

**Aus der Klinik und Polikliniken für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Würzburg
Poliklinik für Kieferorthopädie
Direktorin: Professor Dr. A. Stellzig – Eisenhauer**

**Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften
vorsprachlicher Laute von Säuglingen mit einer familiären
Disposition für eine spezifische Spracherwerbsstörung**

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

**vorgelegt von
Martha Bozena Denner
aus München**

Würzburg, September 2007

Referentin: Prof. Dr. K. Wermke

Korreferent: Prof. Dr. R. Hagen

Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 02.04.2008

Die Promovendin ist Zahnärztin

1. Einleitung und Zielstellung.....	1
2. Material und Methoden.....	7
2.1. Studiendesign.....	7
2.2 Probandenauswahl für die vorliegende Arbeit.....	12
2.2.1. FH ⁺ -Kinder.....	12
2.2.2. FH ⁻ -Kinder (Vergleichsgruppe).....	18
2.3. Datengrundlage.....	20
2.4. Datenanalyse.....	23
2.4.1. Analyse spektraler und melodischer Eigenschaften der Säuglingsschreie.....	23
2.4.2. Klassifizierung der Säuglingsschreie basierend auf den spektralen und melodischen Eigenschaften.....	26
2.5. Quantitative Analyse melodischer und zeitlicher Parameter.....	33
2.6. Statistische Verfahren.....	36
3. Ergebnisse.....	38
3.1. Retrospektive Auswertung der Schreistrukturen von Kindern mit normalem beziehungsweise verzögertem Spracherwerb...38	38
3.1.1. Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen über den gesamten Untersuchungs- zeitraum.....	39
3.1.2. Geschlechtsspezifische Auswertung der Auftrittshäufig- keiten der erzeugten Strukturtypen über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	43
3.1.3. Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen in monatlichen Intervallen.....	47
3.1.4. Geschlechtsspezifische Auswertung der Auftritts- häufigkeiten der erzeugten Strukturtypen in monatlichen Intervallen.....	52
3.2. Retrospektive Auswertung von Eigenschaften der Zeitorga- nisation in den Schreimelodien von Kindern mit normalem bzw. verzögertem Spracherwerb.....	65
3.2.1. Unterschiede in den Bogenlängen.....	68

3.2.1.1. Bogenlänge in 1B-Strukturen.....	69
3.2.1.2. Bogenlänge in 2B-Strukturen.....	71
3.2.1.3. Bogenlänge in 1S-Strukturen.....	77
3.2.2. Untersuchung der Maxima und Minima der Melodien sowie der Hübe.....	85
3.2.2.1. Untersuchung der Maximal- und Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 1B-Strukturen.....	85
3.2.2.2. Untersuchung der Maximal- und Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 2B-Strukturen.....	90
3.2.2.3. Untersuchung der Maximal- und Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 1S-Strukturen...	100
4. Diskussion.....	110
4.1. Ergebnisse der Strukturanalyse.....	110
4.2. Auswertung der quantitativen Analyse ausgewählter Struktur- typen.....	117
5. Zusammenfassung.....	121
6. Literaturverzeichnis.....	127
7. Danksagung	
Lebenslauf	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der untersuchten Gruppen (FH ⁺ -NORM-, FH ⁺ -SES- und FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	15
Abbildung 2:	Beispiel eines Schmalbandspektrums von einem Säuglingsschrei.....	24
Abbildung 3:	Darstellung des Melodieverlaufs (blau) und Intensitätsverlaufs (rot) des in Abbildung 2 dargestellten Schreilautes.....	25
Abbildung 4 a-d:	Beispiele für einfache und komplexe Melodiestrukturen in Säuglingsschreien.....	28
Abbildung 4a:	Einfachbogen.....	28
Abbildung 4b:	Doppelbogen.....	28
Abbildung 4c:	1S-Struktur.....	28
Abbildung 4d:	Komplexe Segmentierung.....	28
Abbildung 5 a-c:	Beispiele für Segmentierungsarten in Säuglingsschreien. Die Schreispiele sind im Zeitbereich dargestellt und darunter die korrespondierenden Frequenz-Spektrogramme. Die dargestellten Pfeile markieren vollständige Segmentierung (a), unvollständige Segmentierung (b) oder Segmentierungsansatz (c).....	30
Abbildung 5a:	Vollständige Segmentierung.....	30
Abbildung 5b:	Unvollständige Segmentierung.....	30
Abbildung 5c:	Segmentierungs-Ansatz.....	30
Abbildung 6 a-c:	Beispiele für spektrale Elemente.....	32
Abbildung 6a:	Rauschanteil am Rand des Spektrums.....	32
Abbildung 6b:	Rauschanteil in der Mitte des Spektrums.....	32
Abbildung 6c:	Rauschanteil in mehr als 2/3 des Spektrums (Kategorie „Rausch“.....	32
Abbildung 7:	Quantitative Analyse von Bogenhub, von Bogendauer und einer Segmentierungspause. Dargestellt sind der Melodie- (blau)/ Intensitätsverlauf (rosa) eines Säuglingsschreies der	

	Strukturkategorie 1S, also 2 Melodiebögen, die durch eine Segmentierungspause getrennt sind. Der Bogenhub wird aus der Differenz zwischen der maximalen Grundfrequenz (F0-Max) und der minimalen Grundfrequenz (F0-Min) pro Bogen ermittelt. Die Dauer der beiden Melodiebögen (LB1 bzw. LB2) ergibt sich aus der Differenz des ersten und letzten Melodiewertes pro Bogen.....	34
Abbildung 8:	Quantitative Analyse von Minimal- und Maximalwerten einzelner Melodiebögen sowie Bestimmung des Intensitätsabfalls in der Segmentierungspause.....	34
Abbildung 9	Beispiel für teilweise entkoppelten Verlauf von Melodie- und Intensitätskontur.....	35
Abbildung 10:	Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	41
Abbildung 11:	Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	43
Abbildung 12:	Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	45
Abbildung 13:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	48
Abbildung 14:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	49
Abbildung 15:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	50
Abbildung 16:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	53

Abbildung 17:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	54
Abbildung 18:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	55
Abbildung 19:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	58
Abbildung 20:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	59
Abbildung 21:	Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	60
Abbildung 22:	Beispiele von Säuglingslauten deren Melodieeigenschaft nicht quantitativ auswertbar waren. Dargestellt sind vier Schmalbandspektrogramme von Lauten des Kindes BO (FH ⁺ -NORM-Gruppe) im Alter von 9, 52, 73 und 94 Tagen. Die Grundfrequenz liegt deutlich über 1000 Hz, es treten Frequenzsprünge und Subharmonische auf.....	67
Abbildung 23:	Verteilungscharakteristiken der Bogenlänge von 1B-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot) im gesamten Untersuchungszeitraum.....	68
Abbildung 24:	Verteilungscharakteristiken der logarithmierten Bogenlänge von 1B-Struktur der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot) im gesamten Untersuchungszeitraum. Im Diagramm ist die Normalverteilungskurve eingezeichnet.....	69
Abbildung 25:	Vergleich der gemessenen Bogenlängen in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	70

Abbildung 26:	Vergleich der Gesamtlänge von Melodien der Kategorie 2B in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	73
Abbildung 27:	Vergleich der gemessenen Längen der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	74
Abbildung 28:	Vergleich der gemessenen Längen der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	75
Abbildung 29:	Vergleich der Gesamtlänge von Melodien der Kategorie 1S in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	78
Abbildung 30:	Vergleich der gemessenen Längen der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	80
Abbildung 31:	Vergleich der gemessenen Längen der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	80
Abbildung 32:	Vergleich der Pausenlängen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	84
Abbildung 33:	Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	86
Abbildung 34:	Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	87
Abbildung 35:	Vergleich der gemessenen absoluten Hübe in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	89

Abbildung 36:	Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	91
Abbildung 37:	Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	91
Abbildung 38:	Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	95
Abbildung 39:	Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	95
Abbildung 40:	Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten bei der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	98
Abbildung 41:	Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	98
Abbildung 42:	Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	101
Abbildung 43:	Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	102

Abbildung 44:	Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	104
Abbildung 45:	Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	105
Abbildung 46:	Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	107
Abbildung 47:	Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH ⁺ -NORM-Gruppe (grün) und der FH ⁺ -SES-Gruppe (rot).....	108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahlkriterien der GLaD-Studie für die Probandenrekrutierung.....	8
Tabelle 2: Untersuchungen, die im Rahmen der GLaD-Studie in anderen Teilprojekten, im Laufe der ersten 24 Monaten durchgeführt wurden und deren Ergebnisse für die Auswahl der Probanden der vorliegenden Arbeit relevant waren.....	11
Tabelle 3: Probanden (FH ⁺ -Kinder).....	13
Tabelle 4: Familiäre Disposition für SES bei den FH ⁺ -Probanden.....	17
Tabelle 5: Probandenübersicht (FH ⁻).....	19
Tabelle 6: Anzahl der Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten bei den ausgewählten Probanden (FH ⁺ -Kinder).....	21
Tabelle 7: Anzahl der Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten bei der Vergleichsgruppe (FH ⁻ -Kinder).....	22
Tabelle 8: Strukturkategorien von Säuglingsschreien.....	26/27
Tabelle 9: Anzahl der ausgewerteten Laute im Untersuchungszeitraum sowie absolute Auftrittshäufigkeit der Strukturtypen für die einzelnen Kinder der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	40
Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	41
Tabelle 11: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	44

Tabelle 12: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -NORM-Gruppe, der FH ⁺ -SES-Gruppe und der FH ⁻ -NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.....	46
Tabelle 13: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	48
Tabelle 14: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	49
Tabelle 15: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	50
Tabelle 16: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	53
Tabelle 17: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	54
Tabelle 18: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	55
Tabelle 19: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	58
Tabelle 20: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	59
Tabelle 21: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH ⁻ -NORM-Gruppe.....	60
Tabelle 22: Anzahl der vermessenen Laute von Typ 1B, 2B und 1S in den ersten vier Lebensmonaten.....	66
Tabelle 23: Deskriptive Analyse der Bogenlängen in 1B-Struktur der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	70

Tabelle 24: Deskriptive Analyse der Bogenlängen in 1B-Struktur der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	70
Tabelle 25: Deskriptive Analyse der Summen der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	73
Tabelle 26: Deskriptive Analyse der Summen der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	73
Tabelle 27: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	75
Tabelle 28: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	76
Tabelle 29: Deskriptive Analyse der Summen der gemessenen Längen der ersten Bögen, der zweiten Bögen und den Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	79
Tabelle 30: Deskriptive Analyse der Summen der gemessenen Längen der ersten Bögen, der zweiten Bögen und der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	79
Tabelle 31: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	81
Tabelle 32: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	81
Tabelle 33: Deskriptive Analyse der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	84
Tabelle 34: Deskriptive Analyse der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	84
Tabelle 35: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	86
Tabelle 36: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	86
Tabelle 37: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen der FH ⁺ -NORM-Gruppe.....	87
Tabelle 38: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen der FH ⁺ -SES-Gruppe.....	88

Tabelle 39: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1B-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	89
Tabelle 40: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1B-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	89
Tabelle 41: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 2B-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	92
Tabelle 42: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 2B-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	92
Tabelle 43: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 2B-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	96
Tabelle 44: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 2B-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	96
Tabelle 45: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 2B-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	99
Tabelle 46: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 2B-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	99
Tabelle 47: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1S-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	102
Tabelle 48: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1S-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	103
Tabelle 49: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1S-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	105
Tabelle 50: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1S-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	106
Tabelle 51: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1S-Strukturen der FH ⁺ - NORM-Gruppe.....	108
Tabelle 52: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1S-Strukturen der FH ⁺ - SES-Gruppe.....	109

1 Einleitung und Zielstellung

Der Sprachbeginn eines Kindes wird im Allgemeinen mit der Produktion des ersten Wortes assoziiert. Dabei werden vom Kind im Alter von ca. 6-10 Monaten erzeugte Silbenketten, z.B. ma-ma-ma oder ba-ba-ba bereits als erste Wörter für „Mama“ und „Papa“ interpretiert. Erste Wörter im eigentlichen Sinne, also Lautbildungen mit einem direkten Objektbezug, werden in der Regel im Alter von ca. 1 Jahr intentional gebildet. Die sprachliche Entwicklung verläuft in einem rasanten Tempo. Bereits um den zweiten Geburtstag herum ist das Kind in der Lage, aus den bisher erlernten Einzelworten eine komplexe Sprache bestehend aus Mehrwortsätzen variabler Struktur zu bilden. Im Alter von zweieinhalb Jahren verfügen die meisten Kleinkinder schon über einen Wortschatz von ca. 525 Worten (Menyuk 2000).

Diese rasanten frühkindlichen Fortschritte beim Erlernen der Muttersprache kann man aber nicht erst nach dem ersten Lebensjahr beobachten, sondern auch schon vorsprachlich, faktisch bereits unmittelbar nach der Geburt. Das Erlernen der Sprache beginnt lange vor der Aussprache des ersten Wortes. Sprachforscher sind sich, basierend auf den Erkenntnissen der letzten Jahre einig, dass das Erlernen der Muttersprache bereits in der „vorsprachlichen Phase“, der Entwicklungsphase vor Beginn der Wortproduktion im engeren Sinne, beginnt (Jusczyk 1997, Nazzi et al. 1998, Wermke/Friederici 2004). Aus verschiedenen Studien ist z.B. bekannt, dass Säuglinge bereits direkt nach der Geburt in der Lage sind, den Rhythmus ihrer Muttersprache zu erkennen (DeCasper/Fifer 1980, DeCasper/Spence 1986, Eimes et al. 1987). Auch sprach-relevante phonetische Kontraste, wie z.B. „Pa“ und „Ba“, können Säuglinge sehr frühzeitig in der Muttersprache, aber auch in anderen Sprachen unterscheiden (Eimes et al. 1971, Kuhl et al. 1992). Diese Fähigkeit verlieren die Säuglinge allerdings im Alter von ca. 10-12 Monaten, sie können dann nur noch phonetische Kontraste in der eigenen Muttersprache unterscheiden (Werker/Tees 1984, Werker/Lalonde 1988, Kuhl et al. 1992). Diese Tatsache belegt, dass Kinder bereits vor der Produktion von Wörtern in der Lage sind, die

muttersprachlichen Wörter und Sätze von denen einer Fremdsprache zu unterscheiden.

Die Arbeiten von Wermke/Mende (z.B. 1992) zeigen sogar, dass bereits das Weinen der Säuglinge bzw. die dabei stattfindenden „Stimmübungen“ in direktem Zusammenhang mit dem späteren Sprech- und Spracherwerb stehen. Der Schrei ist für den Säugling nicht nur die effektivste Möglichkeit der Kommunikation mit seinen Eltern, sondern bereits auch eine Vorübung für den späteren Spracherwerb.

Bevor ein Kind sprechen kann, muss es eine komplizierte Sequenz morphologischer und funktioneller Reifungsprozesse, die sowohl zerebrale als auch periphere Strukturen betreffen, erfolgreich absolvieren. Die vorsprachliche Entwicklung ist von einem konzertierten und wohl organisierten Reifungs- und Entwicklungsprozess geleitet.

