ -Ib - asymmetrischer Melodiebogen mit verlängerter ansteigender Flanke
- Typ II - steigend-fallender Melodiebogen mit plateauförmig abgeflachtem Bogenmaximum, das dadurch eine relative Grundfrequenzkonstanz aufweist

Diese Zwillingsstudie belegte ebenfalls, dass aus diesen Grund-Melodietypen durch Reifungsvorgänge im Verlauf der nächsten Lebenswochen frei untereinander kombinierbare Bausteine (Module) werden. Durch solche Kombinationen können komplexe Melodien generiert werden, die aus mehreren steigend-fallenden Melodiebögen identischer oder unterschiedlicher Melodie-Typen bestehen. Die Konkordanz zwischen den monozygoten Zwillingen bezüglich der Art der in einem bestimmten Alter erzeugten einfachen Melodie-Typen und deren Kombination in komplexen Melodien erwies sich als erstaunlich hoch und deutet auf ein gerichtetes Entwicklungsprogramm hin (Wermke, 2002).

Die Beschreibung unterschiedlicher Melodie-Typen in Säuglingslauten wie steigend-fallend, fallend-steigend, flach, fallend, steigend, steigend-fallend-steigend, fallend-steigend-fallend findet man auch bei anderen Autoren (z.B. Wasz-Höckert et al., 1968; Murry et al., 1983; Hui-Chin et al., 2000).

Auch wenn einige Autoren (Wasz-Höckert et al., 1968; Murry et al., 1983) Schreie beschreiben, in denen die einfachen Melodie-Typen mehrfach auftreten, z.B. in Form von steigend-fallend-steigend-fallenden Melodiemustern, wird nicht von einem modularen Kompositionsprinzip der Schreimelodie, wie Wermke ihn postuliert, ausgegangen. Viel mehr wird angenommen, dass sich das gesamte Lautrepertoire von Säuglingen aus den genannten Melodie-Typen oder Melodiemustern relativ fixiert und starr zusammensetzt und Neukombinationen bzw. entwicklungsbedingte Veränderungen nicht vorkommen.

Schreie mit einem „flachen“ Grundfrequenzverlauf werden in der klassischen Schreiliteratur als charakteristischer Melodie-Typ bei medizinisch auffälligen Kindern beschrieben (z.B. Wasz-Höckert et al., 1968; J. Lind et al., 1970; Ostwald et al., 1970; Michelsson et al., 1980). Dieser flache Melodie-Typ ähnelt<sup>3</sup>, soweit beurteilbar, dem von Wermke als Melodie-Typ II beschriebenen Grund-Melodie-Typ. Er fand in Studien mit gesunden Kindern bis heute, mit Ausnahme der Arbeit von Wermke (2002), kaum Beachtung. Somit ist nicht beurteilbar, ob Schreie mit Melodie-Elementen mit relativer Grundfrequenzkonstanz tatsächlich auch regulär bei term-geborenen gesunden

---

<sup>3</sup> Ein direkter Vergleich ist aufgrund der weitaus schlechteren Analysetechnik der früheren Schreistudien nicht möglich. Sofern anhand der in den zitierten Arbeiten abgebildeten Frequenz-Spektrogrammen grob ablesbar, scheint zumindest in einigen Fällen ein Vergleich zwischen dem sogenannten ‚flachen Melodie-Typ‘ und dem hier untersuchten Melodie-Typ II zulässig.

Einlingen auftreten. Die klassischen schreidiagnostischen Arbeiten würden eher die Annahme implizieren, dass das Auftreten dieses Melodietyps ein Zeichen verminderter Reifung oder Dysfunktionen der an der Schreiproduktion beteiligten Strukturen und Mechanismen bei den Zwillingen in der Studie von Wermke 2002 ist. Die vorliegende Arbeit untersucht daher die Auftrittshäufigkeit dieses Melodietyps bei gesunden Einlingen und geht dabei von Wermkes Hypothese aus, dass es sich um einen regulär auftretenden Melodie-Grundbaustein handelt, dessen Auftreten nicht auf pathologische Zustände begrenzt ist.

Umfangreiche Untersuchungen zur Charakterisierung früher Babylaute bei normalen und pathologischen Konditionen der laryngealen Mechanismen haben Hirschberg und Mitarbeiter (1990, 1995 und 1999) durchgeführt. Im Unterschied zu anderen Arbeitsgruppen stand bei diesen Forschungen vor allem der Zusammenhang zwischen Stimmbildungsmechanismen des Säuglings und den akustischen Eigenschaften der Schreie im Mittelpunkt. Es konnte gezeigt werden, dass die Laute der Säuglinge bei einer Störung laryngealer Anregungsprozesse durch anatomische Malformationen und/oder neurologische Dysfunktionen in typischer Weise verändert waren. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurde es möglich, Anzeichen von möglichen Stimmstörungen in den Frequenzspektren zu identifizieren.

Bei keinem der hier untersuchten Kinder traten diese von Hirschberg beschriebenen Phänomene in den Frequenzspektren auf. Dieser Umstand, sowie die strengen medizinischen Auswahlkriterien der GLaD-Study lassen uns davon ausgehen, dass die für die vorliegende Arbeit untersuchten Kinder gesunde, unauffällige Kinder repräsentieren.

## 2 ZIELSTELLUNG

Die Untersuchung, ob die im Rahmen der Zwillingsstudie von Wermke (2002) gefundenen und beschriebenen Grund-Typen von Schreimelodien und deren Veränderung bzw. Kombinierbarkeit über die ersten Lebensmonate bei gesunden, termgeborenen Einlingen ebenfalls nachweisbar sind, ist eine der Zielstellungen der vorliegenden Arbeit. Für die Beantwortung dieser Frage wurden sechs Strukturkategorien (s. Kap. 3.5) gebildet und die nachfolgend aufgeführten Aspekte untersucht:

- Sind die sechs Strukturkategorien bei allen Probanden nachweisbar?
- Wie sind die Auftrittshäufigkeiten der sechs Strukturkategorien altersabhängig verteilt?
- Unterscheiden sich die Kinder hinsichtlich der altersabhängigen Auftrittshäufigkeit der sechs Strukturkategorien?
- Verändern sich die relativen Häufigkeiten der sechs Strukturkategorien signifikant innerhalb des Untersuchungszeitraumes?
- Kommt es zu einer altersabhängigen Zunahme der strukturellen Komplexität der Schreie?

Darüber hinaus bestand eine weitere Zielstellung der vorliegenden Arbeit darin, einen ganz spezifischen der vier von Wermke (2002) beschriebenen Grund-Melodietypen, den Melodie-Typ II, näher zu charakterisieren und sein systematisches Auftreten in den Schreien der hier untersuchten gesunden Einlinge zu überprüfen.

Neben der Untersuchung der Auftrittshäufigkeit erfolgte auch die Charakterisierung spezifischer Eigenschaften dieses Melodie-Typs um die folgenden Fragestellungen beantworten zu können.

- Können im Lautrepertoire aller untersuchten Säuglinge plateauförmige Melodie-Elemente (Melodie-Typ II) nachgewiesen werden?

- Welche Eigenschaften haben die Parameter lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, linearer Trend, Plateaulänge und Gesamthub der Grundfrequenz bei plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II)?
- Welche Abhängigkeiten bestehen zwischen den o.g. Parametern und dem Alter?
- Gibt es Zusammenhänge zwischen den Parametern linearer Trend / Plateaulänge und dem Gesamthub der Grundfrequenz / Plateaulänge?
- Treten plateauförmige Melodie-Elemente in einfachen (1B) und komplexen Schreien (MB, SL und KS) auf und wenn ja, wie groß sind ihre Anteile an den jeweiligen Strukturkategorien?

Um die Spezifität der Eigenschaften der Schreie, die Melodie-Elemente mit plateauförmig abgeflachtem Bogenmaximum (Melodie-Typ II) enthalten, besser beschreiben zu können, werden diese in einem weiteren Teilabschnitt der Arbeit den Eigenschaften der drei anderen, bogenförmigen, Melodie-Typen (Typen Ia, Ib, -Ib) gegenübergestellt. Bei dieser Analyse werden folgende Fragen untersucht:

- Welche Eigenschaften haben die Parameter Bogenlänge und Gesamthub der Grundfrequenz bei bogenförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typen Ia, Ib und -Ib)?
- Sind die Zusammenhänge zwischen den Parametern Länge des Melodie-Elementes / Gesamthub der Grundfrequenz, Gesamthub der Grundfrequenz / Alter sowie Länge des Melodie-Elementes / Alter für die plateauförmigen und bogenförmigen Melodie-Elemente ähnlich?



### 3 PROBANDENAUSWAHL, DATENERHEBUNG UND METHODE

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und das Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig geförderten interdisziplinären Langzeitstudie „Deutsche Sprachentwicklungsstudie“ (GLaD-Study), angefertigt (s. Anlage 1). In sieben Teilprojekten wurden verschiedene Leistungen der Säuglinge im Bereich Sprachproduktion und Sprachperzeption untersucht sowie die neurologische Entwicklung der Säuglinge überprüft. Innerhalb des Teilprojektes „Sprachproduktion - Schreianalyse“ wurde erstmals systematisch der Säuglingsschrei im Rahmen des frühkindlichen Spracherwerbs untersucht. Die hier beschriebenen Untersuchungen fanden im Rahmen dieses Teilprojektes statt.

Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten die Säuglinge die in Kap. 3.1 aufgeführten Auswahlkriterien erfüllen. In dem Kapitel wird auch auf die Untersuchungen eingegangen, die im Rahmen der GLaD-Study durchgeführt wurden, sofern sie für die vorliegende Arbeit relevant waren.

Für die hier durchgeführten Untersuchungen wurden die Probanden anhand zusätzlicher Auswahlkriterien aus der Kohorte der Gesamtstudie ausgesucht. Diese Kriterien werden in Kap. 3.2 aufgeführt.

#### 3.1 AUSWAHLKRITERIEN UND UNTERSUCHUNGEN DER DEUTSCHEN SPRACHENTWICKLUNGSSTUDIE

Die Rekrutierung der GLaD-Study-Probanden erfolgte durch die Neonatologen am Oskar-Ziethen-Krankenhaus (Klinik für Kinder- und Jugendmedizin „Lindenhof“ in Berlin-Lichtenberg) zwischen Januar 2001 und Februar 2003. Für die Aufnahme in die Studie mussten die Säuglinge die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien erfüllen:

Tabelle 1: Auswahlkriterien der GLaD-Study für die Probandenrekrutierung.

Quelle: Deutsche Sprachentwicklungsstudie und medizinisches Teilprojekt, Prof. Dr. med. Volker Hesse

<b>Auswahlkriterien</b>
mindestens 5 Vorsorgeuntersuchungen während der Schwangerschaft
keine längeren gravierenden Erkrankungen während der Schwangerschaft auch bei postnatal zunächst gesundem Kind
Spontangeburt, keine Zangengeburt
Sectio aus mütterlicher Indikation und bei Fehllage

Fortsetzung Tabelle 1

<b>Auswahlkriterien</b>
Ein- und Mehrlingsgeburten
Gestationsalter zwischen 37+0 und 41+6 SSW
eutroph (Grenzen 10. und 90. Perzentile nach Voigt et al. 1996)
Apgar 5' $\geq$ 8, 10' $\geq$ 9
Nabelschnur pH $>$ 7,20
Bilirubin $<$ 360 $\mu$ mol/l
kein Verdacht auf Syndrom mit Intelligenzdefekt (Einzelfallentscheidung)
Säure-Basen-Exzeß (ABE) $>$ -10 und $<$ 10
keine symptomatische Hypoglykämie
TSH-Werte $<$ 20 mU/l (Ausschluss einer Schilddrüsenunterfunktion)
otoakustische Emissionen (OAE) beidseits unauffällig
neurologische Erstuntersuchung nach Prechtel und Beintema (1976) unauffällig
beide Eltern deutscher Nationalität und einzige Sprache zu Hause deutsch

Im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie wurden sowohl Kinder mit als auch ohne eine positive Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Sprachentwicklungsstörung (SSES) rekrutiert. Ein SSES-Risiko liegt im Sinne der GLaD-Study vor, wenn in dem von den Eltern auszufüllenden Fragebogen bei Geschwistern, Eltern, Großeltern, Tanten oder Onkeln verspäteter Sprachbeginn, grammatische Fehler bei der Satzbildung oder eine Lese- und Rechtschreibschwäche in den ersten Schuljahren dokumentiert worden sind.

Im Verlauf der GLaD-Study wurden von verschiedenen Teilprojekten Untersuchungen hinsichtlich der Entwicklungsverläufe der Kinder durchgeführt, deren Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit bei der Probandenauswahl berücksichtigt wurden. Diese Untersuchungen werden im Folgenden kurz erörtert.

Innerhalb der pädiatrischen Studienbegleitung in dem medizinischen Teilprojekt<sup>4</sup> wurde während der ersten fünf Lebensstage bei den rekrutierten Säuglingen die morphologische und neuromuskuläre Reife mittels der Skalen des neuen Ballard Scores (1991) erfasst. Eine neurologische Erstuntersuchung erfolgte nach Prechtl/Beintema (1976).

Mit 1, 3, 6, 9, 12 und 18 Monaten führten die Pädiater entwicklungsneurologische Untersuchungen in Anlehnung an Michaelis (1999) durch. Die Bewertung der Bewegungsqualitäten erfolgte auf der Grundlage der Kriterien nach Touwen (1982).

Gleichzeitig mit den entwicklungsneurologischen Untersuchungen erfolgte eine Entwicklungsdiagnostik anhand der Griffith-Entwicklungsskalen (deutsche Bearbeitung nach Brandt, 1983).

Von den Pädaudiologen<sup>5</sup> wurde die Hörfunktion der Probanden mit 1, 2, 4, 6, 8, 12, 13 und 18 Monaten überprüft. Mittels Messung der otoakustischen Emissionen (OAE) wurden eventuell vorliegende passagere Hörstörungen wie Otitis media oder Paukenerguss diagnostiziert. Otoakustische Emissionen können nur bei normaler Innenohr- (äußere Haarzellen) und Schallleitungsfunktion (äußerer Gehörgang, Trommelfell, Gehörknöchelchenkette) nachgewiesen werden. Persistierende Hörstörungen wurden durch die Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale (BERA) ausgeschlossen. Anhand der Befunde der Messung der OAEs und der Ableitungen der BERA wurde die Gesamthörleistung des untersuchten Säuglings an dem jeweiligen Untersuchungstag beurteilt.

Im Rahmen des Teilprojektes „Sprachproduktion und Sprachverständnis“<sup>6</sup> wurde im Alter von 12, 18 und 24 Monaten bei jedem Probanden die Entwicklung des Spracherwerbs mittels des Elternfragebogen (ELFRA- 1 und 2) (Grimm und Doil 2000) erhoben. Beim ELFRA-1 mit 12 und 18 Monaten werden besonders die Sprachproduk-

---

<sup>4</sup> Die Daten der neurologischen Entwicklung der Probanden wurden freundlicherweise von Prof. Dr. med. Volker Hesse, Leiter der Kinderklinik am Krankenhaus Lichtenberg, Berlin zur Verfügung gestellt. Besonderer Dank gilt Dr. med. Phantina Belouli und Dr. med. Jana Hinkel, die die Untersuchungen durchführten.

<sup>5</sup> Die Daten hinsichtlich der Hörleistung der Probanden wurden in dem Teilprojekt „Pädaudiologische Basisdiagnostik“ erhoben und freundlicherweise von Prof. Dr. med. Manfred Gross und Dr. med. Carsten Nubel, Klinik für Audiologie und Phoniatrie an der Charité, CBF, Berlin zur Verfügung gestellt.

<sup>6</sup> Die Daten hinsichtlich des Wortschatzumfangs der Probanden wurden freundlicherweise von PD Dr. Zvi Penner und Prof. Dr. Petra Schulz, von dem Teilprojekt „Sprachproduktion und Sprachverständnis“ an der Charité – Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Audiologie und Phoniatrie, geleitet von Prof. Dr. M. Gross, zur Verfügung gestellt.

tion und das Sprachverständnis untersucht. Bei dem ELFRA-2 (24 Monate) liegt der Schwerpunkt in den Bereichen produktiver Wortschatz, Syntax und Morphologie. Der Elternfragebogen für Kleinkinder mit 24 Monaten umfasst 260 Wörter, deren aktive Beherrschung erfragt wird. Als Risikokind wird ein Kind dann eingestuft, wenn sein produktiver Wortschatz weniger als 50 Wörter umfasst (Grimm, 2003, S. 252).

Tabelle 2: Zusammenstellung der Untersuchungen, die in anderen Teilprojekten<sup>7</sup> der GLaD-Study während der ersten 24 Monate durchgeführt wurden und deren Ergebnisse für die vorliegende Arbeit relevant sind.

<b>Alter</b>	<b>Untersuchungen im Rahmen der GLaD-Study</b>
<b>3. – 5. Lebensstag</b>	- Neurologische Untersuchung (nach Prechtl/Beintema, 1976) - Morphologische und neuromuskuläre Reife (nach New Ballard Score, 1991)
<b>1., 3., 6., 9., 12. und 18. Lebensmonat</b>	- Neurologische Untersuchung (nach Michaelis, 1999) - Motorische Bewertung (nach Touwen, 1982) - Entwicklungsdiagnostik anhand der Griffiths Entwicklungsskalen (nach Brandt, 1983)
<b>1., 2., 4., 6., 8., 12., 13. und 18. Lebensmonat</b>	- Pädaudiologische Untersuchung mittels OAE und BERA
<b>12. und 18. Lebensmonat</b>	- Untersuchung der Entwicklung des Spracherwerbs mittels ELFRA 1
<b>24. Lebensmonat</b>	- Untersuchung der Entwicklung des Spracherwerbs mittels ELFRA 2

Alle Eltern haben eine Einverständniserklärung zur Teilnahme sowie zur Nutzung der Daten zu wissenschaftlichen Zwecken unterschrieben.

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Humboldt Universität (Charité) hat dem Projekt zugestimmt.

---

<sup>7</sup> Medizinisches Teilprojekt, Prof. Dr. V. Hesse, Teilprojekt „Pädaudiologische Basisdiagnostik“, Prof. Dr. M. Gross und Teilprojekt „Sprachproduktion und Sprachverständnis“, PD Dr. Z. Penner.

### 3.2 PROBANDENAUSWAHL

Aus der Gruppe der ersten 52 rekrutierten Studienkinder wurden für die hier dargestellte Untersuchung 17 Säuglinge ausgewählt. Die Kinder gehören zu dem ersten Rekrutierungsblock der GLaD-Study und wurden zwischen Januar und April 2001 geboren. Nachdem diese Kinder 24 Monate alt waren (Januar bis April 2003) wurden anhand des Ergebnisses der durchgeführten Sprachtests (ELFRA-2, s. Kap. 3.1) entschieden, ob das Einschlusskriterium „Kein Risiko-Kind für SSES“ (siehe unten) erfüllt ist.

Für die Bearbeitung der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit wurden folgende zusätzliche Probandenauswahlkriterien verwendet:

- Keine positive Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Sprachentwicklungsstörung (SSES)
- Kein Risikokind für SSES nach Auswertung der Sprachtests mit 24 Monaten (ELFRA-2)
- Keine Feststellung von Entwicklungsretardierung oder neurologischen Auffälligkeiten im ersten Lebensjahr bei den Untersuchungen der Pädiater
- Keine persistierenden Hörstörungen

Aus Schreistudien mit Säuglingen mit persistierend eingeschränkter Hörleistung ist bekannt, dass sich die Schreie dieser Säuglinge von denen normalhörender in Eigenschaften wie Länge oder Grundfrequenzmodulation unterscheiden (Möller/Schönweiler, 1999; Scheiner, 2004). In der vorliegenden Arbeit wurden daher nur Kinder berücksichtigt die keine dauerhaften Hörstörungen hatten. Bei sieben (1m/6w) der hier untersuchten Kinder lag während der ersten 16. Lebenswochen ein positiver transitorischer Hörbefund vor (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht über das transitorische Auftreten eingeschränkter Hörleistungen bei sieben der 17 untersuchten Kinder (Quelle: Gross/Nubel)<sup>8</sup>.

<b>Proband</b>	<b>Geschlecht</b>	<b>Alter in Wochen</b>	<b>eingeschränkte Hörleistungen</b>
AB	m	4, 16	links
AE	w	9,	rechts
AJ	w	5	rechts
AR	w	5	links
AX	w	4	rechts
BF	w	5	beidseits
BJ	w	16	rechts

- Mindestens acht Lautaufnahmeterminale während der ersten 16 Lebenswochen

Von den Mitarbeitern des Teilprojektes „Sprachproduktion - Schreianalyse“ wurde die Aufnahmehäufigkeit individuell mit den Eltern abgestimmt. Dabei wurde versucht, möglichst dichte Aufnahmeintervalle zu vereinbaren. Trotz der im ersten Lebensjahr häufigen Untersuchungstermine in der Kinderklinik im Rahmen der GLaD-Study stimmten die meisten Eltern zusätzlich wöchentlichen oder zweiwöchentlichen Schreiaufnahmeterminen in der elterlichen Wohnung zu. Durch Krankheit, Abwesenheit o.ä. waren Fehltermine in den Aufnahmeintervallen nicht immer vermeidbar. Für die vorliegende Arbeit sollten von jedem Kind mindestens acht Aufnahmen innerhalb des Untersuchungszeitraumes vorliegen.

Im Nachhinein stellte sich heraus, dass bei einem der Probanden (AR) die Schreie einer Aufnahme nicht auswertbar waren, so dass von diesem Säugling nur sieben Aufnahmen ausgewertet werden konnten.

---

<sup>8</sup> s. Fußnote 5, S.10.

### **3.3 DATENERHEBUNG**

#### **3.3.1 Aufnahme der Lautäußerungen**

Die erste Aufnahme erfolgte auf der Neonatologie des Oskar-Ziethen-Krankenhauses, nachdem die Eltern der Teilnahme an der Studie zugestimmt hatten.

Für die nachfolgenden Aufnahmen wurden die Probanden zu Hause aufgesucht. Es ist nur eingeschränkt möglich, Standardbedingungen für die Aufnahme von spontanen Schreien zu schaffen. Um jedoch eine gewisse Konstanz der Aufnahmebedingungen zu gewährleisten, wurde versucht, dass die einzelnen Probanden immer von derselben Person, nach Möglichkeit am gleichen Wochentag, zu Hause aufgesucht werden. Die Aufnahmen wurden meist um die Mahlzeit herum in Anwesenheit der Mutter durchgeführt. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die Aufnahmen bei den einzelnen Probanden immer mit dem selben DAT-Recorder und Mikrofon erfolgten. Für die Aufnahme der spontan geäußerten Vokalisationen wurde ein tragbarer DAT-Recorder (Sony TCD-D100) mit SONY ECM-MS950 Kondensatormikrofon benutzt.

#### **3.3.2 Datengrundlage**

Für die vorliegende Arbeit wurden alle zwischen der ersten und 16. Lebenswoche aufgenommenen Vokalisationen der ausgewählten Kinder (6971 Vokalisationen von 227 Aufnahmetermenen) analysiert. Eine Übersicht über die Probanden, ihr Geschlecht, die Anzahl der Aufnahmetermine, das Alter zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt sowie die Anzahl der pro Kind ausgewerteten Schreie wurde in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Übersicht über das Alter der Probanden bei den einzelnen Aufnahmen sowie Angabe des Geschlechts, die Anzahl der Aufnahmetermine sowie die Anzahl der analysierten Schreie pro Proband. Angegeben ist jeweils das Alter in Tagen zum Zeitpunkt der Aufnahme. Liegen in einer Lebenswoche zwei Aufnahmen vor, wurden die beiden Altersangaben durch einen Schrägstrich getrennt (z.B. Aufnahme am 32. und 34. Tag: 32/34). Bei den mit \* gekennzeichneten Kindern konnten zusätzlich spezifische Untersuchungen bei ausgewählten Schreien durchgeführt werden (s. Kap. 4.3).

Proband	Geschlecht	Anzahl der Aufnahme-Termine	Alter in Wochen																Anzahl der Schreie
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
			Alter in Tagen																
			0-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56	57-63	64-70	71-77	78-84	85-91	92-98	99-105	106-112	
AR*	w	7	3	-	21	-	-	36	-	52	-	-	73	-	-	92	-	106	289
BJ	w	9	4	-	20	-	32	-	-	60	-	74	-	88	95	102	109	155	
BW	w	11	-	10/14	21	-	35	42	-	51	58	-	72	-	86/91	98	-	-	308
AX*	w	14	3	-	16	23	29	37	44	51	58	65	74	79	-	93	100	107	483
AE*	w	15	3	10	17	24	32	37	-	52	59	66	73	80	87	94	103	108	530
AJ*	w	15	-	8/11	-	22/25	32	41	46	53	62	-	74	81	88	95	102	110	551
AM*	w	15	-	11	18	25	32/34	39	46	53	60	67	74	81	88	95	-	109	255
BF*	w	15	4	-	17	24	-	38	45	52	58	65	72	79	86	93	100	107/112	514
BS	w	15	4	12	18	25	32	39	44	51	58	65	73	80	88	-	101	108	660
AK*	w	16	4	10	17	24	31	40	45	52	61	66	73	80/83	-	96	101	110	401
AB*	m	9	3/4	-	16	-	32	-	-	-	63	70	-	-	87	95	-	109	216
AS	m	9	4	-	20	28	-	40	-	56	-	68	-	83	-	98	-	112	248
AP*	m	10	5	12	19	26	-	-	-	56	61	68	75	-	89	96	-	-	523
AL	m	13	3	11	18	25	32	39	46	53	60	67	-	-	88	95	-	109	422
BC	m	15	4	11	18	24	34	41	48	55	62	66	75	82	88	94	102	-	661
BM	m	15	3	-	16	23	30	37	44	51	57/63	70	77	-	85	92	99	106	426
BZ*	m	16	3	13	20	28	34	41	48	55	62	69	76	83	90	97	104	111	329

Für die Bearbeitung der Fragestellungen dieser Arbeit wurden teilweise unterschiedliche Subgruppen sowohl bei den Kindern als auch bei den Vokalisationen untersucht. Die Datengrundlage für diese spezifischen Untersuchungsaspekte wird in Kap. 3.5 bis 3.7 dargestellt.



## 3.4 DATENANALYSE

### 3.4.1 Spektralanalyse der Säuglingsschreie

Die Spektralanalyse aller aufgenommenen Laute wurde mit dem Sprachanalysesystem CSL-4300 B der Firma KAY Elemetrics Corporation (Pine Brook / NJ / USA) durchgeführt.

Das hier genutzte Sprachanalysesystem ist ein für die Stimmanalyse im Bereich der Phoniatrie, Sprachanalyse und Linguistik seit langem verwendetes und getestetes Standardsystem (z.B. Boltezar et al., 1997; Campisi et al., 2000).

Auch im Bereich der Analyse von Säuglingslauten liegen langjährige Erfahrungen vor. Das System wird seit mehr als 11 Jahren in verschiedenen Arbeitsgruppen, u.a. auch in der Arbeitsgruppe „Säuglingsschreianalyse“ am Institut für Medizinische Anthropologie, Charité, erfolgreich eingesetzt und ist auch das Standardanalysesystem in der GLaD-Study.

Unter Verwendung der KAY-CSL-Software wurden die mit einer Abtastfrequenz von 48 kHz und einer Dynamikbreite von 16 bit aufgezeichneten Laute in den Rechner eingelesen und archiviert. Mittels Fast-Fouriertransformationen (FFT), unter Nutzung eines Hanning-Fensters (1024 Abtastwerte), wurde eine instationäre Spektralanalyse von jedem Laut durchgeführt. Für die Analyse wurden die Parameter so gewählt, dass Schmalbandspektrogramme, die durch eine hohe Frequenzauflösung der Signale charakterisiert sind, berechnet werden.

In Abb. 1 ist ein Beispiel eines Ausgabefensters des KAY-CSL-Systems dargestellt. Im oberen Fenster ist die Amplitude der Vokalisation gegen die Zeit aufgetragen. Im unteren Fenster wird das korrespondierende Schmalbandspektrogramm ausgegeben. Auf der y-Achse sind die im Schrei enthaltenen Frequenzkomponenten linear aufgetragen, (hier bis 4 kHz), auf der x-Achse der Zeitverlauf in Sekunden. Die Zeitskala richtet sich nach der Länge des analysierten Signals und ist somit variabel.

Die Zeitfunktion der Grundfrequenz (Melodie) wird durch die unterste Linie im Spektrogramm wiedergegeben. Die darüberliegenden Linien stellen die Harmonischen der Grundfrequenz dar, die als ganzzahlige Vielfache über dem Zeitverlauf der Grund-

frequenz liegen. Zwischen den Harmonischen können zusätzliche Frequenzbänder auftreten, die sogenannten Subharmonischen.

Der Energiegehalt der einzelnen Frequenzbereiche wird durch eine Grauskalierung im Spektrogramm dargestellt, wobei Schwarz die höchste Energiedichte anzeigt.

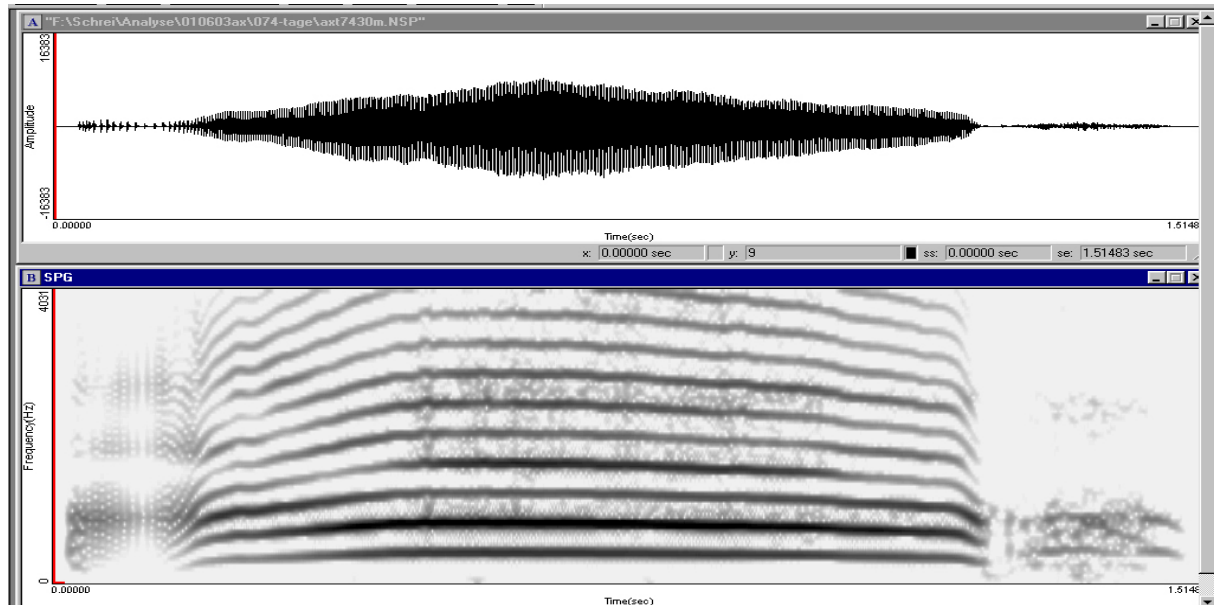


Abb. 1: Zeitbereichssignal und dazugehöriges Schmalbandspektrogramm eines Säuglingsschreis. Im oberen Fenster ist das Zeitbereichssignal dargestellt (Amplitude vs. Zeit). Im unteren Fenster sind in Form eines Schmalbandspektrogramms (Frequenz vs. Zeit) die im Laut enthaltenen Frequenzkomponenten (hier bis 4 kHz) dargestellt. Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Werte der Frequenz in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Dargestellt mit KAY-CSL).

Durch das Spektrogramm werden die spektralen Eigenschaften des Lautes wie harmonische und subharmonische Strukturen, Rauschbanden oder Frequenzsprünge visualisiert. Der Verlauf der Grundfrequenz kann grob anhand des Verlaufs der höheren Harmonischen beurteilt werden.

### 3.4.2 Untersuchung des Zeitverlaufs der Grundfrequenz

Der Grundfrequenzverlauf der Schreie wurde mit der KAY-CSL systemeigenen Softwarekomponente Multi-Dimensional-Voice-Program Advanced (MDVP-Advanced 5105, Version 2.4.4.) berechnet. Mit dem speziell für die Analyse von Säuglingsschreien entwickeltem Programm CDAP<sup>®</sup> (Cry-Data-Analysis-Program) der Firma „pw-project“ wurden die errechneten Grundfrequenzverläufe grafisch dargestellt und weiter bearbeitet, z.B. Tiefpaß-gefiltert (Abb. 2 und Abb. 9).

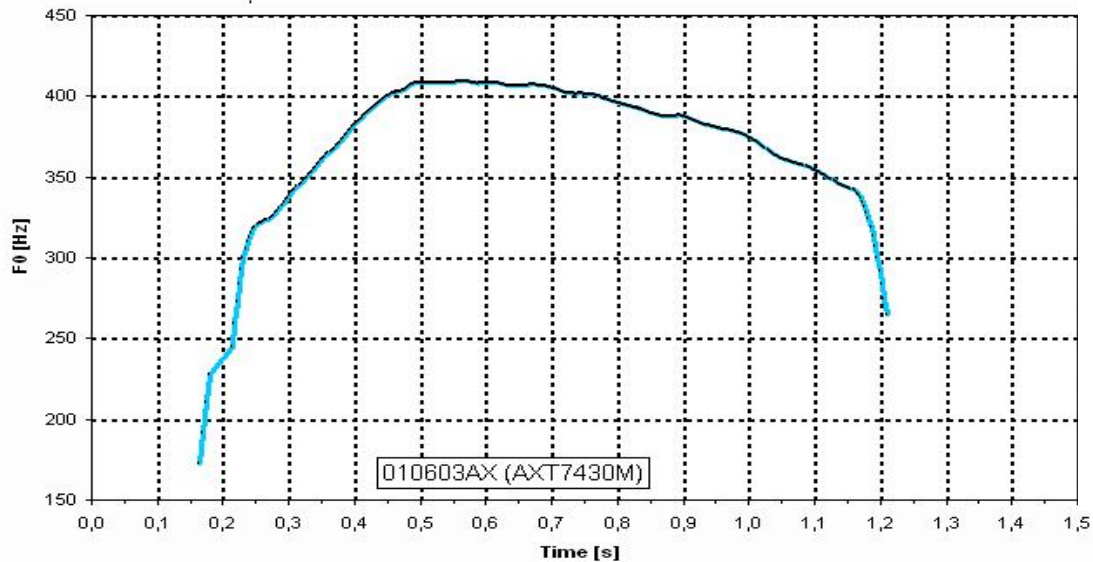


Abb. 2: Grafische Darstellung der gefilterten Melodie des Schreies, dessen Schmalbandspektrum in Abb. 1 gezeigt wird.

Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Werte der Grundfrequenz in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Dargestellt mit CDAP<sup>®</sup>).

Anhand der mit KAY-CSL errechneten und dargestellten spektralen Eigenschaften der Schreie und der mit CDAP<sup>®</sup> erstellten Melodie-Grafiken konnte im Folgenden die Strukturanalyse durchgeführt werden.

Als Laut oder Schrei wird hier jede Vokalisation bezeichnet, die während einer Expiration generiert wird.