Obwohl die meisten Kleinkinder scheinbar problemlos das Sprechen und Verstehen der Muttersprache erlernen, fällt bei ca. 5-10% der Kinder spätestens bei Schuleintritt eine spezifische Spracherwerbsstörung (SES) auf (Leonard 1998, Robinson 1987, Tomblin 1996). Diese Kinder fallen insbesondere durch eine lexikalische und grammatikalische Sprachverzögerung im Vergleich zu ihren Mitschülern auf. Die SES-Kinder weisen ansonsten keinerlei andere Entwicklungsverzögerungen oder sonstige Primärbehinderungen auf. Als Ursache für die Spracherwerbsstörung können daher Faktoren wie zum Beispiel Hörstörungen, geistige Zurückgebliebenheit, kindliche Schizophrenie oder kindlicher Autismus ausgeschlossen werden.

Nun stellt sich die Frage, wodurch eine derartige spezifische Spracherwerbsstörung hervorgerufen werden könnte. Nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand lassen sich zu den Ursachen bzw. Risikofaktoren für die Entstehung einer SES noch keine detaillierten Aussagen treffen. Ein Ansatzpunkt der bisherigen Forschung ist die Annahme genetischer Faktoren. Kinder aus Familien, in denen bereits Fälle von spezifischen Spracherwerbsstörungen vorliegen, erkranken häufiger an SES als vergleichbare Altersgenossen ohne eine entsprechend auffällige

Familienanamnese (Bishop et al. 1999, Tallal et al. 1989, Tallal et al. 1991, Spitz et al. 1997). In einer Zwillingsstudie konnte gezeigt werden, dass ca. 24-50% der untersuchten aktiven und passiven Wortschatzfähigkeiten der Kinder auf genetischen Faktoren zu beruhen scheinen (Scarr/Carter-Saltzman 1983, Plomin et al. 1990, Resnick et al. 1997, Dale et al. 1998).

Tomblin und Buckwater (1998) fanden in ihrer Untersuchung von monozygoten Zwillingen bezüglich des Auftretens auffällig verminderter Sprachleistungen sogar eine Konkordanz von 96% im Vergleich zu dizygoten Zwillingen von 69%. Die Zwillingsforschungen unterstützen daher die Vermutung, dass eine positive Familienanamnese für SES auch ein hohes Risikopotential für ein neugeborenes Kind darstellt, diese Störung selbst zu erwerben (Hurst et al. 1990, Brzustowicz 1996).

Hinsichtlich bisher gefundener Charakteristiken der Sprachverarbeitung bei SES-Kindern wurden vor allem Störungen der schnellen auditiven Verarbeitungskapazität beschrieben (Tallal et al. 1985, Benasich/Tallal 2002). Die SES-Kinder haben Schwierigkeiten, kurze oder zeitlich schnell aufeinander folgende auditive Reize zu verarbeiten (Wright et al. 1997). Um gesprochene Sprache zu verarbeiten, ist es notwendig, solche kurzzeitigen schnellen auditiven Signale zu erkennen, um einzelne Wörter im Redefluss zu segmentieren. Es ist gut belegt, dass diese Schwierigkeiten mit Behinderungen der Entwicklung einer normalen Sprach- und Lesefähigkeit einhergehen können (Godfrey et al. 1981, Snowling et al. 1986, Werker/Tees 1987, Reed 1989, Elliot et al. 1989, Hari/Kiesila 1996, Kraus et al. 1996, McAnnally et al. 1997, Kraus et al. 1996).

Auch im produktiven Bereich gibt es Unterschiede zwischen SES-Kindern und sich sprachlich normal entwickelnden Kindern. Eine retrospektive Studie von Rescorla/Ratner (1996) belegt, dass Kinder mit einer positiven SES-Diagnose im Vergleich zu unauffälligen Altersgenossen bereits im Alter von 2 Jahren über ein kleineres Repertoire an Konsonanten und Vokalen verfügen. Die auffälligen Kinder verwenden darüber hinaus im Vergleich zu unauffälligen gleichaltrigen

Kindern dreimal seltener Worte mit Konsonanten an der Endposition. Whitehurst et al. (1991) fanden in ihrer retrospektiven Studie heraus, dass Kinder mit einem geringeren Repertoire an Babbellauten im Säuglingsalter in einem späteren Alter mit größerer Wahrscheinlichkeit eine SES aufweisen.

Ein wesentliches Ziel der SES-Forschung besteht darin, eine möglichst frühzeitige Erkennung von Risikokindern für eine SES mit Hilfe aussagefähiger, klinisch praktikabler Prädiktoren zu ermöglichen. Es gibt mittlerweile einige Testverfahren, um ein SES-Risiko im Kleinkindalter zu diagnostizieren (Rescorla/Schwartz 1990, Scarborough/Dobrich 1990). Für die deutsche Sprache sind ähnliche Standardtest von Grimm/Doil 2000 [ELFRA/SETK] erarbeitet worden. Eine Risikoerkennung bereits im vorsprachlichen Alter hätte den Vorteil, betroffene Kinder frühzeitig gezielt zu fördern und dadurch unter Umständen das Ausmaß der sprachlichen Entwicklungsstörung erheblich zu mindern. Darüber hinaus wäre eine solche Früherkennung insbesondere für Säuglinge wichtig, die bereits aufgrund anderer Faktoren ein hohes Risiko für eine sprachliche Entwicklungsstörung tragen. Das sind z.B. Kinder mit orofazialen Spalten oder Frühgeborene.

Grundanliegen der vorliegenden Arbeit ist es, mit Hilfe komplexer EDV-technischer Analysen von Säuglingsschreien einen Beitrag zur Entwicklung vorsprachlicher Prädiktoren für eine spätere Spracherwerbsverzögerung zu leisten. Dafür werden in der vorliegenden Arbeit Säuglingsschreie von spracherwerbsverzögerten Kindern (hohes SES-Risiko) und nicht spracherwerbsverzögerten Kindern (kein SES-Risiko) mit einer positiven Familienanamnese für SES in den ersten vier Lebensmonaten untersucht. Mit Hilfe einer retrospektiven Analyse wurden Kinder, die im Alter von 2 Jahren als spracherwerbsverzögert diagnostiziert wurden mit Kindern verglichen, die im gleichen Alter im Normbereich lagen. Die im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie von Linguisten durchgeführten und ausgewerteten Sprachleistungstests im Alter von 24 Monaten (Kap. 2.2.1) dienten als Basis für die Gruppeneinteilung.

Insgesamt wurden 11652 Schreie von 21 medizinisch unauffälligen Kindern mit einer positiven Familienanamnese für eine Spracherwerbsstörung ausgewertet. Als Untersuchungsgrößen wurden spektrale und melodische Eigenschaften verwendet. So wurden Frequenzmodulationsmuster in Form zuvor definierter Strukturtypen ermittelt und deren relative Auftrittshäufigkeit bestimmt. Darüber hinaus wurden Parameter berechnet, die im Zusammenhang mit der zeitlichen Organisation der Phonation stehen, z.B. die Melodiebogenlänge und die Dauer von Segmentierungspausen. Auch Minima und Maxima der Grundfrequenz und der Modulationshub einzelner Melodien wurden berechnet.

Die der Untersuchung zugrunde liegenden Hypothesen lauten:

Hypothese 1: Die Kinder mit einer familiären Disposition für SES (FH⁺-Kinder) erzeugen alle für Säuglingsschreie beschriebenen Strukturtypen. Sie zeigen damit keine Abweichungen im Musterrepertoire ihrer ersten vorsprachlichen Laute von Kindern ohne eine familiäre SES-Disposition (FH⁻-Kinder).

Hypothese 2: Die relative Häufigkeit der Strukturtypen die eng mit der zeitlichen Organisation der Phonation verbunden sind (Kurzlaute und segmentierte Laute) ist bei den FH⁺-Kindern geringer als bei den FH⁻-Kindern. Die relative Häufigkeit der anderen Strukturtypen unterscheidet sich nicht.

Hypothese 3: Aufgrund des höheren Anteils von Jungen bei den von SES betroffenen Kindern werden bereits geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Strukturanalyse der Schreie erwartet.

Hypothese 4: Für das Erlernen einer typischen „deutschen“ Prosodie ist die rechtzeitige intentionale Erzeugung eines so genannten Trochäus (Betonung der ersten Silbe) wichtig. Für die FH⁺-NORM- und FH⁺-SES-Gruppe wird daher erwartet, dass Bogenlänge, F0-Max und Bogenhub des ersten Bogens in Doppelbogenlauten größer, also betonter, sind als im zweiten Melodiebogen.

Neben der Prüfung dieser Hypothesen sollten korrespondierende Daten von gesunden Säuglingen ohne eine familiäre Disposition für SES in der Arbeit als Referenzwerte zur Interpretation der Befunde herangezogen werden. Eine repräsentative Vergleichsgruppe aus der Deutschen Sprachentwicklungsstudie wurde dazu hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit einzelner Strukturtypen untersucht und mit den beiden FH⁺-Gruppen verglichen.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

In der vorliegenden Arbeit wurden Aspekte der vorsprachlichen Entwicklung von Kindern untersucht, die Teilnehmer an der interdisziplinären Langzeitstudie „Deutsche Sprachentwicklungsstudie“ (GLaD-Studie) sind. Diese Studie wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft¹ und das Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften Leipzig gefördert.

In der GLaD-Studie wurden in sieben Teilprojekten ausgewählte Leistungen von Säuglingen in den Bereichen Sprachproduktion und Sprachperzeption im Rahmen einer Langzeitstudie dokumentiert und analysiert.

Im Teilprojekt „Sprachproduktion-Schreianalyse“ wurde die vorsprachliche Lautproduktion im 1. Lebenshalbjahr untersucht. Die vorliegende Arbeit erfolgte im Rahmen dieses Teilprojekts.

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

¹ DFG-Projekt „Frühkindliche Sprachentwicklung und spezifische Sprachentwicklungsstörungen“, DFG-Forschergruppe 381. www.glad-study.de

Tabelle 1: Auswahlkriterien der GLaD-Studie für die Probandenrekrutierung:²

Auswahlkriterien
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
Ein- und Mehrlingsgeburten
Gestationsalter zwischen 37+0 und 41+6 SSW
Eutroph (Grenzen 10. und 90. Perzentile nach Voigt et al. 1996)
Apgar 5' > 8, 10' > 9
Nabelschnur pH > 7,20
Bilirubin < 360 µmol/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 Emission (OAE) beidseits unauffällig
Neurologische Erstuntersuchung nach Prechtl und Beintema (1976) unauffällig
Einzig gesprochene Sprache zu Hause deutsch

Um den Anteil von Kindern zu erhöhen, die ein potentielles Risiko für die Entwicklung einer Spracherwerbsstörung haben, wurden in der GLaD-Studie auch Kinder rekrutiert, die eine positive Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Sprachentwicklungsstörung (SES) aufweisen.

Spezifische Sprachentwicklungsstörungen im Sinne der GLaD-Studienkriterien sind z.B. ein verspäteter Sprachbeginn, grammatikalische Fehler bei der Satzbildung oder eine Lese- und Rechtschreibschwäche in den ersten Schuljahren. Für die Familienanamnese wurde das Auftreten derartiger Störungen von den Linguisten des GLaD-Studien-Projektteams in der

² Quelle: Deutsche Sprachentwicklungsstudie medizinisches Teilprojekt

Kernfamilie (Geschwister, Eltern) sowie bei weiteren Verwandten (Großeltern, Tante oder Onkel) der Probanden per Fragebogen erhoben³. Zusätzlich wurden die betroffenen Geschwister durch die Linguisten untersucht.

Um zu gewährleisten, dass sich alle Kinder unauffällig entwickeln und keine medizinischen Risikofaktoren vorliegen, die den Spracherwerb beeinflussen könnten, wurden im Rahmen des medizinischen Teilprojekts regelmäßig Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Während der ersten fünf Lebensstage wurde bei den Probanden die morphologische und neuromuskuläre Reife mittels der Skalen des neuen Ballard Scores (1991) erfasst. Die neurologische Erstuntersuchung erfolgte nach Precht/Beintema (1976)⁴.

Die Neuropädiater führten bei den Säuglingen jeweils im Alter von 1, 3, 6, 9, 12 und 18 Monaten entwicklungsneurologische Untersuchungen in Anlehnung an Michaelis (1999) durch. Die Bewertung der Bewegungsqualitäten wurde auf der Grundlage der Kriterien nach Touwen (1982) vorgenommen. Daneben erfolgte auch eine Entwicklungsdiagnostik anhand der Griffith-Entwicklungsskalen (deutsche Bearbeitung nach Brandt und Sticker, 2001).

Durch die Pädaudiologen in dem Teilprojekt der GLaD-Studie „Pädaudiologische Basisdiagnostik“⁵ erfolgte eine Überprüfung der Hörleistungen der Säuglinge im Alter von 1, 2, 4, 6, 8, 12, 13 und 18 Monaten.

Die Gesamthörleistung der untersuchten Säuglinge wurde sowohl anhand der Befunde der Messung der otoakustischen Emissionen (OAE), als auch anhand der Ableitung akustisch evozierter Hirnstammpotentiale (BERA) beurteilt.

Die Messung der OAEs diente dazu, eventuell vorliegende passagere Hörstörungen wie Otitis media oder Paukenerguss zu erkennen, da OAE lediglich bei normaler Innenohr- (äußere Haarzellen) und Schalleitungsfunktion (äußerer Gehörgang, Trommelfell, Gehörknöchelchenkette) nachgewiesen

³ Die Daten hinsichtlich der positiven Familienanamnese 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 Phonatrie, geleitet von Prof. Dr. M. Gross, zur Verfügung gestellt.

⁴ 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. Jana Hinkel, die die Untersuchungen durchführten.

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

werden können. Anhand der Ableitung der BERA werden persistierende Hörstörungen ausgeschlossen.

Nur Kinder, die in allen medizinischen Untersuchungen unauffällig waren, wurden in die Studie aufgenommen bzw. verblieben in der Studie.

Neben der Dokumentation medizinischer Daten erfolgte auch eine standardisierte Beurteilung der im Alter von 2 Jahren erreichten Sprachkompetenz. Bei jedem Probanden wurde die Entwicklung des Spracherwerbs im Rahmen des Teilprojekts „Sprachproduktion und Sprachverständnis“⁶ mittels des Elternfragebogen (ELFRA 2) (GRIMM & DOIL 2000) untersucht. Beim ELFRA 2 wird insbesondere die Entwicklung der Probanden in den Bereichen produktiver Wortschatz, Syntax und Morphologie analysiert.

Der Elternfragebogen für Kinder mit 24 Monaten beinhaltet insgesamt 260 Wörter, deren aktive Beherrschung erfragt wird. Ein Proband wird hierbei als Risikokind eingestuft, wenn sein produktiver Wortschatz weniger als 50 Wörter umfasst (GRIMM & DOIL 2000).

Des Weiteren erfolgte im Rahmen des Teilprojekts „Sprachproduktion und Sprachverständnis“ auch eine Untersuchung der Entwicklung des Spracherwerbs bei den 24 Monate alten Probanden mittels des SETK-2 (GRIMM, 2000). Hierbei wurden die Kinder von den Projektmitarbeitern in den Kategorien Verstehen von Worten, Produktion von Worten, Verstehen von Sätzen und Produktion von Sätzen, untersucht⁷.

Aufgrund dieser Testergebnisse wurden die Probanden anschließend in den einzelnen Kategorien als unauffällig, potentiell auffällig oder auffällig eingestuft.

In der vorliegenden Arbeit wurde auf Grundlage dieser Ergebnisse ein Kind dann als spracherwerbsverzögert und damit als SES-Risikokind eingestuft,

⁶ 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.

⁷ Die Daten hinsichtlich der SETK-2-Kategorien 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.

wenn es in drei Kategorien die Einstufung mindestens ‚potentiell auffällig‘ erhalten hat.

Tabelle 2: Untersuchungen, die im Rahmen der GLaD-Studie in anderen Teilprojekten⁸, im Laufe der ersten 24 Monate durchgeführt wurden und deren Ergebnisse für die Auswahl Probanden der vorliegenden Arbeit relevant waren.

Alter	Untersuchungen im Rahmen der GLaD-Studie
3.-5. Lebensstag	Neurologische Untersuchung (nach Prechtl/Beintema, 1976) Morphologische und neuromuskuläre Reife (nach New Ballard Scores, 1991)
1., 3., 6., 9., 12. und 18. Lebensmonat	Neurologische Untersuchung (nach Michaelis, 1999) Motorische Bewertung (nach Touwen, 1982) Entwicklungsdiagnostik anhand der Griffiths Entwicklungsskalen (nach Brandt und Sticker, 2001)
1., 2., 4., 6., 8., 12., 13. und 18. Lebensmonat	Pädaudiologische Untersuchung mittels OAE und BERA
24. Lebensmonat	Untersuchung der Entwicklung des Spracherwerbs mittels ELFRA2
24. Lebensmonat	Untersuchung der Entwicklung des Spracherwerbs mittels SETK2

⁸ Medizinisches Teilprojekt, Prof. Dr. V. Hesse, Teilprojekt „Pädaudiologische Basisdiagnostik“, Prof. Dr. M. Gross und Teilprojekt „Sprachproduktion und Sprachverständnis“, PD Dr. Z. Penner

Alle Eltern von Probanden haben bei Studienbeitritt 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.

2.2 Probandenauswahl für die vorliegende Arbeit

2.2.1 FH⁺-Kinder

Für die hier dargestellte Untersuchung wurden aus der Gesamtgruppe der GLaD-Kinder 21 Säuglinge (11 Mädchen und 10 Jungen) mit einer positiven Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Spracherwerbsstörung ausgewählt (Tabelle 4). Die Kinder gehören zu den ersten vier Rekrutierungsblöcken der GLaD-Studie und wurden zwischen Januar 2001 und September 2002 geboren.

Bei der Auswahl der Probanden der vorliegenden Arbeit wurden vier Auswahlkriterien verwendet:

1. Positive Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Spracherwerbsstörung (SES).
2. Keine Entwicklungsretardierung, neurologische Auffälligkeiten oder über längeren Zeitraum anhaltende Hörstörungen bis zum Alter von 2 Jahren (Untersuchungszeitraum).
3. Ausreichende Anzahl (mindestens 8) an Aufnahmetermen in den ersten 4 Monaten.
4. Vorliegen der Testergebnisse aus mindestens einem der standardisierten Sprachtests im Alter von 2 Jahren.

Tabelle 3: Probanden (FH⁺-Kinder)

Proband	Geschlecht	Motorische & neurologische Entwicklung	Hörleistungen*	Sprachtests		Gruppe**
				ELFRA-2 Anzahl d. Wörter	SETK-2 aufflg./ unaufflg	
CD	m	o. p. B	U14(2) U17(2)	53	unaufflg	NORM
CX	m	o. p. B	-	43	unaufflg	NORM
DA	m	o. p. B	-	143	k. A.	NORM
FS	m	o. p. B	-	137	k. A.	NORM
AT	w	o. p. B	-	149	unaufflg	NORM
AU	w	o. p. B	-	123	k. A.	NORM
AY	w	o. p. B	-	64	unaufflg	NORM
BO	w	o. p. B	-	150	unaufflg	NORM
DP	w	o. p. B	U6(2) U14(2)	74	unaufflg	NORM
DJ	w	o. p. B	U13(2)	31	unaufflg	NORM
AW	m	o. p. B	-	30	aufflg	SES
BT	m	o. p. B	U3(2)	11	aufflg	SES
DX	m	o. p. B	U6(1) U8(1) U14(2)	22	k. A.	SES
EX	m	o. p. B	-	58	aufflg	SES
FI	m	o. p. B	U5(2) U6(1)	k. A.	aufflg	SES
FT	m	o. p. B	-	17	aufflg	SES
BH	w	o. p. B	U14(2)	94	aufflg	SES
BD	w	o. p. B	U6(2)	21	aufflg	SES
BV	w	o. p. B	U18(2)	53	aufflg	SES
CV	w	o. p. B	U5(2)	50	aufflg	SES
FF	w	o. p. B	-	60	aufflg	SES

o.p.B.: ohne pathologischen Befund
 U2, 3, 5, 6, 8 Untersuchung im 1., 2., 4., 6., 8. Monat
 U13, 14, 17, 18 Untersuchung im 12., 13., 18., 19. Monat
 un-/aufflg un- bzw. auffällig bei SETK-2

(1): einseitig gestörte Hörleistung
 (2): beidseitig gestörte Hörleistung
 k.A.: keine Angaben
 m: männlich
 w: weiblich

*Ergänzende Angaben zur Hörleistungen:

Zehn in Tabelle 3 aufgeführte Kinder wiesen in den ersten 18 Monaten entweder einseitige oder beidseitige Hörstörungen auf. Sechs Kinder wiesen während der Untersuchungszeit nur einmal eine Hörstörung auf. Drei Kinder wiesen zweimal, lediglich das Kind DX wies dreimal eine Hörstörung auf. Keines der untersuchten Kinder litt während des Untersuchungszeitraumes längere Zeit an einer Hörminderung.

Zudem wurden die Schreiaufnahmen der Probanden nur während der ersten vier Lebensmonate betrachtet. In diesem Zeitraum lag lediglich bei dem Kind BT eine beidseitig eingeschränkte Hörleistung im 4. Monat vor. In den anschließenden Untersuchungen bezüglich der Hörleistung ergaben sich keine Hörstörungen mehr, so dass die Schreiaufnahmen dieses Kindes in die Untersuchung einbezogen wurden.

**Ergänzende Angaben zur Gruppenzuordnung in NORM- und SES-Risikokinder:

Im Ergebnis der beiden Sprachentwicklungstests wurden die Kinder retrospektiv in eine „auffällige“, mit einem hohen Risiko für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung behafteten Gruppe (FH⁺-SES-Gruppe) oder eine „unauffällige“ Gruppe (FH⁺-NORM-Gruppe), die mit keinem Risiko für die Entwicklung einer spezifische Spracherwerbsstörung behaftet ist, aufgeteilt (siehe Tabelle 3). Durch die zusätzliche Berücksichtigung eines ausgewogenen Geschlechterverhältnisses, kann man jeweils beide Gruppen zusätzlich in weitere zwei Gruppen aufteilen, Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe (N=4), Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe (N=6), Jungen der FH⁺-SES-Gruppe (N=6) und Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe (N=5).

Die Kinder der FH⁺-NORM-Gruppe sind nach Auswertung der Sprachtests mit 24 Monaten (ELFRA-2 und SETK-2, siehe Tabelle 3) keine Risikokinder für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung. Die Kinder der FH⁺-SES-Gruppe werden nach Auswertung derselben Sprachtests als Risikokinder für die Entwicklung einer spezifische Spracherwerbsstörung angesehen.

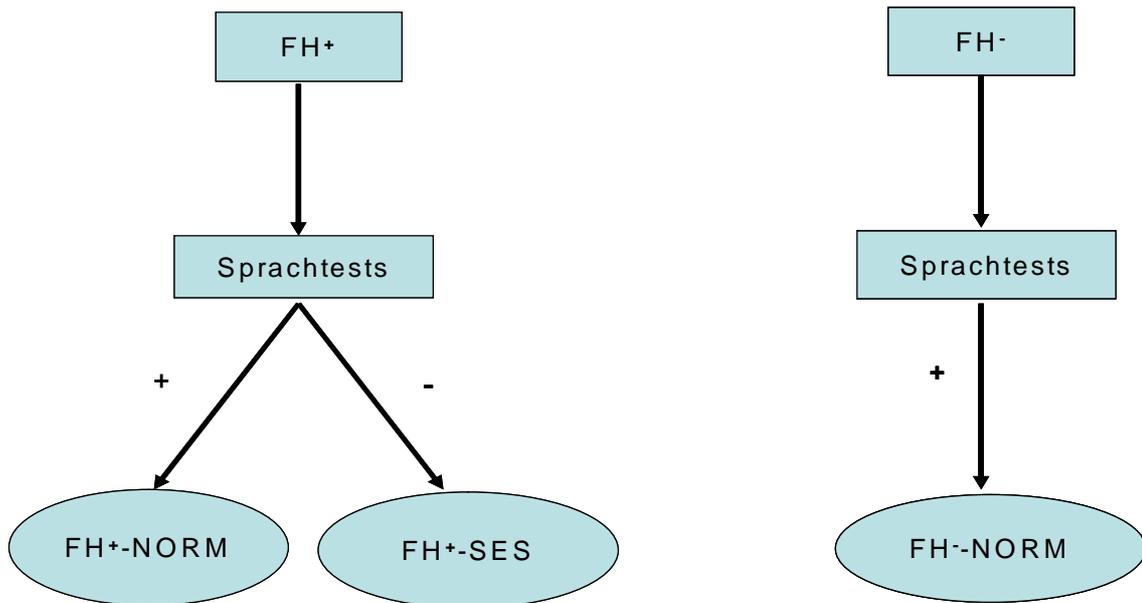


Abbildung 1: Schematische Darstellung der untersuchten Gruppen (FH⁺-NORM-, FH⁺-SES- und FH⁻-NORM-Gruppe (siehe Kap. 2.2.2)

Für die Kinder AU, DA, DX und FS lagen keine Daten des Sprachtests SETK-2 vor und für das Kind FI fehlten die Analysedaten des Sprachtests ELFRA-2. Die Probanden ohne Ergebnisse bei SETK-2 (AU, DA, DX, FS) wurden dennoch für die Untersuchung einbezogen, da die Ergebnisse des Sprachtests ELFRA-2 vorlagen und belegten, dass kein Risiko (Kind AU, DA, FS) bzw. ein deutliches Risiko (Kind DX) für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung vorliegt.

Gleiches gilt für den Probanden FI. Trotz fehlender Ergebnisse beim Sprachtest ELFRA-2, ist durch die Ergebnisse des Sprachtests SETK-2 gesichert, dass bei

diesem Kind ein Risiko für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung vorliegt.

Das Primat bei der Einstufung lag auf den Ergebnissen der Sprachtests durch die Linguisten. So wurden die Probanden BH, BV, CV, EX und FF als SES-Kinder eingestuft, obwohl diese Kinder laut Elternfragebogen ELFRA-2 zumindest teilweise als unauffällig einzustufen wären. Die Kinder CX und DJ wurden als NORM-Kinder eingestuft, obwohl sie laut Elternfragebogen ELFRA-2 als SES-Kinder einzustufen wären.

Familiäre Disposition

Tabelle 4 zeigt, welche Art von spezifischer Spracherwerbsstörung bei den rekrutierten Kindern vorliegt und bei welchem Familienmitglied spezifische Spracherwerbstörungen aufgetreten sind.

Tabelle 4: Familiäre Disposition für SES bei den FH⁺-Probanden⁹

Kind	Ge- schlecht	FH ⁺ im engsten Famili- kreis	FH ⁺ im erweiterten Famili- kreis	FH ⁺ Gesamt
CD	m	D	D, VS	D, VS
CX	m	D	D, VS	D, VS
DA	m	D, VS	D	D, VS
FS	m	D	D	D
AT	w		D	D
AU	w	D		D
AY	w	D, VS		D, VS
BO	w		D	D
DP	w	VS		VS
DJ	w		D	D
AW	m		D	D
BT	m	D		D
DX	m	D		D
EX	m	VS?		VS?
FI	m	D, VS		D, VS
FT	m	D		D
BH	w	D, VS		D, VS
BD	w		D	D
BV	w		D	D
CV	w		D	D
FF	w	D, VS	D, VS	D, VS

- 1 verspätete Sprachproduktion (Sprachverzögerung = SV)
- 2 dysgrammatische Sprache (Sprachverzögerung = SV)
- 3 Dyslexie (=D) Lese- und Schreibprobleme während der ersten Schuljahre

⁹ Schulz P., Übersicht zur familiären Disposition von Probanden der GLaD-Studie, interner Forschungsbericht (2003).

2.2.2 FH⁻-Kinder (Vergleichsgruppe)

Um das Schreiverhalten der in der vorliegenden Arbeit untersuchten FH⁺-NORM- und FH⁺-SES-Kinder zu bewerten, wurde zu Referenzzwecken eine Vergleichsgruppe bestehend aus medizinisch unauffälligen Kindern ohne eine positive Familienanamnese (FH⁻) für eine spezifische Spracherwerbsstörung herangezogen.

Diese Vergleichsgruppe aus der GLaD-Studienkohorte wurde bereits im Rahmen vorhergehender Projektarbeiten ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Auswertungen wurden von Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke, der Projektleiterin, für den Vergleich mit den FH⁺-Kindern der vorliegenden Arbeit zur Verfügung gestellt.

Alle Kinder der Vergleichsgruppe erfüllen die in Kap. 2.1. dargestellten Auswahlkriterien. Diese Kinder haben sich nach Auswertung der Sprachtests (ELFRA-2 und SETK-2) bis zum Alter von 24 Monaten normal entwickelt und tragen kein Risiko für eine spezifische Spracherwerbsstörung (siehe Abbildung 1).

Die FH⁻-NORM-Gruppe bilden 9 Jungen (FH⁻-NORM-Jungen) und 10 Mädchen (FH⁻-NORM-Mädchen), die gesamte FH⁻-NORM-Gruppe besteht somit aus 19 Vergleichskindern.