### 3.5 KLASSIFIZIERUNG DER SÄUGLINGSSCHREIE BASIEREND AUF SPEKTRALEN UND MELODISCHEN EIGENSCHAFTEN

Ein Anliegen der vorliegenden Arbeit besteht darin, die während der ersten 16 Lebenswochen aufgenommenen Schreie anhand der spektralen Eigenschaften und des Grundfrequenzverlaufes einer der nachfolgend beschriebenen Strukturkategorien zuzuordnen und auf diese Weise zu systematisieren. Auf der Grundlage der von Wermke (2002, Kap. 5.2.1) definierten Grund-Melodie-Typen erfolgte die Festlegung dieser Kategorien im Rahmen des Teilprojektes „Sprachproduktion - Säuglingsschrei“.

Bei der Strukturanalyse wird anhand der spektralen Eigenschaften des Schreies entschieden, ob es sich um einen ‚einfachen‘ oder ‚komplexen‘ Schrei bzw. einen Kurzlaut oder einen Schrei mit überwiegend verrauschten Strukturen handelt.

Ein ‚einfacher‘ Schrei besteht aus einem einzelnen Melodie-Element mit auf- und absteigendem Melodiebogen mit unterschiedlichen Möglichkeiten der Grundfrequenzmodulation (Abb. 3).


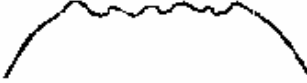
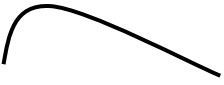

<b>Ia:</b> symmetrischer Bogen steigend-fallender $F_0$ - Verlauf		<b>II:</b> relative $F_0$ -Konstanz; Bogen plateauförmig abgeflacht	
<b>Ib:</b> asymmetrischer Bogen mit verlängerter abfallender Flanke		<b>-Ib:</b> asymmetrischer Bogen mit verlängerter ansteigender Flanke	

Abb. 3: Übersicht über die vier unterschiedlichen Grundfrequenzverläufe (Melodie-Typen) bei Säuglingschreien mit einböigen Melodie-Elementen. Sie entsprechen der Strukturkategorie 1B (nach Wermke 2002).

In der Strukturanalyse werden die in Abb. 3 genannten Melodie-Elemente als Bögen oder bogenförmige Melodie-Elemente bezeichnet, im Falle von Melodie-Typ II als plateauförmig abgeflachte Bögen oder als plateauförmige Melodie-Elemente. Alle werden in die Strukturkategorie 1B (ein Melodiebogen) eingeordnet, sofern sie das alleinige Melodie-Element innerhalb eines Schreies sind.

In ‚komplexen‘ Schreien werden diese einfachen Melodie-Elemente (Abb. 3) miteinander kombiniert (Mende/Wermke, 1992; Wermke/Mende, 2000; Wermke, 2002). Es können Dopplungen, Verdreifachungen usw. derselben oder Kombinationen verschiedener Melodie-Typen sowie zusätzlich Segmentierungen zwischen den Melodie-Elementen auftreten (Abb. 4).

Schreie mit mehreren aufeinander folgenden Melodiebögen innerhalb einer Expiration werden in der Strukturkategorie MB (Mehrfachbögen) zusammengefasst (Abb. 4).

Sind mehrere Melodiebögen innerhalb eines Schreies durch Segmentierungen getrennt, so gehören sie zu der Strukturkategorie SL (segmentierte Laute). Als Segmentierung werden Vokalisationspausen bezeichnet, in denen keine Inspiration erfolgt (Abb. 4).

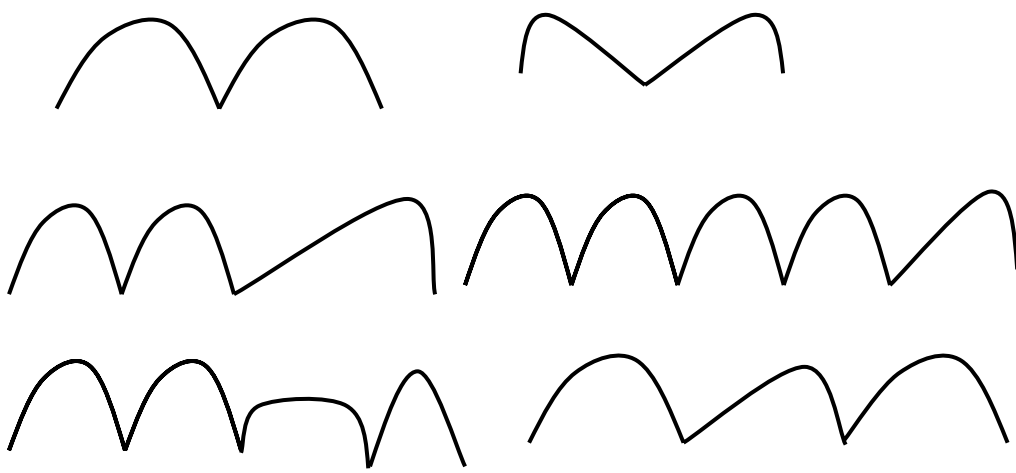
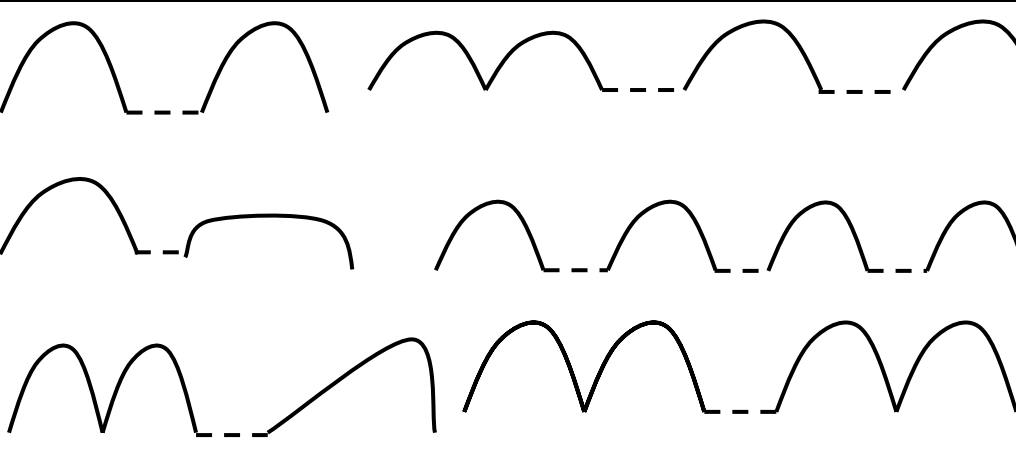
<b>Mehrfachbögen (MB)</b>	 <p>Zwei oder mehr Melodie-Elemente des Melodie-Typs Ia, Ib, -Ib oder II werden kombiniert.</p>
<b>Segmentierte Laute (SL)</b>	 <p>Zwischen Melodie-Elementen des Melodie-Typs Ia, Ib, -Ib oder II erfolgt eine Segmentierung (Vokalisierungspause ohne erneute Einatmung).</p>

Abb. 4: Schematisierte Beispiele für die Strukturkategorien MB und SL.  
Für die einzelnen Kategorien wurden nur einige der theoretisch möglichen Melodie-Element-Kombinationen beispielhaft skizziert.

Es gab eine Reihe von komplexen Schreien, bei denen eine eindeutige Einordnung in die Kategorien MB oder SL aufgrund des Modulationsmusters nicht möglich war. Diese werden in der Strukturkategorie KS (komplexe Strukturen) zusammengefasst. In diesen Schreien können Mehrfachbögen und Segmentierungen sowie schnelle Grundfrequenzmodulationen (vibratoähnlich) kombiniert auftreten (Abb. 5).

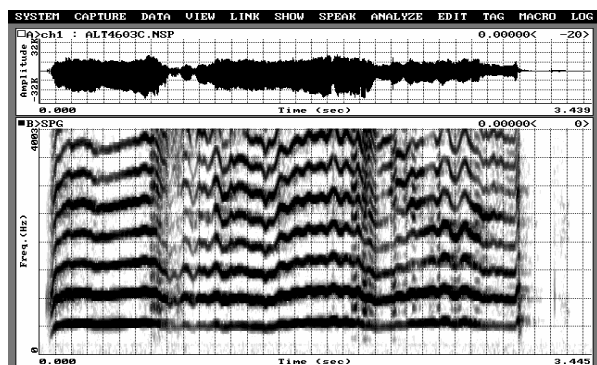


Abb. 5a

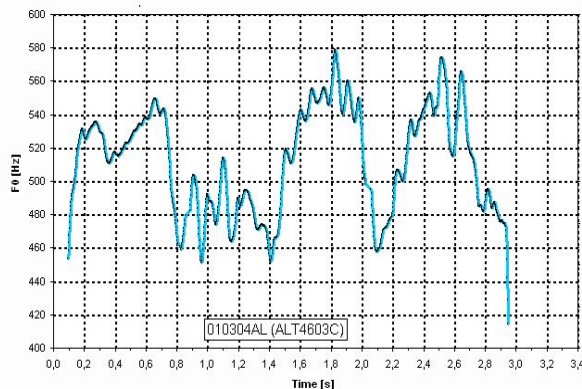


Abb. 5b

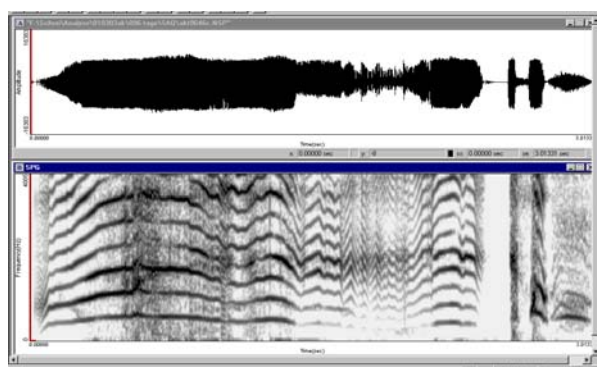


Abb. 5c

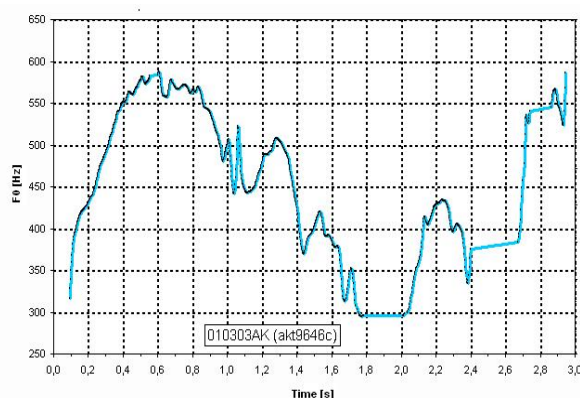


Abb. 5d

Abb. 5: Zwei Beispiele für Schreie der Strukturcategory Komplexe Struktur (KS).  
 5a und 5c: Im oberen Fenster ist jeweils das Zeitbereichssignal dargestellt (Amplitude vs. Zeit). Im unteren Fenster sind in Form eines Schmalbandspektrums (Frequenz vs. Zeit) die im Laut enthaltenen Frequenzkomponenten (bis 4 kHz) dargestellt. Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Frequenzwerte in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Dargestellt mit KAY-CSL).  
 5b und 5d: Grafische Darstellung des Zeitverlaufs der Grundfrequenz des komplexen Schreies. Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Frequenzwerte der Grundfrequenz in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Dargestellt mit CDAP®).

Die Strukturcategory MB und SL werden teilweise bei der Darstellung der Ergebnisse als ‚Mehrfachstrukturen‘ zusammengefasst und gegen die ‚Komplexen Strukturen‘ (KS) abgesetzt. Der Strukturcategory ‚Komplexen Strukturen‘ werden Vokalisationen zugeordnet, deren Melodie aus verschiedenen Melodie-Elementen besteht, aber gleichzeitig auch schnelle, vibratoähnliche Grundfrequenzmodulationen aufweisen können. Eine klare Struktur wie bei den Strukturcategory MB und SL lässt sich nicht erkennen.

Eine weitere Strukturkategorie stellen die Kurzlaute (KL) dar. Es sind Schreie mit einer Schreilänge zwischen 150 ms und 300 ms.

Bei einigen Schreien findet man vor und/oder nach dem Bogen oder den Bögen An- und/oder Endlaute (s. Abb. 6). Es sind keine eigenen ‚Laute‘, sondern modulierte Melodie-Elemente, deren Länge 150 ms nicht übersteigt. Sie werden nicht als Bogen oder eigenständiges Melodie-Element betrachtet; ihr Vorkommen sowie die anteriore oder posteriore Position im Verhältnis zum Hauptelement wird bei der Strukturanalyse jedoch vermerkt.

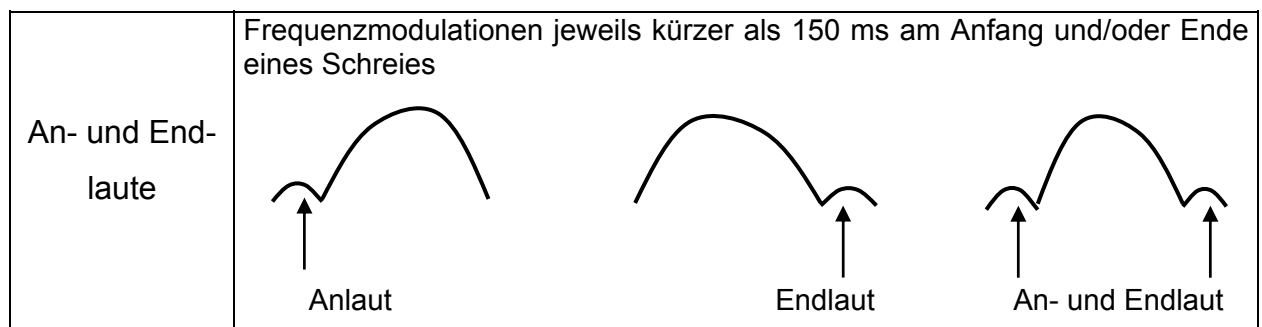


Abb. 6: Schematisierte Darstellung von An- und Endlauten (Pfeile), wie sie bei Melodien aller beschriebenen Kategorien auftreten können.

Bei der Strukturanalyse wurden neben Melodiemerkmale auch spektrale Merkmale, nämlich der Rauschteil in den Schreien ausgewertet, wobei drei Kategorien unterschieden wurden: a) Rauschbanden am Rand, b) in der Mitte des Schreies oder c) Schrei komplett verrauscht (mehr als 75% des Signals ist verrauscht). Komplett verrauschte Schreie (s. Abb. 7) wurden in eine separate Strukturkategorie ‚Rauschstrukturen‘ (RS) eingestuft. Die Rauschbanden der Kategorien a) und b) wurden in der vorliegenden Arbeit nicht weiter untersucht. Bei diesem ‚Rauschen‘ handelt es sich nicht um Umgebungsgeräusche o.ä., sondern ist auf aperiodische Schwingungen der Stimmbänder zurückzuführen.

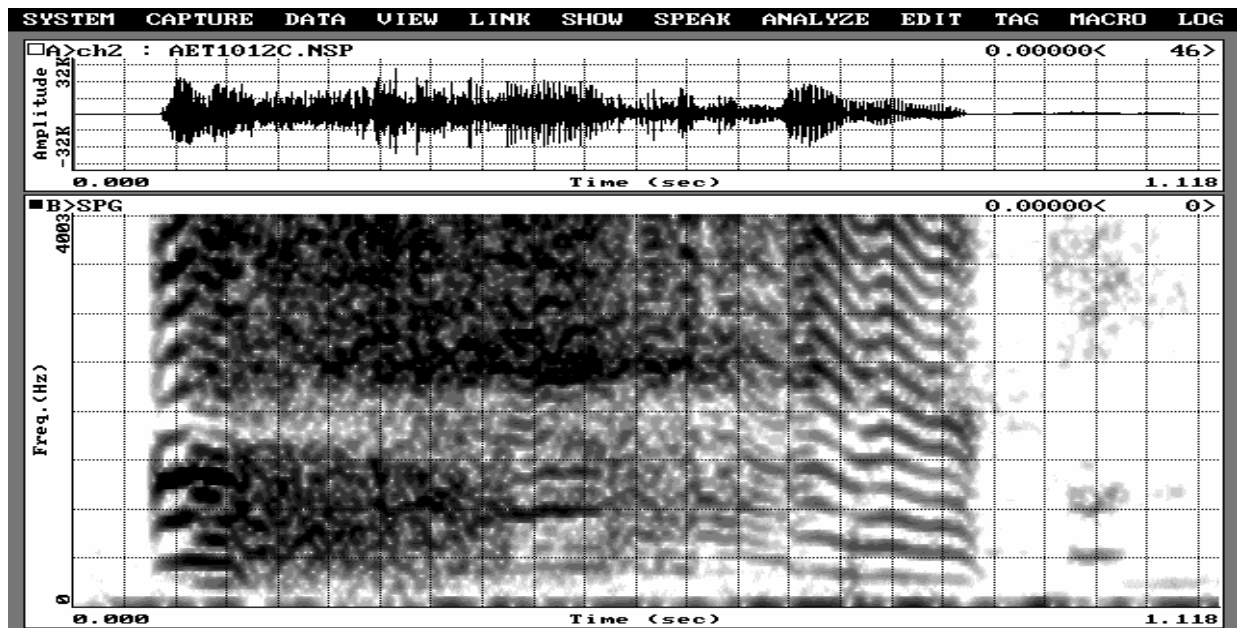


Abb. 7: Zeitbereichssignal und Schmalbandspektrogramm eines verrauschten Säuglingsschreies (Strukturkategorie RS).

Im oberen Fenster ist das Zeitbereichssignal dargestellt (Amplitude vs. Zeit). Im unteren Fenster sind in Form eines Schmalbandspektrogramms (Frequenz vs. Zeit) die im Laut enthaltenen Frequenzkomponenten (bis 4 kHz) dargestellt. Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Frequenzwerte in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Dargestellt mit KAY-CSL).

Die Durchführung der Melodie-Strukturanalyse erfolgte mit dem Programm CDAP<sup>®</sup>. Das Programm ermöglicht u.a. eine geeignete grafische Darstellung der mit KAY-MDVP berechneten Grundfrequenzverläufe. Im Gegensatz zum KAY-CSL kann mit CDAP<sup>®</sup> die Zeitachse manuell skaliert und beliebig normiert werden. Die standardisierte Skalierung vermeidet eine Fehlbeurteilung aufgrund von Skalenverzerrungen, wie es beim KAY-CSL manchmal der Fall ist. Jeder Schrei wurde einzeln aufgerufen, mit CDAP<sup>®</sup> dargestellt und nach Beurteilung des Grundfrequenzverlaufes, dessen Modulation, eventuell auftretender Segmentierungen und spektraler Eigenschaften in eine der zuvor beschriebenen Strukturkategorien eingeordnet.

Nach Durchführung der Strukturanalyse aller aufgenommenen 9141 Vokalisationen, und nach Ausschluss von Bammel- und anderen Nicht-Schrei-Lauten (z.B. Lall-Laute, vegetative Laute wie Nieser oder Huster), standen 6971 Schreie von 17 Kindern zur weiteren Auswertung zur Verfügung.



### 3.6 ANALYSE DER SÄUGLINGSSCHREIE MIT PLATEAUFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTEN (MELODIE-TYP II)

Von den in Kap. 3.5 definierten vier Grundmelodie-Typen (s. Abb. 3) sollen Melodie-Elemente des Melodie-Typs II näher untersucht werden.

Nur Melodie-Elemente, bei denen die lineare Komponente der Grundfrequenz-Modulation einen Anstieg oder Abfall bis max 6% aufweist, werden bei Verwendung der Definition von Wermke (2002) zu Lauten des Melodie-Typs II gezählt. Laute dieses Melodie-Typs werden im Folgenden auch als plateauförmige Melodie-Elemente bzw. plateauförmig abgeflachte Bögen bezeichnet.

Während der Strukturanalyse (Kap. 3.5) wurden Schreie gekennzeichnet, die bezüglich ihrer Eigenschaften den Merkmalen eines Melodie-Elementes vom Typ II entsprechen. Zusätzlich wurden die Sonagramme aller aufgenommenen Laute durchgesehen und solche Laute selektiert, deren Grundfrequenzverlauf eine geringe Modulation und einen geringen Hub aufwies (Abb. 8). Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Modulation des Grundfrequenzverlaufes weitgehend innerhalb eines musikalischen Ganztons erfolgt.

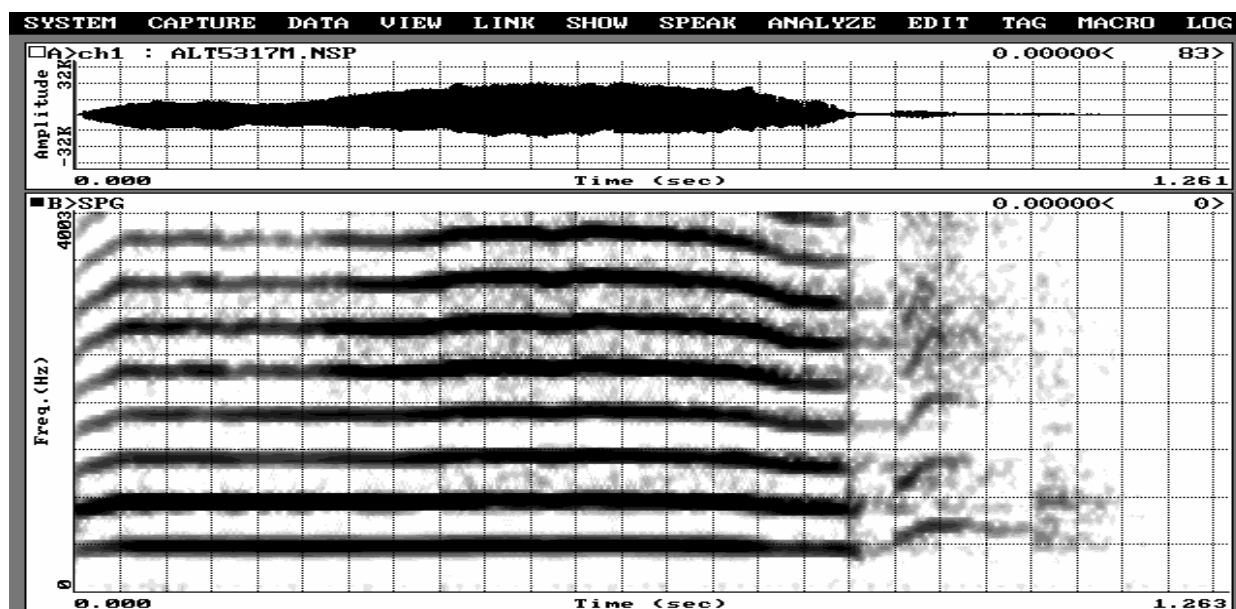


Abb. 8: Zeitbereichssignal und Schmalbandspektrum eines einfachen Schreies, bestehend aus einem plateauförmigen Melodie-Element.

Im oberen Fenster ist das Zeitbereichssignal (Amplitude vs. Zeit) dargestellt. Im unteren Fenster ist das Schmalbandspektrum (Frequenz vs. Zeit) der im Laut enthaltenen Frequenzkomponenten bis 4 kHz dargestellt. Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Frequenzwerte in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s] (Darstellung mit KAY-CSL).

In den folgenden Analyseschritten wurde jeder Schrei mit Typ II-Melodie mit dem CDAP<sup>®</sup>-System in der nachfolgend beschriebenen Weise bearbeitet:

Bei der Analyse der teils sehr komplizierten Signaleigenschaften der Säuglingsschreie kann es zu Algorithmus-Artefakten bei der Melodiebestimmung mit dem KAY-MDVP-System kommen, die sich dann in Form von spikeartigen Werten (Ausreißer) in der Melodie zeigen. Um diese Artefakte zu eliminieren, wurde jeder Laut mit einem 5fachen Binomialfilter (Gauss-Filterung) gefiltert (s. Abb. 9).

Für die Vermessung der Grundfrequenz- und Längenwerte des plateauförmigen Bereichs der Typ-II-Melodien wurden mögliche An- und Endlaute abgeschnitten, sowie die an- und absteigenden Flanken der Melodie (s. Abb. 9). Bei komplexen Schreien (MB, SL und KS), die Melodie-Elemente des Typ II enthielten, wurden alle anderen Melodie-Elemente herausgeschnitten und nur das plateauförmige Melodie-Element vermessen. Die plateauförmigen Melodie-Elemente mussten nach dem Schneiden eine Mindestlänge von 150 ms aufweisen; kürzere Melodie-Elemente wurden verworfen.

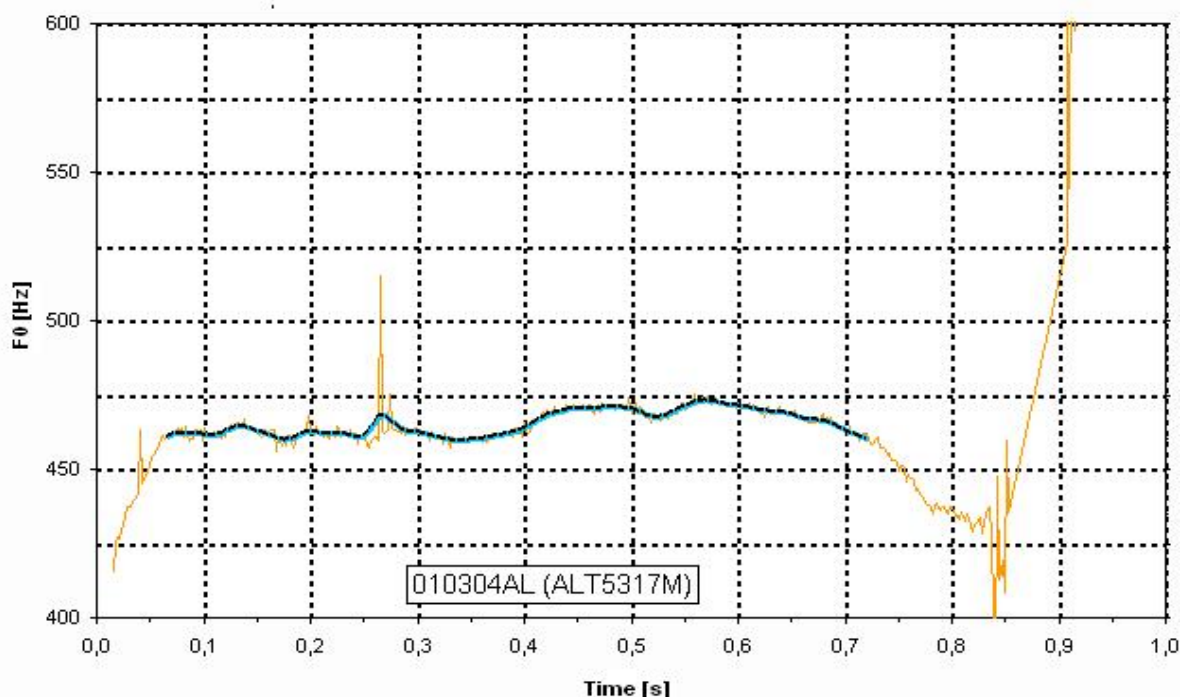


Abb. 9: Grafische Darstellung der Originalmelodie und der gefilterten Melodie des Schreies, dessen Schmalband-Spektrogramm in Abb. 8 gezeigt wurde.

Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Werte der Grundfrequenz in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [s]. Die gelbe Linie entspricht den Urdaten der Melodieanalyse inkl. Inspiration. Die dunkle Linie markiert die Grundfrequenzwerte nach Schneiden und Filterung der Melodie mit einem 5fachen Binomialfilter (Dargestellt mit CDAP<sup>®</sup>). Diese Daten werden in die Analyse der Melodie-Elemente des Typ II eingehen.

Die Messwerte der Grundfrequenz und der Plateaulänge aus dem geschnittenen Melodiebereich (Plateau) wurden in einer Exceldatei gespeichert. Mit diesen Daten wurde mit Excel je Melodie-Element ein Streudiagramm der Grundfrequenz über die Zeit erstellt, die lineare Regressionsgerade dargestellt und die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation [%] berechnet (s. Gleichung 1 und Abb. 10). Sie drückt die relative Veränderung der Grundfrequenz innerhalb des Melodieplateaus aus.

Gleichung 1: Gleichung zur Berechnung der linearen Komponente der Grundfrequenz-Modulation (LKF<sub>0M</sub>) [%].

$$\text{LKF}_{0M} [\%] = \frac{Y_2 - Y_1 * 100}{\text{MD}}$$

$$Y_1 = ax_1 + b$$

$Y_1$  = Y-Wert am ersten Melodiewert,

$x_1$  = X-Wert am ersten Melodiewert

$$Y_2 = ax_2 + b$$

$Y_2$  = Y-Wert am letzten Melodiewert,

$x_2$  = X-Wert am letzten Melodiewert

$a$  = Steigung der Geraden

$b$  = Schnittpunkt der Geraden mit der y-Achse

MD = Median der Grundfrequenz des zu analysierenden Segments

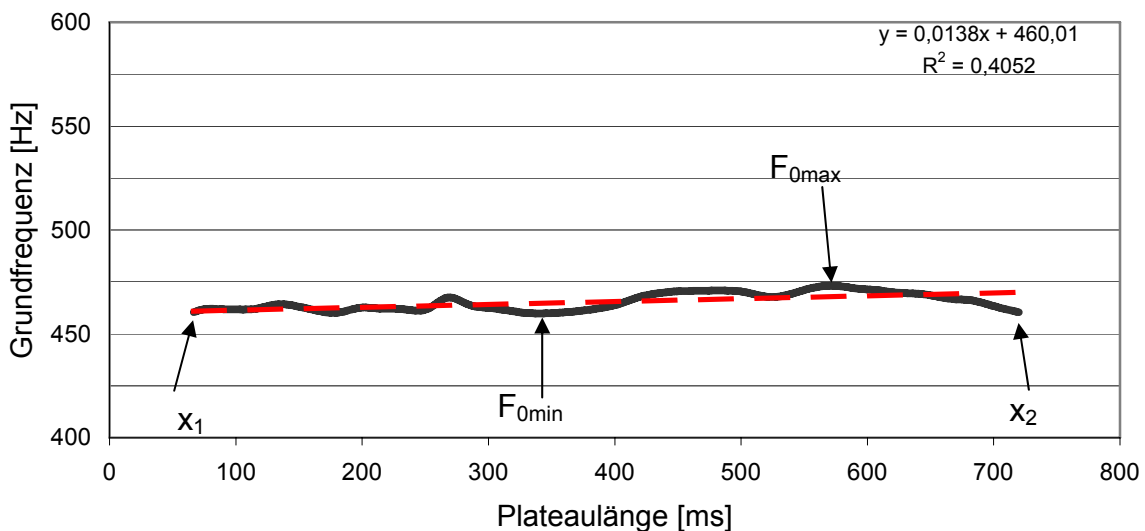


Abb. 10: Streudiagramm des  $F_0$  Verlaufs des Schreies in Abb. 8 und Abb. 9 nach Filterung und Entfernen des An- und Abstiegs sowie der Inspiration mit Darstellung der linearen Regressionsgeraden.

Auf der y-Achse sind in einer linearen Skala die Werte der Grundfrequenz in [Hz] aufgetragen, auf der x-Achse die Zeit in [ms]. Die Pfeile markieren die Punkte  $x_1$  und  $x_2$  sowie  $F_{0min}$  und  $F_{0max}$ .

Durch die Division der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation [%] eines jeden Schreies durch seine Länge [ms] wurde der lineare Trend [%/ms] berechnet, der die prozentualen Veränderungen der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation [%] pro Millisekunde [ms] ausdrückt.

Für die Berechnung des Gesamthubes der Grundfrequenz wurde jeweils der niedrigste ( $F_{0min}$ ) und der höchste ( $F_{0max}$ ) Wert der Grundfrequenzkurve innerhalb des Plateaus eines Melodie-Elementes gemessen und die Differenz zwischen beiden Werten ermittelt. Die Differenzen wurden logarithmiert und anschließend in eine Skala mit musikalischen  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen umgerechnet.

Die Analyse der Melodie-Elemente vom Typ II erfolgte auf der Datengrundlage der Strukturanalyse. Von 5484 harmonischen Schreien enthielten 236 Schreie Melodie-Elemente mit den Eigenschaften des Melodie-Typs II.

### **3.7 ANALYSE DER SÄUGLINGSSCHREIE MIT BOGENFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTEN (MELODIE-TYP IA, IB, -IB) UND VERGLEICH MIT PLATEAUFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTEN (MELODIE-TYP II)**

Den untersuchten Eigenschaften der Melodie-Elemente des Typs II, wie Verteilung des Gesamthubes der Grundfrequenz, Plateaulänge sowie mögliche Zusammenhänge zwischen den Parametern, auch unter Berücksichtigung des Alters, wurden korrespondierende Eigenschaften der drei anderen bogenförmigen Melodie-Typen gegenübergestellt. Bestand ein Schrei aus mehreren Melodie-Elementen, wurde die Messung für jedes der in dem Schrei vorkommenden Melodie-Elemente separat durchgeführt und gespeichert.

Die Ergebnisse der im Rahmen einer anderen Untersuchung des DFG-Teilprojektes „Sprachproduktion – Schreianalyse“ durchgeführten Vermessungen bogenförmiger Melodie-Elemente in den harmonischen Strukturkategorien konnten für die vorliegende Studie genutzt werden. So standen die Messwerte der bogenförmigen Melodie-Elemente von einer Subgruppe von zehn Kindern (3m, 7w) zur Verfügung.

Die Messung der Bogenlängen und des Gesamthubes der Grundfrequenz erfolgte wie bei den plateauförmigen Melodie-Elementen und wurde in Kap. 3.6 beschrieben.

Für den Vergleich der plateauförmigen Melodie-Elemente des Typs II mit den anderen drei bogenförmigen Melodie-Typen wurden von den 17 hier untersuchten Kindern die zehn Kinder ausgesucht, die auch im Rahmen des DFG-Teilprojektes untersucht worden waren (s. Tabelle 4). Für diese Teiluntersuchung standen insgesamt 2089 bogenförmige und 120 plateauförmige Melodie-Elemente zur Verfügung.

### 3.8 STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die statistischen Berechnungen und Auswertungen erfolgten mit SPSS 12.0 (dt. Version). Die Diagramme wurden teils mit SPSS 12.0, teils mit EXCEL 2000 erstellt.

Die Berechnung der Standardfehler der prozentualen Anteile der Melodiekategorien erfolgte nach Bortz (1999, S. 92 und Gleichung 2).

Gleichung 2: Formel zur Berechnung des Standardfehlers von prozentualen Anteilen (Quelle: Bortz, 1999)

$$\hat{\sigma} \% = \sqrt{\frac{P \cdot Q}{n}}$$

P= Prozentsatz mit dem das untersuchte Merkmal auftritt  
Q= 100%-P  
n= Stichprobenumfang

Das Vorliegen einer hinreichenden Normalverteilung wurde mittels Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. Lediglich für den linearen Trend der Grundfrequenz bei plateauförmigen Schreien lag eine Normalverteilung vor. Daher wurden von allen anderen Größen die Mediane als Mittelwert angegeben und für statistische Tests nicht-parametrische Verfahren gewählt.

Der Vergleich der Werte einer Variablen in verschiedenen Fallgruppen (z.B. Alter) erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test.

Mit Hilfe von Regressionsanalysen wurden Entwicklungstrends der Parameter untersucht, Korrelationen wurden nach Spearman berechnet.

Mit dem Mann-Whitney-U-Test wurde überprüft, ob eine gleiche Verteilung der Werte der analysierten Parameter (Gesamthub der Grundfrequenz, lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, Plateaulänge, Median der Grundfrequenz) von zwei Stichproben der Grundgesamtheiten vorliegt.