Tabelle 5: Probandenübersicht (FH)

Proband	Geschlecht	Motorische & neurologische Entwicklung	Hörleistungen	Sprachtests		Gruppe
				ELFRA2 Anz. d. Wörter	SETK2 aufflg/ unaufflg	
AL	m	o. p. B	U8(2),U13(2), U18(1)	138	unaufflg	NORM
AS	m	o. p. B	U13(1)	110	unaufflg	NORM
BC	m	o. p. B	U17(1),U14(2)	142	unaufflg	NORM
BL	m	o. p. B	U18(2)	23	unaufflg	NORM
BM	m	o. p. B	U8(1)	93	unaufflg	
BR	m	o. p. B	U8(2),U13(2) U14(2),U18(2)	20	unaufflg	NORM
BY	m	o. p. B	-	118	unaufflg	NORM
BZ	m	o. p. B	U8(1)	186	k. A.	NORM
BU	m	o. p. B	U14(2),U17(2)	88	k. A.	NORM
AE	w	o. p. B	U3(1),U5(1), U6(1),U8(1), U13(2),U14(2)	104	unaufflg	NORM
AJ	w	o. p. B	U2(1)	158	k. A.	NORM
AK	w	o. p. B	U6(2),U14(2)	132	unaufflg	NORM
AR	w	o. p. B	U2(1)	136	unaufflg	NORM
AX	w	o. p. B	U3(1),U8(2), U13(2),U14(2) U17(2),U18(2)	115	unaufflg	NORM
BF	w	o. p. B	U2(2)	114	unaufflg	NORM
BN	w	o. p. B	U8(2),U18(1)	122	unaufflg	NORM
BW	w	o. p. B	-	155	unaufflg	NORM
BS	w	o. p. B	U18(2)	99	k. A.	NORM
BA	w	o. p. B	U14(2)	109	unaufflg	NORM

o.p.B.: ohne pathologischen Befund
 U2, 3, 5, 6, 8 Untersuchung im 1., 2., 4., 6., 8. Monat
 U13, 14, 17, 18 Untersuchung im 12., 13., 18., 19. Monat
 un-/aufflg un- bzw. auffällig bei SETK-2
 (1): einseitig gestörte Hörleistung
 (2): beidseitig gestörte Hörleistung
 k.A.: keine Angaben
 m: männlich
 w: weiblich

Für die Kinder AJ, BS, BU und BZ lagen keine Daten des Sprachtests SETK-2 vor, die Ergebnisse des Sprachtests ELFRA-2 belegten aber, dass diese Kinder kein Risiko für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung aufweisen.

Die Kinder BL und BR wurden aufgrund der Ergebnisse aus dem SETK-2 Test als NORM-Kinder eingestuft.

2.3 Datengrundlage

Die Aufnahmeintervalle wurden von den Mitarbeitern des Teilprojekts „Sprachproduktion - Schreianalyse“ individuell mit den Eltern der Probanden abgestimmt. Ziel war es, möglichst dichte Aufnahmeintervalle zu erreichen. Mit den meisten Eltern konnten zusätzlich zu den häufigen Untersuchungsterminen in der Kinderklinik Schreiaufnahmetermine im elterlichen Haushalt vereinbart werden.

Für jeden Probanden der vorliegenden Arbeit sollten mindestens 8 Aufnahmen innerhalb der ersten vier Lebensmonate vorliegen (Tabelle 6).

Das war mit Ausnahme des Kindes BO gewährleistet. Für Kind BO liegen nur Aufnahmen von sechs Aufnahmetermine vor, wie aus der nachstehenden Tabelle 6 zu entnehmen ist. Obwohl das Kind damit ein Auswahlkriterium nicht erfüllt, wurde es in der Arbeit berücksichtigt, da bei jedem Aufnahmetermin eine ausreichende Anzahl an Schreien (insgesamt 200 erzeugter und ausgewerteter Schreistrukturen) aufgenommen wurde und die Aufnahmetermine von Beginn an sehr regelmäßig durchgeführt wurden.

Tabelle 6: Anzahl der Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten bei den ausgewählten Probanden (FH⁺-Kinder).

Proband	Summe d. Aufnahmen	Anzahl d. Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten				Anzahl d. Schreie
		1. LM	2. LM	3. LM	4. LM	
AT	14	4	3	3	4	568
AU	8	2	2	2	2	521
AW	16	5	4	3	4	617
AY	9	3	2	2	2	528
BD	12	4	1	4	3	445
BH	8	2	2	2	2	196
BO	6	2	2	1	1	200
BT	15	3	4	4	4	270
BV	14	3	3	4	4	518
CD	16	4	4	4	4	701
CV	16	4	4	4	4	798
CX	14	4	4	3	3	929
DA	10	4	2	3	1	253
DJ	14	4	2	4	4	414
DP	8	3	2	1	2	260
DX	13	4	4	3	2	442
EX	20	-	4	8	8	816
FF	11	2	4	2	3	516
FI	28	3	10	9	6	938
FS	22	5	7	7	3	1070
FT	18	4	6	1	7	652

Tabelle 7: Anzahl der Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten bei der Vergleichsgruppe (FH-Kinder)

Proband	Summe d. Aufnahmen	Anzahl d. Aufnahmen in den ersten 4 Lebensmonaten				Anzahl d. Schreie
		1. LM	2. LM	3. LM	4. LM	
AE	15	4	3	4	4	615
AJ	13	2	4	3	4	648
AK	15	4	4	4	3	520
AL	14	4	4	3	3	540
AR	7	2	2	1	2	392
AS	9	3	2	2	2	303
AX	14	3	4	4	3	617
BA	11	3	3	2	3	471
BC	11	4	4	4	3	806
BF	14	3	3	4	4	834
BL	14	3	4	3	4	353
BM	14	3	4	3	4	470
BN	9	3	2	2	2	303
BR	11	2	4	3	2	393
BS	15	4	4	4	3	1118
BU	6	2	2	1	1	287
BW	7	2	2	1	2	337
BY	8	2	2	2	2	115
BZ	16	4	4	4	4	373

2.4 Datenanalyse

2.4.1 Analyse spektraler und melodischer Eigenschaften der Säuglingsschreie

Zur Spektralanalyse der Schreilaute diente das Sprachanalysesystem CSL – 4300 B der Firma KAY Elemetrics Corp. (Pine Brook / USA).

Dieses System ist ein bewährtes Standardsystem für die Stimmanalyse in den Bereichen Phoniatrie, Sprachanalyse und Linguistik (z.B. Boltezar et al., 1997; Campisi et al. 2000). Es stellt auch das Standardanalysesystem der GLaD-Studie dar.

Die Berechnung des Grundfrequenzverlaufs (Melodie) eines Schreies wurde mit dem Programm-Modul Multi-Dimensional-Voice-Program-Advanced (MDVP-Advanced) vorgenommen. Mittels des für die Analyse von Säuglingsschreien entwickelten Programms CDAP (Firma pw-project) können die errechneten Grundfrequenzverläufe grafisch dargestellt und weiter bearbeitet werden.

Die Strukturanalyse erfolgt unter Verwendung der mittels CDAP erstellten Melodiegrafiken und durch Auswertung der spektralen Eigenschaften der Schreie anhand der Spektrogramme.

In Abbildung 2 ist beispielhaft für einen Schrei das Zeitsignal und das korrespondierende Schmalbandspektrogramm dargestellt. Auf der x-Achse ist der Zeitverlauf in Sekunden dargestellt, auf der y-Achse sind die Frequenzkomponenten des Schreies (bis 4kHz) linear aufgetragen zu erkennen. Die Zeitskala ist variabel, da sie sich nach der Länge des zu analysierenden Signals richtet. Die unterste Linie im Spektrogramm gibt die Zeitfunktion der Grundfrequenz (Melodie) wieder, die darüber liegenden Linien stellen die Harmonischen der Grundfrequenz dar. Die Harmonischen liegen als ganzzahlige Vielfache über dem Zeitverlauf der Grundfrequenz. Frequenzbänder zwischen den Harmonischen werden als Subharmonische bezeichnet. Die Grauskalierung im Spektrogramm stellt den Energiegehalt der einzelnen Frequenzbereiche dar. Die höchste Energiedichte wird durch eine schwarze Skalierung angezeigt.

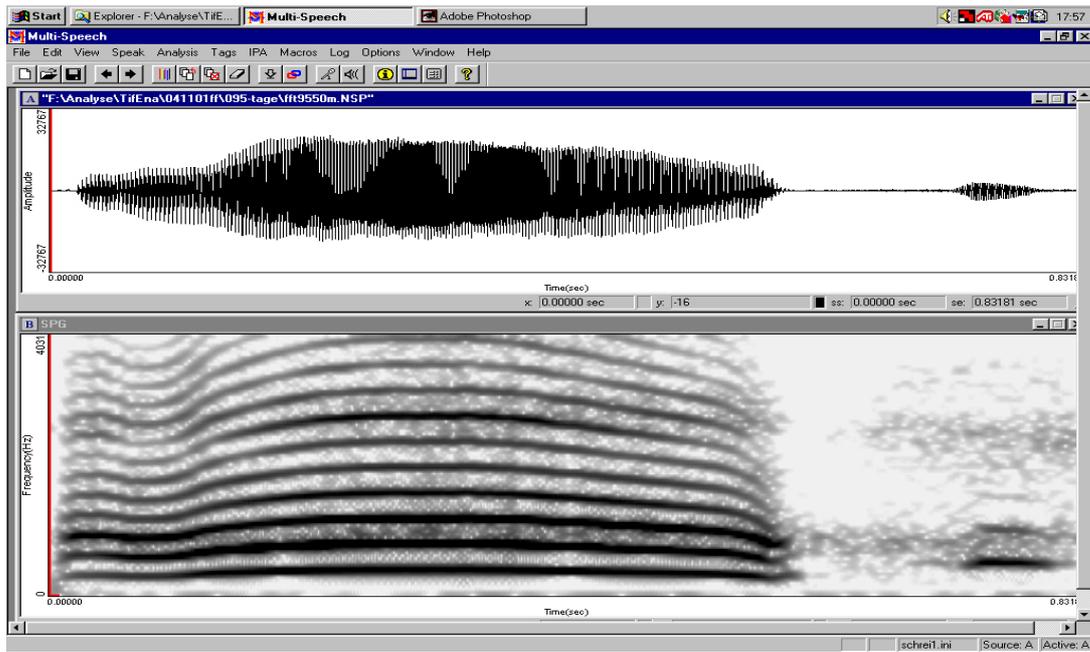


Abbildung 2: Beispiel eines Schmalbandspektrums von einem Säuglingsschrei.

Abbildung 3 zeigt die grafische Darstellung der gefilterten Schreimelodie des Lautes in Abbildung 2.

Auf der y-Achse sind die Werte der Grundfrequenz in [Hz] dargestellt und auf der x-Achse die korrespondierenden Zeitwerte (Time) Sekunden. Des weiteren ist auch der Intensitätsverlauf (Intensity) des Lautes in [dB] ersichtlich.

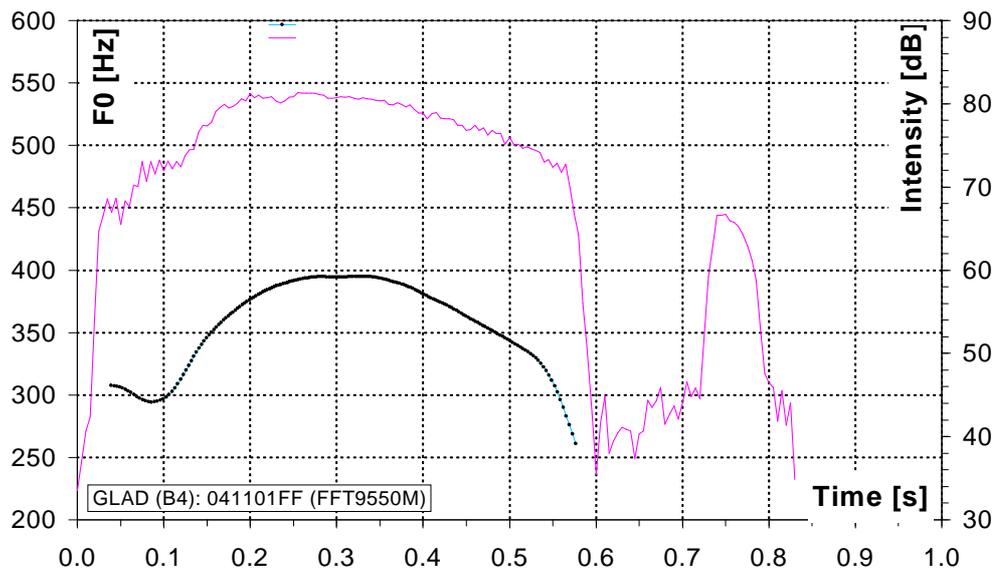


Abbildung 3 : Darstellung des Melodieverlaufs (blau) und Intensitätsverlaufs (rot) des in Abbildung 2 dargestellten Schreilautes.

2.4.2 Klassifizierung der Säuglingsschreie basierend auf den spektralen und melodischen Eigenschaften

Ziel dieser Arbeit ist es, die Säuglingsschreie aller 21 Kinder aus den ersten vier Lebensmonaten den spektralen Eigenschaften und dem Grundfrequenzverlauf zuzuordnen und zu systematisieren.

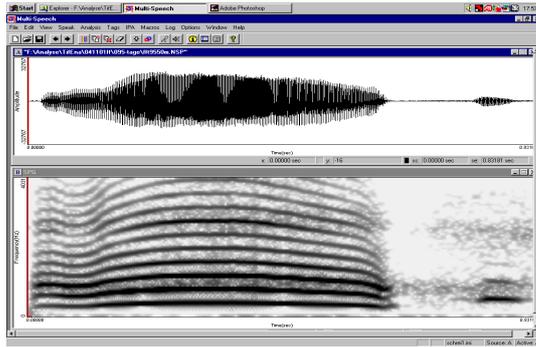
Die Festlegung der Strukturkategorien erfolgte auf der Grundlage der von Wermke (2002, 2004) im Rahmen des Teilprojekts „Sprachproduktion – Säuglingsschrei“ definierten Melodie-Typen (siehe Abbildungen 4a-d, Tabelle 8).