Die Untersuchungen, ob sich die absolute Anzahl der Schreie je Schreistruktur pro Kind und Alter signifikant unterscheiden und ob sich die relative Häufigkeit je Schreistruktur altersabhängig verändert, wurden mittels des LDF1-Makros von Brunner/Langer (1999) gerechnet. Hierbei handelt es sich um ein nicht-parametrisches Verfahren in dem die zeitliche Entwicklung der zu analysierenden Daten untersucht wird. Ähnlich dem Friedmann-Test können Veränderungen longitudinaler Daten analysiert werden, jedoch kann er auch bei Datenreihen verwandt werden, in denen Fehlwerte vorkommen. Des weiteren ist er im Vergleich zu dem Friedmann-Test robuster gegenüber Ausreißern.

Auf Grund der Komplexität des Verfahrens wurden diese Tests von Frau Dr. I. Küchler, Institut für Biometrie der Medizinischen Fakultät Charité, Universitätsmedizin Berlin, durchgeführt.

#### **4 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN DER VORSPRACHLICHEN VOKALISATIONEN IN DEN ERSTEN 16 LEBENSWOCHEN**

In der vorliegenden Arbeit wurden drei Aspekte von Schreien bzw. Schreimelodien aus den ersten 16 Lebenswochen von 17 Säuglingen untersucht.

- Die Schreie wurden aufgrund ihrer spektralen und/oder melodischen Eigenschaften strukturell charakterisiert und klassifiziert (Strukturanalyse, s. Kap. 4.1). Der Darstellung der prozentualen Anteile je Strukturkategorie gemittelt auf den gesamten Untersuchungszeitraum (s. Kap. 4.1.1 und Abb. 11) folgt die Aufzeichnung der wöchentlichen prozentualen Anteile je Strukturkategorie (Kap. 4.1.1.2 bis 4.1.1.4). In Kap. 4.1.2 wird untersucht, ob sich die altersabhängigen Anteile je Strukturkategorie in monatlichen Zeitfenstern signifikant unterscheiden. Um die Frage hinsichtlich der Veränderung der Verhältnisse der harmonischen Schreie zueinander (1B, MB, SL und KS) in den einzelnen Lebenswochen beantworten zu können, erfolgte eine deskriptive Darstellung der Ergebnisse.
- Melodie-Elemente, deren Maximum plateauförmig abgeflacht ist (Melodien mit relativer Grundfrequenzkonstanz = Melodie-Typ II, s. Kap. 3.6), wurden bezüglich ihrer linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation, des Gesamthubes der Grundfrequenz und der Plateaulänge unter verschiedenen Gesichtspunkten analysiert (s. Kap. 4.2).
- Bei Melodie-Elementen mit bogenförmigem Grundfrequenzverlauf (Melodie-Typen Ia, Ib und –Ib, s. Kap. 3.7) wurden der Gesamthub der Grundfrequenz der einzelnen Melodie-Elemente und deren Länge analog zu den plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II) untersucht und mit diesen verglichen (s. Kap. 4.3).

Um mit dem untersuchten Datenmaterial die unterschiedlichen Fragestellungen beantworten zu können, müssen verschiedenste Aspekte berücksichtigt werden, die sich durch die Tatsache, dass eine Säuglingsschreistudie nicht unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden kann, ergeben. Zu diesen Aspekten gehören:

- Nicht von jedem Kind konnten im selben Alter Aufnahmen gemacht werden.
- Die Anzahl der analysierbaren Schreie die pro Kind pro Aufnahmetermin zur Verfügung stehen ist unterschiedlich.

Um dennoch aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wurden die Daten teils mit unterschiedlicher Datenverdichtung untersucht. In den einzelnen Kapitel wird darauf explizit eingegangen.

## **4.1 UNTERSUCHUNG DER SCHREISTRUKTUR**

Im Rahmen der Strukturanalyse wurden alle Schreie von jedem Kind jeweils einer der sechs definierten Kategorien zugeordnet. Diese Kategorien sind: Schreie, deren Melodie eine einfache (1B) oder komplexe (MB, SL, KS) Bogenstruktur aufweisen, die vergleichsweise sehr kurz sind (KL) oder auf Grund ihres geräuschartigen Charakters keine harmonischen Strukturen im Spektrum erkennen lassen (RS). Zu den Definitionen der sechs Strukturkategorien siehe Kap. 3.5.

In Kapitel 4.1.1 erfolgt die Beschreibung der Untersuchung der prozentualen Auftrittshäufigkeit jeder Strukturkategorie sowohl gemittelt über den gesamten Untersuchungszeitraum als auch in wöchentlichen Zeitfenstern.

In Kap. 4.1.2 wird untersucht, ob sich die Anzahl der Schreie je Kind unter Berücksichtigung des Alters statistisch signifikant verändert. In einem weiteren Schritt wird analysiert, ob sich die relative Häufigkeit jeder der sechs Schreistrukturen unter Berücksichtigung des Alters signifikant verändert. Im Anschluss erfolgt die Analyse des Verhältnisses der einfachen zu den komplexen Schreien.

### **4.1.1 Untersuchung der Auftrittshäufigkeiten der Strukturkategorien**

Im Ergebnis der Strukturanalyse wurden die relativen Auftrittshäufigkeiten der sechs Strukturkategorien zunächst über den gesamten Untersuchungszeitraum gemittelt. Die Datengrundlage bilden hier jeweils alle Schreie der entsprechenden Strukturkategorien aller Kinder. Für die Untersuchung der altersabhängigen Auftrittshäufigkeit der sechs Strukturkategorien wurde analog vorgegangen. Die Untersuchung erfolgt deskriptiv.

Betrachtet man die relative Häufigkeit der sechs Strukturkategorien, so ergibt sich folgendes Bild (s. Abb. 11): 34,9% (N = 2435) der Schreie sind einfache Schreie, bestehend aus nur einem Melodiebogen (1B), 43,7% der Schreie sind komplexer Natur, die sich aus 20,8% (N = 1453) Mehrfachbögen (MB), 18,8% (N = 1308) segmentierte Laute (SL) und 4,1% (N = 288) Komplexe Strukturen (KS) zusammensetzen. Der



prozentuale Anteil an der Gesamtheit der Schreie betrug bei den Kurzlauten (KL) 15,7% (N = 1091). 5,7% (N = 396) der untersuchten Vokalisationen wiesen Rauschbanden in mindestens 75% des gesamten Schreies auf und wurden der Kategorie Rausch-Struktur (RS) zugeordnet. In Tabelle 5 (S. 39) sind für jede Strukturkategorie die wöchentlichen und gesamten absoluten und relativen Häufigkeiten sowie die Standardfehler angegeben.

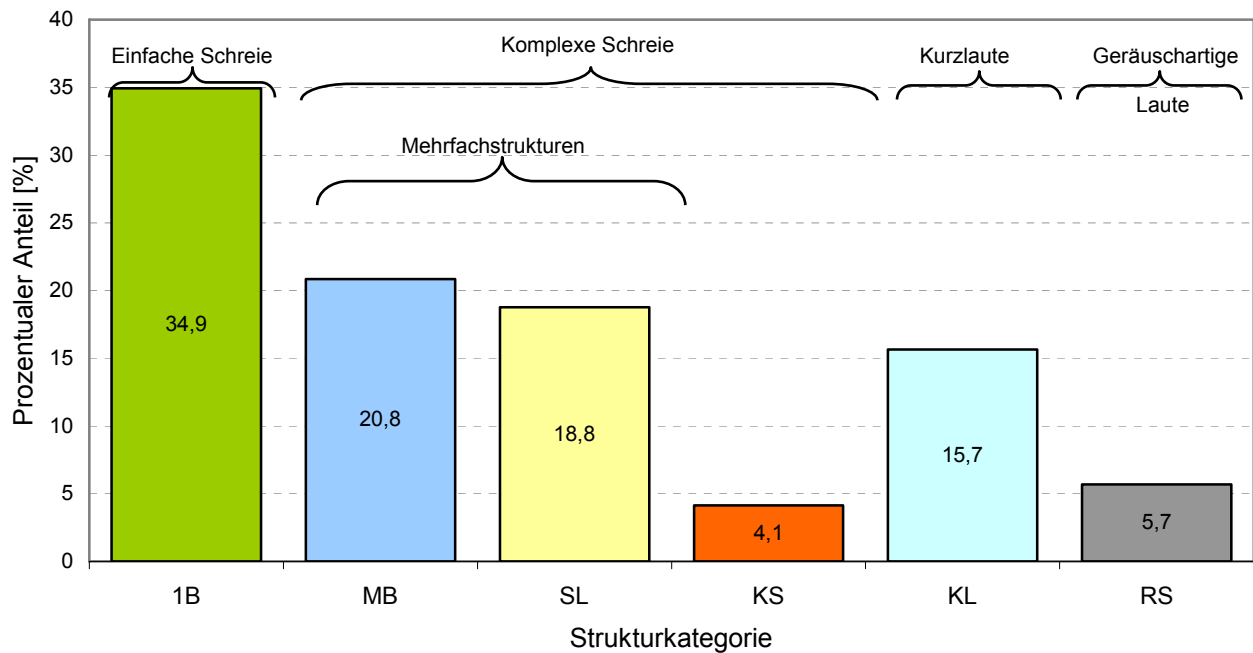


Abb. 11: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der einzelnen Strukturkategorien im Untersuchungszeitraum.

Die Balken stellen die sechs Strukturkategorien dar: 1B = 1 Bogen, MB = Mehrfachbögen, SL = segmentierte Laute, KS = komplexe Strukturen, KL = Kurzlaute, RS = Rausch-Struktur.

#### 4.1.1.1 Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie 1B

Die wöchentliche Darstellung der Auftrittshäufigkeit der einbögigen Schreie (1B) zeigt, dass ihr prozentualer Anteil an den sechs Strukturen zwischen 29,4% (N = 117) in der zehnten Lebenswoche und 45,6% (N = 248) in der vierten Lebenswoche variiert (Abb. 12). Der prozentuale Anteil der 1B fällt von 34% (N = 138) in der ersten Lebenswoche auf 29,5% (N = 132) in der zweiten. In der dritten und vierten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil auf 32,6% (N = 153) bzw. 45,6% (N = 248). In der fünften Lebenswoche fällt der prozentuale Anteil auf 35,8% (N = 146) und liegt in der sechsten und siebten bei 36,9% (N = 188) bzw. 33,8% (N = 115). In der achten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil auf 39,6% (N = 207) und fällt in den beiden folgenden

Wochen auf 29,4% (N = 117, 10. LW). In der elften und zwölften Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil erneut auf 36,2% (N = 141) bzw. 37,2% (N = 125). In der 13. Lebenswoche fällt der prozentuale Anteil der 1B auf 32,4% (N = 131), in der 14. Lebenswoche auf 31,2% (N = 166). Ein Anstieg auf 35,7% (N = 152) ist in der 15. Lebenswoche zu beobachten. In der 16. Lebenswoche fällt der prozentuale Anteil auf 33,7% (N = 135).

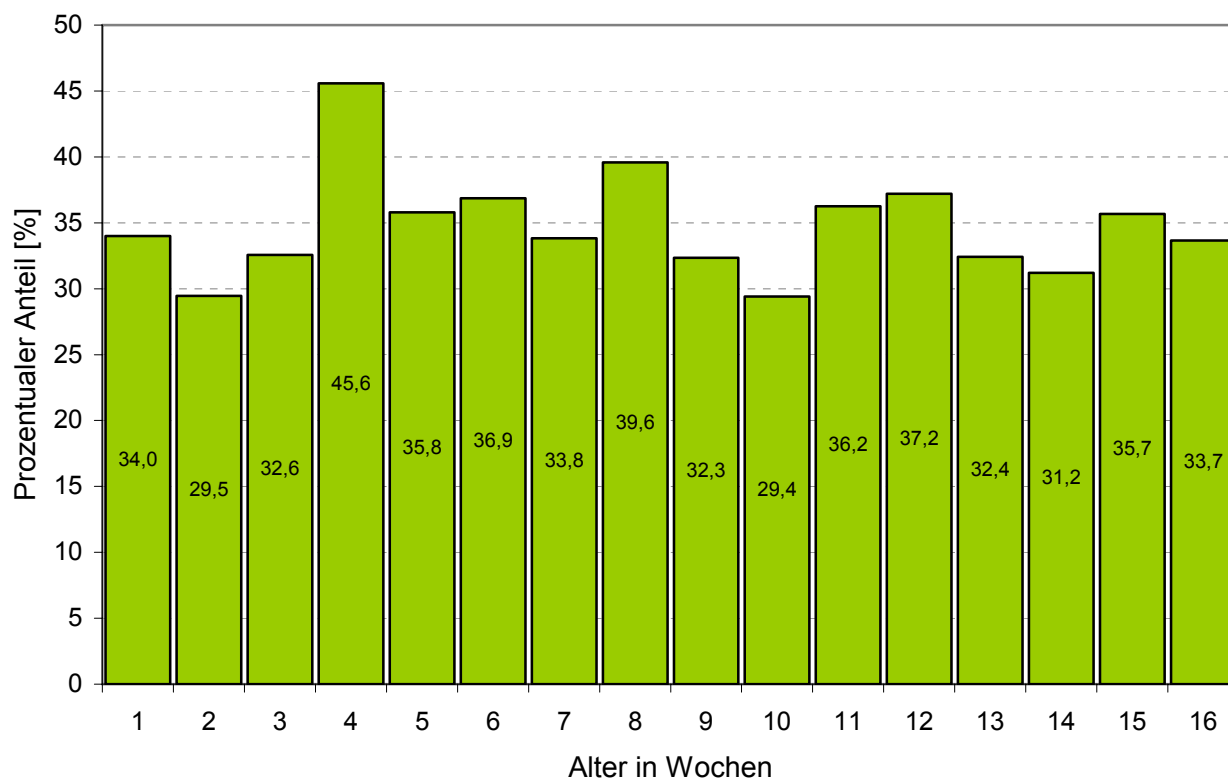


Abb. 12: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚einböigige Schreie‘ (1B) je Lebenswoche.

In sieben der 16 Lebenswochen (4., 5., 6., 8., 11., 12. und 15.) liegen die prozentualen Anteile der einfachen Bögen über dem Durchschnittswert des prozentualen Anteils der für diese Struktur für den gesamten Untersuchungszeitraum ermittelt wurde (34,9%).

#### 4.1.1.2 Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorien MB, SL und KS

Stellt man die Mehrfachstrukturen, Mehrfachbögen und Segmentierte Laute (MB + SL) in Form eines Stapelbalkendiagramms dar, zeigt sich, wie der relative Anteil der MB und SL über den Untersuchungszeitraum variiert (Abb. 13).

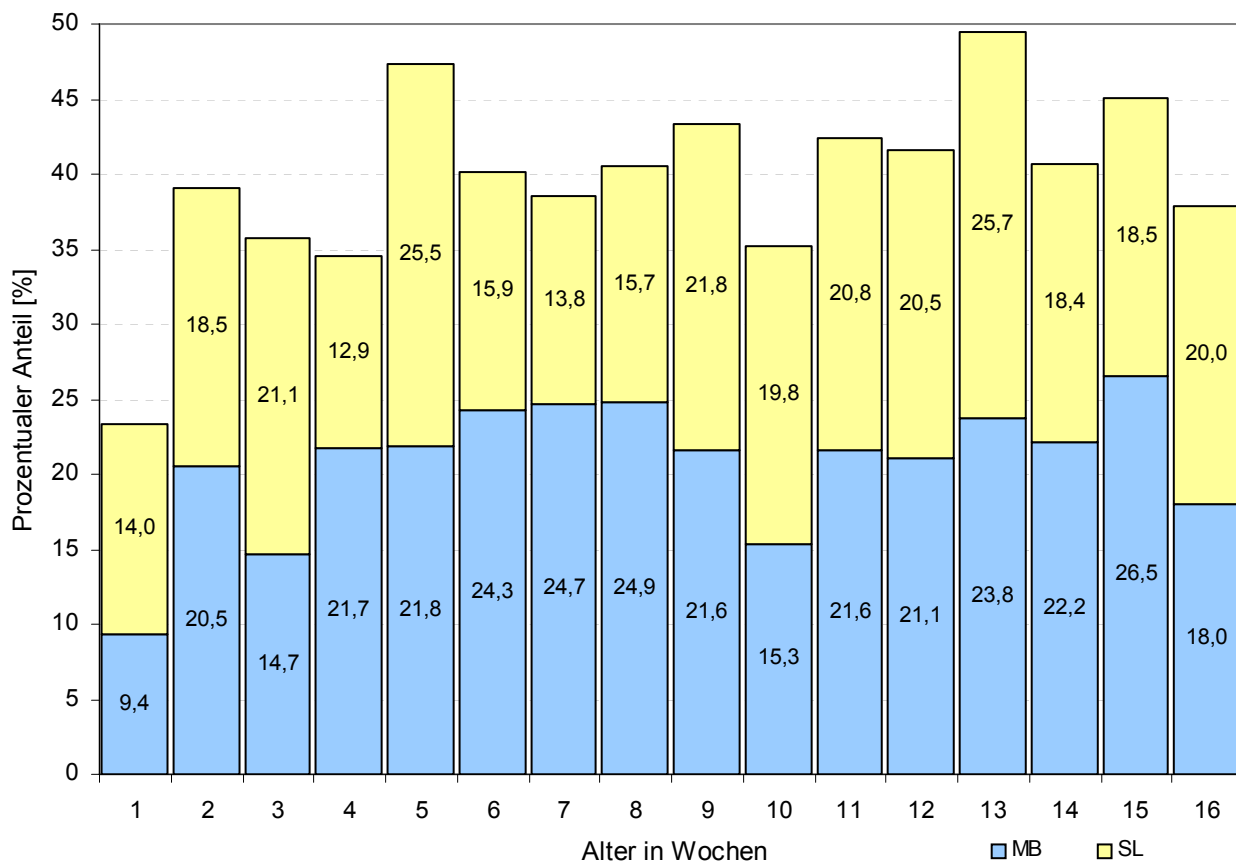


Abb. 13: Gestapeltes Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorien ‚Mehrfachbögen‘ (MB) und ‚segmentierte Laute‘ (SL) je Lebenswoche.

Die prozentualen Anteile der MB variieren zwischen 9,4% (N = 38) in der ersten Lebenswoche und 26,5% (N = 113) in der 15. Lebenswoche. Von 9,4% (N = 38) in der ersten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil der MB auf 20,5% (N = 92) in der zweiten Lebenswoche. Ab der dritten Lebenswoche steigen die prozentualen Anteile der MB von 14,7% (N = 69) auf 24,9% (N = 130) in der achten Lebenswoche. In der neunten und zehnten Lebenswoche fallen die prozentualen Anteile auf 21,6% (N = 94) bzw. 15,3% (N = 61), um ab der elften Woche mit Schwankungen von 21,6% (N = 84) auf 26,5% (N = 113) in der 15. Lebenswoche zu steigen. In der 16. Lebenswoche fallen die prozentualen Anteile der MB dann auf 18% (N = 72).

Außer zu fünf Zeitpunkten (1., 2., 3., 10. und 16. LW) liegt der prozentuale Anteil der MB über dem für die gesamten 16 Wochen gemittelten prozentualen Anteil (20,8%).

Bei den segmentierten Lauten ist der niedrigste Anteil in der vierten Lebenswoche mit 12,9% (N = 70) zu finden. Den höchsten Anteil finden wir in der 13. Lebenswoche mit 25,7% (N = 104). Nachdem der prozentuale Anteil der SL von der ersten bis zur dritten

Lebenswoche von 14% (N = 57) auf 21,1% (N = 99) steigt, fällt er in der vierten Lebenswoche auf 12,9% (N = 70). In der fünften Lebenswoche beträgt der prozentuale Anteil 25,5% (N = 104), fällt jedoch wieder auf 15,9% (N = 81) in der sechsten Lebenswoche und variiert bis zur achten Lebenswoche zwischen 13,8% (N = 47) und 15,7% (N = 82). In der neunten Lebenswoche steigt der Anteil auf 21,8% (N = 95) und variiert in den drei folgenden Lebenswochen um etwa 20%. In der 13. Lebenswoche erfolgt eine erneute Zunahme der Anteile der SL auf 25,7% (N = 104). In den zwei folgenden Wochen liegt der prozentuale Anteil konstant bei ca. 18% und erhöht sich in der 16. Lebenswoche auf 20% (N = 80).

Von den 16 untersuchten Lebenswochen liegt in acht Wochen (3., 5., 9., 10., 11., 12., 13. und 16. LW) der prozentuale Anteil der SL über dem, der für den gesamten Untersuchungszeitraum ermittelt wurde (18,8%).

Vergleicht man innerhalb der Mehrfachstrukturen zwischen MB und SL, so zeigt sich, dass in neun von 16 Zeitabschnitten (2., 4., 6., 7., 8., 11., 12., 14. und 15. LW) der prozentuale Anteil der Schreie mit Mehrfachbögen höher ist als der der segmentierten Laute. In den anderen Lebenswochen ist der Anteil an SL größer als der der Vokalisationen mit Mehrfachbögen.

Die wöchentlich dargestellten prozentualen Anteile der Schreie mit komplexen Strukturen (KS) zeigen, dass in zehn von 16 Lebenswochen der prozentuale Anteil dieser Struktur < 4% ist (Abb. 14). In der ersten und zweiten Lebenswoche beträgt der Anteil 9,4%, (N = 38) bzw. 9,8% (N = 44). Zwischen der vierten und achten Lebenswoche liegt der prozentuale Anteil der KS zwischen 1,8% (N = 20) und 2,9% (N = 10). In der neunten und zehnten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil der KS auf 5,5% (N = 24) bzw. 6% (N = 24). Von der elften bis 15. Lebenswoche variiert der prozentuale Anteil zwischen 2,4% (N = 8) und 3,6% (N = 14). In der 16. Lebenswoche steigt die prozentuale Anteil der KS gemessen an der Gesamtheit der Schreie auf 5,2% (N = 21).

Zu sechs Zeitpunkten (1., 2., 3., 9., 10. und 16. LW) waren die prozentualen Anteile der KS höher als der prozentuale Anteil, der für den gesamten Untersuchungszeitraum für diese Strukturkategorie gemittelt worden war (4,1%).

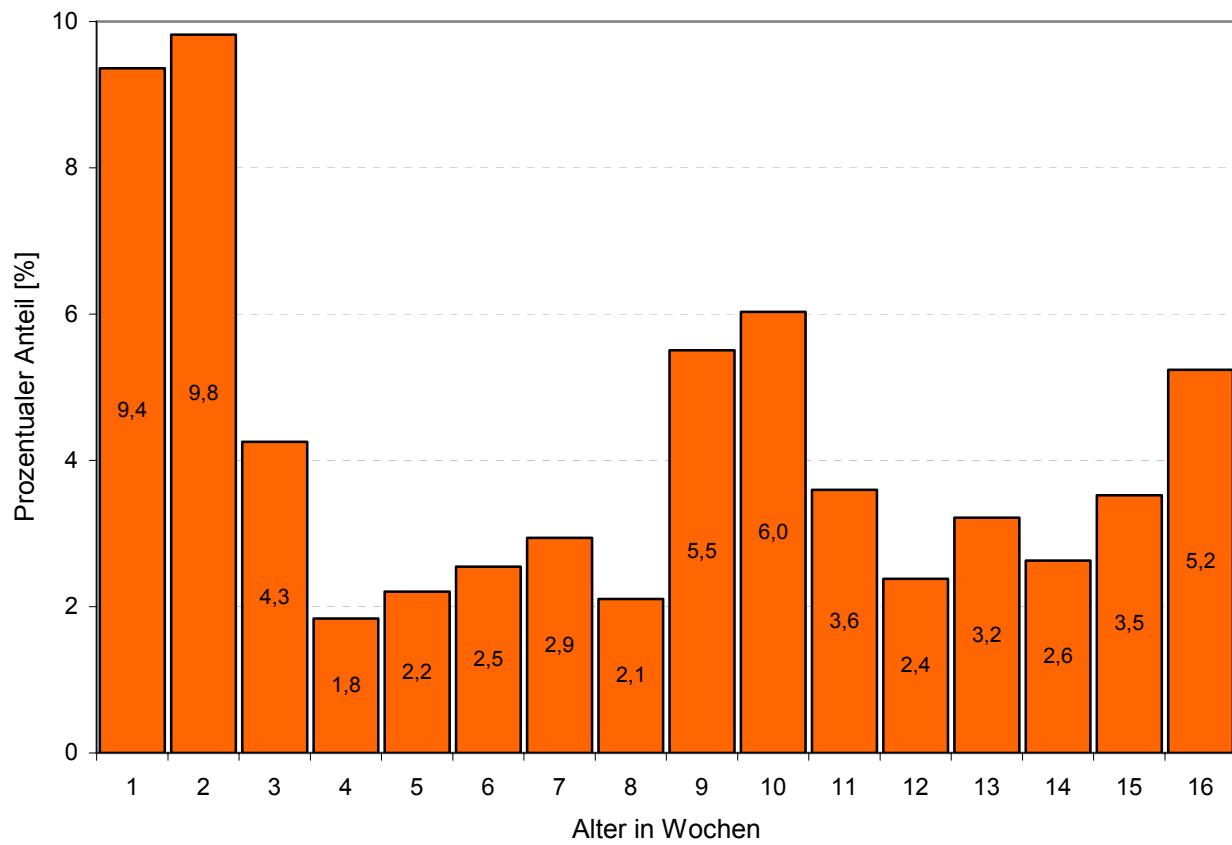


Abb. 14: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Komplexe Struktur‘ (KS) je Lebenswoche.

#### 4.1.1.3 Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie KL

Während der ersten fünf Lebenswochen sinkt der Anteil an Kurzlauten (KL) von 18,2% (N = 74) in der ersten Lebenswoche auf 8,8% (N = 36) in der fünften Lebenswoche. In der sechsten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil auf 16,5% (N = 84) und fällt in der siebten Woche auf 9,7% (N = 33). In den folgenden neun Wochen variiert der prozentuale Anteil der KL zwischen 12,4% (N = 50) in der 13. und 20,9% (N = 111) in der 14. Lebenswoche. In der zehnten Lebenswoche kommt es zu einem sprunghaften Anstieg auf 27,4% (N = 109).

Von den 16 untersuchten Wochen lag der prozentuale Anteil der KL in acht Wochen (1., 2., 6., 8., 10., 11., 14. und 16. LW) über dem, der für den gesamten Zeitraum ermittelt worden war (15,7%).

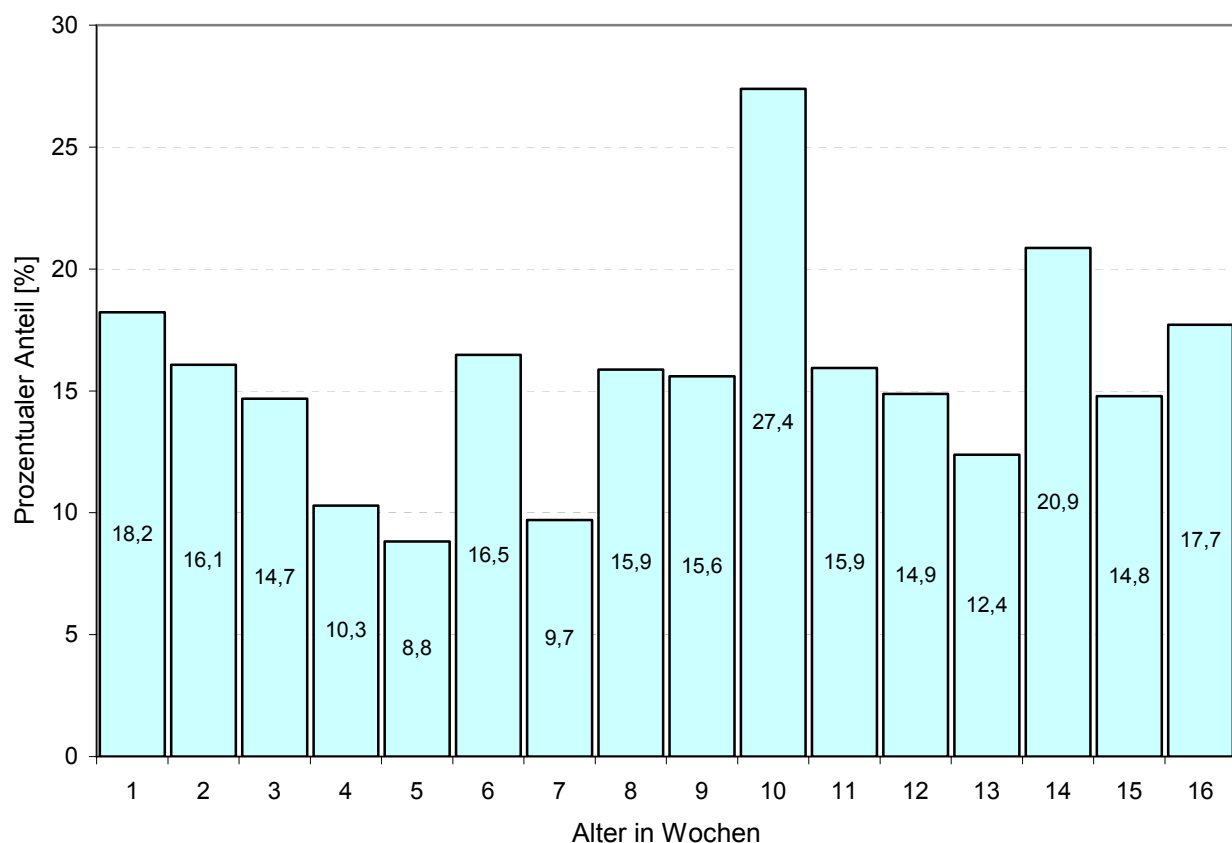


Abb. 15: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Kurzlaute‘ (KL) je Lebenswoche.

#### 4.1.1.4 Wöchentliche Auftrittshäufigkeit der Strukturkategorie RS

In der Kategorie Rausch-Struktur (RS) kann beobachtet werden, dass der Anteil mit zunehmendem Alter abnimmt (Abb. 10). In der ersten, dritten und siebten Lebenswoche ist der prozentuale Anteil mit 15,0% (N = 61), 12,8% (N = 60) bzw. 15,0% (N = 51) sehr hoch gegenüber den anderen Lebenswochen. In den anderen untersuchten Lebenswochen variiert der prozentuale Anteil zwischen 0,9% (N = 4) in der 15. und 7,7% (N = 42) in der vierten Lebenswoche.

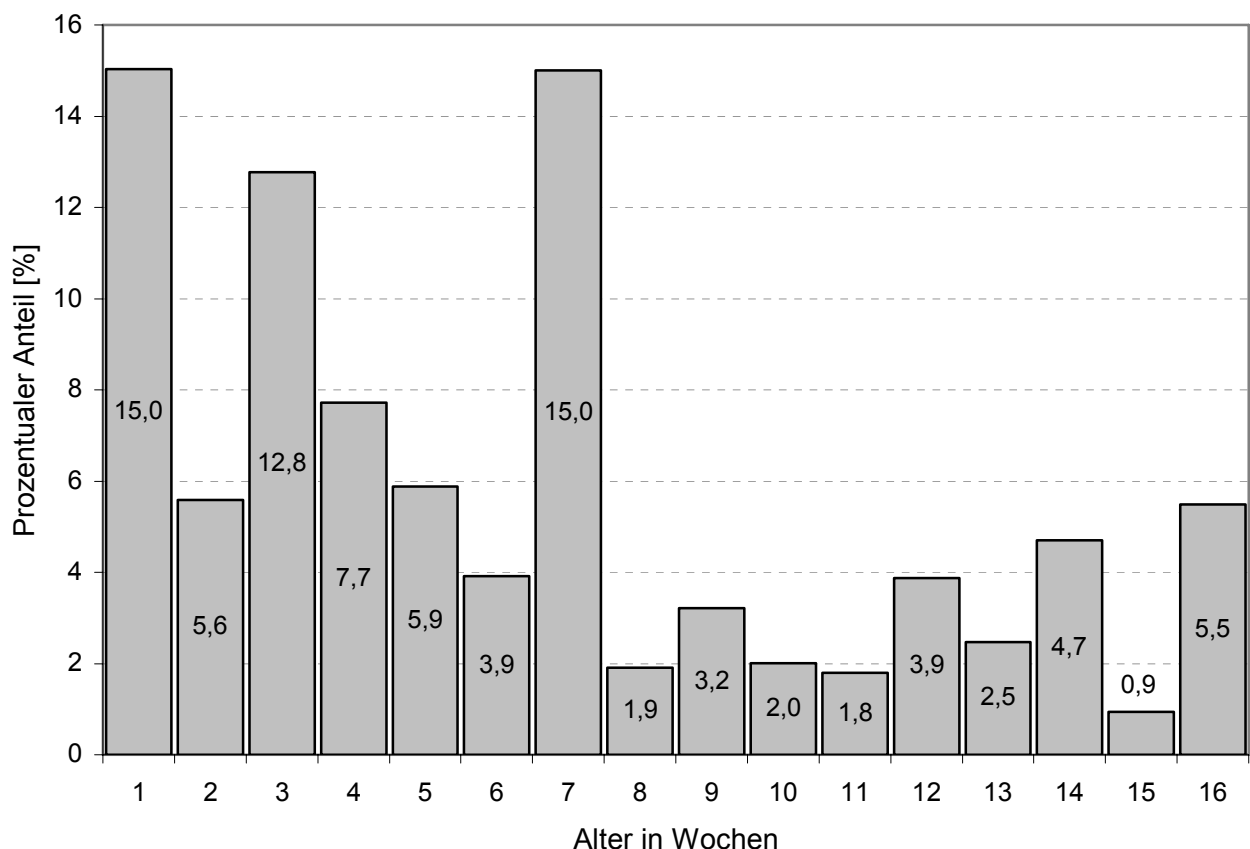


Abb. 16: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorie ‚Rausch-Strukturen‘ (RS) je Lebenswoche.

In fünf der 16 untersuchten Lebenswochen (1., 3., 4., 5. und 7. LW) lag der prozentuale Anteil der RS über dem Anteil, der für den untersuchten Zeitraum berechnet worden war (5,7%).