Tabelle 8: Strukturkategorien von Säuglingsschreien (Wermke 2002, 2004)

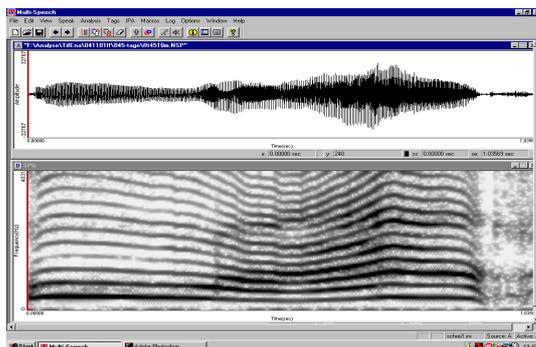
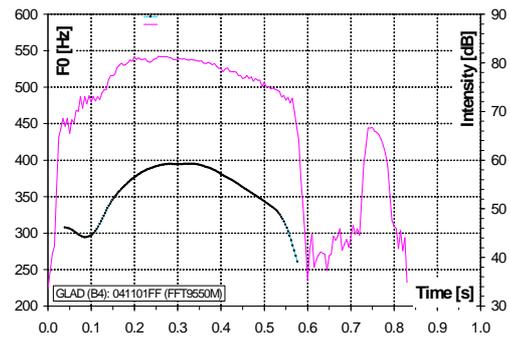
Kategorie	Erklärung
1B	Melodien, die nur aus einem auf- und absteigenden Bogen bestehen und länger als 300 ms sind.
2B	Melodien, die aus zwei auf- und absteigenden Einzelbögen bestehen. Das Hubkriterium zur Definition eines Bogens beträgt > 2 Halbtöne. Ist das Hubkriterium nicht erfüllt, kann im Einzelfall der Intensitätsverlauf und/oder der akustische Eindruck herangezogen werden. In diesem Falle wird jedoch der Vermerk „Hubkriterium verletzt“ im Ergebnisfile vermerkt.
3B/ MB	Melodien mit den unter 2B angegebenen Kriterien, aber mit drei oder mehr Bögen.
1S	Melodien vom Typ 2B, wobei die beiden Bögen durch eine Pause (Abfall der Intensität > 9 dB) getrennt, also segmentiert sind, also 1B+Pause+1B.
KS	Melodien mit einer Segmentierungspause. Im Unterschied zu „1S“ sind die beiden durch die Pause getrennten Elemente aber keine Einzelbögen, sondern mindestens eines der beiden Elemente besteht aus einer komplexen Struktur, z.B. 1B+Pause+2B, oder KL+Pause+3B etc. Die Pause zwischen dem letzten Element der Produktion und dem Einatmungssignal wird nicht gezählt.

2S/MS	Melodien, die 2 oder mehr als 2 Pausen enthalten z.B. 1B+Pause+1B+Pause+1B(=2S). Die einzelnen Strukturelemente können dabei sehr unterschiedlich sein.
KL	Laute, die kürzer als 300 ms aber länger als 149 ms sind. KL vegetativen Ursprungs, z.B. Huster, werden bei der Datenerhebung nicht berücksichtigt.
Inspiration	Ist die Einatmung auffällig (z.B. Stridorähnlich), dann wird dies vermerkt.

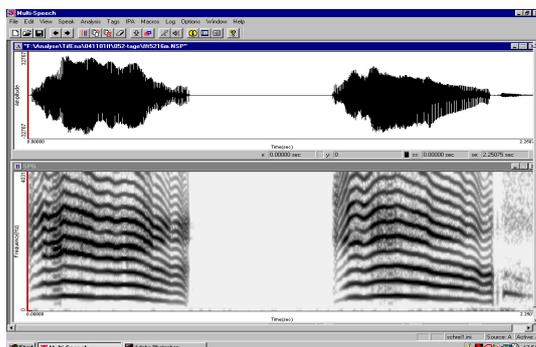
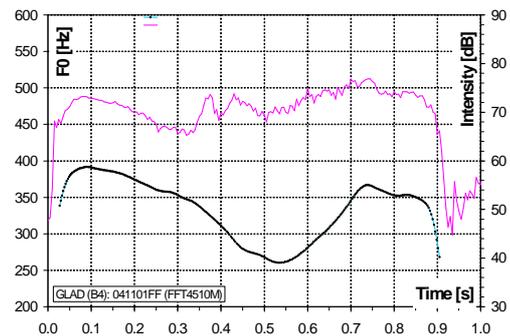
In den Abbildungen 4a bis 4d sieht man Beispiele für einzelne Strukturkategorien. Auf der linken Seite sind die Schmalbandspektrogramme der Schreie (bis 4 kHz) dargestellt. Die Zeitskala ist variabel, da sie sich automatisch nach der Länge des zu analysierenden Signals richtet. In den Abbildungen auf der rechten Seite sind die korrespondierenden Melodie/Intensitätskontur-Grafiken gezeigt. Die Melodiekurven (blau) wurden Tiefpass gefiltert. Die Frequenzachsen sind linear. Die Intensitätskonturen sind rot eingezeichnet.



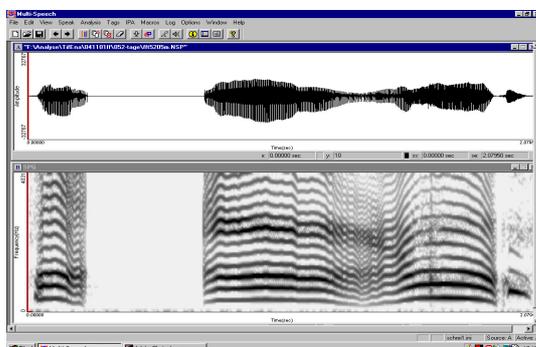
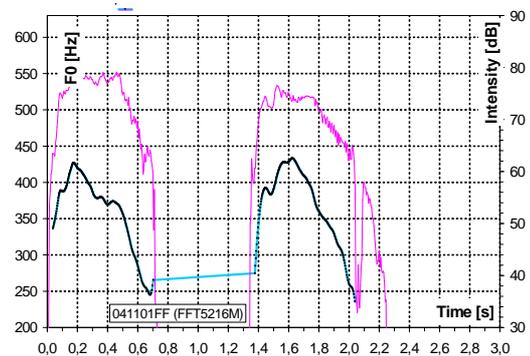
4a) Einfachbogen



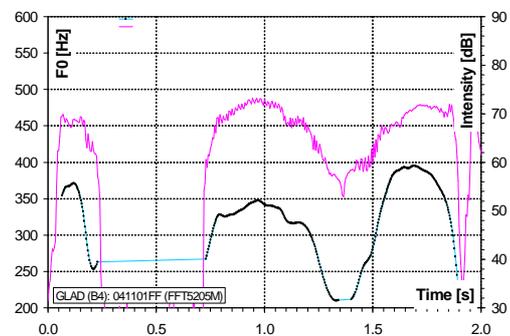
4b) Doppelbogen



4c) 1S-Struktur



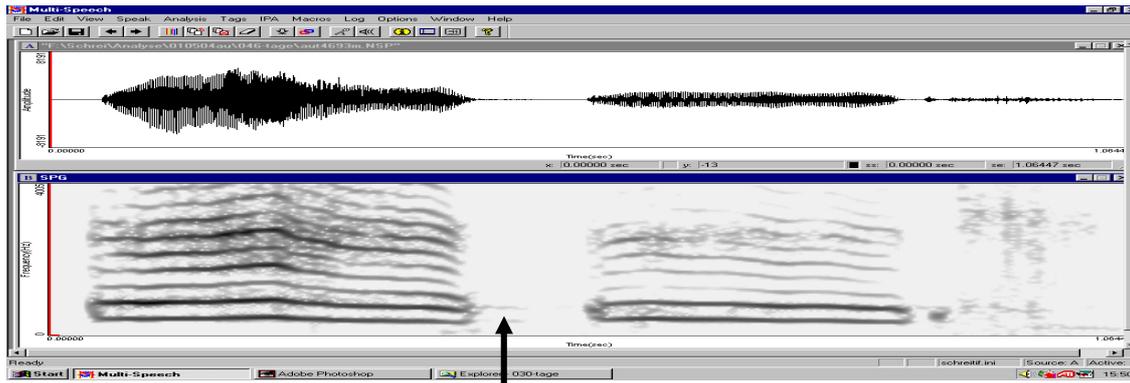
4d) Komplexe Segmentierung



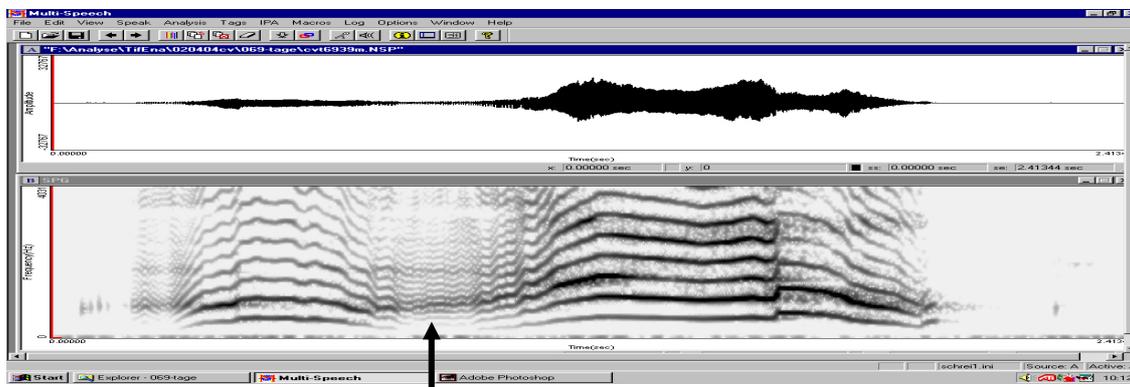
Abbildungen 4 a-d: Beispiele für einfache und komplexe Melodiestructuren in Säuglingschreien.

Auftretende Segmentierungen der Melodien werden in „vollständige“ und „unvollständige“ Segmentierungen unterteilt. Eine vollständige Segmentierung ist dann vorhanden, wenn im Spektrogramm keine Harmonischen oder andere Strukturen erkennbar sind (siehe Abbildungen 5a). Ein Intensitätsabfall > 9 dB zwischen beiden Elementen definiert immer eine „vollständige“ Segmentierung. Bei „unvollständiger“ Segmentierung erkennt man im akustisch deutlich hörbaren Pausenbereich auf dem Spektrogramm noch Rest-Harmonischenstrukturen oder Rauschbanden (siehe Abbildungen 5b).

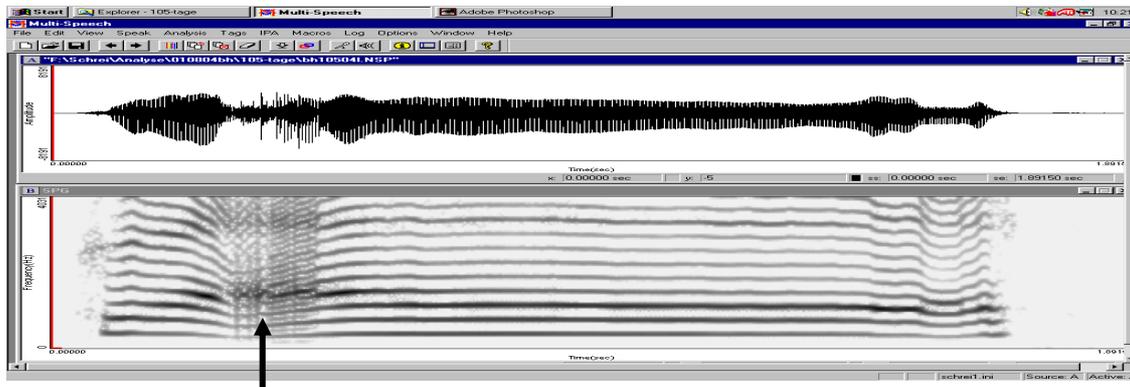
Wenn nur die Andeutung einer Segmentierung vorhanden ist (akustischer Eindruck etc.), dann handelt es sich um einen Segmentierungsansatz (siehe Abbildungen 5c).



5a) Vollständige Segmentierung



5b) Unvollständige Segmentierung



5c) Segmentierungsansatz

Abbildungen 5a-c: Beispiele für Segmentierungsarten in Säuglingsschreien. Die Schreisinale sind im Zeitbereich dargestellt und darunter die korrespondierenden Frequenz-Spektrogramme. Die dargestellten Pfeile markieren vollständige Segmentierung (a), unvollständige Segmentierung (b) oder Segmentierungsansatz (c).

Geräuschartige Elemente in den Signalen wurden ebenfalls charakterisiert und zwar nach ihrem Anteil und ihrer Lage im Signal. Geräuschartige Elemente können am Rand eines Signals (siehe Abbildung 6a) oder in der Mitte (siehe Abbildung 6b) vorkommen. Ein Signal gilt als ganz verrauscht (stimmlos), wenn mehr als 2/3 des Schreies keine Harmonischenstruktur aufweist und damit eine anderweitige Signalstruktur nicht zu erkennen ist (siehe Abbildung 6c).

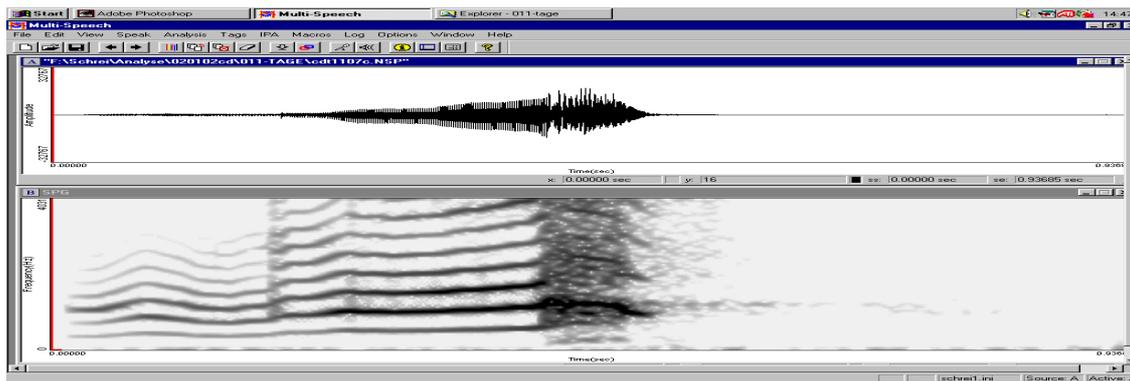
Letztere wird in die Kategorie „Rausch“ eingeordnet.

Für Schreie, die eine unklare Struktur aufweisen, also nicht anhand der genannten Kriterien einer der definierten Strukturkategorien zugeordnet werden können, gibt es die Kategorie Fragezeichen „?“ in der Strukturanalyse.

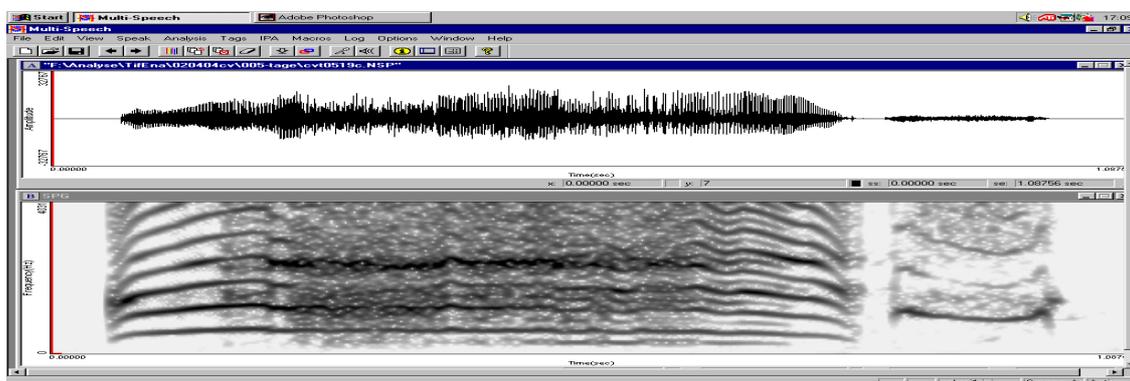
In der vorliegenden Arbeit wurden die Strukturtypen bestimmten Strukturklassen zugeordnet. Dabei bilden die einbögigen Schreie (EB), die Kurzlaute (KL), die Signale ohne klare Harmonischenstruktur (Rausch) und die unklaren Strukturen (?) jeweils eine Klasse. Alle komplexen Strukturen wurden in zwei weitere Klassen zusammengefasst, basierend auf dem Vorkommen von Segmentierungselementen:

- (1) Klasse nichtsegmentierter Mehrfachbögen (MB): 2B-, 3B-, MB-Strukturen.
- (2) Klasse segmentierter Mehrfachbögen (SEG): 1S-, KS-, 2S-, 3S-, MS-Strukturen.

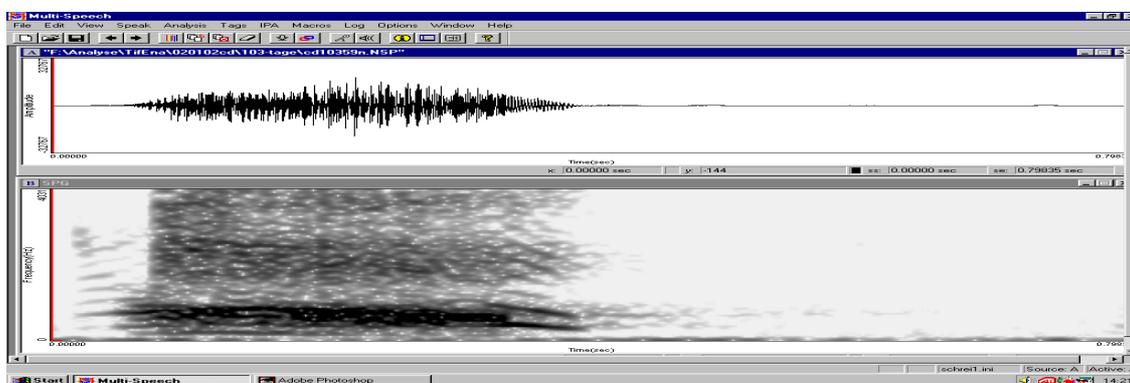
Diese Zusammenfassung war notwendig, um bei der gegebenen Datenmenge noch eine ausreichende Klassenbelegung zu erreichen.



6a) Rauschanteil am Rand des Spektrums



6b) Rauschanteil in der Mitte des Spektrums



6c) Rauschanteil in mehr als 2/3 des Spektrums (Kategorie: „Rausch“)

Abbildungen 6 a-c: Beispiele für spektrale Elemente.

2.5 Quantitative Analyse melodischer und zeitlicher Parameter

Mit Hilfe des CDAP-Programms ist es möglich, die Melodien quantitativ zu untersuchen, indem z.B. rhythmische und prosodische Eigenschaften vermessen werden, wie z.B. Bogenhub, Bogenlänge, Max-/ Minimalfrequenz pro Bogen bzw. zwischen den Bögen und Segmentierungspausen.

Durch ein interaktives Cursorregime kann man den Messanfangs- und Endpunkt eines Melodiebogens sowie einer Segmentierungspause bestimmen. Cursorpositionen können wahlweise auf dem nächsten F0-Punkt, dem aktuellen F0-Punkt oder dem F0-Interpolationspunkt (Messpunkt genau in der Mitte zwischen zwei F0-Werten) bezogen werden.

Ergänzend steht auch die Option der Wahl eines „Intensitätspunktes“ als Messpunkt zur Verfügung, um auch die Dauer von Säuglingsschreien erfassen zu können, bei denen die Melodiepunkte nicht vollständig vorhanden sind.

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für das Vermessen von Bogenhüben, Bogenlängen und Segmentierungslängen. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel für das Vermessen der Minimal- und Maximalwerte der Grundfrequenz.

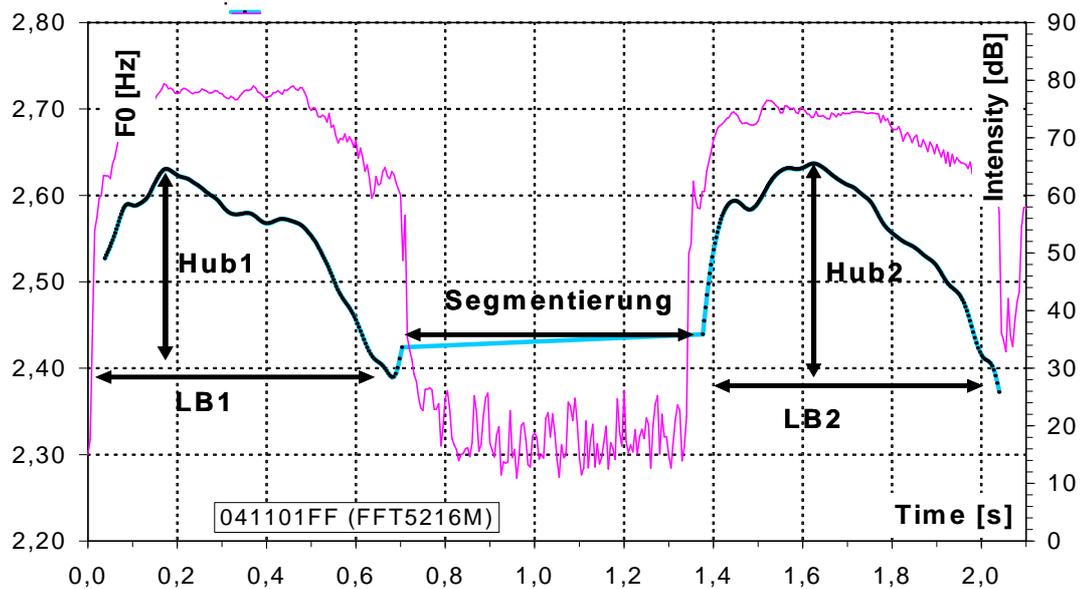


Abbildung 7: Quantitative Analyse von Bogenhub, von Bogendauer und einer Segmentierungspause.

Dargestellt sind der Melodie-(blau)/ Intensitätsverlauf (rosa) eines Säuglingsschreies der Strukturkategorie 1S, also 2 Melodiebögen, die durch eine Segmentierungspause getrennt sind. Der Bogenhub wird aus der Differenz zwischen der maximalen Grundfrequenz (F0-Max) und der minimalen Grundfrequenz (F0-Min) pro Bogen ermittelt. Die Dauer der beiden Melodiebögen (LB1 bzw. LB2) ergibt sich aus der Differenz des ersten und letzten Melodiewertes pro Bogen.

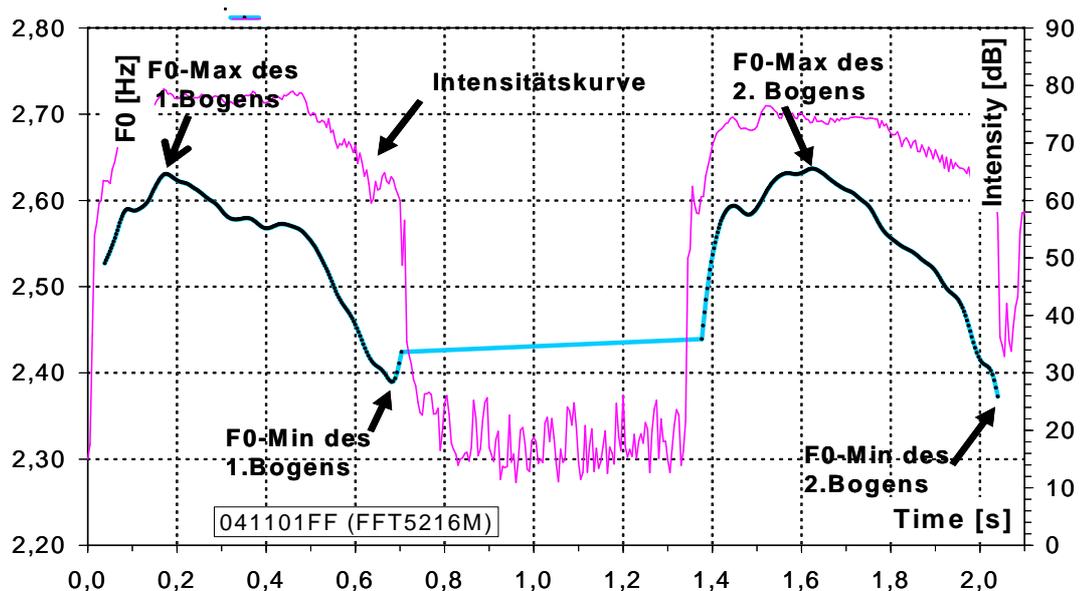


Abbildung 8: Quantitative Analyse von Minimal- und Maximalwerten einzelner Melodiebögen sowie Bestimmung des Intensitätsabfalls in der Segmentierungspause.

Zusätzlich wird auch der Intensitätsverlauf ermittelt. Eine Beurteilung des Zusammenhangs zwischen Grundfrequenzverlauf und Intensitätsverlauf bezüglich ihres Monotonieverhaltens wird somit möglich. So wird unterschieden, ob F0-Verlauf und Intensitätsverlauf miteinander vollständig, teilweise gekoppelt oder vollständig entkoppelt sind.

Abbildung 9 zeigt einen teilweise entkoppelten Verlauf der Melodiekontur im Vergleich zur Intensitätskontur. An der markierten Stelle fällt der Melodieverlauf (blau), während der Intensitätsverlauf (rot) steigt bzw. fluktuiert, im übrigen Teil des Schreies stimmt der Verlauf der Intensität und der Melodie überein.

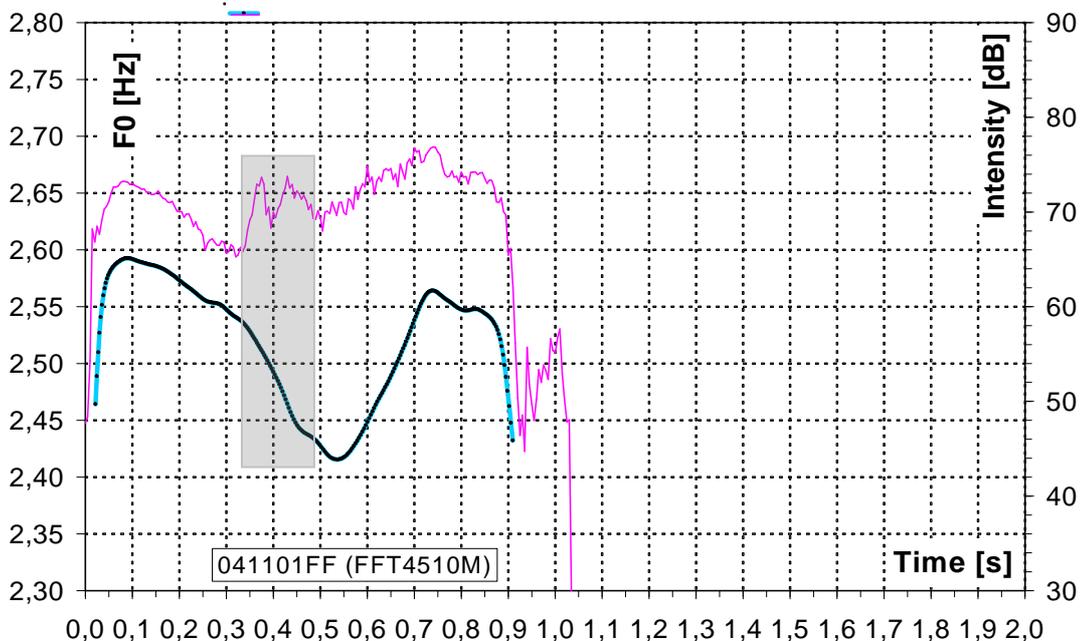


Abbildung 9: Beispiel für teilweise entkoppelten Verlauf von Melodie- und Intensitätskontur.

Es hat sich gezeigt, dass die ermittelten Melodien von Säuglingsschreien häufig „spikeartige Werte“ aufweisen, die aufgrund von Algorithmus-Artefakten entstehen. Das CDAP-Programm ist in der Lage, diese spikeartigen Werte mit Hilfe eines Tiefpass-Filters zu eliminieren.

Aus diesem Grund werden alle Säuglingsschreie vor dem Vermessen gefiltert, um Artefakte aufgrund lokaler Schwankungen der Messparameter zu vermeiden.

In einigen Fällen war die quantitative Melodiebestimmung methodisch aufgrund von phonatorischen Rauschbanden, plötzlichen Frequenzsprüngen zu $F_0 > 1000$ Hz oder ausgeprägten subharmonischen Strukturen nicht möglich (siehe Kap.3.2). Grundfrequenzen über 1000 Hz können mit dem verwendeten CSL-System nicht mehr verarbeitet werden (siehe Abbildung 22).

Die Daten des Kindes BO konnten aus methodischen Gründen nicht ausgewertet werden. Das Kind BO erzeugte während des viermonatigen Untersuchungszeitraums durchgängig sehr hochfrequente Schreie mit plötzlichen Frequenzsprüngen und phonatorischen Rauschbanden. Die Grundfrequenz der Schreie lag häufig bei 1000 Hz und war daher mit dem CSL-System nicht mehr bestimmbar (siehe Kap. 3.2, Abbildung 22)

2.6 Statistische Verfahren

Mit Hilfe des Programms Microsoft Excel (Version 2003) und mit dem Auswertungssystem SPSS 14.0 für Windows wurden die erhobenen Daten statistisch ausgewertet.

Alle in Kapitel 3.2. verwendeten Größen wurden mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf eine hinreichende Normalverteilung überprüft.

Eine Normalverteilung war außer in zwei Fällen für alle in Kapitel 3.2. dargestellten Größen gegeben. Die Analyse der F_0 -Minimalwerte des 2. Bogens von 1S-Strukturen im 3. Monat und die Analyse der F_0 -Minimalwerte des 1. Bogens von 1S-Struktur im 4. Monat lieferte keine hinreichende Normalverteilung.

Bei einer hinreichenden Normalverteilung wurden zwei voneinander unabhängige Stichproben mittels des t-Test nach Student verglichen. Bei zwei voneinander abhängigen Stichproben wurde der t-Test für abhängige Stichproben verwendet.

Bei einer nicht hinreichenden Normalverteilung wurden zwei voneinander unabhängige Stichproben mittels des U-Test nach Mann und Whitney und zwei voneinander abhängige Stichproben mittels des Wilcoxon-Tests verglichen.

Für alle Tests wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) von $p=0,05$ angenommen.

In Kapitel 3.2 werden die Analysen der Bogenlängen, Minimal- und Maximalwerte sowie der Frequenzmodulationsamplituden (Hübe) in Boxplotdiagrammen dargestellt.