Tabelle 5: Übersicht über die absolute Häufigkeit, die relative Häufigkeit und die Standardfehler (Std-F) jeder Strukturkategorie für jede der 16 untersuchten Wochen und gemittelt über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Alter in Wochen	1B			MB			SL			KS			KL			RS			Anzahl der Schreie je Woche
	N	%	Std-F [%]	N	%	Std-F [%]	N	%	Std-F [%]	N	%	Std-F [%]	N	%	Std-F [%]	N	%	Std-F [%]	
1	138	34,0	2,35	38	9,4	1,45	57	14,0	1,72	38	9,4	1,45	74	18,2	1,92	61	15,0	1,77	406
2	132	29,5	2,15	92	20,5	1,91	83	18,5	1,84	44	9,8	1,41	72	16,1	1,74	25	5,6	1,08	448
3	153	32,6	2,16	69	14,7	1,63	99	21,1	1,88	20	4,3	0,93	69	14,7	1,63	60	12,8	1,54	470
4	248	45,6	2,14	118	21,7	1,77	70	12,9	1,44	10	1,8	0,58	56	10,3	1,30	42	7,7	1,14	544
5	146	35,8	2,37	89	21,8	2,04	104	25,5	1,87	9	2,2	0,63	36	8,8	1,22	24	5,9	1,01	408
6	188	36,9	2,14	124	24,3	1,90	81	15,9	1,62	13	2,6	0,70	84	16,5	1,64	20	3,9	0,86	510
7	115	33,8	2,57	84	24,7	2,34	47	13,8	1,87	10	2,9	0,92	33	9,7	1,61	51	15,0	1,94	340
8	207	39,6	2,14	130	24,9	1,89	82	15,7	1,59	11	2,1	0,63	83	15,9	1,60	10	1,9	0,60	523
9	141	32,3	2,24	94	21,6	1,97	95	21,8	1,98	24	5,5	1,09	68	15,6	1,74	14	3,2	0,84	436
10	117	29,4	2,28	61	15,3	1,81	79	19,9	2,00	24	6,0	1,19	109	27,4	2,24	8	2,0	0,70	398
11	141	36,3	2,44	84	21,6	2,09	81	20,8	2,06	14	3,6	0,94	62	15,9	1,86	7	1,8	0,67	389
12	125	37,2	2,64	71	21,1	2,23	69	20,5	2,20	8	2,4	0,83	50	14,9	1,94	13	3,9	1,05	336
13	131	32,4	2,33	96	23,8	2,12	104	25,7	2,18	13	3,2	0,88	50	12,4	1,64	10	2,5	0,77	404
14	166	31,2	2,01	118	22,2	1,80	98	18,4	1,68	14	2,6	0,69	111	20,9	1,76	25	4,7	0,92	532
15	152	35,7	2,32	113	26,5	2,14	79	18,5	1,88	15	3,5	0,89	63	14,8	1,72	4	0,9	0,47	426
16	135	33,7	2,36	72	18,0	1,92	80	20,0	2,00	21	5,2	1,11	71	17,7	1,91	22	5,5	1,14	401
Gesamt je Struktur-Kategorie	2435	34,9	0,57	1453	20,8	0,49	1308	18,8	0,47	288	4,1	0,24	1091	15,7	0,44	396	5,7	0,28	6971



#### 4.1.2 Entwicklungsverläufe der Häufigkeiten der sechs Strukturkategorien

Nachdem in Kap. 4.1.1 die prozentualen Anteile je Lebenswoche für jede einzelne der sechs Strukturkategorien deskriptiv untersucht und anschließend dargestellt wurden, wird in diesem Kapitel mittels statistischer Verfahren untersucht, wie sich Mediane der relativen Häufigkeit der einzelnen Strukturkategorien zueinander verhalten. Diese Vorgehensweise vereinfacht das Erkennen von möglichen Zusammenhängen zwischen den einzelnen Strukturkategorien.

Zunächst wurde mittels nicht-parametrischer Verfahren (s. Kap. 3.8) untersucht,

- ob sich die absolute Häufigkeit der Schreie je Strukturkategorie pro Kind und Alter signifikant voneinander unterscheidet.
- ob sich die relative Häufigkeit jeder der sechs Strukturkategorien unter Berücksichtigung des Alters signifikant verändert.
- wie sich das Verhältnis von einfachen zu komplexen Schreien mit zunehmendem Alter verändert.

Da nicht bei allen Kindern wöchentliche Aufnahmen durchgeführt werden konnten und somit bei einer Auswertung der Daten in einem wöchentlichen Zeitraster Fehlwerte gegeben waren, wurden die Daten für die statistische Berechnung verdichtet und in monatlichen Zeitabschnitten untersucht.

Um zuverlässige Aussagen machen zu können sollte zunächst untersucht werden, ob sich die absolute Häufigkeit der Schreie je Strukturkategorie pro Kind und Alter signifikant voneinander unterscheidet. Diese Analyse ist wichtig, um beurteilen zu können ob die Ergebnisse durch eine quantitative Dominanz einzelner Kinder verschoben werden. Die Nullhypothese, nach der alle Kinder die gleiche Anzahl von Schreien in den verschiedenen Altersstufen (monatliche Auswertung) aufweisen und somit ein Zusammenhang zwischen ihnen besteht, kann nicht abgelehnt werden ( $p = 0,7321$ ). Demzufolge zeigen die Kinder keine statistischen Unterschiede bei der Verteilung hinsichtlich Anzahl der Schreie für jede Strukturkategorie und Alter.

Da die vorhergehende Untersuchung gezeigt hat, dass sich die Kinder statistisch nicht unterscheiden, wurden für die folgenden Untersuchungen jeweils die Gesamtanzahl der Schreie der entsprechenden Strukturkategorie je Altersstufe analysiert (s. Tabelle 5).

Die Nullhypothese, nach der sich die relative Häufigkeit jeder Strukturkategorie unter Berücksichtigung des Alters (monatliche Auswertung) nicht verändert, wird für die Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS nicht abgelehnt ( $p_{1B} = 0,7848$ ,  $p_{MB} = 0,2101$ ,  $p_{SL} = 0,1468$ ,  $p_{KS} = 0,1452$ ). Für die Strukturkategorien KL und RS hingegen wird die Nullhypothese abgelehnt ( $p_{KL} = 0,0481$ ,  $p_{RS} = 0,0009$ ). Dies bedeutet, dass sich die relative Häufigkeit jeder der vier erstgenannten Strukturkategorien (1B, MB, SL und KS) über die vier Lebensmonate hinweg nicht signifikant verändert. Ein anderes Bild zeigt sich bei den KL und RS; hier verändern sich die relativen Häufigkeiten über den Untersuchungszeitraum hinweg signifikant.

In Abb. 17 wurden die monatlichen Mediane der relativen Häufigkeit jeder der sechs Strukturkategorien je Lebensmonat dargestellt. Wie der durchgeführte Test (s.o. und Kap. 3.8) gezeigt hat, waren weder bei den einfachen (1B) noch bei den komplexen Schreien (MB, SL und KS) die altersabhängigen Veränderungen der relativen Häufigkeiten je Strukturkategorie bei monatlicher Datenkomprimierung statistisch signifikant. Dennoch zeigt sich eine stärkere Zunahme der relativen Häufigkeit der SL mit zunehmenden Alter als bei den MB. Die medianen relativen Häufigkeiten der 1B und der KS zeigen im vierten Lebensmonat einen leichten Abfall im Verhältnis zu dem ersten Lebensmonat.

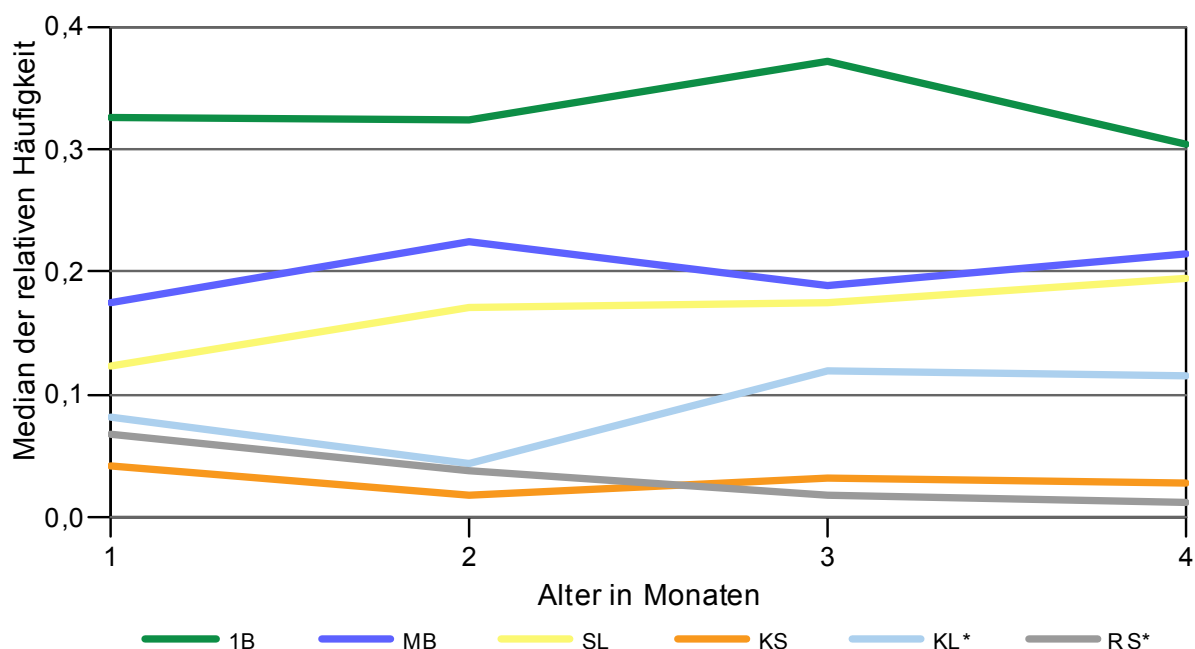


Abb. 17: Liniendiagramm der monatlichen Mediane der relativen Häufigkeiten der Strukturkategorien 1B, MB, SL, KS, KL und RS. \* signifikante Veränderung

Die in Abb. 17 dargestellten Mediane der relativen Häufigkeit der KL zeigt nach einem Abfall im zweiten Monat, dass eine Zunahme der relativen Häufigkeit dieser Struktur-kategorie mit zunehmenden Alter vorliegt. Bei den KL sind die altersabhängigen Veränderungen der relativen Häufigkeit signifikant.

Die durch den Test als signifikant ausgewiesenen Veränderungen der relativen Häufigkeit der RS zeigt in Abb. 17, dass es über den Untersuchungszeitraum hinweg zu einer Abnahme der relativen Häufigkeit der Schreie der Kategorie RS kommt.

Um der Geschwindigkeit Rechnung zu tragen, mit der die Entwicklung der verschiedensten Fähigkeiten bei Säuglingen erfolgt, wird untersucht und in Abb. 18 dargestellt, wie sich die relativen Häufigkeiten der Strukturkategorien in wöchentlichen Zeitfenstern entwickeln. Um der Fragestellung der Arbeit nachzukommen, ob es zu einer Zunahme der strukturellen Komplexität der Schreie kommt, wurden in diesem Abschnitt die harmonischen Strukturkategorien (1B, MB, SL und KS) untersucht. Da es mit den gängigen statistischen Verfahren auf Grund der Fehlwerte nicht möglich ist, eventuelle Signifikanzen wöchentlicher Veränderungen der relativen Häufigkeiten für die Strukturkategorien zu berechnen, wird eine rein deskriptive Darstellung der Veränderungen vorgenommen. Diese Darstellungsweise erleichtert die Beurteilung möglicher Zusammenhänge zwischen den einzelnen Strukturkategorien.

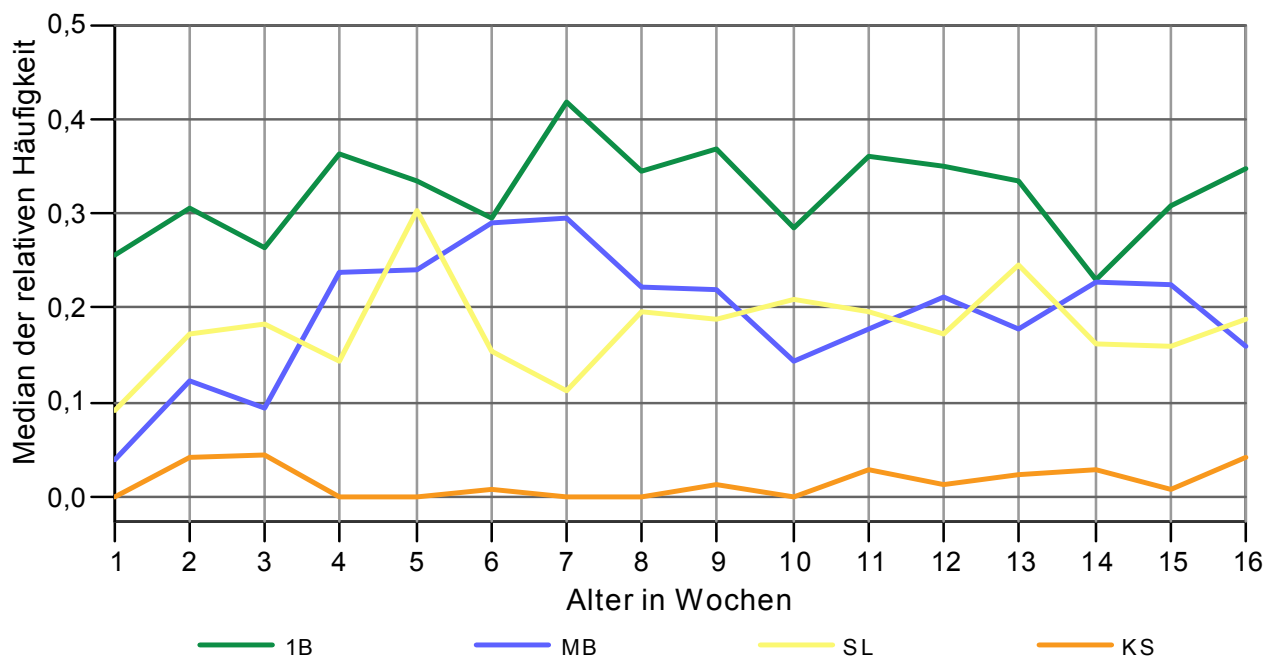


Abb. 18: Liniendiagramm der wöchentlichen Mediane der relativen Häufigkeit der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS.

Betrachtet man die zeitlichen Verläufe der medianen relativen Häufigkeiten der einzelnen Strukturkategorien, so zeigt sich, dass diese bei manchen Strukturen analog zueinander verlaufen, bei anderen wiederum entgegengesetzt.

Bei den einfachen (1B) und den Mehrfachbögen (MB) verlaufen die meisten Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten analog (1.-4. LW, 7.-8. LW, 9.-11. LW sowie 12.-13. LW).

Die Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten bei den Strukturkategorien 1B und SL verlaufen in acht Wochen analog (1.-2. LW, 5.-6. LW, 11.-12. LW und 13.-14. LW), in den anderen acht Wochen entgegengesetzt. In den Zeitabschnitten, in denen die Entwicklung analog verläuft, zeigt sich, dass die Ab- oder Zunahme der medianen relativen Häufigkeit bei beiden Strukturkategorien nicht immer gleich stark ausgeprägt ist (z.B. 5.-6. LW).

Die medianen relativen Häufigkeiten der 1B und der KS zeigen zwischen der ersten und zweiten, achten und zwölften, sowie der 15. und 16. Lebenswoche ähnliche Veränderungen (Zunahme oder Abnahme).

Die Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten der MB und der SL verlaufen mit geringen Ausnahmen (1.-2. LW, 8.-9. LW und 14.-15. LW) meist gegenläufig.

Der Vergleich der Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten der MB und der KS zeigt, dass diese mit Ausnahmen (1.-2. LW, 5.-6. LW und 10.-11. LW) entgegengesetzt verlaufen.

Wie bereits zwischen den 1B und MB beobachtet, verlaufen auch bei den SL und den KS die Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten zwischen der ersten bis vierten Lebenswoche analog. Danach sind nur noch vereinzelt analoge Veränderungen der medianen relativen Häufigkeiten dieser beiden Strukturkategorien zu beobachten (6.-7. LW, 11.-13. LW und 15.-16. LW), diese sind jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt.

Während von der ersten bis dritten Lebenswoche die Schreistruktur 1B gefolgt von der Schreistruktur SL die größten medianen relativen Häufigkeiten aufweisen, zeigt sich in der vierten Lebenswoche ein Anstieg der medianen relativen Häufigkeit der MB, und ist somit zu diesem Zeitpunkt die zweithäufigste Strukturkategorie. In der fünften Lebenswoche nimmt die mediane relative Häufigkeit der SL sprunghaft zu, während die mediane relative Häufigkeit der MB etwa dem Wert der vierten Lebenswoche entspricht.

Die mediane relative Häufigkeit der 1B nimmt zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche ab. In der siebten Lebenswoche zeigt sich ein sprunghafter Anstieg der medianen relativen Häufigkeit der 1B, fällt erneut in der achten Lebenswoche, sowie in der zehnten und 14. Lebenswoche. Die medianen relativen Häufigkeiten der SL sinken von der fünften bis zur siebten Lebenswoche, die der MB steigen. In der achten Lebenswoche sinkt die mediane relative Häufigkeit der MB, die der SL steigt, liegt aber weiterhin unter der der MB. In der zehnten, 13. und 16. Lebenswoche liegt die mediane relative Häufigkeit der SL über der der MB.

Die medianen relativen Häufigkeiten der Kategorie KS zeigen in sich eine nicht so große Variabilität wie die anderen drei Kategorien. Die medianen relativen Häufigkeiten liegen in der zweiten und dritten Lebenswoche am höchsten. In der vierten Lebenswoche fällt die mediane relative Häufigkeit und ist relativ unverändert bis zur achten Lebenswoche. Von der neunten bis zur 13. Lebenswoche steigen und fallen die medianen relativen Häufigkeiten abwechselnd. In der 14. Lebenswoche steigt die mediane relative Häufigkeit leicht, fällt in der 15. Lebenswoche und steigt erneut in der 16. Lebenswoche fast auf den Wert in der zweiten/dritten Lebenswoche.

Um beurteilen zu können, ob bei den hier analysierten Säuglingsschreien im Untersuchungszeitraum eine Zunahme komplexer Schreie nachweisbar ist, wurden die einfachen Schreie (1B) ins Verhältnis zu den komplexen Schreien (MB, SL und KS) gesetzt. Mit einer wöchentlichen Zeitauflösung wurde die Anzahl der einfachen Bögen durch die Summe der Mehrfachbögen, segmentierten Laute und komplexen Strukturen geteilt und die sich ergebenden Quotienten in Form eines Punktdiagramms dargestellt (Abb. 19).

In der ersten und vierten Lebenswoche ist der Quotient  $> 1$ ; (1,04 bzw. 1,25) (s. auch Tabelle 6). Zu diesen beiden Zeitpunkten kommen mehr einfache Schreie (1B) als komplexe Schreie (MB, SL, KS) vor. In den anderen 14 Lebenswochen variiert der Quotient zwischen 0,93 (8. LW) und 0,60 (2. LW). In Abb. 19 ist das wechselnde Fallen/Steigen der Quotienten erkennbar, wobei es innerhalb der 16 Lebenswochen zu einer Abnahme des Quotienten kommt. Der nach Spearman berechnete Korrelationskoeffizient ( $r_s = -0,32$ ) weist auf einen gegenläufigen Zusammenhang zwischen Quotient und Alter hin, der nicht signifikant ist ( $p = 0,652$ ).

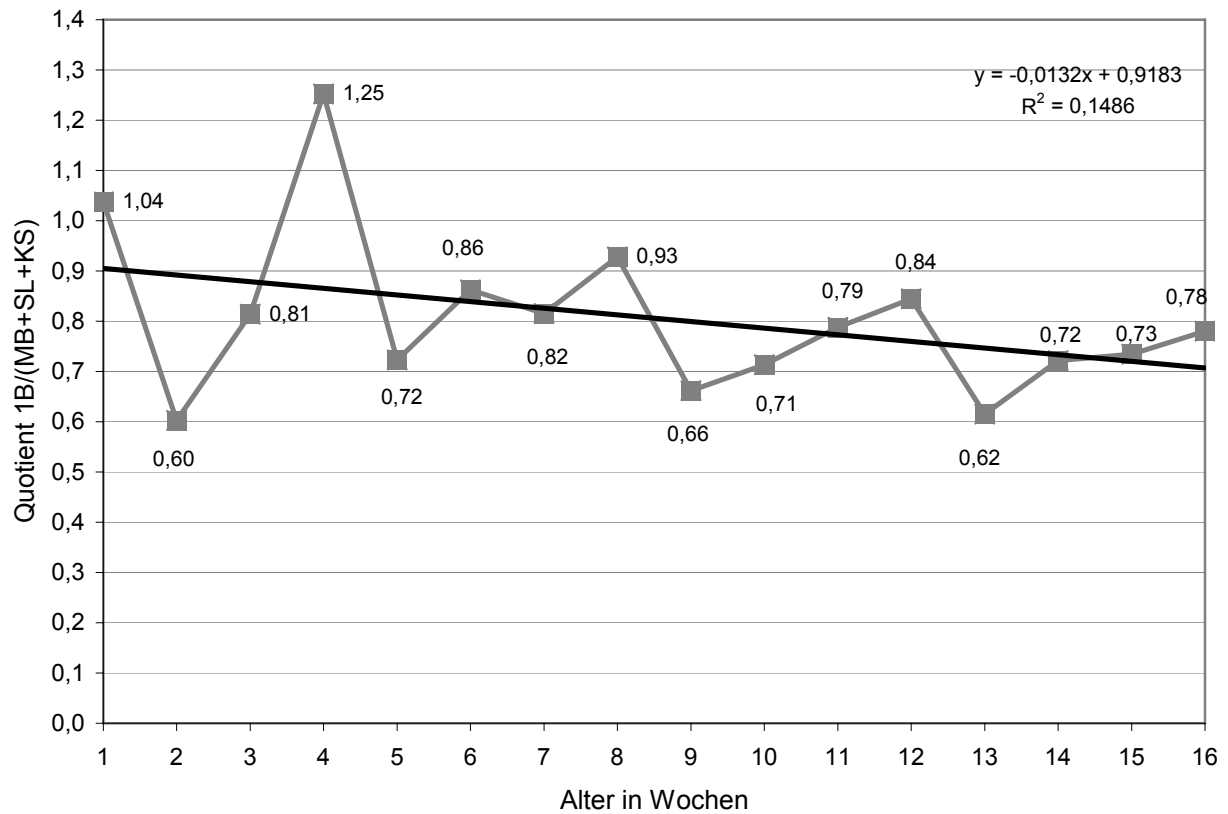



Abb. 19: Diagramm des Quotienten der einfachen Schreie (1B) zur Summe der komplexen Schreie (MB+SL+KS) aufgetragen gegen das Alter mit Darstellung der Regressionsgeraden.




Tabelle 6: Aufstellung der Anzahl der wöchentlichen Schreie der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS sowie Angabe des Quotienten und der Standardabweichung (Std-A).

Alter in Wochen	Strukturkategorie (N)				Quotient 1B / (MB+SL+KS)	Std-A
	1B	MB	SL	KS		
1	138	38	57	38	1,04	4,77
2	132	92	83	44	0,60	0,40
3	153	69	99	20	0,81	0,85
4	248	118	70	10	1,25	10,86
5	146	89	104	9	0,72	2,59
6	188	124	81	13	0,86	2,33
7	115	84	47	10	0,82	0,68
8	207	130	82	11	0,93	0,67
9	141	94	95	24	0,66	0,63
10	117	61	79	24	0,71	0,51
11	141	84	81	14	0,79	0,65
12	125	71	69	8	0,84	0,94
13	131	96	104	13	0,62	0,68
14	166	118	98	14	0,72	0,61
15	152	113	79	15	0,73	0,47
16	135	72	80	21	0,78	1,07

## 4.2 EIGENSCHAFTEN DER PLATEAUFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTE (MELODIE-TYP II)

Eine weitere Zielstellung der vorliegenden Arbeit bestand in der Analyse ausgewählter Eigenschaften von Melodie-Elementen mit plateauförmigem (Kap. 3.6) und bogenförmigem (Kap. 3.7) Grundfrequenzverlauf.

Bei Melodie-Elementen, deren Bogen plateauförmig abgeflacht ist (Melodie-Typ II ) und deren lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation max.  $\pm 6\%$  beträgt (s. Kap. 3.6), wurden die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, der lineare Trend, die Plateaulänge und der Gesamthub der Grundfrequenz analysiert und untersucht, ob Abhängigkeiten zwischen diesen Parametern bestehen (Kap. 4.2.1 bis 4.2.3).

Der Melodie-Typ II unterscheidet sich von den drei anderen einfachen Melodie-Typen Ia (), Ib () und  $-Ib$  (), deren Grundfrequenzverlauf bogenartig ist, durch das plateauförmig abgeflachte Bogenmaximum.

Während der Strukturanalyse wurde vermerkt, ob das plateauförmige Melodie-Element isoliert in einem einfachen Schrei (1B) oder kombiniert mit bogenförmigen Melodie-Elementen (Ia, Ib oder  $-Ib$ ) in einem komplexen Schrei (MB, SL oder KS) auftritt. Die erhobenen Daten werden in Kap. 4.2.4 untersucht.

Nach Auswertung der Strukturanalyse konnten in 236 (4,3%) von insgesamt 5484 harmonischen Schreien der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS Melodie-Elemente des Melodie-Typs II nachgewiesen werden.

Die prozentualen Anteile der harmonischen Schreie mit plateauförmigem Melodie-Element, gemessen an der Gesamtheit der harmonischen Schreie, variiert zwischen 1,95% (N= 5) in der siebten Lebenswoche und 7,58% (N = 30) in der vierzehnten Lebenswoche (Abb. 20). In der ersten Lebenswoche beträgt der prozentuale Anteil der harmonischen Schreie mit plateauförmigem Melodie-Element 4,06% (N = 11) und steigt in der zweiten Lebenswoche auf 4,84% (N = 17). In der dritten und vierten Lebenswoche beträgt der prozentuale Anteil 3,81% (N = 13 bzw. N = 17). In der fünften Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil der harmonischen Schreie mit einem Melodie-Element des Melodie-Typs II auf 4,31% (N = 15). Von der sechsten bis zur zwölften Lebenswoche schwanken die prozentualen Anteile. In der sechsten

Lebenswoche beträgt der prozentuale Anteil 3,9% (N = 16) und fällt auf 1,95% (N = 5) in der siebten Lebenswoche. In der achten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil der harmonischen Schreie mit plateauförmigem Melodie-Element auf 4,65% (N = 20) und fällt in der neunten Lebenswoche auf 3,39% (N = 12). Der prozentuale Anteil steigt erneut in der zehnten Lebenswoche (4,27%, N = 4,27), fällt in der elften Lebenswoche (2,5%, N = 8) und steigt in der zwölften Lebenswoche auf 3,3% (N = 9). In der dreizehnten Lebenswoche steigt der prozentuale Anteil auf 4,94% (N = 17). In der vierzehnten Woche wird der höchste prozentuale Anteil je Lebenswoche im Untersuchungszeitraum beobachtet (7,58, N = 30). In der 15. Lebenswoche beträgt der prozentuale Anteil der harmonischen Schreie mit plateauförmigem Melodie-Element 5,01% (N = 18) und 5,19% (N = 16) in der 16. Lebenswoche.

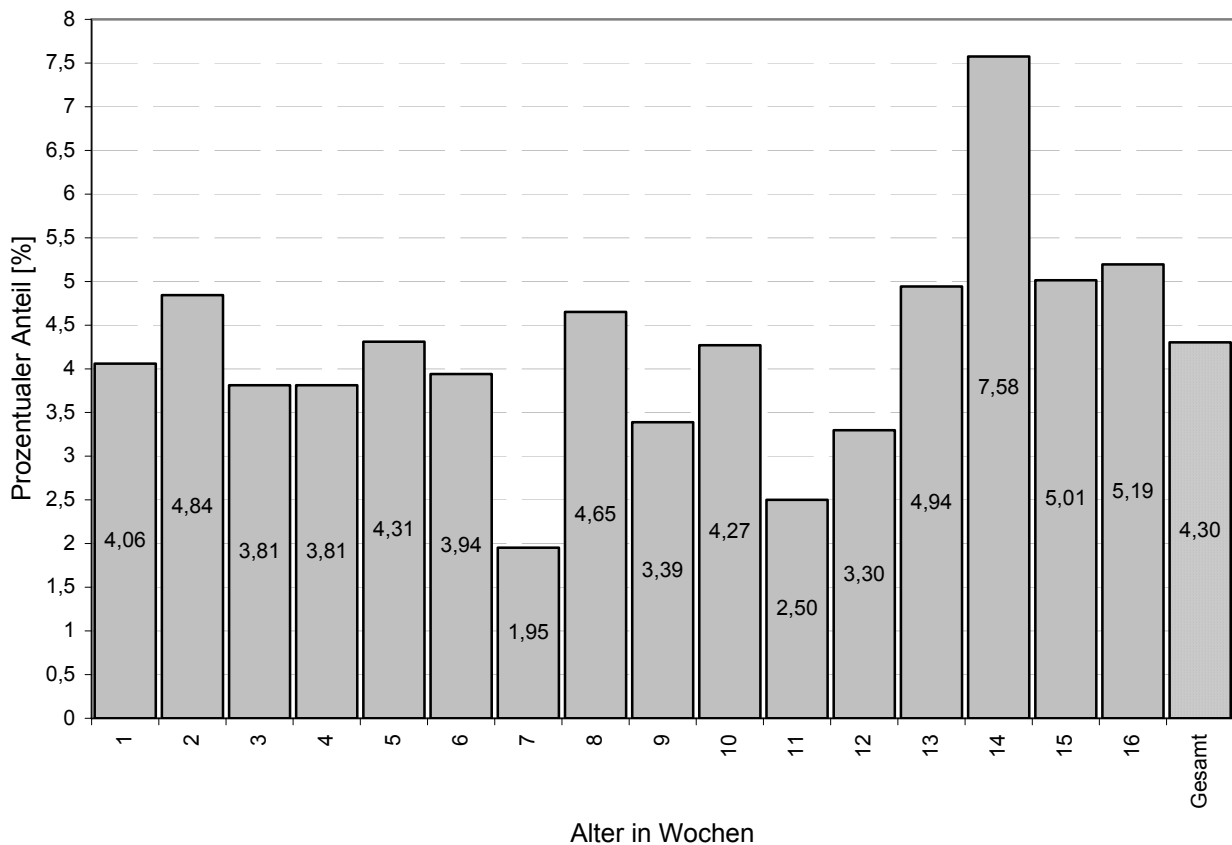


Abb. 20: Balkendiagramm der altersabhängigen prozentualen Anteile an Schreien mit Melodie-Elementen des Melodie-Typs II. In den einzelnen Balken ist jeweils der prozentuale Anteil angegeben. In dem letzten Balken (Gesamt) ist der prozentuale Anteil des Melodietyps an allen harmonischen Schreien dargestellt.

Bei einem der untersuchten Kinder (BJ) konnte dieser Melodie-Typ nicht nachgewiesen werden. Somit werden im Folgenden die Ergebnisse von 16 Kindern dargestellt.



#### 4.2.1 Lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation

Die relative Veränderung der Grundfrequenz innerhalb eines Melodie-Elementes, und somit die relative lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, stellt das Hauptkriterium für diesen Melodie-Typ dar (s. Definition im Kap. 3.5). Die Verteilung der Werte der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation wurde innerhalb eines Bereichs von  $\pm 6\%$  untersucht und in Form eines Histogramms dargestellt (Abb. 21).

Der Mittelwert der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation beträgt  $-0,676\%$  (Std-F =  $0,1736$ ), das Minimum  $-5,96\%$ , das Maximum  $5,81\%$ .

Eine fallende lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation innerhalb eines Melodie-Elementes kommt etwas häufiger vor als eine ansteigende lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation. Die mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüfte Verteilung der Werte ergab eine hinreichende Normalverteilung ( $p = 0,807$ ,  $N = 236$ ).

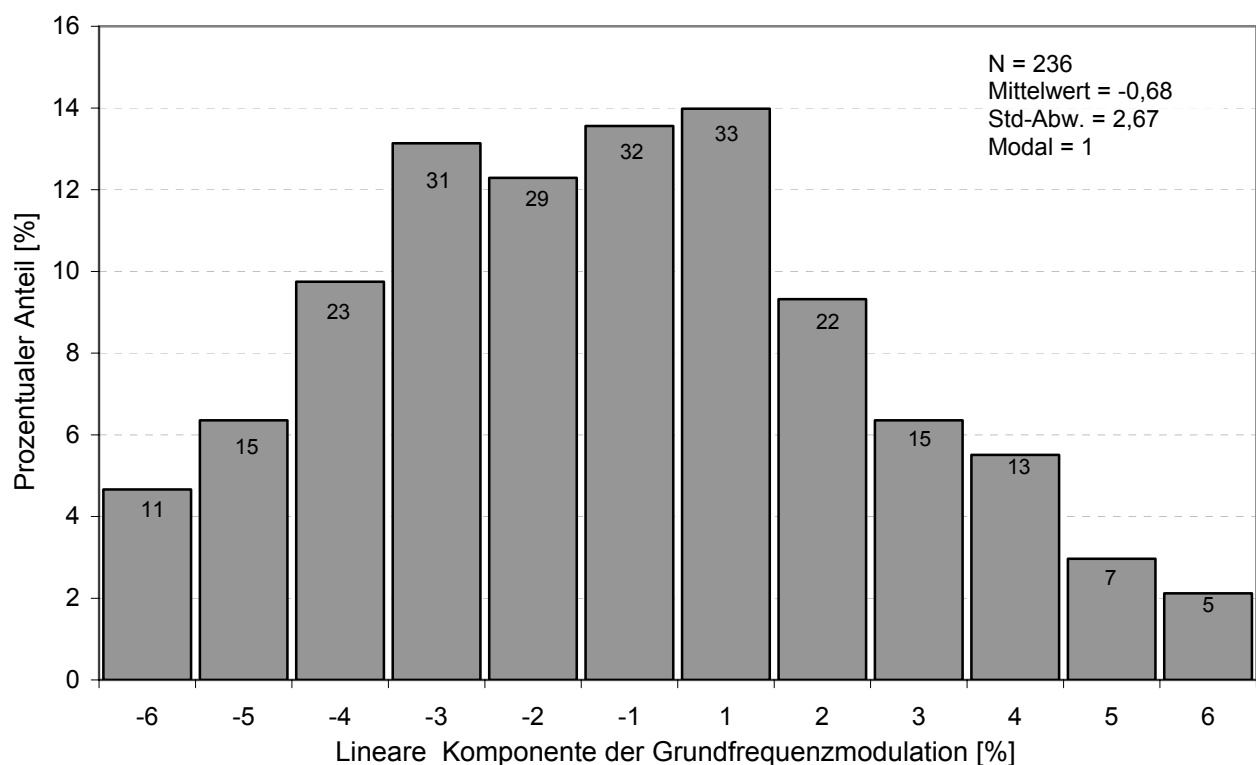


Abb. 21: Histogramm der prozentualen Häufigkeiten für die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation [%].

Die Anzahl der Schreie je Intervall ist in den entsprechenden Balken aufgeführt.

#### 4.2.1.1 Unabhängigkeit des linearen Trends von der Plateaulänge

In diesem Kapitel wurde untersucht, ob eine Abhängigkeit zwischen der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation und der Plateaulänge vorliegt.

Mit ‚Plateaulänge‘ oder ‚Länge des plateauartigen Melodie-Elementes‘ wird die gemessene Länge des Melodie-Elementes nach dem Schneiden des Schreies beschrieben (s. Kap. 3.6).

Für die folgende Untersuchung wurde die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation in einen linearen Trend [%/ms] umgerechnet, der die prozentuale Veränderung der Grundfrequenz pro Millisekunde ausdrückt (Kap. 3.6).

Mögliche lineare Zusammenhänge zwischen dem linearen Trend und der Plateaulänge wurden durch Darstellung in einem Streudiagramm und Berechnung des Korrelationskoeffizienten untersucht. Die in Abb. 22 aufgetragenen Einzelwerte (N = 236) des linearen Trends gegen die Plateaulänge zeigen eine Streuung zwischen  $-0,019\%/ms$  und  $0,022\%/ms$ , deren MW  $-0,0018\%/ms$  (Std-F =  $0,00047\%/ms$ ) beträgt. Die nach Spearman durchgeführte Korrelationsanalyse des linearen Trends und der Plateaulänge ergab einen leicht positiven, nicht signifikanten linearen Zusammenhang ( $r_s = 0,091$ ,  $p = 0,165$ ) zwischen beiden Parametern. Das Diagramm zeigt, dass die Variabilität des linearen Trends mit zunehmender Länge abnimmt.