In der vorliegenden Arbeit ist die Box in den Boxplotdiagrammen so definiert, dass der Interquartilbereich nach unten und oben durch die 25. und 75. Perzentile dargestellt wird. Die äußeren Markierungen stellen das Minimum und das Maximum dar, während die mittlere Linie den Medianwert repräsentiert. Mit einem Kreis sind Ausreißer, die 1,5 bis 3 Boxlängen vom oberen oder unterem Rand der Box liegen, gekennzeichnet. Mit Sternchen sind Extremwerte, die über 3 Boxlängen von oberem oder unterem Rand liegen, markiert.

3 Ergebnisse

Die hier dargestellten Ergebnisse beruhen auf einer retrospektiven Analyse zur Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen strukturellen Schreimerkmalen in den ersten vier Lebensmonaten und Spracherwerbsleistungen im Alter von 2 Jahren (24 Monaten). Zielstellung der vorliegenden Arbeit war es darüber hinaus, einen solchen Zusammenhang in Abhängigkeit von einem bestehenden Familienrisiko für eine spezifische Spracherwerbsstörung (SES) zu untersuchen. Dazu wurden Säuglinge mit einer positiven Familienanamnese für SES (FH⁺-Gruppe) mit Säuglingen ohne eine solche (FH⁻-Gruppe) verglichen. Die Kriterien für die Gruppeneinteilungen und Untergruppenbildungen wurden unter Kapitel 2.2. detailliert dargestellt.

Bei der Strukturanalyse wurde zusätzlich, soweit es aufgrund der Datenlage möglich war, eine geschlechtsspezifische Analyse durchgeführt. Letzteres wurde notwendig, da sich bei der Auswertung gezeigt hat, dass die Schreistrukturentwicklung bei Jungen und Mädchen teilweise Besonderheiten aufzuweisen scheint, die bei Mittelung die realen Prozesse maskieren könnten.

3.1 Retrospektive Auswertung der Schreistrukturen von Kindern mit normalem bzw. verzögertem Spracherwerb

Bei der Strukturanalyse wurden sowohl einfache Melodiestrukturen wie Einfachbögen (EB) und Kurzlaute (KL), als auch komplexe Melodiestrukturen wie z.B. nichtsegmentierte Mehrfachbögen (MB) oder segmentierte Mehrfachbögen (SEG) sowie geräuschartige Elemente (Rausch) bzw. unklare Strukturen (?) untersucht (siehe Kap. 2.4.2.). Die Auswertungen erfolgten sowohl für den Gesamtzeitraum, d. h. 1. - 4. Monat als auch in monatlichen Intervallen. Obwohl die Aufnahmen teilweise in noch kürzeren zeitlichen Intervallen (einwöchentlich) gemacht wurden, erfolgte die Auswertung in

monatlichen (vierwöchigen) Intervallen, um die Daten zu verdichten und somit eine ausreichende Datenmenge für die geplanten Analysen zu erhalten.

3.1.1 Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen über den gesamten Untersuchungszeitraum

Die Klassifizierung aller pro Kind im Untersuchungszeitraum erzeugten Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten basieren auf den zuvor definierten Strukturtypen (Kap. 2.5). Tabelle 9 enthält die Anzahl der insgesamt ausgewerteten Laute, sowie die Auftrittshäufigkeiten der einzelnen Strukturtypen für die Schreie der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM- Gruppe im gesamten Untersuchungszeitraum.

Die Analyse ergab, dass alle definierten Strukturtypen vorkamen und die drei Gruppen sich nicht bezüglich des prinzipiellen Auftretens einzelner Strukturtypen unterscheiden.

Allerdings fallen geschlechtsspezifische Unterschiede auf, die im Kapitel 3.1.2. gesondert betrachtet werden.

Tabelle 9: Anzahl der ausgewerteten Laute im Untersuchungszeitraum sowie absolute Auftretshäufigkeit der Strukturtypen für die einzelnen Kinder der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM-Gruppe.

		FH ⁺ NORM			FH ⁺ SES			FH ⁻ NORM		
		gesamt	w	m	gesamt	w	m	gesamt	w	m
gesamt	n	5.444	2.491	2.953	6.208	2.473	3.735	8.229	5.023	3.206
EB	n	2.054	862	1.192	2.369	896	1.473	2.810	1.595	1.215
	%	37,7%	34,6%	40,4%	38,2%	36,2%	39,4%	34,1%	31,8%	37,9%
MB	2B	976	396	580	986	482	504	1.093	633	460
	3B	225	116	109	266	152	114	419	218	201
	MB	64	42	22	82	49	33	151	64	87
	n	1,265	554	711	1,334	683	651	1,663	915	748
	%	23,2%	22,2%	24,1%	21,5%	27,6%	17,4%	20,2%	18,2%	23,3%
SEG	1S	417	187	230	468	176	292	422	282	140
	2S	168	115	53	252	89	163	298	205	93
	3S	48	38	10	59	14	45	85	63	22
	MS	44	27	17	47	21	26	64	47	17
	KS	271	169	102	381	144	237	591	361	230
	n	948	536	412	1,207	444	763	1,46	958	502
	%	17,4%	21,5%	14,0%	19,4%	18,0%	20,4%	17,7%	19,1%	15,7%
KL	n	734	359	375	777	277	500	1,579	1,153	426
	%	13,5%	14,4%	12,7%	12,5%	11,2%	13,4%	19,2%	23,0%	13,3%
REST	Rausch	246	111	135	179	60	119	421	228	193
	?	197	69	128	342	113	229	296	174	122
	n	443	180	263	521	173	348	717	402	315
	%	8,1%	7,2%	8,9%	8,4%	7,0%	9,3%	8,7%	8,0%	9,8%

Aufgrund der unterschiedlichen Schreianzahl pro Kind wurde die prozentuale Häufigkeit nachfolgend zunächst kindgemittelt und dann über die Gruppe.

Zur Charakterisierung des Verhaltens von relativ einfachen zu komplexen Strukturen, die im Gesamtzeitraum der Untersuchung (1. - 4. Lebensmonat) erzeugt wurden, ist die Auftretshäufigkeit von Säuglingsschreien mit einbögiger Melodie (Strukturtyp 1B), mehrbögiger Melodie (MB) oder segmentierter mehrbögiger Melodie (SEG) nach Kindmittelung für die drei Gruppen ausgewertet worden. Säuglingslaute, die kürzer als 300 ms waren, wurden in der Kategorie der Kurzlaute (KL) erfasst (siehe Kap. 2.4.2.). In der Abbildung 10 sind die relativen Auftretshäufigkeiten für alle vier genannten Strukturklassen für

die drei untersuchten Gruppen dargestellt, die zugehörigen Werte sind in Tabelle 10 wiedergegeben, da sie in 3D-Grafik schwer ablesbar sind.

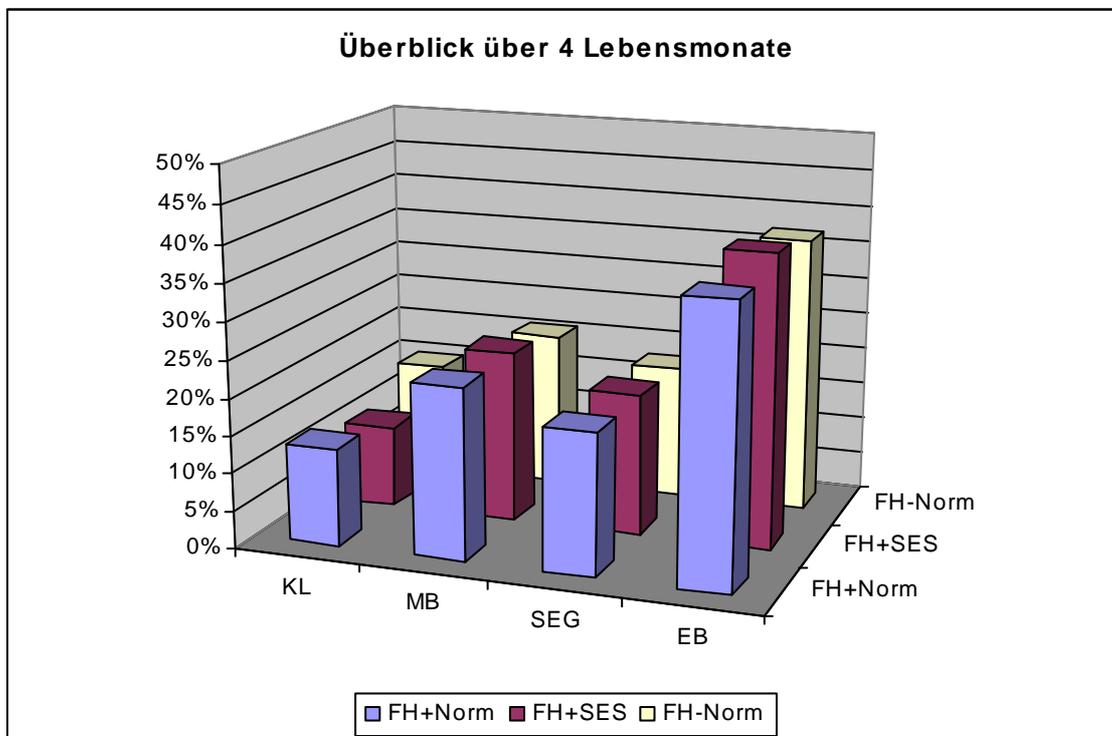


Abbildung 10: Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum. (Werte in Tabelle 10)

Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Gruppe	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
FH ⁺ -NORM	5.444	2.054	37	734	13	1.265	23	948	19	246	5	197	3
FH ⁺ -SES	6.208	2.369	39	777	11	1.334	23	1.207	19	179	3	342	5
FH ⁻ -NORM	8.229	2.810	37	1.579	15	1.663	21	1.460	18	421	5	296	4

Mittelt man die Auftrittshäufigkeit der untersuchten Strukturtypen über den gesamten Untersuchungszeitraum, ergibt sich trotz geringer Unterschiede ein

relativ einheitliches Bild bezüglich der erzeugten Strukturtypen in den drei Gruppen.

Vergleicht man zunächst die beiden Gruppen mit einem familiären Risiko für SES untereinander, dann zeigt sich eine absolute Übereinstimmung bezüglich der erfassten Häufigkeit erzeugter Mehrfachbögen (MB) und segmentierter Mehrfachbögen (SEG) in ihren Lauten. Gruppenunterschiede konnten für diese Strukturtypen, gemittelt über den Untersuchungszeitraum, damit nicht gefunden werden. Dagegen ergab die Auswertung dieser Strukturtypen für die nicht familiär belastete FH⁻-NORM-Gruppe eine geringfügig kleinere relative Häufigkeit (2% weniger MB, 1% weniger SEG). Diese Gruppe erzeugte dafür mehr Kurzlaute als die beiden Gruppen mit familiärer SES-Disposition. Auffällig ist der kontinuierliche Abfall der relativen Häufigkeit erzeugter Kurzlaute von der FH⁻-NORM-Gruppe über die FH⁺-NORM-Gruppe zur FH⁺-SES-Gruppe.

Auch bei den 1B-Strukturen fanden sich Unterschiede. Die FH⁺-SES-Gruppe zeigte den höchsten Anteil an einfachen, einböigen Strukturtypen, d.h. an nicht-komplexen, einfacheren Säuglingsschreien, die aus nur einem einzigen an- und absteigenden Melodiebogen bestehen. Während für die beiden Normgruppen (FH⁺-NORM-Gruppe und FH⁻-NORM-Gruppe), jeweils eine relative Häufigkeit von 37% erzeugter Säuglingsschreie dieses Strukturtyps ermittelt wurde, betrug die relative Häufigkeit in der FH⁺-SES-Gruppe 39%.

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei Mittelung über den gesamten Untersuchungszeitraum von vier Monaten und keiner Berücksichtigung möglicher geschlechtsspezifischer Unterschiede eine relativ hohe Übereinstimmung in den Auftrittshäufigkeiten der untersuchten Strukturkategorien bei allen drei Gruppen (FH⁺-NORM-Gruppe, FH⁺-SES-Gruppe und FH⁻-NORM-Gruppe) vorliegt. Hinweise auf potentielle Unterschiede zwischen den beiden NORM-Gruppen und der sprachentwicklungsverzögerten Gruppe wurden in Form eines erhöhten Anteils von einfachen Strukturen (EB) in den Säuglingsschreien der FH⁺-SES-Gruppe sowie eines deutlich geringeren Anteils an Kurzlauten in dieser Gruppe gefunden.

3.1.2 Geschlechtsspezifische Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen über den gesamten Untersuchungszeitraum

Mädchen:

In Abbildung 11 und in Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Auswertung der Auftrittshäufigkeiten für die analysierten Strukturtypen in den ersten vier Lebensmonaten für die Mädchen der drei Gruppen (FH⁺-NORM-Gruppe, FH⁺-SES-Gruppe und FH⁻-NORM-Gruppe) dargestellt.

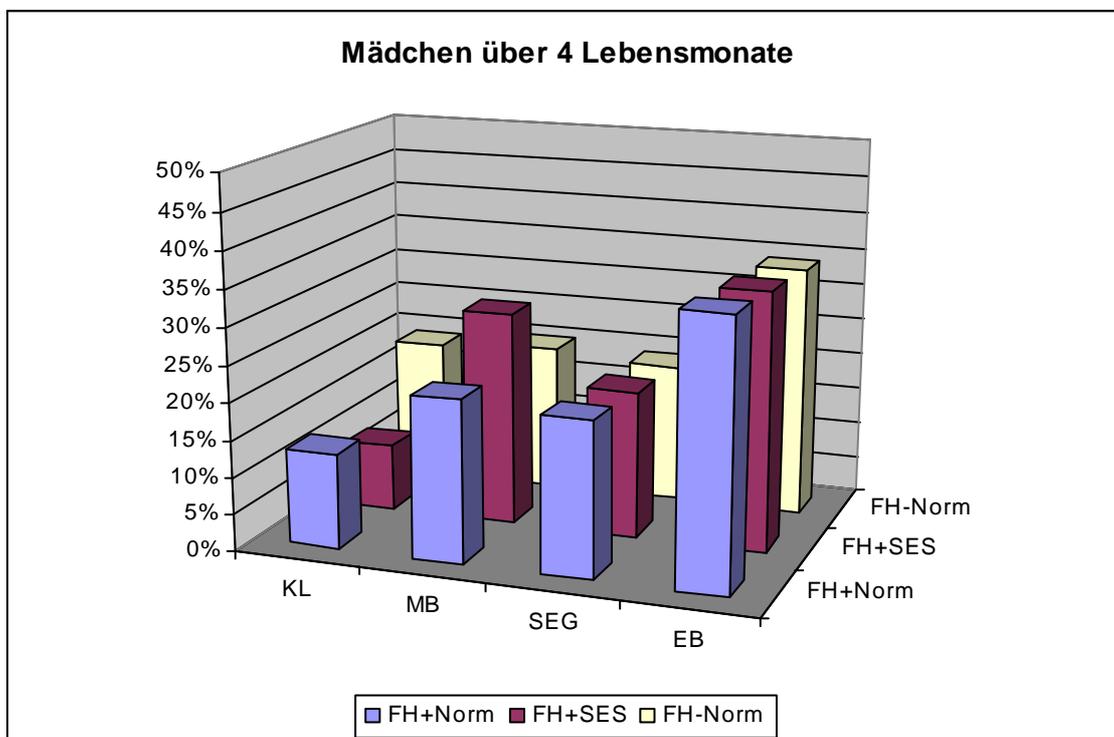


Abbildung 11: Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-Norm-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum. (Werte in Tabelle 11)

Tabelle 11: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Gruppe	Strukturtyp											
	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
FH ⁺ -NORM	2.491	36	359	13	554	22	536	21	111	5	69	3
FH ⁺ -SES	2.473	35	277	9	683	29	444	20	60	2	113	4
FH ⁻ -NORM	5.023	34	1.153	19	915	20	958	19	228	4	174	4

Keine nennenswerten Gruppen-Unterschiede wurden für die relativen Auftrittshäufigkeiten der Strukturtypen EB und SEG gefunden. Der relative Anteil an Säuglingsschreien mit EB-Strukturen beträgt während der ersten vier Lebensmonate bei den Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe 36%, der FH⁻-NORM-Gruppe 34% und der FH⁺-SES-Gruppe 35%. Ein vergleichbar geringer Unterschied besteht bei den Auftrittshäufigkeiten der gebildeten segmentierten Mehrfachbögen (SEG). Die FH⁺-NORM-Gruppe bildet 21%, die FH⁺-SES-Gruppe 20% und die FH⁻-NORM-Gruppe 19%.