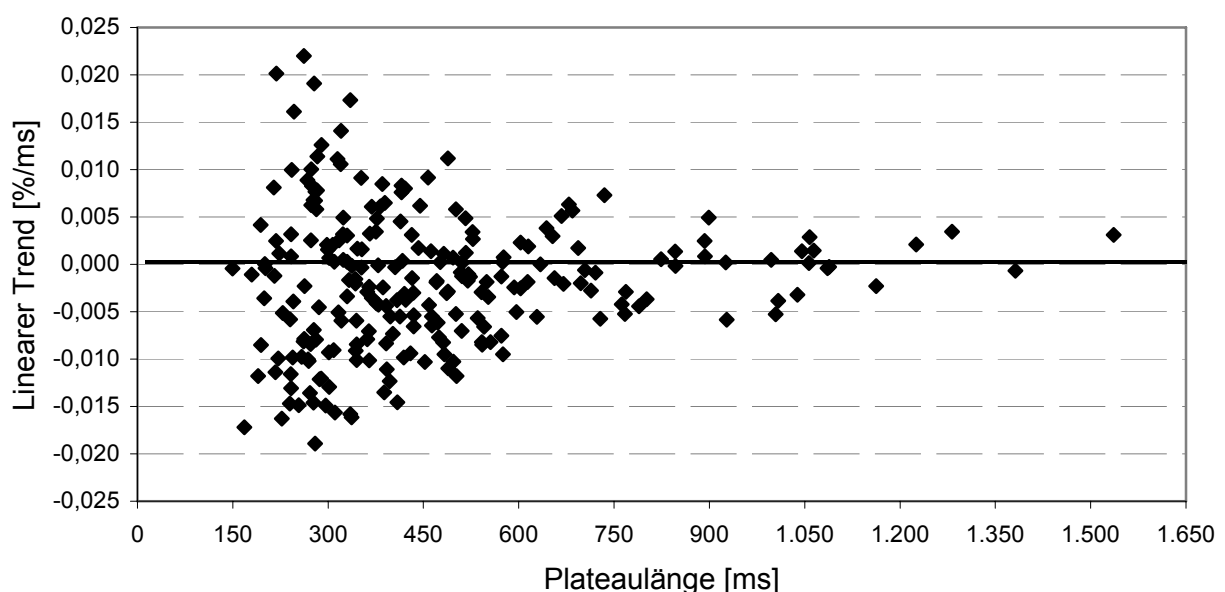


Abb. 22: Darstellung der 236 Einzelwerte des linearen Trends [%/ms] gegen die Plateaulänge [ms].

#### 4.2.1.2 Unabhängigkeit des linearen Trends vom Alter

Nachdem gezeigt wurde, dass zwischen dem linearen Trend und der Plateaulänge kein signifikanter Zusammenhang besteht, soll im Folgenden untersucht werden, ob ein solcher Zusammenhang zwischen dem linearen Trend und dem Alter vorliegt. Die in Abb. 23 gezeigte wöchentliche Auftragung der Einzelwerte des linearen Trends in Form eines Streudiagramms lässt erkennen, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen den beiden hier untersuchten Parametern gibt. Bestätigt wird dieses durch den nach Spearman berechneten Korrelationskoeffizienten der einen schwachen, negativen, nicht signifikanten Zusammenhang aufweist ( $r_s = -0,078$ ,  $p = 0,230$ ,  $N = 236$ ).

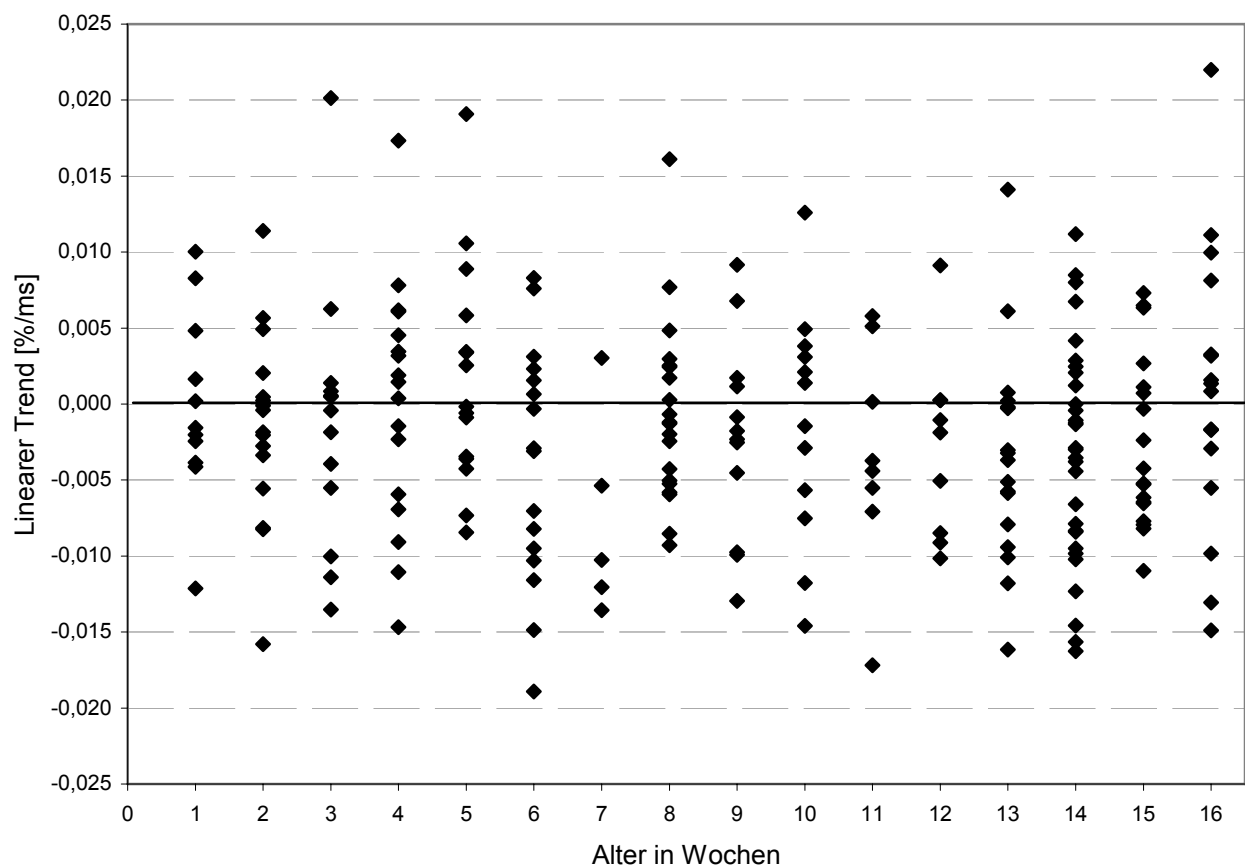


Abb. 23: Streudiagramm der Einzelwerte des linearen Trends vs. Alter in Wochen.

## 4.2.2 Analyse der Plateaulänge

In einer separaten Analyse der Plateaulängen wurde untersucht, ob ein linearer Zusammenhang zwischen der Plateaulänge und dem Alter gegeben ist, und wie die prozentualen Anteile der intervallskalierten Plateaulängen verteilt sind.

Die mediane Länge der gemessenen plateauförmigen Melodie-Elemente beträgt 400 ms (MW = 468 ms, Std-F = 15,8 ms) bei einer Streuung zwischen 150 ms und 1536 ms. Die in Abb. 24 altersabhängig dargestellten Einzelwerte der Plateaulängen zeigen neben einer breiten Streuung gleichzeitig eine Häufung im Bereich zwischen 200 – 600 ms. Eine Plateaulänge > 1050 ms kann nur bei 4 Kindern beobachtet werden (AK, AL, AP und BM).

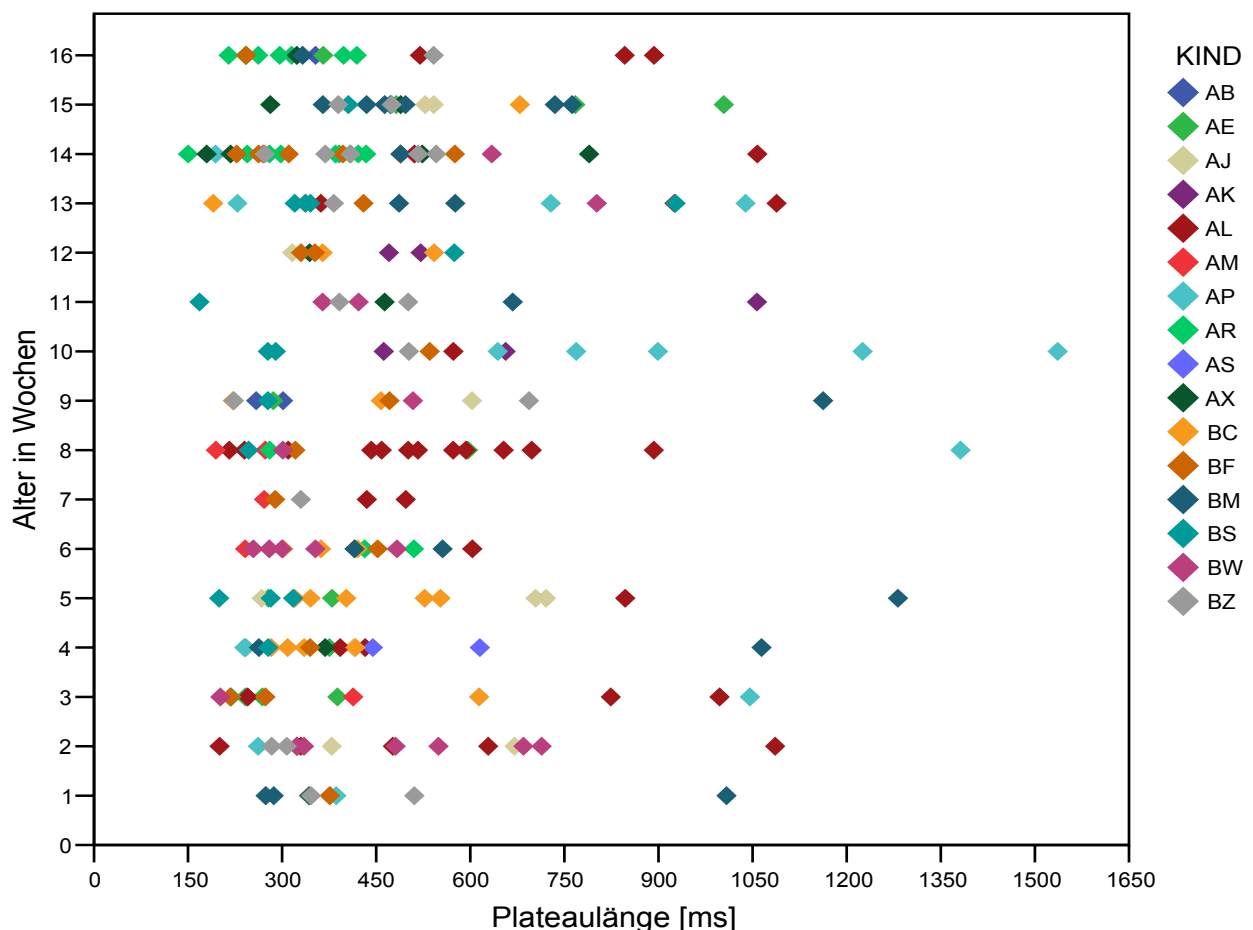


Abb. 24: Streudiagramm der Einzelwerte der Plateaulängen, differenziert nach Kindern.

In einem weiteren Schritt soll untersucht werden, ob zwischen Plateaulänge und dem Alter ein signifikanter linearer Zusammenhang besteht.

Die in den Boxplots von Abb. 25 altersabhängig dargestellten Mediane der Plateaulängen zeigen Schwankungen innerhalb des untersuchten Zeitraums zwischen 273 ms in der dritten Lebenswoche und 608 ms in der zehnten Lebenswoche. Diese beiden Werte stellen den niedrigsten bzw. höchsten Median der Plateaulänge dar. In den anderen 14 Wochen variieren die Mediane zwischen 330 ms und 486 ms.

Trotz der gegebenen Streuung ergab der Vergleich der Mediane der Plateaulängen mittels Kruskal-Wallis-Test keine Signifikanz ( $p = 0,103$ ,  $\chi^2 = 22,1$ ,  $df = 15$ ,  $N = 236$ ), was bedeutet, dass sich die Plateaulängen in den einzelnen Wochen nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Mögliche lineare Zusammenhänge zwischen der Länge der plateauartigen Melodie-Elemente und dem Alter wurden nach Spearman berechnet. Der Test ergab keinen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen der Plateaulänge und dem Alter ( $r_s = 0,089$ ,  $p = 0,174$ ).

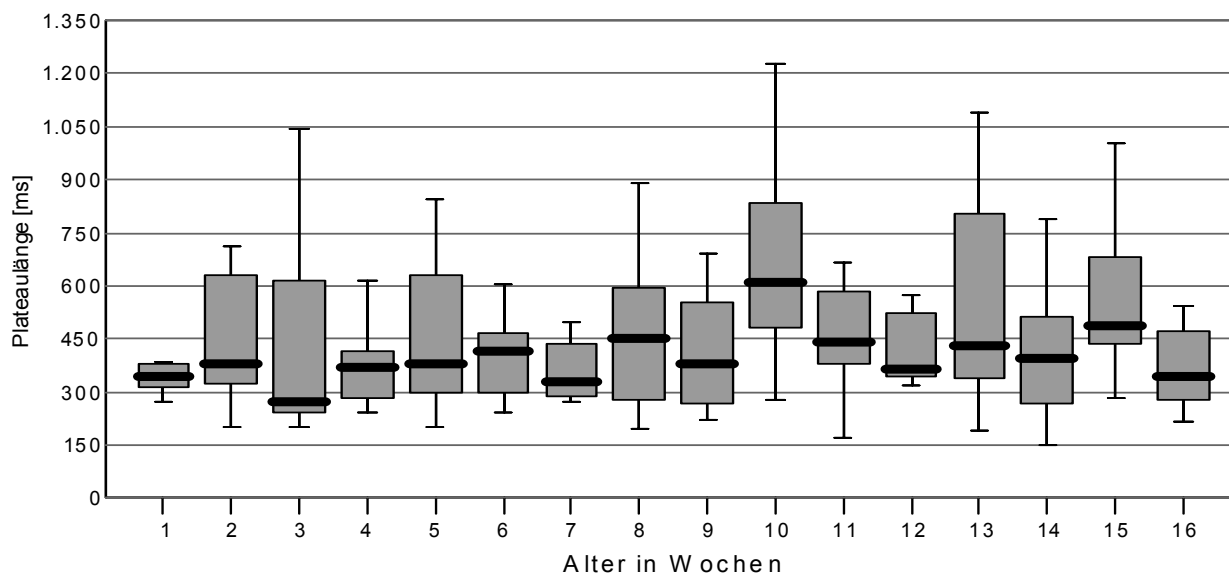


Abb. 25: Boxplot der Plateaulängen [ms] vs. Alter in Wochen.

Die schwarze Markierung in der Box kennzeichnet die Lage des Medians, die untere Grenze der Box kennzeichnet den 25%-Perzentil, die obere Grenze den 75%-Perzentil. Die dünnen Querstriche unter- und oberhalb der Box geben den kleinsten bzw. den größten Wert an, der noch keinen Ausreißer oder Extremwert<sup>9</sup> darstellt.

<sup>9</sup> „... Die Entfernung von Ausreißern zur Box beträgt zwischen dem 1,5fachen und dem Dreifachen der Boxhöhe, Extremwerte liegen dagegen mehr als das Dreifache der Boxhöhe über dem 75%-Perzentil bzw. unter dem 25%-Perzentil.“ (Brosius, 2002, S. 376)

Die Verteilung der prozentualen Anteile der intervallskalierten Plateaulängen wird in Abb. 26 dargestellt. Die meisten plateauförmigen Melodie-Elemente ( $N = 78$ , 33,1%) haben eine Länge zwischen 301 ms und 450 ms, gefolgt von Plateaulängen zwischen 151 ms und 300 ms ( $N = 61$ , 25,8%) und zwischen 451 ms und 600 ms ( $N = 49$ , 20,8%). Zusammengefasst bedeutet dies, dass 79,3% ( $N = 188$ ) aller plateauförmigen Melodie-Elemente eine Länge zwischen 151ms und 600 ms haben. Bei 20,3 % ( $N = 47$ ) aller Melodie-Elemente überschreitet die Plateaulänge 601 ms.

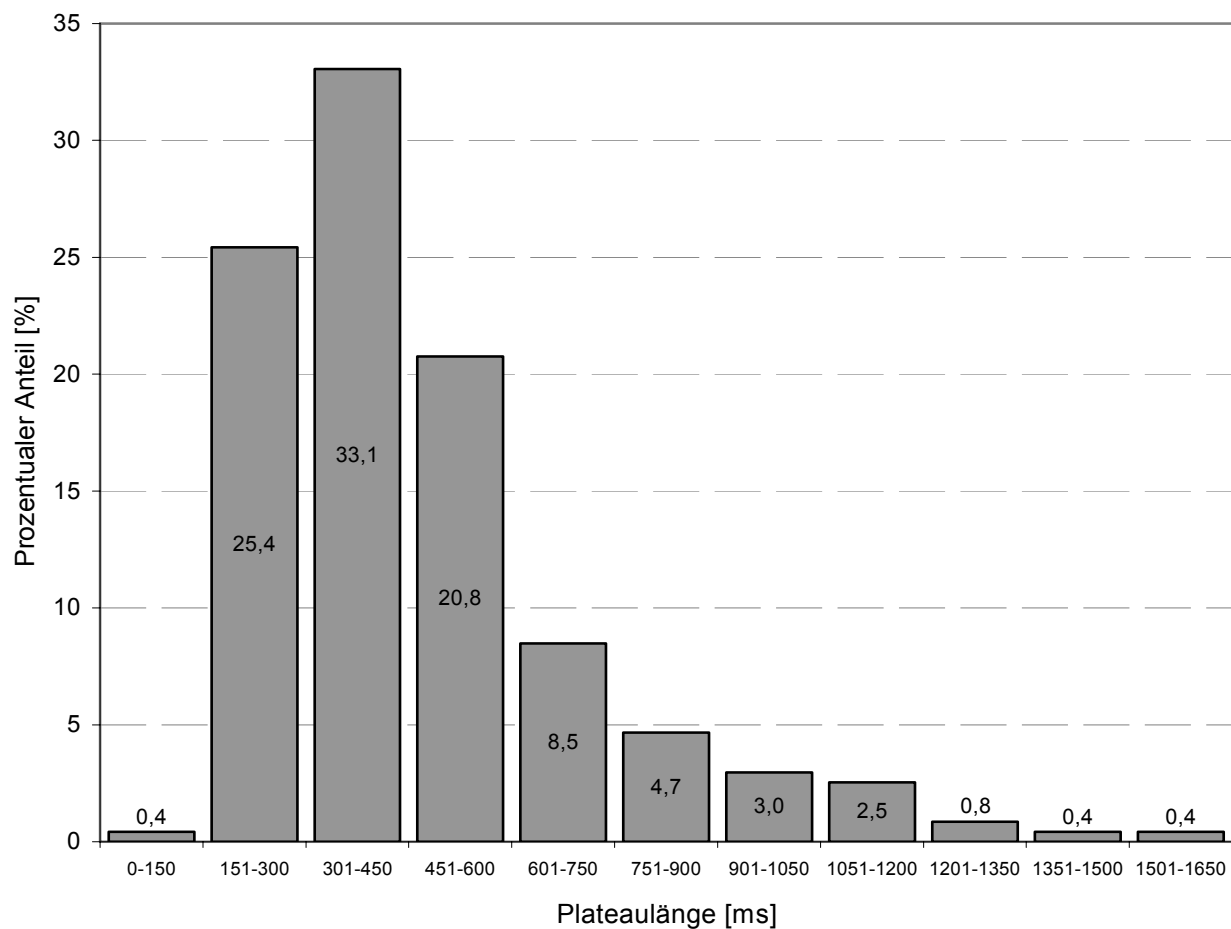


Abb. 26: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der angegebenen Längenintervalle [ms]. Die Zahlen in, bzw. über den Balken geben den jeweiligen prozentualen Anteil des Längenintervalls an der Gesamtheit der plateauförmigen Melodie-Elementen an.

### 4.2.3 Untersuchung des Gesamthubes der Grundfrequenz

Durch die Eingrenzung der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation auf  $< 6\%$  als Auswahlkriterium der Melodie-Elemente dieses Typs ist der Variationsbereich der Grundfrequenz auf einen musikalischen Ganzton begrenzt.

Der berechnete Gesamthub der Grundfrequenz, also die Differenz zwischen dem niedrigsten ( $F_{0min}$ ) und dem höchsten ( $F_{0max}$ ) Wert der Grundfrequenz innerhalb des Plateaus, wurde in eine musikalische  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall-Skala umcodiert (s. Kap. 3.6) und in einem Balkendiagramm aufgetragen (Abb. 27).

Bei 24 der 236 plateauförmigen Melodie-Elemente (10,2%) betrug die Grundfrequenz einen Gesamthub von einem  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall, bei 137 plateauförmigen Melodie-Elementen (58,1%) betrug er zwei  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle. Ein Gesamthub der Grundfrequenz von drei  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen lag bei 71 plateauförmigen Melodie-Elementen (30,1%) vor. Einen Gesamthub der Grundfrequenz von einem musikalischen Ganzton wurde bei vier plateauförmigen Melodie-Elementen (1,7%) beobachtet.

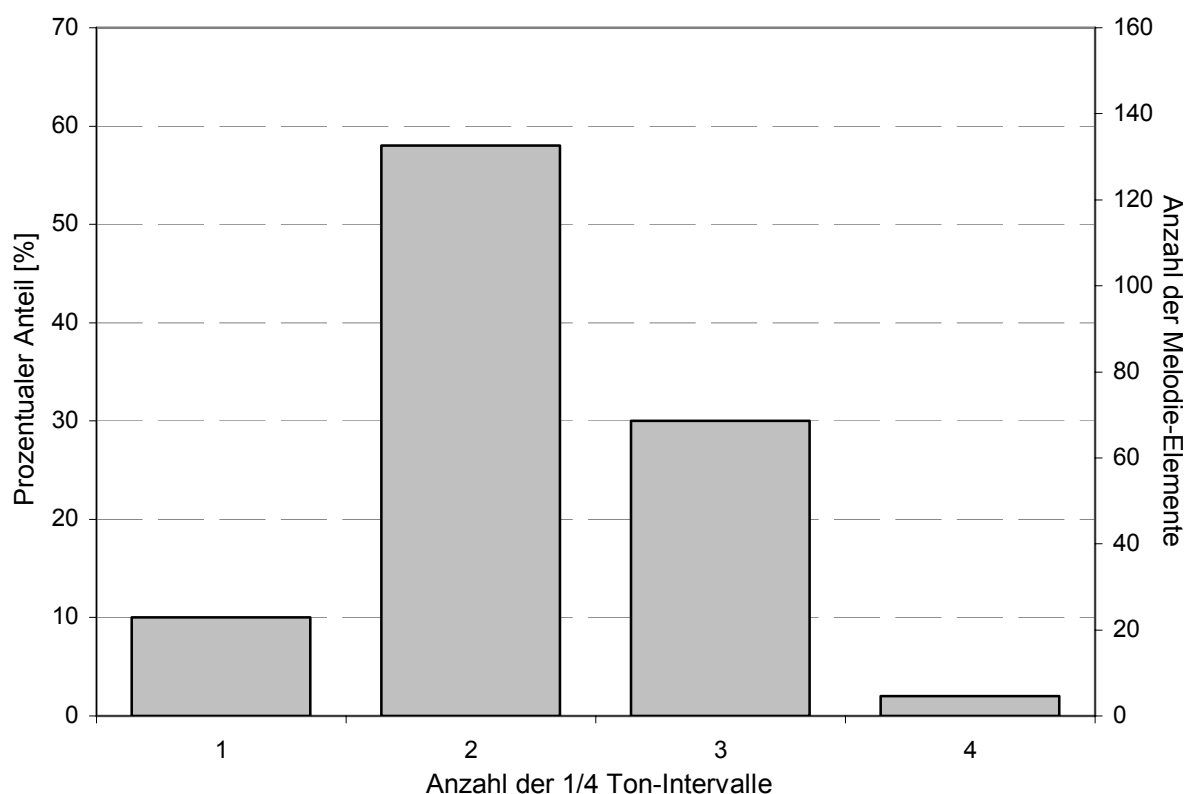


Abb. 27: Balkendiagramm der prozentualen Anteile des Gesamthubes der Grundfrequenz in  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen bei plateauförmigen Melodie-Elementen.

Auf der primären y-Achse ist der prozentuale Anteil angegeben, auf der sekundären y-Achse die Anzahl der plateauförmigen Melodie-Elemente, auf der x-Achse die Anzahl der  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle.

#### 4.2.3.1 Zusammenhänge zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Plateaulänge

Analog zu der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem linearen Trend und der Plateaulänge wurde untersucht, ob eine Abhängigkeit zwischen dem relativen Gesamthub der Grundfrequenz und der Plateaulänge besteht. In Abb. 28 wurden in Form eines Streudiagramms die Einzelwerte des logarithmierten Gesamthubes der Grundfrequenz gegen die Plateaulänge aufgetragen. Mögliche Korrelationen zwischen den Parametern wurden nach Spearman berechnet. Es zeigt sich, dass es einen mittelstarken linearen Zusammenhang ( $r_s = 0,503$ ,  $N = 236$ ) zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz und der Plateaulänge gibt, der auf dem Niveau  $p < 0,001$  hochsignifikant ist. Dies bedeutet, dass bei langen Melodie-Elementen der Gesamthub größer ist als bei kürzeren Melodie-Elementen.

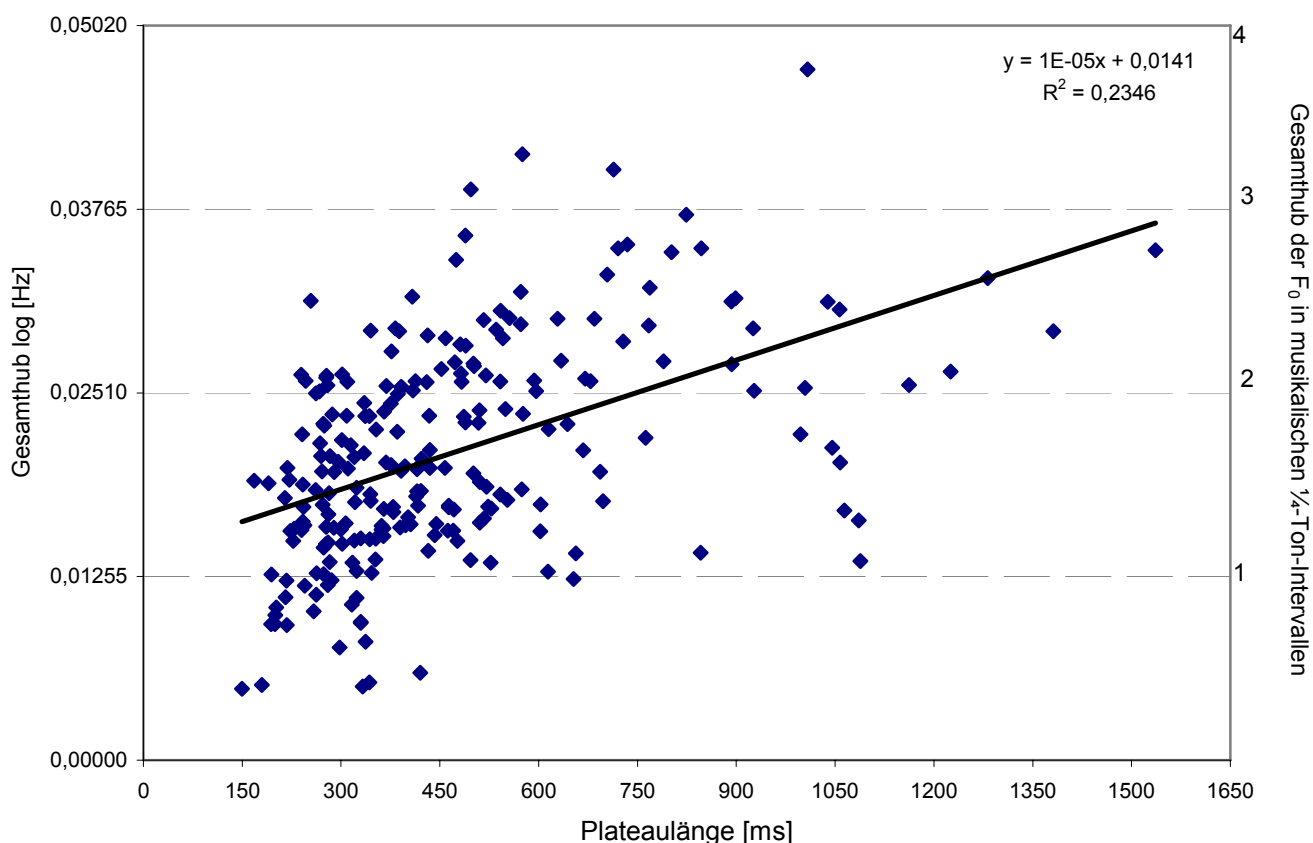


Abb. 28: Streudiagramm der Einzelwerte des logarithmierten Gesamthubes aufgetragen gegen die Plateaulänge [ms] sowie Darstellung der linearen Regressionsgerade.

Auf der logarithmischen Skala entspricht ein musikalisches  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall 0,01255 Hz.



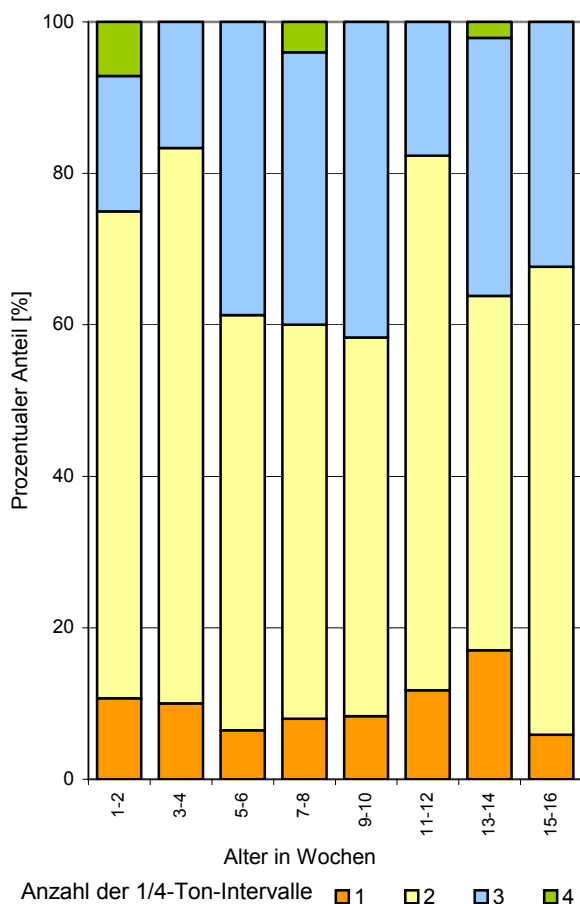
### 4.2.3.2 Unabhängigkeit des Gesamthubes der Grundfrequenz vom Alter

Um einen eventuellen altersabhängigen Zusammenhang mit dem Maß des Gesamthubes der Grundfrequenz zu untersuchen, wurden die Daten 14-tägig verdichtet und in Form eines gestapelten Balkendiagramms (

Abb. 29) dargestellt. Die dazugehörigen Werte für die prozentualen Anteile und die Anzahl der plateauförmigen Melodie-Elemente je  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall sind in Tabelle 7 aufgeführt.

In

Abb. 29 wird sichtbar, dass in allen Altersabschnitten plateauförmige Melodie-Elemente mit einem Gesamthub der Grundfrequenz von einem musikalischen Halbton (zwei  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle) den größten prozentualen Anteil haben. Die prozentualen Anteile variieren zwischen 73% in der dritten bis vierten Lebenswoche und 47% in der 13.-14. Lebenswoche. Bei den plateauförmigen Melodie-Elementen mit einem  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall-Hub liegt der niedrigste Anteil mit 6% in der fünften bis sechsten Lebenswoche und 15.-16. Lebenswoche vor, der höchste mit 17% in der 13.-14. Lebenswoche. Der Anteil der plateauförmigen Melodie-Elemente mit einem Gesamthub der Grundfrequenz von drei  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen liegt in den ersten vier Wochen zwischen 17% und 18%. In den darauf folgenden Wochen beträgt der prozentuale Anteil zwischen 32% und 40% mit Ausnahme der elften bis zwölften Lebenswoche, wo der Anteil nur 18% ausmacht. Am seltensten waren plateauförmige Melodie-Elemente mit einem Gesamthub der Grundfrequenz von einem musikalischen Ganzton. Lediglich in der ersten bis zweiten (7%), siebten bis achten (2%) und 13.-14. Lebenswoche (2%) lagen plateauförmige Melodie-Elemente mit einem solchen Gesamthub der Grundfrequenz vor.



Alter in Wochen	Anzahl der 1/4-Ton-Intervalle				Gesamt	
	1	2	3	4		
1-2	N	3	18	5	2	28
	%	11	64	18	7	
3-4	N	3	22	5	0	30
	%	10	73	17	0	
5-6	N	2	17	12	0	31
	%	6	55	39	0	
7-8	N	2	13	9	1	25
	%	8	52	36	4	
9-10	N	2	12	10	0	24
	%	8	50	42	0	
11-12	N	2	12	3	0	17
	%	12	71	18	0	
13-14	N	8	22	16	1	47
	%	17	47	34	2	
15-16	N	2	21	11	0	34
	%	6	62	32	0	
<b>Gesamt</b>	N	24	137	71	4	236
	%	10	58	30	2	100

Abb. 29: Gestapeltes Balkendiagramm der prozentualen Anteile der 1/4-Ton Intervalle in 14-tägigen Altersintervallen. Jeder Zeitabschnitt entspricht 100%.

Tabelle 7: Werte der in Abb. 29 dargestellten Balken sowohl für die prozentualen Anteile [%] als auch für die absolute Anzahl [N] der plateau-förmigen Melodie-Elemente in je 14-tägigen Altersabschnitten als auch insgesamt

Der nach Spearman errechnete Korrelationskoeffizient von  $r_s = 0,038$  weist auf eine nicht signifikante Korrelation hin ( $p = 0,559$ ). Dies bedeutet, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz und dem Alter gibt.

#### 4.2.4 Vorkommen von plateauförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typ II) bei einfachen und komplexen Schreien

Nachdem von den Melodie-Elementen des Melodie-Typs II die Parameter lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, Gesamthub der Grundfrequenz und Plateaulänge untersucht und beschrieben wurden, wird im folgenden Abschnitt dargestellt, in welchen Strukturkategorien plateauförmige Melodie-Elemente auftreten.

Die Auswertung der Untersuchung der Strukturkategorie der 236 Schreie ergab, dass die Mehrzahl der plateauförmigen Melodie-Elemente in Schreien der Strukturkategorie 1B zu finden sind. Plateauförmige Melodie-Elemente werden aber auch mit anderen Melodie-Elementen in komplexen Schreien kombiniert. In den folgenden Abbildungen 30 – 35 sind einige Beispiele für einfache und komplexe Schreie aufgeführt, in denen Melodie-Elemente des Melodie-Typs II auftreten.

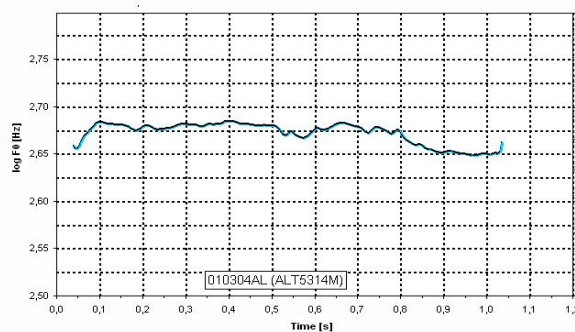


Abb. 30: Schreistruktur 1B bestehend aus Melodie-Typ II.

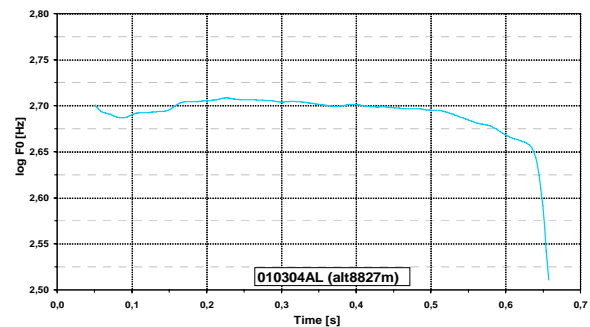


Abb. 31: Schreistruktur 1B bestehend aus Melodie-Typ II.

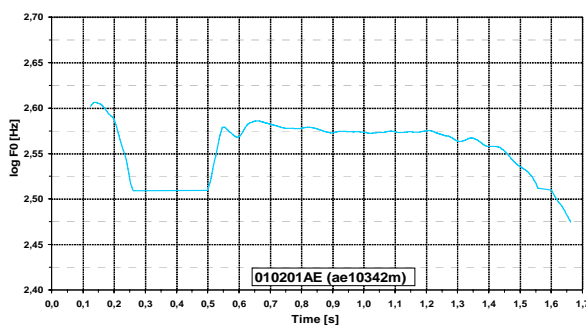


Abb. 32: Schreistruktur SL mit Melodie-Typ Ia und Melodie-Typ II.

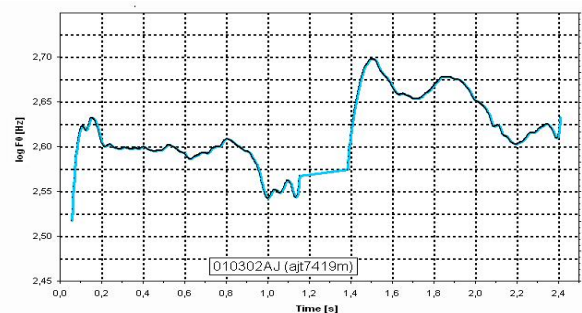


Abb. 33: Schreistruktur SL mit Melodie-Typ II und 3 Bögen.

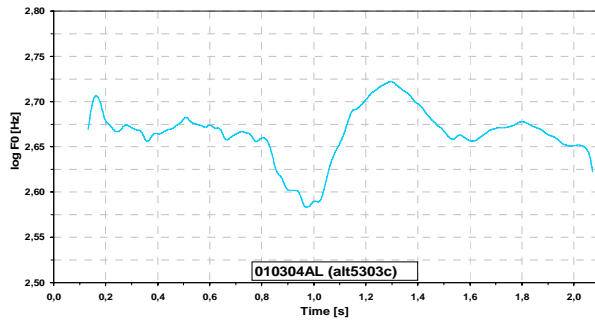


Abb. 34: Schreistruktur MB bestehend aus Melodie-Typ II und zwei mal Melodie-Typ Ia. Auch wenn im 3. Bogen der Hub sehr gering ist, ist der Grundfrequenzverlauf symmetrisch und entspricht somit dem Melodie-Typ Ia.

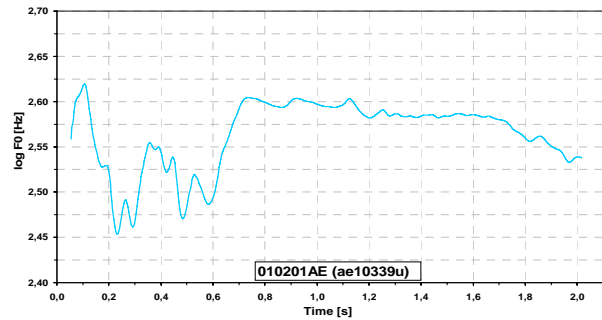


Abb. 35: Schreistruktur KS mit anfänglich ausgeprägter Grundfrequenzmodulation, gefolgt vom Melodie-Typ II. Auf der y-Achse ist jeweils die log. Grundfrequenz in [Hz] und auf der x-Achse die Zeit in [s] angegeben.

In Abb. 36 wurden die prozentualen Anteile der vier aus harmonischen Schreien bestehenden Strukturkategorien (1B, MB, SL und KS), mit und ohne plateauförmige Melodie-Elemente dargestellt. Die einfachen Schreie (1B) der Gruppe ‚mit plateauförmigem Melodie-Element‘ bestehen alle aus Melodie-Elementen des Typ II. Die Gruppe ‚ohne plateauförmiges Melodie-Element‘ beinhaltet ausschließlich Schreie die aus Melodie-Elementen der Typen Ia, Ib oder –Ib bestehen. In der Gruppe komplexen Schreien (MB, SL, KS) ‚mit plateauförmigem Melodie-Element‘ werden all jene Schreie berücksichtigt, in denen Melodie-Elemente vom Typ II mit Melodie-Elementen der Typen Ia, Ib oder –Ib innerhalb eines Schreies kombiniert werden. Bei den komplexen Schreien ‚ohne plateauförmiges Melodie-Elemente‘ werden nur Elemente der Typen Ia, Ib oder –Ib innerhalb eines Schreies miteinander kombiniert.

Für die Berechnung und den Vergleich der prozentualen Anteile wurden die Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen gleich 100% gesetzt. Für die Berechnung der prozentualen Anteile der Schreie ohne plateauförmige Melodie-Elemente wurde die Anzahl der Schreie je Strukturkategorie zugrunde gelegt, die in der Strukturanalyse (Kap. 3.1.) ermittelt worden waren. Hiervon wurde wiederum bei jeder Strukturkategorie die Anzahl der Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen abgezogen. Die Gesamtheit der Schreie ohne plateauförmige Melodie-Elemente wurde ebenfalls gleich 100% gesetzt. Bei dieser Untersuchung wurden nur die Strukturkategorien die aus harmonischen Schreien bestehen (1B, MB, SL und KS) berücksichtigt. In den Schreien mit Rauschstrukturen ist der Grundfrequenzverlauf nicht beurteilbar, somit kann keine Aus-

sage darüber getroffen werden, ob hier plateauförmige Melodie-Elemente auftreten. Die Strukturkategorien KL und RS wurden nicht dargestellt.

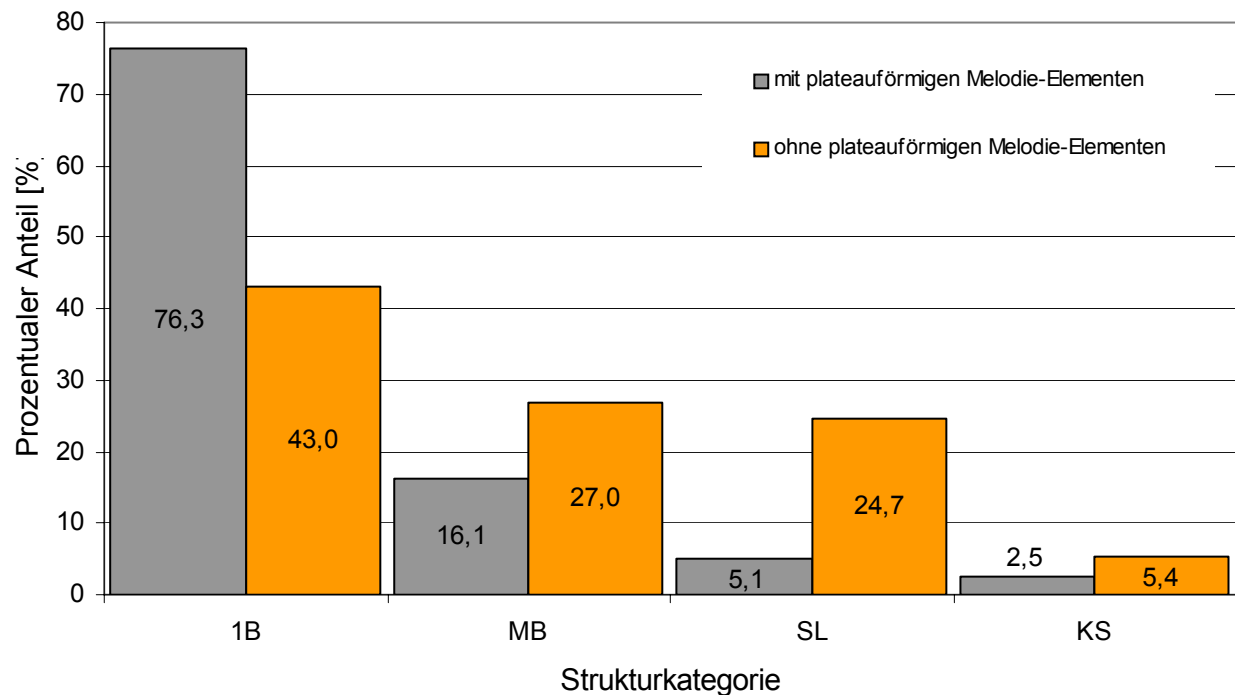


Abb. 36: Balkendiagramm der prozentualen Anteile der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS bei plateauförmigen (N = 236) und bogenförmigen Melodie-Elementen (N = 5248). Die Zahlen in den Balken geben den jeweiligen prozentualen Anteil der entsprechenden Struktur wieder.

76,3% (N = 180) der Schreie mit Melodie-Elementen des Melodie-Typs II haben eine einfache Struktur (1B). Bei den Schreien mit bogenförmigen Melodie-Elementen entsprechen 43,0% (N = 2255) der Strukturkategorie 1B. Der prozentuale Anteil an Mehrfachbögen (MB) mit plateauförmigen Melodie-Elementen beträgt 16,1% (N = 38), bei MB mit ausschließlich bogenförmigen Melodie-Elementen liegt der Anteil bei 27,0% (N = 1415). Bei 5,1% (N = 12) der segmentierten Laute (SL) werden plateauförmige mit bogenförmigen Melodie-Elementen kombiniert. 24,7% (N = 1296) der Schreie sind SL in denen die Melodie-Typen Ia, Ib und -Ib miteinander kombiniert werden. 2,5% (N = 6) der Schreie mit komplexer Struktur enthielten plateauförmige Melodie-Elemente, 5,4% (N = 282) dieser Kategorie enthielten ausschließlich bogenförmige Melodie-Elemente.

Die Untersuchung in Kap. 4.1.1 hat gezeigt, dass die komplexen Schreie (MB, SL, KS) gegenüber den einfachen Schreien (1B) überwiegen. Die Untersuchung der Auftrittshäufigkeiten der einfachen Schreie und der komplexen Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen ergab, dass hier die einfachen Strukturen dominieren (Abb. 36). Plateauförmige Melodie-Elemente treten demnach häufiger

alleine in einfachen Schreien (1B) auf, als dass sie mit anderen Melodie-Elementen (1a, 1b oder 1b) in komplexen Schreien kombiniert werden.

#### 4.2.4.1 Anteile der Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen an den Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS

Im Folgenden wurde untersucht, wie groß der Anteil an Schreien mit plateauförmigen Melodie-Elementen an jenen Strukturkategorien ist, die aus einfachen oder komplexen Melodien bestehen.

Jede Strukturkategorie (1B, MB, SL, KS) wurde gleich 100% gesetzt. Im Anschluss wurde der prozentuale Anteil der Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen und der ohne plateauförmigen Melodie-Elementen je Strukturkategorie berechnet und in Form eines gestapelten Balkendiagramms dargestellt (Abb. 37). Der prozentuale Anteil der Schreie mit plateauförmigen Melodie-Elementen beträgt bei Strukturkategorie 1B 7,4% (N = 180), bei den Mehrfachbögen (MB) 2,6% (N = 38). Der prozentuale Anteil bei den segmentierten Lauten (SL) beträgt 0,9% (N = 12) und bei den komplexen Strukturen (KS) 2,1% (N = 6). Bei dieser Untersuchung ist zu berücksichtigen, dass die Melodie-Elemente vom Typ II drei einfachen Melodie-Element-Typen (1a, 1b, -1b) gegenübergestellt werden.

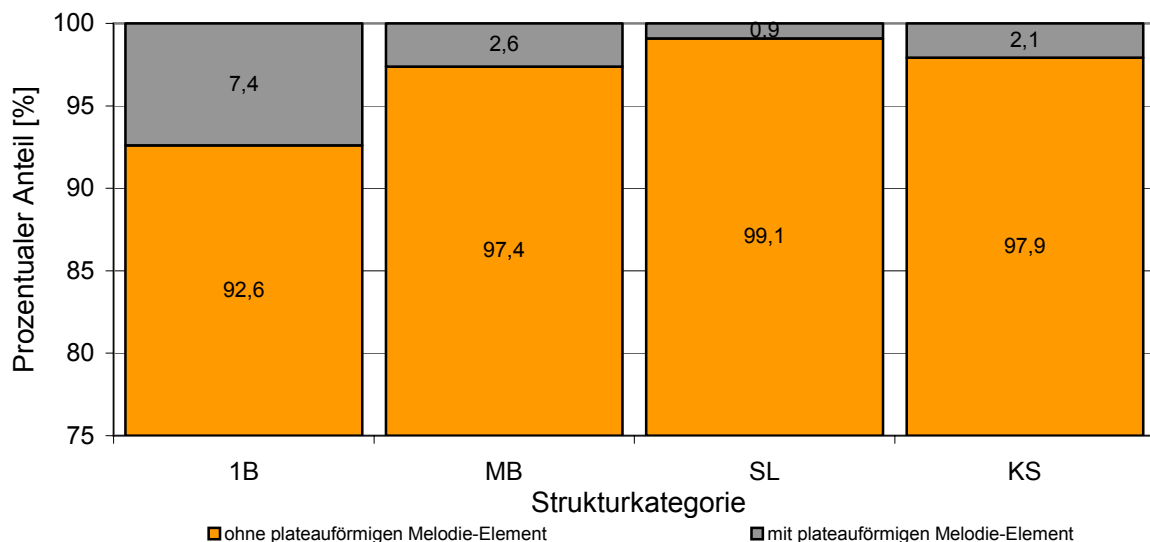


Abb. 37: Gestapeltes Balkendiagramm zur Darstellung der prozentualen Anteile der Strukturkategorien 1B, MB, SL und KS für Schreie mit plateauförmigen (grau) und ohne plateauförmigen Melodie-Elementen (orange).

Die in den Balken angegebenen Zahlen geben den prozentualen Anteil wieder. Jede Strukturkategorie wurde gleich 100% gesetzt. Aus Gründen der besseren Veranschaulichung stellt die y-Achse den Bereich von 80-100% dar.

### **4.3 EIGENSCHAFTEN DER BOGENFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTE (MELODIE-TYP Ia, Ib UND -Ib)**

In Kap. 4.2 wurden die plateauförmigen Melodie-Elemente (Melodie-Typ II) hinsichtlich ihrer Frequenzmodulation und ihrer Längeneigenschaften untersucht. Im vorliegenden Kapitel werden diese Untersuchungen in analoger Weise für die bogenförmigen Melodie-Elemente (Melodie-Typ Ia, Ib, -Ib) durchgeführt. Die Daten standen von zehn der 17 hier untersuchten Kinder aus einer anderen Untersuchung im Rahmen des DFG-Teilprojektes „Sprachproduktion - Schreianalyse“ zur Verfügung. Die Einbeziehung dieser Daten ermöglichte eine ergänzende Untersuchung zu den Melodieeigenschaften von Säuglingsschreien und erweitert den Interpretationsrahmen der vorliegenden Arbeit.

Die insgesamt 2089 Melodie-Längen und Gesamthöhe der Melodiebögen aus Schreien dieser zehn Kinder wurden analog zu diesen Größen bei den plateauförmigen Melodie-Elementen analysiert (Kap. 4.2.2. und 4.2.3.).

In einigen Abbildungen werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Melodie-Elemente des Typs Ia, Ib und -Ib denen der Melodie-Elemente des Typs II gegenübergestellt. In diesen Fällen wurden die Ergebnisse von den zehn Kindern sowohl für die plateauförmigen als auch für die bogenförmigen Melodie-Elemente dargestellt. Von den zehn Kindern gehen 120 plateauförmige und 2089 bogenförmige Melodie-Elemente in die Berechnungen und Darstellungen ein.

Da für die folgenden Untersuchungen eine Subgruppe von zehn Kindern genutzt wurde, soll berechnet werden, ob sich die Mediane der untersuchten Parameter in beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. Hierfür wurden die Kinder in zwei Gruppen geteilt: a) zehn Kinder, die mit den Kindern aus der DFG-Untersuchung übereinstimmen und b) die restlichen sechs Kinder von den 16 die in Kap. 4.2 untersucht wurden. Die Medianwerte der untersuchten Parameter lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, Gesamthöhe der Grundfrequenz und Plateaulänge von zehn Kindern mit 120 plateauförmigen Melodie-Elementen und sechs Kindern mit 116

plateauförmigen Melodie-Elementen wurden mit dem U-Test nach Mann und Whitney verglichen.

Lediglich für die Plateaulänge muss die Nullhypothese, nach der die Eigenschaften aller Schreie gleich sind, zurückgewiesen werden (s. Tabelle 8). Dies bedeutet, dass sich beide Gruppen (10/6 Kinder) hinsichtlich der Länge der plateauförmigen Melodie-Elemente signifikant ( $p = 0,026$ ) voneinander unterscheiden. Die Untersuchungen in Kap. 4.2 hatten bereits gezeigt, dass bei den Plateaulängen sowohl eine große intraindividuelle Variabilität als auch eine große Streuung gegeben ist. Auf diese Faktoren wird der hier gefundene signifikante Unterschied der Plateaulänge bei den beiden untersuchten Gruppen zurückgeführt.

Tabelle 8: Ergebnisse des Mann-Whitney-Tests für den Vergleich der Medianwerte der Parameter Plateaulänge, lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation, Gesamthub von plateauförmigen Melodie-Elementen von 10 vs. 6 Kinder.

	N- Kinder	N- Schreie	Mittlerer Rang	Rang-summe	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Plateaulänge [ms]	10	120	108,77	13052,5	5792,5	13052,5	-2,2267	0,0260
	6	116	128,56	14913,5				
LKF <sub>0</sub> M	10	120	114,99	13798,5	6538,5	13798,5	-0,8039	0,4215
	6	116	122,13	14167,5				
Gesamthub	10	120	118,39	14207	6947	14207	-0,0281	0,9775
	6	116	118,61	13759				

#### 4.3.1 Untersuchung der Bogenlängen und deren Vergleich mit den Plateaulängen

Analog zu den Untersuchungen der Plateaulängen in Kap. 4.2.2 wird nachfolgend analysiert, wie die Längen der bogenförmigen Melodie-Elemente (Bogenlängen) verteilt sind und ob Veränderungen der Bogenlängen mit zunehmendem Alter auftreten. Die Bogenlängen werden mit Plateaulängen verglichen.

In einem Histogramm (Abb. 38) wurden die prozentualen Anteile der Bogen- bzw. Plateaulängen der Melodie-Elemente in 150 ms Intervallen aufgetragen. Bei den bogenförmigen Melodie-Elementen liegt eine Häufung der Bogenlängen zwischen 151 ms und 750 ms vor. Das kürzeste Melodie-Element ist 70,1 ms lang (als Melodie-Element innerhalb eines Schreies der Strukturkategorie MB), das längste 2463,7 ms.



Bogenförmige Melodie-Elemente mit einer medianen Länge von 426 ms sind im Mittel länger als plateauförmige Melodie-Elemente mit einer medianen Länge von 380 ms. Bei den bogenförmigen Melodie-Elementen waren Bogenlängen zwischen 301 ms und 450 ms am häufigsten (32,8%, N = 685), gefolgt von bogenförmigen Melodie-Elementen mit einer Länge zwischen 451 ms und 600 ms (20,4%, N = 426), bzw. mit einer Länge zwischen 151 ms und 300 ms (20,3%, N = 424). Die bogenförmigen Melodie-Elemente mit Längen bis 150 ms haben einen Anteil von 1,7% (N = 36) an der Gesamtheit der bogenförmigen Melodie-Elemente. 12,1% der untersuchten bogenförmigen Melodie-Elemente haben eine Länge zwischen 601 ms und 750 ms (N = 253). Die restlichen 265 bogenförmigen Melodie-Elemente (12,7%) haben eine Länge von über 750 ms.

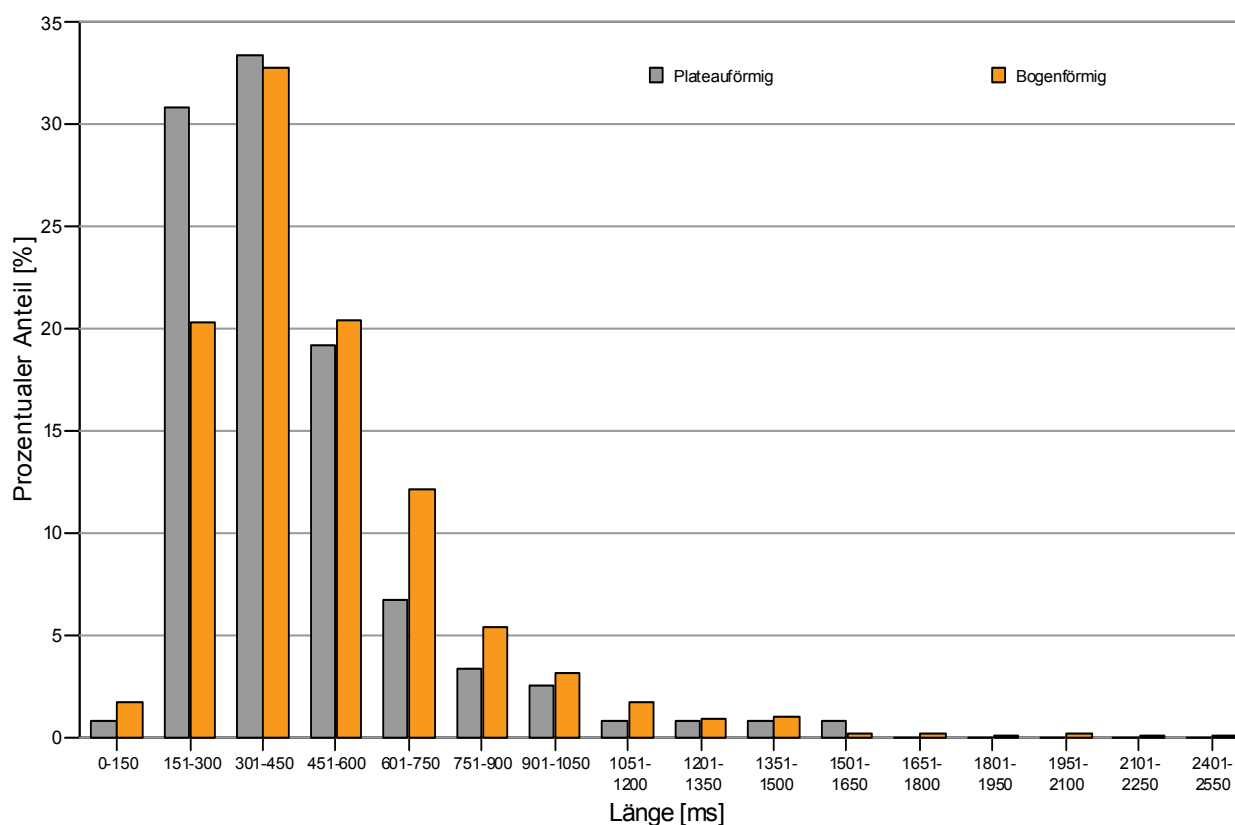


Abb. 38 Histogramm der relativen Verteilung der Häufigkeiten der Melodie-Element-Längen. Es sind die Daten für die plateauförmigen (N = 120) und bogenförmigen Melodie-Elemente (N = 2089) angegeben.

Bei den plateauförmigen Melodie-Elementen lag der höchste prozentuale Anteil der Gesamtheit der Plateaulängen zwischen 301 ms und 450 ms (33,3%, N = 40), gefolgt von den plateauförmigen Melodie-Elementen mit Längen zwischen 151 ms und 300 ms (31,7%, N = 38). Zwischen 451 ms und 600 ms lang waren 19,2% der gemessenen

plateauförmigen Melodie-Elemente (N = 23). 6,67% der plateauförmigen Melodie-Elemente (N = 8) hatten eine Länge zwischen 601 ms und 750 ms. Nur eins der untersuchten plateauförmigen Melodie-Elemente (0,83%) hatte eine Melodielänge von 150 ms und gehört somit in das Intervall 0-150 ms. 9,2% der plateauförmigen Melodie-Elemente (N = 11) hatten eine Länge von über 750 ms.

Beide Verteilungen sind asymmetrisch, die Verteilung der Längen der bogenförmigen Melodie-Elemente ist breiter und ihre Flanken fallen weniger steil ab. Die Maxima der Verteilungen sind identisch (301 ms - 450 ms).

Die Ergebnisse der Analyse einer eventuellen Altersabhängigkeit der Längen der Melodie-Elemente sowohl von den bogenförmigen (N = 2089) als auch von den plateauförmigen Melodie-Elementen (N = 120) sind in Form von Boxplots in Abb. 39 dargestellt.

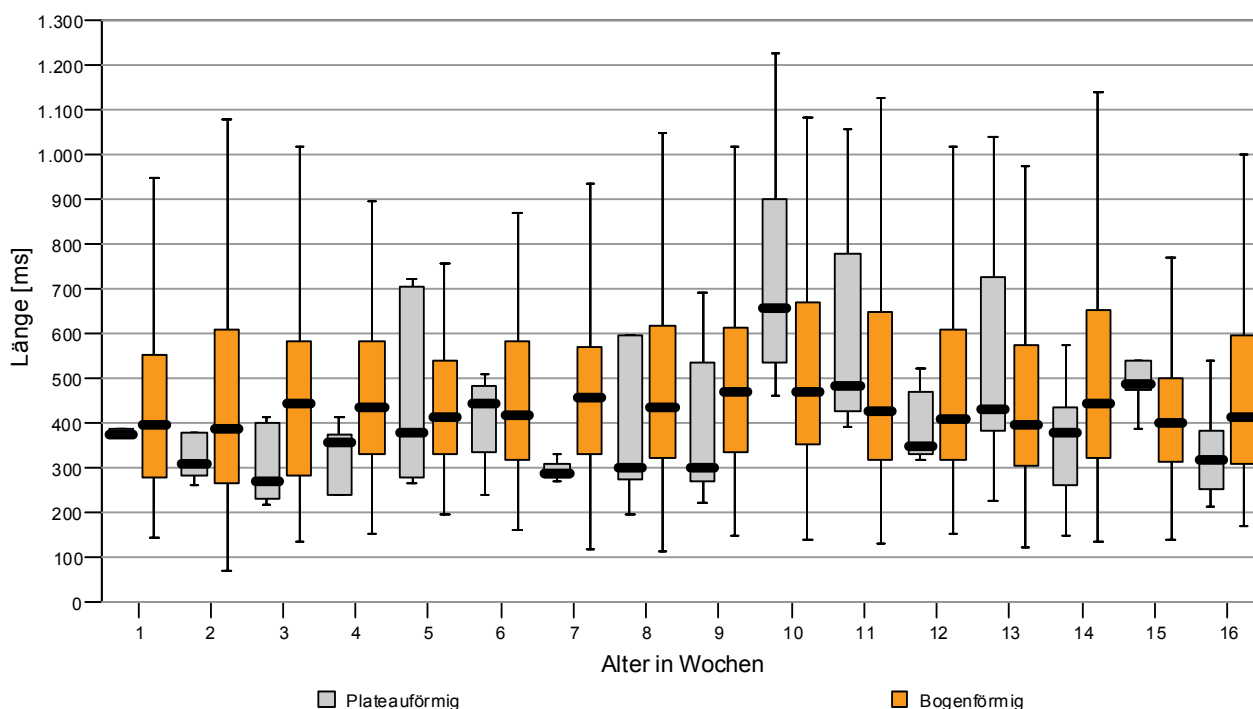


Abb. 39: Altersabhängige Darstellung der Längen der plateauförmigen (N = 120) und der bogenförmigen (N = 2089) Melodie-Elemente in Form von Boxplots.

Die schwarze Markierung in der Box kennzeichnet die Lage des Medians, die untere Grenze der Box kennzeichnet den 25%-Perzentil, die obere Grenze den 75%-Perzentil. Die dünnen Querstriche unter- und oberhalb der Box geben den kleinsten bzw. den größten Wert an, der noch keinen Ausreißer oder Extremwert<sup>10</sup> darstellt. Die orangefarbenen Boxen stehen für bogenförmige, die grauen für plateauförmige Melodie-Elemente.

<sup>10</sup> Siehe Fußnote 9

Der Median aller gemessenen Bogenlängen über den gesamten Untersuchungszeitraum beträgt 426 ms, wobei die Werte der wöchentlichen Mediane zwischen 386 ms in der zweiten und 470 ms in der neunten Lebenswoche variieren. Während der ersten zwei Lebenswochen und in der 13. Lebenswoche liegt der Median der Bogenlängen unter 400 ms. In den anderen 13 Wochen variiert dieser Wert zwischen 470 ms in der neunten Woche und 402 ms in der 15. Woche.

Der Median der Plateaulängen über alle 16 Wochen beträgt 380 ms und variiert zwischen 270 ms in der dritten und 656 ms in der zehnten Lebenswoche. Die Streuung der wöchentlichen medianen Plateaulängen ist breiter als bei den Bogenlängen (vgl. auch ausführliche Untersuchung der Plateaulängen von den Melodie-Elementen von 16 Kindern in Kap. 4.2.2).

Die Berechnung der Korrelationen nach Spearman ergab keinen linearen Zusammenhang zwischen den Bogenlängen und dem Alter ( $r_s = 0,013$ ,  $p = 0,544$ ,  $N = 2089$ ). Auch bei den plateauförmigen Melodie-Elementen wurde keine signifikante lineare Korrelation zwischen der Plateaulänge und dem Alter gefunden (s. Kap. 4.2.2).

Das Ergebnis des altersabhängigen Vergleiches der Medianwerte der Bogenlängen mittels Kruskal-Wallis-Test lag gering über dem Signifikanzniveau ( $p = 0,054$ ,  $\chi^2 = 24,68$ ,  $df = 15$ ,  $N = 2089$ ). Dies bedeutet, dass sich trotz der Streuung der Bogenlängenwerte, die medianen Bogenlängen in den einzelnen Wochen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Untersuchung der Medianwerte der Plateaulängen in Kap. 4.2.2 hatte auch für diese Melodie-Elemente gezeigt, dass sich die Plateaulängen altersabhängig nicht signifikant unterscheiden.

#### **4.3.2 Messung des Gesamthubes der Grundfrequenz bei bogenförmigen Melodie-Elementen und Vergleich mit den Messungen bei plateauförmigen Melodie-Elementen**

Bei den Schreien mit bogenförmigen Melodie-Elementen wurde untersucht, wie sich die gemessenen Gesamthübe der Grundfrequenz der Melodie-Bögen auf einer in  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen skalierten Hubskala verteilen. Die Umrechnung des Gesamthubes der Grundfrequenz in  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle erfolgte wie in Kap. 3.6 beschrieben.

Der Bereich der Gesamthöhe der Grundfrequenz der bogenförmigen Melodie-Elemente liegt zwischen zwei  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen und 40  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen. Es kann gezeigt werden, dass bei 95,4% (N = 1993) der bogenförmigen Melodie-Elemente ein relativer Gesamthub der Grundfrequenz von bis zu fünf musikalischen Ganztönen (20  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen) vorliegt (Abb. 40). Bei den restlichen 4,6% der bogenförmigen Melodie-Elemente (N = 96) liegt der Gesamthub der Grundfrequenz in einem Bereich zwischen 21  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen und 40  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen. Ein Hub von nur einem  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall wurde bei keinem der analysierten bogenförmigen Melodie-Elemente gefunden.

Die im Vergleich dazu dargestellten Gesamthöhe der plateauförmigen Melodie-Elemente liegen zwischen einem  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall und einem musikalischen Ganzton (Abb. 40).

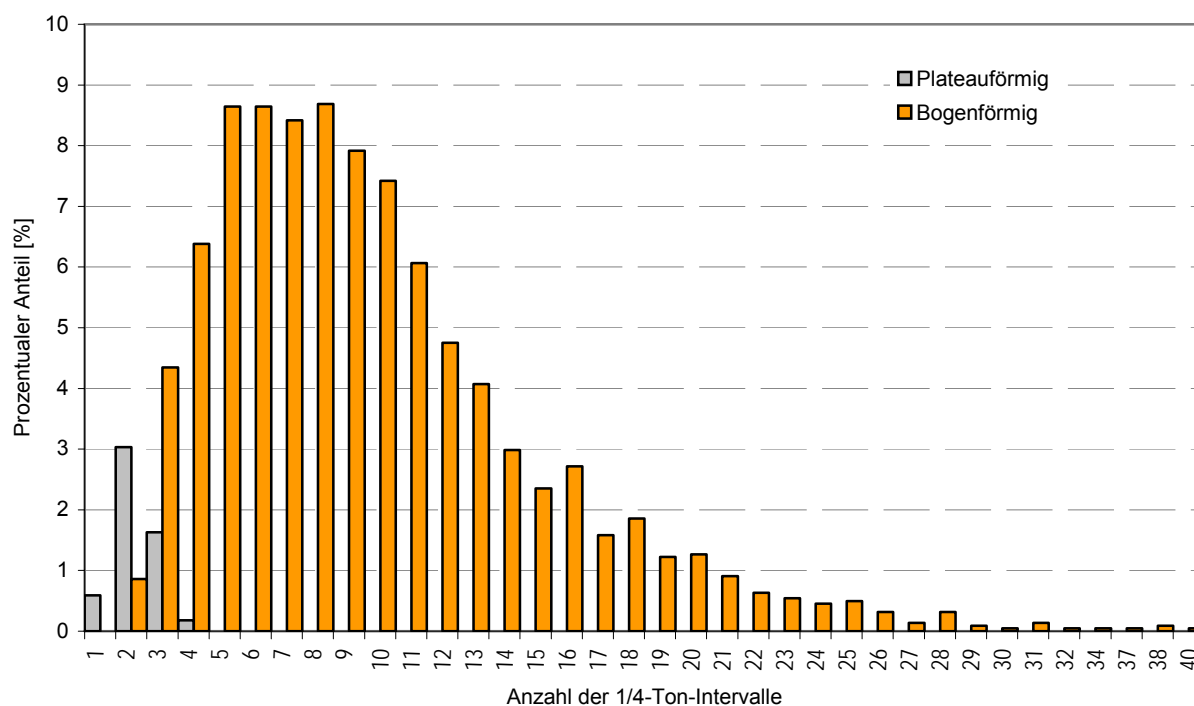


Abb. 40: Histogramm der Verteilung der prozentualen Anteile der Gesamthöhe pro  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervall für bogenförmige Melodie-Elemente (N = 2089, orange) und plateauförmige Melodie-Elemente (N = 120, grau).

Die Gesamtverteilung liefert ein gut zusammenhängendes Bild, ist asymmetrisch und sowohl bei den plateauförmigen Melodie-Elementen als auch bei den bogenförmigen Melodie-Elementen monomodal.

#### 4.3.2.1 Zusammenhang zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Länge bei bogenförmigen Melodie-Elementen

Analog zu den plateauförmigen Melodie-Elementen wurde nachfolgend untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz und der Länge bei bogenförmigen Melodie-Elementen der Melodie-Typen Ia, Ib und -Ib gefunden werden kann. Die Darstellung der medianen Bogenlängen in Form von Boxplots (Abb. 41) zeigt eine stetige Zunahme der Medianwerte der bogenförmigen Melodie-Elementlänge mit Vergrößerung des Gesamthubes der Grundfrequenz der bogenförmigen Melodie-Elementlängen bis in den Bereich von 3 Ganztönen (12  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen). Bei Gesamthüben zwischen 13  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen und 23  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen variieren die Medianwerte der bogenförmigen Melodie-Elementlängen im Bereich von 400 ms - 600 ms. Bei bogenförmigen Melodie-Elementen, deren Gesamthub der Grundfrequenz 24  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle oder mehr beträgt, liegen die Medianwerte der bogenförmigen Melodie-Elementlängen bis auf eine Ausnahme (34  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle) über 600 ms.

Die nach Spearman analysierte Korrelation ergab einen linearen Zusammenhang ( $r_s = 0,380$ ) zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz und der Länge der bogenförmigen Melodie-Elemente, der mit  $p < 0,001$  ( $N = 2089$ ) hochsignifikant ist. Ein ähnlicher Zusammenhang konnte bereits bei den plateauförmigen Melodie-Elementen gefunden werden (4.2.3.1). Auch hier zeigte sich ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen den Gesamthüben und der Länge der plateauförmigen Melodie-Elemente.

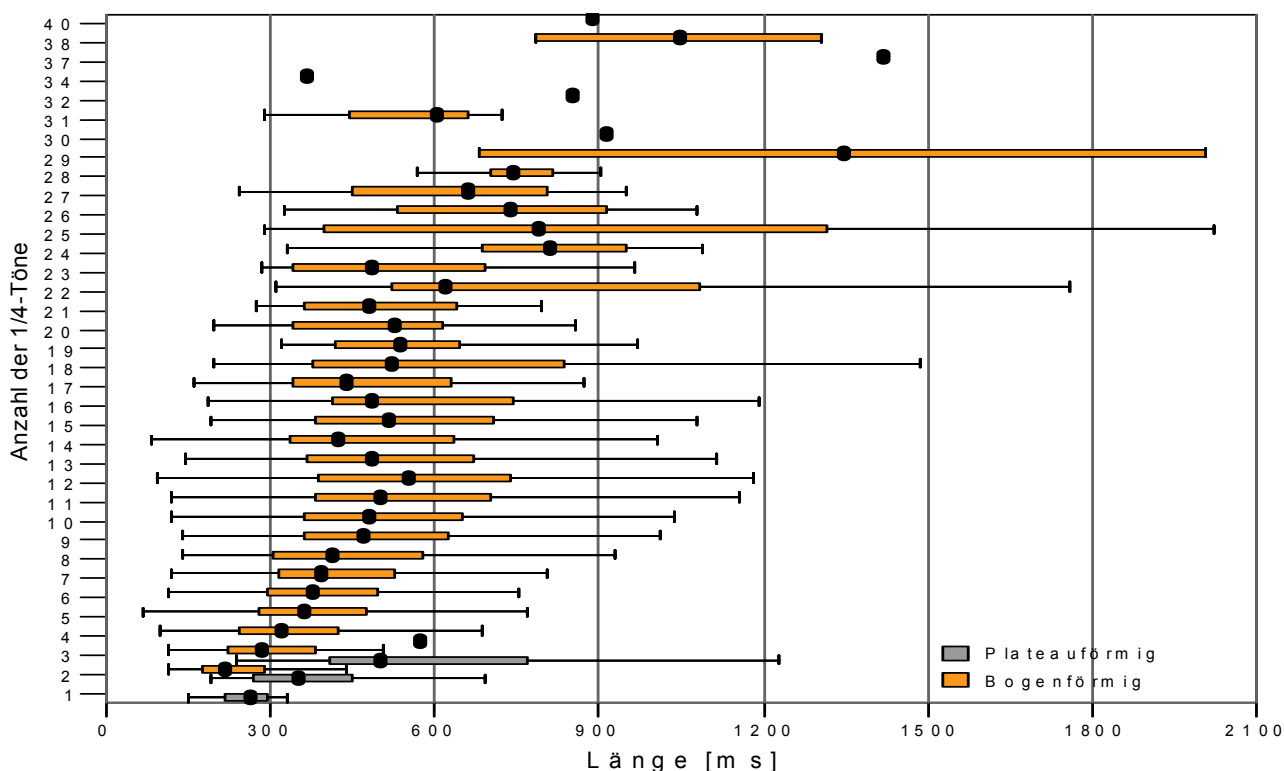


Abb. 41: Boxplot über die Längen der bogenförmigen Melodie-Elemente (orange) (N = 2089) bzw. der plateauförmigen Melodie-Elemente (grau) (N = 120) vs. relativer Gesamthub in  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervallen. Die schwarze Markierung in der Box kennzeichnet die Lage des Medians, die linke Grenze der Box kennzeichnet den 25%-Perzentil, die rechte Grenze den 75%-Perzentil. Die dünnen Querstriche links und rechts der Box geben den kleinsten bzw. den größten Wert an, der noch keinen Ausreißer oder Extremwert<sup>11</sup> darstellt.

#### 4.3.2.2 Unabhängigkeit des Gesamthubes der Grundfrequenz vom Alter bei bogenförmigen Melodie-Elementen

Wie in Kap. 4.2.3.2 für die plateauförmigen Melodie-Elemente wird hier für die bogenförmigen Melodie-Elemente untersucht, ob ein linearer Zusammenhang zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz der bogenförmigen Melodie-Elemente und dem Alter besteht.

Die altersabhängige Darstellung der medianen Anzahl der  $\frac{1}{4}$ -Ton-Intervalle im Verhältnis zu dem Alter erfolgt in Form von Boxplots (Abb. 42).

<sup>11</sup> Siehe Fußnote 9

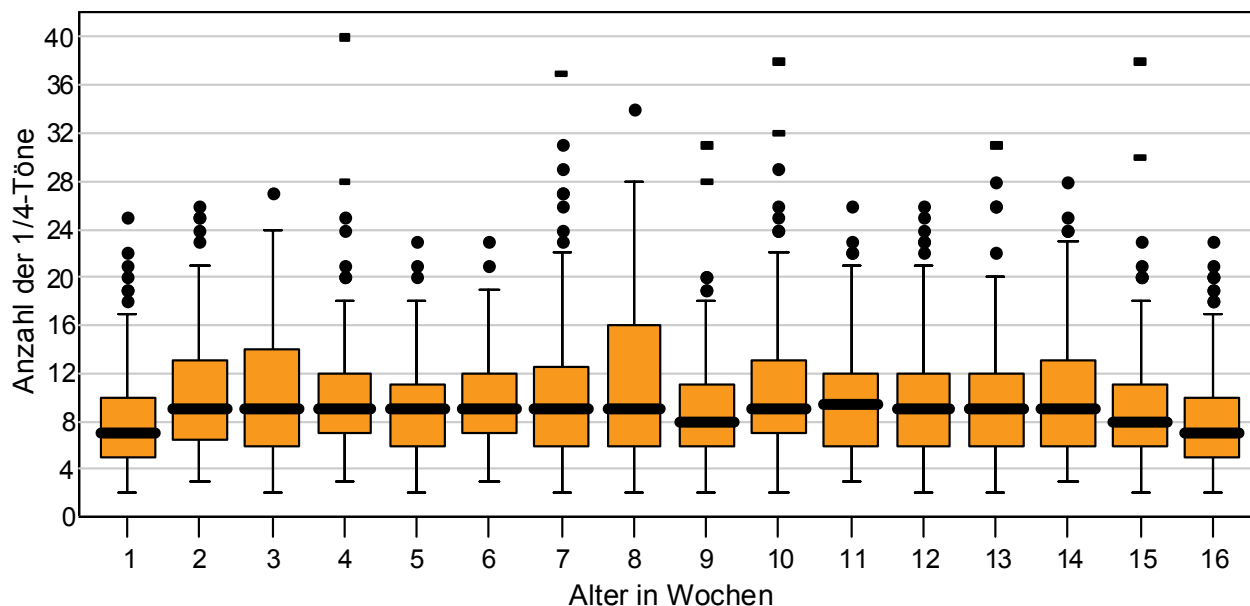


Abb. 42: Boxplot für die Anzahl der ¼-Ton-Intervalle der bogenförmigen Melodie-Elemente gegen das Alter.

Die schwarze Markierung in der Box kennzeichnet die Lage des Medians, die untere Grenze der Box kennzeichnet den 25%-Perzentil, die obere Grenze den 75%-Perzentil. Die dünnen Querstriche unter- und oberhalb der Box geben den kleinsten bzw. den größten Wert an der noch keinen Ausreißer (•) oder Extremwert (■) darstellt.

Bereits die dargestellte Verteilung der Medianwerte der Anzahl der ¼-Ton-Intervalle der bogenförmigen Melodie-Elemente deutet auf keinen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Alter, was durch den nach Spearman berechneten Korrelationskoeffizienten bestätigt wird ( $r_s = -0,036$ ,  $p = 0,097$ ,  $N = 2089$ ). Wie auch bei den plateauförmigen Melodie-Elementen (s. Kap. 4.2.3.2) ist der lineare Zusammenhang nicht signifikant.

## 5 DISKUSSION

### 5.1 WELCHE AUFTRITTSHÄUFIGKEITEN ZEIGEN DIE SECHS STRUKTURKATEGORIEN UND KOMMT ES ZU EINER ENTWICKLUNGSBEDINGTEN VERÄNDERUNG DER RELATIVEN HÄUFIGKEIT INNERHALB EINER STRUKTURKATEGORIE?

Anhand des Verlaufs der Grundfrequenz bei Säuglingsschreien definierten Wasz-Höckert et al. (1968) fünf Melodie-Typen: fallend, steigend, steigend-fallend, fallend-steigend und flach (s. auch Kap. 5.2., S. 77).

Auf der Grundlage der so definierten und klassifizierten Säuglingsschreie wurde in Schreistudien das Schreirepertoire beschrieben und die prozentualen Anteile der definierten Melodie-Typen in Abhängigkeit von der Schreieursache (z.B. Schmerz-, Hunger- oder Geburtsschrei) untersucht (u.a. Michelsson, 1971; Michelsson et al., 1983, 1984).

Da bei sehr intensiven Schreien (z.B. Hunger- oder Schmerzscreie) nur selten komplexe Melodiemuster zu finden sind, konnte eine Klassifizierung der Schreie auf der Basis dieser fünf einfachen Melodie-Typen durchgeführt werden.

Komplexe Melodiemuster treten hingegen regelmäßig im Weinen auf, das in seiner Intensität gemindert ist. Diese Laute werden auch als mitigierte Schreie, 'nondistress vocalization' oder 'comfort-state vocalization' bezeichnet.

In einer Longitudinalstudie die Murry et al. (1983) über 12 Wochen mit einem Säugling durchführten, teilten sie die Schreie in drei Kategorien ein: Hungerschrei (hungry cry), Unwohlsein (discomfort cry) und spontane/mitigierte Schreie (nondistress cry) ein. Unabhängig von der Schreieursache wurden neben einfachen auch komplexere Melodie-Typen (steigend-fallend-steigend, fallend-steigend-fallend) beschrieben.

Kent und Murray (1982) beschreiben in einer Untersuchung über comfort-state vocalizations bei Säuglingen mit drei, sechs und neun Monaten neben den fünf einfachen Melodiemustern auch Schreie mit einem steigend-fallend-steigend-fallenden Grundfrequenzverlauf und komplexe Melodieverläufe, in denen zwei oder mehr der fünf einfachen Melodiemuster innerhalb einer Vokalisation kombiniert werden



Im Rahmen einer longitudinalen Zwillingsstudie konnte Wermke (2002) erstmalig nachweisen, dass es im Verlauf der ersten Lebenswochen zu einer uni-direktionalen Entwicklung von einfachen zu zunehmend komplexeren Melodien kommt. Damit wurde belegt, dass es sich bei den in vorhergehenden Studien episodenhaft beobachteten komplexen Melodien nicht um zufällige Lautbildungen handelt, sondern um Bestandteile einer systematischen Entwicklung. Es scheint ein Entwicklungsprogramm zu existieren, dass die Generierung zunehmend komplexerer Melodien in den ersten vier bis sechs Lebensmonaten bewirkt. Wermke konnte ebenfalls zeigen, dass dieser Komplexitätszunahme ein modulares Bauprinzip zugrunde liegt. Als Module, bzw. Protomodule definiert Wermke einfache Melodie-Elemente (Melodie-Typen Ia, Ib, -Ib und II), welche durch freie Kombination innerhalb eines Schreies zu komplexen Vokalisationen führen (s. Wermke 2002 und Kap. 3.5, Abb. 3, S. 19 und Abb. 4, S. 20).

„ Die (...), angeborenen  $F_0$ -Muster entsprechen zunächst noch sogenannten Protomodulen. Mit Protomodulen bezeichne ich Melodietypen als spontan efferierte Rohbausteine, die durch kontinuierliche Entwicklung und Stabilisierung, unter Einbeziehung von Lernprozessen, im Verlauf der ersten Lebensmonate zu fertigen Bausteinen, den Modulen, heranreifen. Der Unterschied zwischen Modulen und Protomodulen besteht darin, dass letztere noch Folge einfachen Ausprobierens der an der Schreiproduktion beteiligten „Stellgrößen“ sind (...). Die Protomodule müssen stabilisiert und teilweise auch modifiziert werden, bis sie letztendlich zur intentionalen Anwendung zur Verfügung stehen. (s. Wermke 2002, S. 124)

Die komplexen Melodien fasst Wermke in einem separaten Melodie-Typ (Melodie-Typ IV) als „...beliebige Kombinationsmuster aus den Melodietypen Ia, Ib, -Ib, II und III sowie zusätzliche Segmentierungen durch fehlende Energie...“ zusammen (s. Wermke, 2002, Tabelle 8, S. 42).

Ausgehend von dieser Einteilung wurden in der vorliegenden Arbeit harmonische Schreie der Melodie-Typen Ia, Ib, -Ib und II, mit nur einem Melodie-Element, in der Kategorie der einfachen Schreie (Strukturkategorie 1B) zusammengefasst. Komplexe, harmonische Schreie des Melodie-Typs IV wurden noch einmal unterteilt in drei Strukturkategorien (MB, SL und KS) (s. Kap. 3.5).

In der Zwillingsstudie konnte Wermke zeigen, dass zwischen den Zwillingen eine hohe Konkordanz hinsichtlich der altersabhängigen Auftrittshäufigkeit der einzelnen Melodie-Typen besteht.

Auch bei einer Klassifizierung der Schreie anhand der melodischen Struktur, wie sie in der vorliegenden Studie durchgeführt wurde, zeigten die Säuglinge keine statistischen Unterschiede hinsichtlich der altersabhängigen Verteilung der Anteile je Strukturkategorie.

Diese hier gefundene Übereinstimmung bezüglich der individuellen Anteile der Strukturkategorien stützen die Annahme von Wermke (2002, S. 138) „...eines genetisch determinierten Entwicklungsprogramms....“ bei der Entwicklung komplexer Melodiemuster.

Auch in anderen Studien wurden Hinweise auf eine genetische Komponente bei der Entwicklung von Säuglingsschreien gefunden und diskutiert. Aus Arbeiten über Schmerzscreie und deren melodischen Eigenschaften ist bekannt, dass Säuglinge mit chromosomalen Aberrationen eine andere Auftrittshäufigkeit und Verteilung der von Wasz-Höckert definierten Melodie-Typen zeigen als die Kontrollgruppe. Am auffälligsten ist, dass - teils signifikant - mehr ‚flache‘ Schreie generiert werden als bei unauffälligen Säuglingen (z.B. J. Lind et al., 1970; Michelsson et al., 1980; s. a. Kap. 5.2, S. 78)

Hinweise für die Relevanz der Gene bei Spracherwerbsstörungen fanden Enard et al., 2002 mit der Charakterisierung des FOXP2-Gen auf Chromosom 7. In der als KE-Familie bekannten Familie wurde bei mehreren Mitgliedern eine Mutation auf dem FOXP2-Gen lokalisiert; alle Betroffenen weisen eine verbale Dyspraxie (schwere Artikulationsstörungen sowie linguistische und grammatikalische Beeinträchtigungen) auf.

Die im Zusammenhang mit Dyslexie stehenden Gene auf Chromosom 2 und 7 sind ein weiterer Hinweis für eine spezifische genetische Komponente beim Spracherwerb bzw. bei der Entstehung von Spracherwerbsstörungen (Kaminen et al., 2003).

Ähnlich wie auch in den Arbeiten von Wermke (2002, 2004) konnte im Untersuchungszeitraum ein Vorherrschen komplexer Melodien ab der zweiten Lebenswoche sowie eine leichte Zunahme der Anteile der komplexen Schreie gegenüber den Anteilen der einfachen Schreie beobachtet werden (s. Abb. 19., S. 45).

Eine deutlichere Zunahme der Anteile der komplexen Schreie gegenüber den einfachen Schreien würde sich voraussichtlich zeigen, wenn der Untersuchungszeitraum verlängert würde (z.B. die ersten neun Lebensmonate).

Diese Entwicklung hin zu komplexeren Melodie-Strukturen erfolgt wahrscheinlich auf zwei Ebenen: Zum einen nimmt der relative Anteil der komplexen Schreie zu, zum anderen nimmt die Anzahl der Melodie-Elemente innerhalb eines Schreies zu. Hierfür spricht, dass die wöchentlichen Anteile je Strukturkategorie keine signifikante Veränderung im Untersuchungszeitraum zeigen.

Aus Untersuchungen im Rahmen der Arbeitsgruppe „Sprachproduktion – Schreianalyse“ in der GLaD- Studie ist bekannt, dass die Anzahl der Melodie-Elemente innerhalb eines Lautes mit zunehmenden Alter zunimmt (Wermke et al., 2002 und 2003).

Die Auswertung der Anzahl der Melodie-Elemente innerhalb eines komplexen Schreies wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Die Untersuchung dieser ‚quantitativen‘ Entwicklung, so zeigt die vorliegende Arbeit, scheint aber ein interessanter Aspekt der Melodieentwicklung zu sein, der in weiterführenden Studien unbedingt berücksichtigt werden sollte.

Untersuchungen der Ontogenese frühkindlichen Verhaltens zeigten eine Diskontinuität in der Entwicklung und dem Erwerb unterschiedlicher Verhaltensweisen oder Fähigkeiten (van de Rijt-Plooij/Plooij, 1992). Die als Regressions- oder Reorganisationsphasen bezeichneten Diskontinuitäten wurden mit Phasen zerebraler Neu- und Umorganisation in Zusammenhang gebracht. Zu den gleichen Zeitpunkten, in denen das Auftreten von Regressionsphasen von Van de Rijt-Plooij & Plooij beschrieben wurde (um die vierte, achte und zwölfte Lebenswoche) konnte auch bei der Entwicklung der Schreieigenschaften eine Diskontinuität beobachtet werden (Wermke/Mende, 1992; Wermke/Mende, 1994; Wermke, 2002). In den von Wermke und Mende analog zu Phasen der Regression bezeichneten Phasen der Integrationslatenz wird beschrieben „... daß in bestimmten Wochen plötzlich Schreimelodien erzeugt werden, die entweder im Grad der Komplexität oder im Ausmaß ihrer infrastrukturellen Stabilität weit hinter den in den Wochen vorher erzeugten Melodien zurückbleiben.“ (Wermke, 2002, S. 129). Neben der strukturellen Veränderung der Schreimelodie zu diesen Zeitpunkten konnten auch Veränderungen in der mittleren Grundfrequenz sowie deren Stabilitätsparameter beobachtet werden (Lind, 1999; Lind/Wermke, 1997 und 2002). Das Phänomen der Integrationslatenz wird mit

einer zerebralen Reorganisation im Sinne einer Integration höhergeschalteter zerebraler Strukturen in Zusammenhang gebracht.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die einfachen Schreie (1B) ins Verhältnis zu den komplexen Schreien (MB, SL und KS) gesetzt und der Quotient errechnet. Zu den oben angegebenen Zeitpunkten (vierte, achte und zwölfte Lebenswoche) und zusätzlich in der ersten und sechsten Lebenswoche lag der berechnete Quotient über dem mittleren Quotient von 0,80. In der ersten und vierten Lebenswoche war der Quotient  $> 1$  und drückt aus, dass mehr einfache als komplexe Schreie generiert wurden. In den den Phasen der Integrationslatenz folgenden Wochen (zweite, fünfte und neunte bis elfte und dreizehnte bis sechzehnte Lebenswoche) ist der Quotient  $< 0,8$  und zeigt, dass jetzt komplexere Strukturen deutlicher dominieren als in den Phasen der Integrationslatenz (s. Abb. 19, S. 45). Die vorliegenden Ergebnisse stützen die Beobachtung, dass die Säuglinge nach einer Phase der Regression oder Integrationslatenz neue, komplexere oder besser entwickelte Fähigkeiten aufweisen (u.a. van de Rijt-Plooij & Plooij, 1992; Wermke, 2002).

Interessanterweise zeigte sich, dass in der dritten und siebten Lebenswoche – also unmittelbar vor den als Regressionsphasen bezeichneten Zeitpunkten - die relativen Anteile der Schreie der Strukturkategorie Rausch-Struktur (s. Kap. 3.5 und Kap. 4.1.1.4) weit über dem für diese Strukturkategorie beobachteten durchschnittlichen Anteil im gesamten Untersuchungszeitraum liegt. Rauschbanden entstehen, wenn die Schwingungen der Stimmlippen stark aperiodisch sind, wodurch Turbulenzen entstehen und die harmonische Struktur stark gestört ist. In diesen nichtharmonischen Bereichen ist die Grundfrequenz nicht definiert. Periodisches Schwingen der Stimmlippen setzt eine präzise Steuerung der an der Lautgebung beteiligten neuronalen und anatomischen Strukturen voraus. Es scheint, als ob die Säuglinge in der dritten und siebten Lebenswoche die Strukturen nicht so präzise steuern können wie in den anderen Wochen. Das deutet darauf hin, dass dieses Phänomen im Zusammenhang mit den oben genannten Phasen der Reorganisation zerebraler Strukturen steht. Dafür spricht, dass eine zuvor bereits bestehende Eigenschaft/Fähigkeit (periodisches Schwingen der Stimmlippen, also harmonische Schreie) sich qualitativ verschlechtert. Nach dieser Phase der Reorganisation bzw. Regression oder Integrationslatenz zeigt sich wiederum ein „Erwerb neuer Eigenschaften“ in Form einer deutlichen Erhöhung der Anteile komplexer Schreie.

Der relative Anteil von Melodie-Elementen des Melodie-Typs II, die in Kap. 4.2 untersucht wurden, liegt in der siebten Woche mit 1,95 % und in der 11. Woche mit 2,5 % deutlich niedriger als der gesamte relative Anteil dieses Melodie-Typs (4,3 %). Es könnte ein direkter Zusammenhang zwischen dem Anteil an Melodie-Elementen mit relativer Grundfrequenzkonstanz und den o.g. Regressionsphasen gegeben sein. Um diesbezüglich valide Aussagen machen zu können, sollte im Rahmen weiterführender Studien die vollständige Analyse und Bestimmung der Melodie-Typen der einzelnen Melodie-Elemente des gesamten Datenmaterials erfolgen.

Um sicherzustellen, dass sich die Entwicklungsverläufe der Anteile je Strukturkategorie bei den Kindern bei denen im Untersuchungszeitraum ein- bis zweimal eine transitorische Hörstörung diagnostiziert worden war, nicht von denen der Kinder bei denen nie ein positiver pädaudiologischer Befund vorlag, unterscheiden, wurde im Rahmen der Datenanalyse die Entwicklungsverläufe der Häufigkeiten jeder Strukturkategorie je Proband grafisch dargestellt. Dass keine Unterschiede zu finden waren, deutet darauf hin, dass die beschriebenen Entwicklungsverläufe relativ robust gegenüber kurzzeitigen Hörbeeinträchtigungen sind bzw. einseitiges Hören noch genug auditive Rückkopplung zulässt.

In anderen Untersuchungen der Arbeitsgruppe „Sprachproduktion – Schreianalyse“ (Wermke et al., 2003) konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, dass Kleinkinder mit einem SSES-Risiko gemäß der Definition der GLaD-Study (s. Kap. 3.1), und unter dem kritischen Wert bei dem ELFRA-2-Test lagen, weniger komplexe Melodien erzeugten als die Kinder die über dem kritischen Wert von 50 bei 260 vorgegebenen Wörtern lagen. Die individuellen Entwicklungsverläufe der Strukturkategorie unterschieden sich nicht, wenn man sie mit der Anzahl der produzierten Wörter im Rahmen des ELFRA-2-Test korreliert (s. Kap. 3.1 und 3.2). Dieser Befund deutet darauf hin, dass die untersuchten Entwicklungsverläufe recht robust sind und nur ab einem kritischen Wert mit der späteren Wortproduktion korrelieren.

## 5.2 UNTERSUCHUNGEN DER PLATEAUFÖRMIGEN UND DER BOGENFÖRMIGEN MELODIE-ELEMENTE

In zweiten Teil der vorliegenden Arbeit (Kap. 4.2) erfolgte die detaillierte Untersuchung von Melodie-Elementen mit einem plateauförmige abgeflachten Grundfrequenzverlauf (s. Kap. 3.6 und 4.2). Diese Melodie-Elemente des Melodie-Typs II entsprechen weitgehend dem von Wasz-Höckert et al. (1968) als ‚flach‘ bezeichneten Melodie-Typ (s. auch Kap. 5.1).

In nur wenigen Arbeiten wurde die Häufigkeit von ‚flachen‘ bzw. Schreien mit plateauförmigem Grundfrequenzverlauf untersucht (z.B. Michelsson, 1971; Murry et al., 1983; Michelsson et al., 1983; Michelsson et al., 1984; Wermke, 2002). In den drei erstgenannten Studien lag das Schwergewicht auf der Untersuchung von medizinisch auffälligen Kindern.

In der Studie von Michelsson von 1971 wurden drei verschiedene Kohorten untersucht: [a] Term- und Prätermgeborene mit geringem Geburtsgewicht, [b] Termgeborene mit peripherer oder zentraler Asphyxie und [c] Prätermgeborene mit peripherer oder zentraler Asphyxie. Die Kinder der Kontrollgruppen für die Untersuchungen [a] und [b] waren identisch (termgeboren, > 2500 g, N = 50). Bei der Kontrollgruppe für die Untersuchung [c] handelte es sich um Prätermgeborene ohne Asphyxie ( $\leq 37$  GW, N = 75). Bei der Kontrollgruppe der Untersuchungen [a] und [b] betrug der relative Anteil der ‚flachen‘ Schreien 3%, bei der Untersuchung [c] lag der relative Anteil bei 7%. Bei den termgeborenen Kindern mit geringem Geburtsgewicht (1700-2500 g) der Untersuchung [a] betrug der relative Anteil an ‚flachen‘ Schreien 3%; bei den frühgeborenen Kindern (740 – 2480 g) der Untersuchung [a] 3% (35.-37. GW) und 11% ( $\leq 34$ . GW). Die termgeborenen Kinder der Untersuchung [b] zeigen sowohl mit peripherer als auch mit zentraler Asphyxie einen Anteil ‚flacher‘ Schreie von 20% und somit deutlich über den Anteilen aus den Untersuchungen [a] und [c]. In der Untersuchung [c] wurde bei den frühgeborenen Kindern mit peripherer Asphyxie ein relativer Anteil an ‚flachen‘ Schreien von 3% ermittelt, bei den mit zentraler Asphyxie ein relativer Anteil von 7%.

In der von Michelsson et al. 1983 durchgeführten Studie wurden die Anteile der ‚flachen‘ Schreie bei Frühgeborenen untersucht. Bei der Kontrollgruppe (N = 8) lag der Anteil

‚flacher‘ Schreie bei 2%. Wurden die Kinder zwischen der 32. und 36. GW geboren, lag der Anteil zwischen 3% und 5%. Bei Geburt zwischen der 37. und 39. GW lag der Anteil der ‚flachen‘ Schreie zwischen 7% und 9%. Kinder, die in der 40. GW zur Welt gekommen waren, zeigten keine ‚flachen‘ Schreie. Bei den Säuglingen, die zwischen der 41. und 42. GW geboren wurden, lag der Anteil bei 18%.

In einer weiteren Studie untersuchten Michelsson et al. (1984) 62 Kinder mit Hydrozephalus, bedingt durch unterschiedliche Ursachen (kongenital, nach Meningitis, kongenital zerebrale Malformationen und Meningomyelozele). Während bei der Kontrollgruppe (N = 27) der relative Anteil an ‚flachen‘ Schreien bei 9% lag, betrug er bei den medizinisch auffälligen Kindern zwischen 15% und 35%.

In allen drei genannten Studien wurden Schmerzscreie untersucht.

Murry et al. untersuchten 1983 in einer Langzeitstudie die Häufigkeit von 7 Melodie-Typen (fallend, steigend, steigend-fallend, fallend-steigend, steigend-fallend-steigend, fallend-steigend-fallend und flach) bei einem Mädchen während der ersten 12 Lebenswochen, wobei drei Schreieursachen unterschieden wurden: Hunger, Unbehagen (discomfort) und mitigierte Schreie (nondistress vocalizations). Die Auswertung erfolgte in zwei Altersgruppen, 2.-6. Lebenswoche und 8.-12. Lebenswoche. Bei den Hungerschreien lag der prozentuale Anteil der ‚flachen‘ Schreie bei 3,9% bzw. 2,7%, bei den discomfort-Schreien bei 4,8% bzw. 4,2%. Für die mitigierte Schreie wurde ein prozentualer Anteil von 8,5% an ‚flachen‘ Schreien von der 8.-12. Lebenswoche ermittelt.

In einer anderen Langzeitstudie, in der Schreie von monozygoten Zwillingen während der ersten 22 Lebenswochen aufgenommen wurden, fand Wermke (2002) bei spontanen Schreien einen relativen Anteil an plateauförmigen Melodie-Elementen von 9,7%. In der Arbeit wurden die Schreie in sechs Melodie-Typen eingeteilt; die Melodie-Typen Ia, Ib, -Ib und II die die Grundlage für die in der vorliegenden Studie genutzten Definitionen bilden, sowie die Melodie-Typen III und IV (s. Wermke 2002, S. 42).

Auch wenn ein direkter Vergleich der Literaturdaten mit den hier erhobenen Ergebnissen wegen der meist unterschiedlichen Untersuchungs- und Analyse-

methoden, Definitionen und untersuchten Schreiersachen schwierig ist, zeigen die Untersuchungen ähnliche Ergebnisse.

Die oben genannten Studien zeigen, dass bei unauffälligen Säuglingen, unabhängig von der Schreiersache, der Anteil an Schreien mit plateauformig abgeflachten Melodie-Elementen bzw. an ‚flachen‘ Schreien 3% bis 10% beträgt.

Der in der vorliegenden Arbeit ermittelte relative Anteil von 4,3% an Schreien mit plateauformigen Melodie-Elementen des Typ II liegt innerhalb der Werte, die bei den Untersuchungen unauffälliger Säuglinge beobachtet wurden.

Relative Anteile an ‚flachen‘ Schreien von über 10% wurden bei Frühgeborenen < 34. GW (11%) und Termgeborenen zwischen der 41. und 42. GW (18%), sowie bei pathologischen Kindern z.B. Hydrocephalus, (Michelsson, 1971) periphere oder zentrale Asphyxie, (15%-35%) (Michelsson et al., 1984) beobachtet.

Bei Untersuchungen von Schmerzscreien bei Säuglingen mit chromosomalen Aberrationen (J. Lind et al., 1970; Michelsson et al., 1980) zeigte sich, dass diese, bei einer Kategorisierung der Melodie-Typen entsprechend der Definition von Wasz-Höckert et al. (1968, s. auch Kap. 5.1), einen hohen Anteil an ‚flachen‘ Schreien aufweisen. Die Ergebnisse der beiden Studien wurden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse von zwei Studien, in denen Schmerzscreie von Säuglingen mit chromosomalen Aberrationen untersucht wurden. \* Michelsson et al., 1980, # J. Lind et al., 1970

Chromosomale Aberration	Deletion (4)*	Chromosom-5p-Syndrom (Katzenschrei-Syndrom)*	Trisomie 13 (Patau-Syndrom)*	Trisomie 18 (Edwards-Syndrom)*	Trisomie 21 (Down-Syndrom)#	Andere*
Anzahl der untersuchten Kinder	2	2	2	3	30	5
Anzahl der Schreie	22	18	26	32	Nicht angegeben	37
Prozentualer Anteil der ‚flachen‘ Schreie	9%	61%	23%	19%	63%	19%

Aus den vorliegenden Daten und den o.g. Arbeiten lässt sich die Hypothese aufstellen, dass unauffällige, gesunde termgeborene Einlinge weniger plateauformige Melodie-Elemente produzieren als medizinisch auffällige Kinder. Eine Bestätigung dieser



Vermutung in zukünftigen Untersuchungen würde bedeuten, dass man anhand der relativen Häufigkeit der plateauförmigen Melodie-Elemente, die von einem Säugling produziert werden, möglicherweise Rückschlüsse auf dessen Entwicklungsstatus ziehen könnte. Die deutlich höheren Anteile flacher Schreie, die bei den Kindern mit chromosomaler Abberation nachgewiesen wurden, könnten auf eine Dysfunktion in der Hirnentwicklung zurückzuführen sein.

Betrachtet man die Anteile der plateauförmigen Melodie-Elemente bei den einfachen Schreien (1B) zeigt sich, dass sie anteilig geringer auftreten als einfache Schreie mit Melodie-Elementen vom Typ Ia, Ib und -Ib. Bei den hier untersuchten, gesunden termgeborenen Einlingen liegt der reale Anteil an Melodie-Elementen des Typ II von 7,4% deutlich unter dem theoretischen Anteil von 25%.

Die relative Veränderung der Grundfrequenz innerhalb des Plateaus in Typ II Melodien wird durch die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation ausgedrückt. Die Untersuchung der Verteilung der Werte der linearen Komponente der Grundfrequenzmodulation zeigt neben der Streuung ( -5,96% bis 5,81%) ein etwas häufigeres Auftreten negativer Werte (Mittelwert -0,68%, s. Kap. 4.2.1). Dies bedeutet, dass es bei den Schwankungen der Grundfrequenz innerhalb des plateauförmigen Melodie-Elementes eher zu einer Abnahme der Grundfrequenz kommt. Diese abfallende Tendenz der Grundfrequenz könnte physiologische Ursachen haben. Die Phonation ist an die Atmung gekoppelt; durch das Nachlassen des subglottalen Drucks während der Lautproduktion kommt es zu einem Absinken der Grundfrequenz.

Der - wenn auch nicht signifikant - gefundene schwache und gegenläufige Zusammenhang zwischen der relativen Veränderung der Grundfrequenz und der Plateaulänge drückt aus, dass die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation bei längeren Lauten eher negative Werte annimmt, und somit die Grundfrequenz eine abfallende Tendenz aufzeigt. Dies kann als weiteres Argument für den physiologisch bedingten Zusammenhang einer abfallenden Tendenz der Grundfrequenz durch den abfallenden subglottalen Druck gewertet werden.

Dass die Säuglinge ab der Geburt in der Lage sind, plateauförmige Melodie-Elemente zu generieren, wird durch die Untersuchungen der altersabhängigen Entwicklung des linearen Trends (s. Kap. 4.2.3.2) und des Gesamthubes der Grundfrequenz (s. Kap. 4.2.3.2) belegt; beide Parameter sind altersunabhängig.

In welchem hohem Maße die Grundfrequenz konstant gehalten werden kann, spiegelt sich auch in der Verteilung der Gesamthübe der Grundfrequenz, also der Differenz zwischen dem niedrigsten und höchsten Wert der Grundfrequenz innerhalb des plateauförmigen Melodie-Elementes, wider. Unabhängig vom Alter hat die Mehrzahl der plateauförmigen Melodie-Elemente (58%) einen Gesamthub von maximal einem musikalischen Halbton (s. Kap. 4.2.3 und Kap. 4.2.3.2).

Der signifikante lineare Zusammenhang zwischen dem Gesamthub der Grundfrequenz und der Plateaulänge ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass es für die Säuglinge schwieriger ist, den subglottalen Druck und die Grundfrequenz über längere Plateaus konstant zu halten (s. Kap. 4.2.3.1).

Weder die Längen der plateauförmigen Melodie-Elemente noch die Längen der bogenförmigen Melodie-Elemente zeigen altersabhängig eine signifikante lineare Veränderung (s. Kap. 4.2.2 und Kap. 0). Die breite Streuung der Längen der Melodie-Elemente ist auf die hohe interindividuelle Variabilität zurückzuführen.

Durch das Setzen von objektiven Kriterien an die Melodie-Elemente des Typ II (s. Kap. 3.6 und 4.2) können sie eindeutig von den bogenförmigen Melodie-Elementen abgesetzt und als gesonderte Gruppe untersucht werden. Auch wenn sich die bogenförmigen von den plateauförmigen Melodie-Elementen durch die gesetzten Kriterien eindeutig abgrenzen lassen, wurden analoge Entwicklungsverläufe und Eigenschaften beobachtet.

Der Vergleich der Zusammenhänge der untersuchten Parameter der plateauförmigen und der bogenförmigen Melodie-Elemente zeigte, dass die Ab- bzw. Unabhängigkeiten der Parameter untereinander für beide Gruppen ähnlich sind (s. Kap. 4.3).

Wermke (2002) postulierte die Kombinierbarkeit der plateauförmigen Melodie-Elemente (Melodie-Typ II) mit den bogenförmigen Melodie-Elementen (Melodie-Typen Ia, Ib und –

Ib) innerhalb eines Schreies. Die in ihrer Arbeit an monozygoten Zwillingen nachgewiesene Kombinierbarkeit dieser vier Melodie-Typen zeigt, dass jeder dieser Typen einen Baustein darstellt, der in komplexen Schreien (MB, SL und KS) frei mit weiteren Melodie-Typen kombiniert werden kann.

Diese Hypothese wurde anhand der hier untersuchten 16 Kinder erstmalig an einem Kollektiv gesunder Einlinge überprüft.

Mittels der hier durchgeführten Untersuchung konnte gezeigt werden, dass Melodie-Elemente mit plateauförmig abgeflachtem Grundfrequenzverlauf (Melodie-Typ II) sowohl in Schreien mit nur einem Melodie-Element (Strukturkategorie 1B) auftreten können als auch in Schreien mit mehreren Melodie-Elementen (Strukturkategorie MB, SL und KS, s. Kap. 4.2.4.1). In Schreien der Strukturkategorien MB, SL und KS werden ein oder mehrere plateauförmige Melodie-Elemente mit Melodie-Elementen mit bogenförmigen Grundfrequenzverlauf (Melodie-Typen Ia, Ib oder –Ib) kombiniert.

Die vorliegenden Ergebnisse stützen somit die Theorie von Wermke, dass Säuglingsschreie einen modularen Aufbau haben. Die Säuglinge nutzen die ihnen seit Geburt zur Verfügung stehenden vier Melodie-Elemente (s. Kap. 3.5), um diese bausteinartig in Schreien mit unterschiedlicher Struktur zu kombinieren.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die Schreie von 17 Kindern von der ersten bis zur 16. Lebenswoche analysiert.

Im ersten Teil der Arbeit wurde anhand spektraler und melodischer Eigenschaften eine Strukturanalyse der Schreie (N= 6971) durchgeführt. Dabei wurde jeder einzelne Schrei jeweils einer von sechs Strukturkategorien zugeordnet. Diese Strukturkategorien charakterisieren verschiedene Aspekte struktureller Schreieigenschaften: so wird z.B. danach unterschieden, ob ein Schrei aus nur einem einfachen Melodie-Element besteht (Strukturkategorie ‚Einfacher Bogen‘ - 1B) oder ob sich die Melodie aus mehreren Melodie-Elementen (z.B. Bögen) zusammensetzt (Strukturkategorie ‚Mehrfachbogen‘ - MB). Schreie der Strukturkategorie 1B werden als einfache Schreie, die der Strukturkategorie MB als komplexe Schreie bezeichnet. Die Melodie komplexer Schreie kann neben mehreren aufeinanderfolgenden Bögen auch so strukturiert sein, dass die Einzelbögen durch stimmlose Bereiche unterbrochen sind (Strukturkategorie ‚Segmentierte Laute‘ – SL) oder eine so komplexe Struktur bilden, dass sie weder der Strukturkategorie MB noch der Strukturkategorie SL zugeordnet werden können. Diese Schreie werden in der Strukturkategorie ‚Komplexe Schreie‘ (KS) zusammengefasst. In der Strukturkategorie ‚Kurzlaute‘ (KL) werden alle harmonischen Schreie mit einer Länge zwischen 150 ms und 300 ms zusammengefasst.

Kommen breite Rauschbanden in den Schreisppektren vor oder sind die Schreie komplett verrauscht, ist eine Bestimmung der melodischen Eigenschaften nicht möglich. All jene Vokalisationen, bei denen mindestens 75% der Gesamtlänge des zu untersuchenden Schreies im Frequenzspektrogramm ‚verrauscht‘ ist, bilden die Strukturkategorie ‚Rausch-Strukturen‘ (RS).

Neben der Gesamtverteilung der einzelnen Strukturkategorien wurde untersucht, ob eine altersabhängige Veränderung der relativen Anteile der einzelnen Strukturkategorien zu beobachten ist.

Jeder der 17 untersuchten Säuglinge zeigte Schreie aller sechs Strukturkategorien. Die relative Auftrittshäufigkeit der einfachen und komplexen Schreie zeigte trotz wöchentlicher Schwankungen keine signifikante Veränderung der relativen Anteile über die 16 ersten Lebenswochen. Ein anderes Bild bot sich bei den Kurzlauten und bei den

verrauschten Lauten, deren relative Anteile im Untersuchungszeitraum signifikant zu- bzw. abnahmen.

Ferner wurde untersucht, ob analog zur Entwicklung bei anderen vorsprachlichen Vokalisationen, wie z.B. dem Lallen oder Babbeln, auch bei den Schreien eine Zunahme der strukturellen Komplexität mit dem Alter der Säuglinge nachweisbar ist. Hierfür wurde das Verhältnis der einfachen (1B) zu den komplexen Schreien (MB, SL und KS) altersabhängig untersucht. Es konnte eine altersabhängige Zunahme der komplexen Schreie gegenüber den einfachen Schreien nachgewiesen werden, die jedoch statistisch nicht signifikant ist.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die ausführliche Untersuchung und Charakterisierung der Melodie-Elemente, deren Bogen plateauförmig abgeflacht ist (Melodie-Typ II), beschrieben. Diese plateauförmig abgeflachten Melodie-Elemente unterscheiden sich durch den relativ konstanten Grundfrequenzverlauf von den bogenförmigen Melodie-Elementen des Typs Ia, Ib und -Ib.

Für die Charakterisierung der plateauförmig abgeflachten Melodie-Elemente wurde die Veränderung der Grundfrequenz innerhalb des plateauförmigen Melodie-Bereichs berechnet. Diese Veränderung wird durch die lineare Komponente der Grundfrequenzmodulation ausgedrückt. Des Weiteren erfolgte in dem plateauförmig abgeflachten Bereich des Melodie-Elementes die Untersuchung des Linearen Trends der Grundfrequenz, der Plateaulänge und des Gesamthubes der Grundfrequenz. Die Messwerte der vier Parameter wurden untereinander, auch altersabhängig, korreliert.

Die Messungen der Plateaulängen und des Gesamthubes der Grundfrequenz wurden analog bei bogenförmigen Melodie-Elementen durchgeführt, die Ergebnisse miteinander verglichen und diskutiert.

Sowohl die Länge als auch der Gesamthub der Grundfrequenz sind bei plateau- und bogenförmigen Melodie-Elementen unabhängig vom Alter.

Ein signifikanter linearer Zusammenhang konnte lediglich zwischen Gesamthub der Grundfrequenz und Plateaulänge bzw. Bogenlänge gefunden werden. Diese Befunde werden dahingehend interpretiert, dass es schwieriger ist, in längeren Vokalisationen

die Grundfrequenz präzise zu steuern, u.a. weil die Phonation an die Atmung gekoppelt ist und der subglottale Druck mit zunehmender Länge des Lautes abnimmt.

In der vorliegenden Arbeit wird - basierend auf der Hypothese von Wermke (2002) - davon ausgegangen, dass es sich bei den vier Melodie-Typen um „Bausteine“ handelt, die sowohl in Schreien, die aus einem Melodie-Element bestehen (1B), als auch in komplexen Schreien frei miteinander kombiniert werden können. Die Mehrzahl (73,6 %) der analysierten plateauförmigen Melodie-Elemente wurde in einfachen Schreien nachgewiesen. In komplexen Schreien konnten plateauförmige Melodie-Elemente in Kombination mit bogenförmigen Melodie-Elementen nachgewiesen werden und sind auf diese Weise an der Bildung des Formenreichtums komplexer Schreie beteiligt. Die Hypothese des modularen Aufbaus der Schreie trifft demnach auch für gesunde Einlinge zu.

Durch die Analyse des gesamten aufgenommenen Schreirepertoires der hier untersuchten Kinder in den ersten 16 Lebenswochen wurde erstmalig eine objektive Systematisierung der frühen vorsprachlichen Laute gesunder Säuglinge basierend auf spezifischen Strukturkategorien vorgenommen. Die Ergebnisse könnten als Referenzwerte für weiterführende Studien, insbesondere bei Risikogruppen (z.B. Säuglinge mit einem hohen Risiko für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung) genutzt werden.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- Ballard JL, Khoury JC, Wedig K, Wang L, Eilers-Walsman BL, Lipp R. New Ballard Score, expanded to include extremely premature infants. *J Pediatr*. 1991;119(3):417-23.
- Boltezar IH, Burger ZR, Zargi M. Instability of voice in adolescence: pathologic condition or normal developmental variation? *J Pediatr* 1997;130(2):185-190.
- Borschberg H, Ruppert R. Vergleich stimmlicher Eigenschaften und anthropometrischer Merkmale bei mono- und dizygoten Zwillingen im ersten Lebensjahr. Humboldt-Universität Berlin, 1998.
- Bortz J. Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer Verlag, 1999.
- Brandt I. Griffiths Entwicklungsskalen (GES) zur Beurteilung der Entwicklung in den ersten beiden Lebensjahren. Weinheim: Beltz, 1983.
- Brosius F. SPSS 11. Bonn: mitp Verlag, 2002
- Brunner E, Langer F. Nichtparametrische Analyse longitudinaler Daten. München/Wien: Oldenbourverlag, 1999.
- Campisi P, Tewfik TL, Pelland-Blais E, Husein M, Sadeghi N. Multidimensional voice program analysis in children with vocal cord nodules. *J Otolaryngol* 2000;29(5):302-308.
- Enard W, Przeworski M, Fisher SE, Lai CS, Wiebe V, Kitano T et al. Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language. *Nature* 2002;418(6900):869-872.
- Greenberg M, Vuorenkoski V, Partanen TJ, Lind J. Behavior and cry patterns in the first two hours of life in early and late clamped newborn. *Ann Paediatr Fenn* 1967;13(2):64-70.
- Grimm H. Störungen der Sprachentwicklung. Göttingen u.a.: Hogrefe Verlag für Psychologie, 2003.
- Grimm H, Doil H. Elfra. Elternfragebögen für die Früherkennung von Risikokindern. Göttingen u.a.: Hogrefe Verlag für Psychologie 2000.
- Hui-Chin H, Fogel A, Cooper RB. Infant vocal development during the first 6 months: Speech quality and melodic complexity. *Infant and child development* 2000;16(9):1-16.
- Hirschberg J. The value of the acoustic analysis of pathological infant cry and breathing noise in everyday practice. *Early child development and care* 1990;65:57-69.
- Hirschberg J, Dejonckere PH, Hirano M, Mori K, Schultz-Coulon HJ, Vrticka K. Voice disorders in children. *Int J Pediat Otorhinolaryngology* 1995:109-125.
- Hirschberg J. Dysphonia in infants. *Int J Pediat Otorhinolaryngology* 1999:293-296.
- Kaminen N, Hannula-Jouppi K, Kestila M, Lahermo P, Muller K, Kaaranen M et al. A genome scan for developmental dyslexia confirms linkage to chromosome 2p11 and suggests a new locus on 7q32. *J Med Genet* 2003;40(5):340-345.

- Kent RD, Murray AD. Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. *J Acoust Soc Am* 1982;72:353-65.
- Lester BM. Spectrum analysis of the cry sounds of well-nourished and malnourished infants. *Child Development* 1976;47(1):237-41.
- Lester BM, Boukydis CFZ. *Infant crying. Theoretical and research perspectives*. New York: Plenum Press, 1985.
- Lieberman P. The physiology of cry and speech in relation to linguistic behavior. In: Lester BM, Boukydis CFZ, editors. *Infant Crying. The Theoretical and Research Perspectives*. New York and London: Plenum Press, 1985:29-57.
- Lind J, Truby HM. *Newborn infant cry*. Uppsala: Almqvist&Wiksell's Boktryckeri AG, 1965.
- Lind J, Wasz-Höckert O, Vuorenkoski V, Valanne E. The vocalization of a newborn, brain-damaged child. *Ann Paediatr Fenn* 1965;11:32-37.
- Lind J, Wasz-Höckert O, Vuorenkoski V, Partanen TJ, Theorell K, Valanne EH. Vocal response to painful stimuli in newborn and young infant. *Ann Paediatr Fenn* 1966;12(2):55-63.
- Lind J, Vuorenkoski V, Rosberg G, Partanen TJ, Wasz-Höckert O. Spectrographic analysis of vocal response to pain stimuli in infants with Down's syndrome. *Dev Med Child Neurol* 1970;12(4):478-86.
- Lind K, Wermke K. Changes in prespeech vocalisations during the first 8 weeks of life. A case report. *Int J Prenatal and Perinatal Psychology and Medicine* 1997;9(3):287-98.
- Lind K. *Ontogenetische Entwicklung vorsprachlicher Lautäußerungen in den ersten 3 Lebensmonaten*. Diplomarbeit, Humboldt Universität zu Berlin, 1999.
- Lind K, Wermke K. Development of the vocal fundamental frequency of spontaneous cries during the first 3 months. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2002;(64):97-104.
- Mende W, Wermke K, Schindler S, Wilzopolski K, Höck S. Variability of the cry melody and the melody spectrum as indicators for certain CNS disorders. *Early Child development and Care* 1990;65:95-107.
- Mende W, Wermke K. Über die Strategie der Komposition komplexer Laute aus einfachen Schreien und Nichtschreilaute während der frühen Sprachontogenese. *Wiss Zeitschrift HUB, R Medizin* 1992;41(2):31-39.
- Mende W, Wermke K. The structure of noisy regions of baby sounds. 15th annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. San Diego /USA: 1993.
- Michaelis R, Niemann GW, Krägeloh-Mann I, Mayrhofer-Kahle H. *Entwicklungsneurologie und Neuropädiatrie. Grundlagen und diagnostische Strategien*. 2. Aufl., Stuttgart: Thieme, 1999.
- Michelsson K. Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1971;216:1-45.
- Michelsson K, Järvenpää A-L, Rinne A. Sound spectrographic analysis of pain cry in preterm infants. *Early Human Development* 1983;8:141-49.



- Michelsson K, Kaskinen H, Aulanko R, Rinne A. Sound spectrographic cry analysis of infants with hydrocephalus. *Acta Paediatr Scand* 1984;73:65-68.
- Michelsson K, Tuppurainen N, Aula P. Cry analysis of infants with karyotype abnormality. *Neuropediatrics* 1980;11(4):365-76.
- Möller S, Schönweiler R. Analysis of infant cries for the early detection of hearing impairment. *Speech Communication* 1999;28:175-93.
- Murry T, Hoit-Dalgaard J, Gracco VL. Infant vocalization: a longitudinal study of acoustic and temporal parameters. *Folia Phoniatr Basel* 1983;35(5):245-53.
- Ostwald PF, Peltzman P, Greenberg M, Meyer J. Cries of a trisomy 13-15 infant. *Dev Med Child Neurol* 1970;12:472.
- Prechtl HF, Theorell K, Gramsbergen A, Lind J. A statistical analysis of cry patterns in normal and abnormal newborn infants. *Dev Med Child Neurol* 1969;11(2):142-52.
- Prechtl HFR, Beintema DJ. Die neurologische Untersuchung des reifen Neugeborenen. 2. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme, 1976
- Rothgänger H. Bioakustik des Menschen. Eine Gesamtdarstellung der nonverbalen und verbalen Kommunikation. Bielefeld: Kleine Verlag GmbH 1999.
- Scheiner E. Comparison of emotional expressions and developmental changes in preverbal vocalizations of normally hearing and hearing-impaired infants. Freie Universität Berlin, 2004.
- Sirviö P, Michelsson K. Sound-spectrographic cry analysis of normal and abnormal newborn infants. *Folia phoniatr* 1976;28:161-73.
- Tonkova-Yampol'skaya RV. Development of speech intonation in infants during, the first two years of life. *Voprosy psikhologii* 1968;14(3):94-101.
- Touwen BCL, Lok-Meier TY, Huisjes HJ, Olinga AA. The recovery rate of neurologically deviant newborns. *Early Human Development* 1982;7:131-48.
- van de Rijt-Plooij HH, Plooij FX. Infantile regressions: Disorganization and the onset of transition periods. *J Reprod Infant Psychol* 1992;10:129-49.
- Wasz-Höckert O, Vuorenkoski V, Valanne E, Michelsson K. Tonspektrographische Untersuchungen des Säuglingsschreies. *Experimentia* 1962;18(12):583-84.
- Wasz-Höckert O, Valanne EH, Vuorenkoski V, Michelsson K, Sivijärvi A. Analysis of some types of vocalization in the newborn and in the early infancy. *Annales Paediatricae Fenniae* 1963;9:1-10.
- Wasz-Höckert O, Partanen TJ, Vuorenkoski V, Michelsson K, Valanne EH. The identification of some specific meanings in infant vocalization. *Experientia* 1964;20(3):154.
- Wasz-Höckert O, Lind J, Vuorenkoski V, Partanen T, Valanne EH. The infant cry: A spectrographic and auditory analysis. London: Heinemann, 1968.
- Wermke K, Mende W. Sprache beginnt mit dem ersten Schrei. *Spektrum der Wissenschaften* 1992;12:115-18.
- Wermke K, Mende W. Variability of the cry melody as an indicator for certain developmental stages. 15th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. San Diego/USA: 1993.

- Wermke K, Mende W. Ontogenetic development of infant cry- and non-cry vocalization as early stages of speech abilities. In: Aulanko R, Korpijaakko-Huuhka AM, eds. Proceedings of the Third Congress of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association 9-11 Aug.93; Helsinki/Finland 1994:181-189.
- Wermke K, Mende W. 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": 2000.
- Wermke K. Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten. Habilitationsschrift, Humboldt Universität zu Berlin, 2002.
- Wermke K, Lind K, Diebow D. A developmental aspect of infant's cry melody - prosodic features of double-arc melodies. Workshop "From sense to language: perceptual, cognitive and neurophysiological perspectives on normal and impaired language development", Berlin: 2002.
- Wermke K, Lind K, Diebow D. Developmental aspects of cry melodies – a retrospective analysis in SLI-risk children. Poster at the 70th Biennial Meeting of the Society of Research in Child Development, Tampa, Florida: 2003.
- Wermke K. Vom Schreien zur Sprache. Was die Schrei-Melodien von Säuglingen über die vorsprachliche Entwicklung aussagen. Frühförderung Interdisziplinär 2004;23:61-68.
- Wermke K, Friederici AD. Developmental changes of infant cries – the evolution of complex vocalizations. Behavioral and Brain Sciences 2004;27(4):474-75.
- Zeskind PS, Lester BM. Analysis of cry features in newborns with differential fetal growth. Child Development 1981;52(1):207-212.

## **8 ANLAGE 1**

### **Kurzbeschreibung der Teilprojekte der Deutschen Sprachentwicklungsstudie (GLaD-Study).**

(Quelle: [www.glad-study.de](http://www.glad-study.de))

#### **PÄDIATRISCHE STUDIENBEGLEITUNG**

*Prof. Dr. med. habil Volker Hesse*

Die Rekrutierung der Probanden und die regelmäßige Überprüfung der motorischen und neurologischen Entwicklung wurde im Rahmen der pädiatrischen Studienbegleitung von dem Teilprojekt von Prof. V. Hesse (Lindenhof) durchgeführt.

Durch Erhebung des somatischen und neurologischen Status der Kinder wurden Aussagen zu deren Entwicklungsstand getroffen. Innerhalb der ersten 5 Lebensstage wurde nach dem New Ballard Score das Gestationsalter bestimmt, der perinatale Optimalitätsscore nach Prechtl erhoben und eine neurologische Untersuchung durch Entwicklungsneurologen durchgeführt. In den folgenden 3 Jahren wurden die Kinder in definierten Abständen entwicklungsneurologisch und somatisch untersucht. Anhand der Griffith Skalen wurde der Entwicklungsstand erfasst. Im 36. Lebensmonat erfolgte eine Abschlussuntersuchung. Die neurologische Statuserhebung erfolgte in Anlehnung an die Untersuchungsmethode von Touwen (1982). Die Beurteilung des Entwicklungsstandes im 3. Lebensjahr erfolgt mit Hilfe des Snijders - Oomen Tests (non verbal).

## **NORMALE UND GESTÖRTE SPRACHENTWICKLUNG – SPRACHPRODUKTION**

Dieses Teilprojekt ist in zwei Projekte untergliedert:

### **SPRACHPRODUKTION- SCHREIANALYSE**

*Prof. Dr. Kathleen Wermke*

In Rahmen dieses Projektes wurde die vorliegende Arbeit geschrieben.

Das Teilprojekt 'Schreianalyse' untersucht, welche strukturellen Veränderungen der Säuglingsschreie im Verlauf der ersten sechs Lebensmonate für Kinder mit normalem und gestörtem Spracherwerb charakteristisch sind. Auf der Grundlage vorangegangener Studien wird angenommen, dass ein enger Zusammenhang zwischen der vorsprachlichen Schreientwicklung und der Sprachentwicklung besteht. Im Projekt wird untersucht, welche Grundbausteine (Module) für die spätere Sprachentwicklung, insbesondere für die Prosodieentwicklung, bereits im Säuglingsschrei erworben werden. Es wird retrospektiv untersucht, ob Kinder mit spezifischen Spracherwerbsstörungen bereits in strukturellen Eigenschaften ihrer Schreie Abweichungen gezeigt haben. Während der zwischen dem vierten und sechsten Monat anzusiedelnden Übergangsphase von Schrei- zu Laallauten werden beide Lautproduktionen charakterisiert.

### **SPRACHPRODUKTION UND SPRACHVERSTÄNDNIS**

*PD Dr. Zvi Penner und Prof. Dr. Petra Schulz*

In dem Teilprojekt „Sprachproduktion und Sprachverständnis“ wurde die Sprachproduktion und der Spracherwerb im Alter von vier bis 36 Monaten erforscht. Die bei der Rekrutierung von den Eltern ausgefüllten Fragebögen hinsichtlich einer Sprachentwicklungsstörung (SSES) in der Familie wurden in diesem Teilprojekt ausgewertet. Anhand der Angaben in den Fragebögen wurde ein Kind ggf. als Risiko-Kind eingestuft.

Ebenso wurde von den Mitarbeitern des Teilprojektes „Sprachproduktion und Sprachverständnis“ regelmäßig der Wortschatz der Probanden erhoben. Mittels des Elternfragebogen (ELFRA) 1 und 2 von Grimm und Doil erfolgte eine weitere Einstufung in Risiko- oder Nicht-Risiko-Kind bezüglich spezifischer SES (s. auch Kap. 3.1). Der ELFRA-1 wurde mit 12 und 18 Monaten durchgeführt. In dem Test wird überwiegend Sprachproduktion und Sprachverständnis untersucht. Im ELFRA-2, der mit 24 Monaten durchgeführt wurde, sind produktiver Wortschatz, Syntax und Morphologie Untersuchungsschwerpunkt. Unterschreitet ein Kind einen gewissen kritischen Wert, der für jedes Testalter definiert ist, wird es als Risiko-Kind eingestuft.

## **ENTWICKLUNG DER PHONEMDISKRIMINATION UND DEREN EINFLUSS AUF DIE SPRACHE**

*Prof. Dr. Manfred Gross und PD Dr. Karsten Nubel*

Das Projekt besteht aus zwei Studien, die parallel durchgeführt werden.

### **UNTERSUCHUNG DER PHONEMDISKRIMINATION MITTELS MISMATCH NEGATIVITY**

In einer Teilkomponente der Ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) zeigen sich elektrophysiologische Korrelate unbewußter auditiver Diskriminationsleistungen (z.B. im Schlaf). Diese Teilkomponente der Ereigniskorrelierten Potentiale soll genutzt werden, um die Leistung der Phonemdiskrimination bei den Probanden zu untersuchen. Da Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen oft auch Defizite im Bereich der Phonemdiskrimination haben, soll herausgefunden werden, ob sich die Teilkomponente eignet um eine Phonemdiskriminationsschwäche in den ersten drei Lebensjahren nachzuweisen.

### **PÄDAUDIOLOGISCHE BASISDAGNOSTIK**

Im Rahmen der pädaudiologischen Basisdiagnostik wurde die Hörfunktion der Säuglinge regelmäßig untersucht und dokumentiert. Die kontinuierliche Überprüfung der Hörleistung erfolgte mittels Messung der otoakustischen Emissionen und durch die

Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale (BERA - brainstem electric response audiometry). Persistierende Hörstörungen konnten somit ausgeschlossen werden. Lagen passagere Hörstörungen vor, wurden diese dokumentiert und ggf. eine Therapie eingeleitet. Ferner sollten Korrelationen zwischen Sprachentwicklungsstörungen, passageren Hörstörungen und der Hörreifung untersucht werden.

## **NEUROKOGNITIVE ASPEKTE DES SPRACHERWERBS UND SEINER STÖRUNGEN**

*Prof. Dr. Angela Friederici*

Sprachlautliche (d. h. akustisch-phonologische) und satzmelodische (d. h. prosodische) Aspekte der Diskriminationsfähigkeiten der Kinder wurden anhand bestimmter EKP-Komponenten untersucht. Aus Untersuchungen an erwachsenen Versuchspersonen ist bekannt, dass einzelne, spezifische Wellen, sogenannte Komponenten des EKP's spezifischen sprachlichen Verarbeitungsroutinen zugeordnet werden können.

Das Auftreten der Komponenten, die mit syntaktischen und semantischen Verletzungen korrelieren, soll bei Kindern überprüft werden, um dann Rückschlüsse auf den Entwicklungsstand im jeweiligen Bereich zu schließen.

## **DIE ENTWICKLUNG DER SPRACHVERARBEITUNG BEI NORMAL SPRECHENDEN UND SPRACHERWERBSGESTÖRTEN KINDERN**

*Prof. Dr. Jürgen Weissenborn und Prof. Dr. Barbara Höhle*

Gegenstand dieses Teilprojektes ist die Entwicklung der Sprachverarbeitung in den ersten drei Lebensjahren bei sprachlich unauffälligen Kindern und bei Risiko-Kindern für Sprachentwicklungsstörungen. Hierbei liegt der Fokus in der Untersuchung der Entwicklung der Fähigkeiten im Bereich der Identifizierung zielsprachlicher Einheiten unterschiedlicher Repräsentationsebenen anhand prosodischer und segmentaler Eigenschaften des Sprachsignals. Ferner wird die Fähigkeit der Erkennung von

Regelmäßigkeiten, die der Kombination dieser Einheiten zugrunde liegen, wie Wortstellungs- und Kongruenzregeln untersucht. Ein weiterer Aspekt ist die Untersuchung der Entwicklung der Fähigkeiten im Bereich lexikalisch-phonologischer Repräsentationen. Mittels der erstellten Entwicklungsprofile für die Sprachverarbeitung kann dann untersucht werden, wann und in welchen Aspekten unterscheiden sich die sprachlichen Analysefähigkeiten bei sprachlich unauffälligen Kindern und bei Risiko-Kindern.

### **DIE BEDEUTUNG DER KOGNITIVEN ENTWICKLUNG FÜR DEN NORMALEN UND PROSPEKTIV GESTÖRTEN SPRACHERWERB**

*Prof. Dr. Sabina Pauen und Prof. Dr. Hellgard Rauh*

In dem psychologischen Teilprojekt soll der Zusammenhang zwischen Denk- und Sprachentwicklung untersucht werden. Die Fähigkeiten in verschiedenen Bereichen kindlicher Entwicklung, wie z.B. Objektwahrnehmung, visuelles Gedächtnis, Problemlösen und Symbolspiel werden erfasst. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf den Lernmechanismen der vorsprachlichen Begriffsbildung (Kategorisierung) und der Verbindung zwischen Worten und Objekten. Unter Nutzung verschiedener experimenteller Paradigmen der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie werden beispielsweise den Kindern Bilder oder Objekte unterschiedlicher Kategorien präsentiert und ihr Interesse an den Gegenständen über Variablen wie die Blickdauer gemessen.

## DANKSAGUNG

Mein aufrichtiger, herzlicher Dank gilt Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke für die fachliche Betreuung. Die vielen Anregungen und die Diskussionen verschiedenster Forschungsaspekte die mit dem Datenmaterial untersucht werden können, haben mir die Komplexität und Interdisziplinarität des Forschungsgebietes ‚Schreianalyse‘ verdeutlicht. Es konnten davon hier nur einige wenige Fragestellungen bearbeitet und detailliert untersucht werden. Für die Möglichkeit, Gespräche und Diskussionen auch trotz geografischer und beruflicher Veränderungen während der Entstehungszeit der vorliegenden Arbeit führen zu können, danke ich Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke besonders, insbesondere für ihre Direktheit, Ehrlichkeit und konstruktive Kritik.

Weiterhin danke ich auch Frau PD Dr. Renate Siegmund und Herrn Prof. Dr. Wolfram Seidner für die Betreuung der Arbeit.

Herrn Prof. Seidner danke ich für die Freiheit bei der Themenwahl und –bearbeitung, sowie die kritischen Anmerkungen und inhaltlichen Anregungen in persönlichen Gesprächen.

Frau PD Dr. Renate Siegmund vom Institut für Anthropologie gilt mein herzlicher Dank für die vielen wertvollen Gespräche im Laufe der Erstellung der vorliegenden Arbeit.

Die Durchführung dieser Arbeit war nur möglich durch ihre Einbettung in die Untersuchungen des Forschungsprojektes „Frühkindliche Sprachentwicklung und spezifische Sprachentwicklungsstörungen“. Dieses interdisziplinäre Forschungsprojekt, bestehend aus 7 Teilprojekten, wurde finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften (Leipzig) unterstützt. Ganz herzlich danke ich den Projektleitern Prof. Dr. med. habil Volker Hesse, Prof. Dr. Manfred Gross, PD Dr. Karsten Nubel, PD Dr. Zvi Penner und Prof. Dr. Petra Schulz für die Überlassung der Daten aus ihren Untersuchungen. Nur dadurch war es möglich, das umfangreiche Datenmaterial für die vorliegende Arbeit nutzen zu können. Herrn OA Dr. Böttcher danke ich dafür, dass Aufnahmen auf der Neonatologie des Oskar-Ziethen Krankenhauses durchgeführt werden durften. Frau Dr. J. Hinkel und Frau Dr. P. Belouli danke ich für die Durchführung der Aufnahmen der Schreie auf der Neonatologie und für die Bereitstellung der neonatologischen Daten der Kinder. Dr. K. Nubel danke ich für die Überlassung, Aufbereitung und Erklärung der Ergebnisse der pädaudiologischen Untersuchungen zu den Probanden der vorliegenden Arbeit.



Mein besonderer Dank gilt dem Institut für Anthropologie am Zentrum für Human und Gesundheitswissenschaften Berlin, in dem die Untersuchungen und Auswertungen durchgeführt wurden. Besonders möchte ich Prof. Dr. Dr. Rolf Winau, damaliger kommissarischer Direktor des Institut für Anthropologie, für die umfangreiche, wohlwollende Unterstützung danken.

Herrn Peter Wermke danke ich für die Möglichkeit das von ihm entwickelte Programm Cry-Data-Analyses-Program (CDAP<sup>®</sup>) für die Auswertung der Schreie nutzen zu dürfen. Dieses Programm bietet unterschiedliche Auswertungsmöglichkeiten, die eine umfangreiche und präzise Datenanalyse ermöglichen. Darüber hinaus danke ich ihm sehr herzlich für die vielen Hilfestellungen bei dem Programmieren spezifischer Auswertungen, die auf Grund der Datenmenge nicht ‚per Hand‘ durchführbar waren und für seine allzeitige Bereitschaft, auch bei kleineren Problemen zu helfen und für seine Geduld.

Für die umfangreiche Beratung und Hilfestellung bei der Statistik danke ich Frau Dr. Ingeborg Kuchler vom Institut für Biometrie an der Charité Campus Mitte.

Ohne den unermüdlichen Einsatz der studentischen Mitarbeiter des Teilprojektes „Sprachproduktion – Schreianalyse“ bei der Durchführung der Schreiaufnahmen und der computergestützten Bearbeitung der Aufnahmen hätte nicht so ein umfangreiches Datenmaterial zur Verfügung gestanden. Allen möchte ich ganz herzlich danken.

Herrn Werner Mende danke ich ebenfalls herzlich für die fruchtbaren und offenen Gespräche sowie die Beratung bei der Datenanalyse.

Für das Korrekturlesen und die anregenden Gespräche danke ich besonders Dr. Claudia Iserhot, Dr. Christoph Lind, Dr. Gisela Buchwald, Dr. Christa Buchwald, Dr. Vera Adamczak und Andreas Grasser.

Ich danke auch all denen, die trotz meiner dissertationsbedingten sozialen Inkompatibilität die Freundschaft zu mir aufrecht erhalten haben.

Ganz besonderer Dank gilt meiner Familie. Meine Mutter und meine Schwiegereltern haben mir durch die Betreuung unserer Kinder immer wieder zeitliche Freiräume für kontinuierliches Arbeiten geschaffen, mir aber auch Mut zugesprochen und mich in jeglicher Hinsicht unterstützt. Bei Christoph und unseren Söhnen Adrian und Bertram möchte ich mich für die vielen Entbehrungen entschuldigen, die die Erstellung der Arbeit mit sich brachte. Aber ich möchte ihnen und ganz besonders meinem Mann auch

danken, für die zeitliche und moralische Unterstützung, dafür dass er an mich geglaubt hat und dafür, dass sie mich durch die Hochs und Tiefs begleitet haben.

Danke

## **LEBENS LAUF**

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht





## ERKLÄRUNG

„Ich, Katrin Lind, geb. Haacke, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften von Säuglingsschreien. Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_