Auffällige Unterschiede konnten bezüglich der relativen Auftrittshäufigkeit der Strukturtypen MB und KL gefunden werden. Der bereits in der Gesamtanalyse gefundene abnehmende Trend in der Häufigkeit erzeugter Kurzlaute von der FH⁻-Norm-Gruppe über die FH⁺-NORM-Gruppe zur FH⁺-SES-Gruppe kommt bei der Analyse der Mädchen allein noch kontrastreicher zum Ausdruck (19% - 13% - 9%). Korrespondierend zu der deutlich geringeren relativen Häufigkeit von Kurzlauten zeigen die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe eine im Vergleich zu den beiden Norm-Gruppen deutlich erhöhte Häufigkeit der Säuglingsschreie mit Mehrfachbogenstruktur (29% gegenüber 20% bzw. 22%, siehe Tabelle 11). Im Vergleich zu ihren beiden Vergleichsgruppen erzeugten die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe damit im Untersuchungszeitraum bemerkenswert viele nicht segmentierte Mehrfachbögen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei der geschlechtsspezifischen Analyse für die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe eine Bevorzugung in der

Erzeugung von Säuglingsschreien bestehend aus mehrböigen, nichtsegmentierten Melodien gefunden wurde. Korrespondierend zu diesem Befund wurde gleichzeitig ein deutlich selteneres Vorkommen von Kurzlauten (KL) ermittelt.

Jungen

In Abbildung 12 und Tabelle 12 sind die Auftrittshäufigkeiten für die analysierten Strukturtypen KL, EB, MB und SEG in den ersten vier Lebensmonaten der Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-Norm-Gruppe dargestellt.

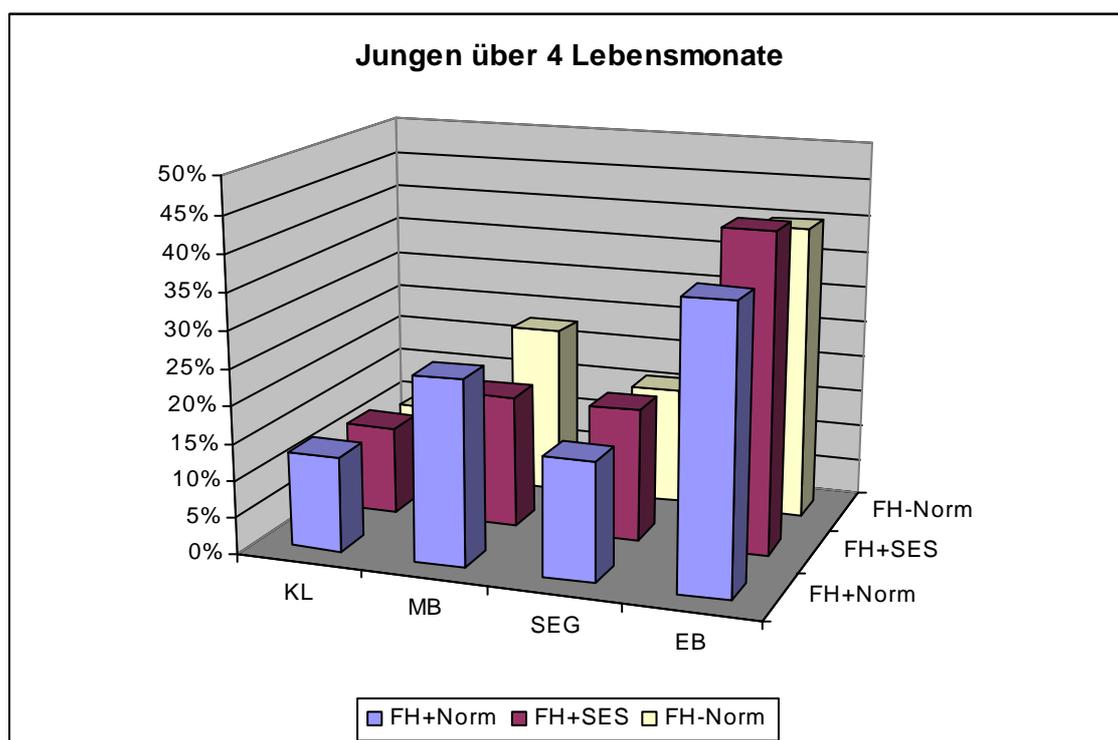


Abbildung 12: Relative Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-Norm-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum. (Werte in Tabelle 12)

Tabelle 12: Tabellarische Darstellung der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-Norm-Gruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Gruppe	Strukturtyp											
	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
FH ⁺ NORM	2.953	38	375	13	711	25	412	16	135	4	128	5
FH ⁺ SES	3.735	43	500	12	651	18	763	18	119	3	229	5
FH ⁻ NORM	3.206	40	426	10	748	23	502	16	193	7	122	4

Bei den Jungen ergab die Analyse einen deutlich erhöhten Anteil von EB-Strukturen (43%) bei der FH⁺-SES-Gruppe im Vergleich zu den beiden NORM-Gruppen (38% bzw. 40%). Zu diesem erhöhten Anteil korrespondiert ein verringerter Anteil an Lauten bestehend aus Mehrfachbögen (MB) in dieser Gruppe gegenüber den anderen beiden Gruppen (18% gegenüber 25% und 23%). Allerdings werden segmentierte Strukturen (SEG) dafür etwas häufiger produziert.

Bezüglich der Kurzlaute (KL) gibt es hier im Unterschied zu den Mädchen keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit familiärem Risiko für SES. Beide Gruppen zeigten eine etwas höhere relative Auftrittshäufigkeit als die nicht familiär belastete FH⁻-NORM-Gruppe.

Zusammenfassend kann man hier sagen, dass sich bei der geschlechtsspezifischen Analyse der relativen Auftrittshäufigkeiten der KL, EB, MB und SEG Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten bei den Jungen eine leichte Bevorzugung der nicht segmentierten Mehrfachbögen bei FH⁺-NORM-Jungen (25%) und FH⁻-NORM-Jungen (23%) gegenüber den segmentierten Strukturen andeutet, während die Jungen der FH⁺-SES-Gruppe im Untersuchungszeitraum beide Strukturtypen gleich häufig erzeugten (18%). Die relative Auftrittshäufigkeit des EB-Strukturtyps lag bei dieser Gruppe auch deutlich oberhalb derjenigen der beiden anderen Gruppen (43% versus 38% bzw. 40%).

3.1.3 Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen in monatlichen Intervallen

Die Analyse der relativen Auftrittshäufigkeiten der untersuchten Strukturtypen gemittelt über den gesamten Untersuchungszeitraums der ersten vier Lebensmonate lieferte erste Anzeichen für eventuelle Gruppenunterschiede sowie zusätzlich Hinweise auf möglicherweise bestehende Geschlechtsunterschiede bezüglich der untersuchten Merkmale. Da die Eigenschaften der Säuglingsschreie nicht fixiert sind, sondern sich nach einem Entwicklungsprogramm im Verlauf der ersten Lebensmonate verändern (Wermke 2002), erfolgte in einem weiteren Auswertungsschritt eine Untersuchung der Merkmalsvariation auf monatlicher Basis.

In den Abbildungen 13 bis 15 sind die relativen Auftrittshäufigkeiten für die analysierten Strukturtypen über die ersten vier Lebensmonate für die FH⁺-NORM-Gruppe, die FH⁺-SES-Gruppe und die FH⁻-NORM-Gruppe grafisch dargestellt. Die dazugehörigen Daten sind in den Tabellen 13 bis 15 angegeben.

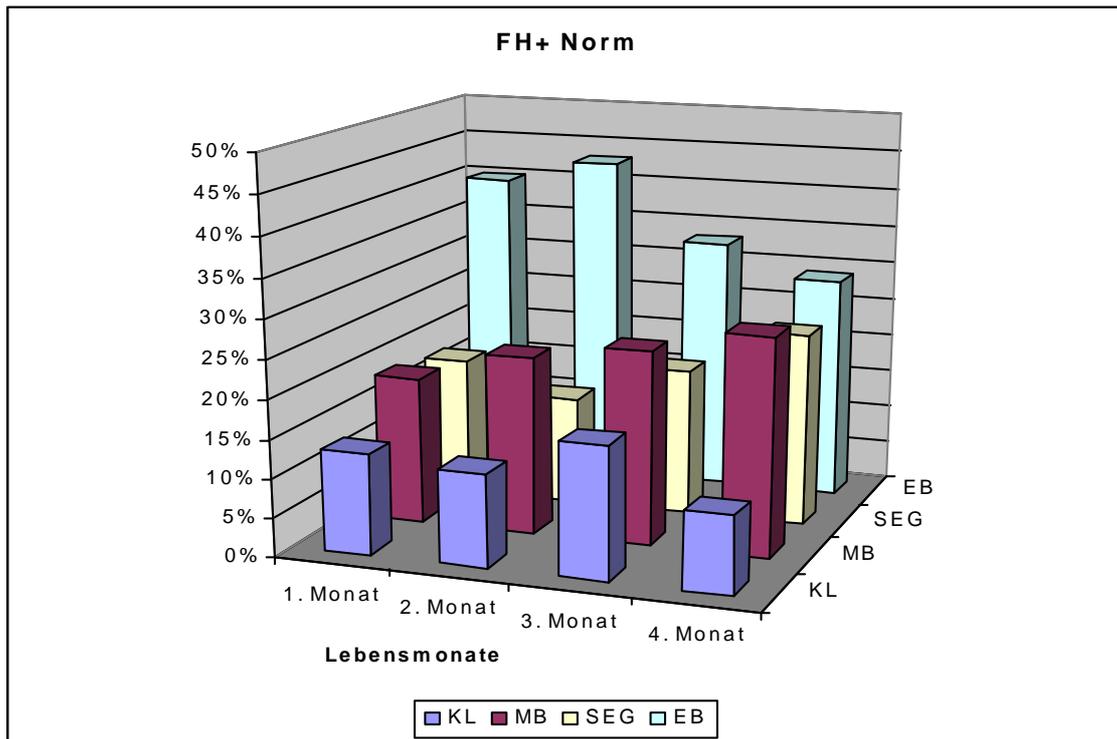


Abbildung 13: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 13)

Tabelle 13: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-NORM-Gruppe.

Alter	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	1.274	487	40	185	13	260	19	221	18	80	7	41	3
2.Monat	1.626	733	43	208	12	333	23	206	14	87	5	59	3
3.Monat	1.304	458	33	195	17	342	25	219	19	39	3	51	4
4.Monat	1.240	376	29	146	10	330	28	302	25	40	3	46	4

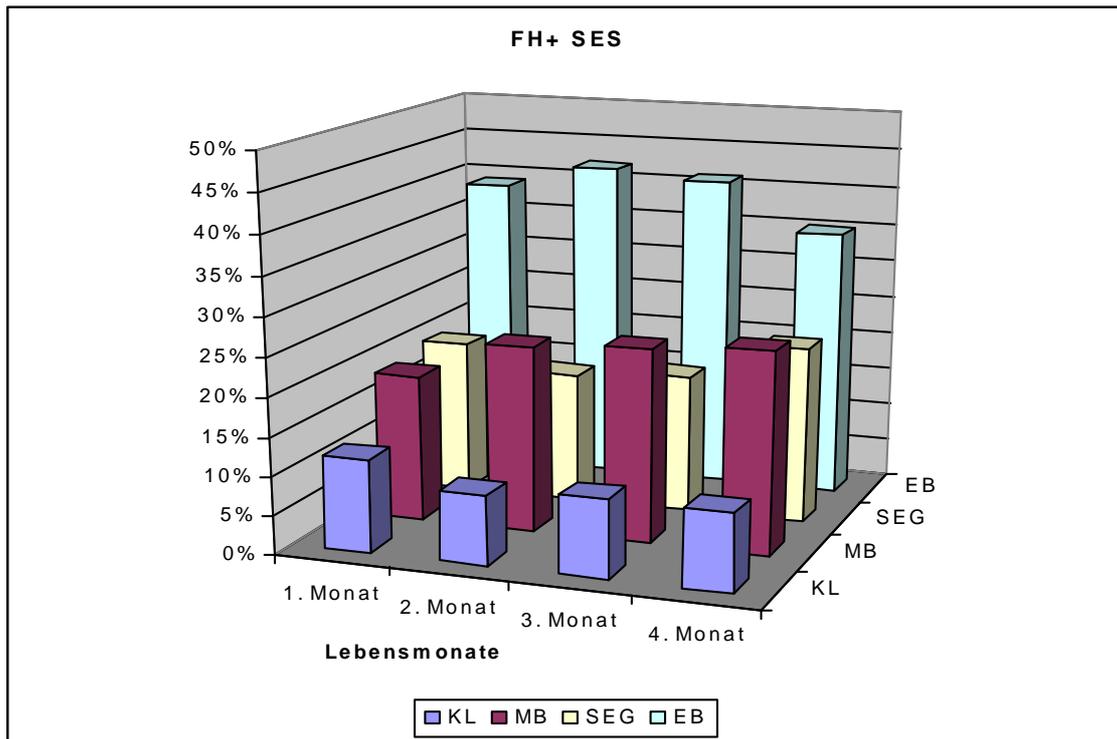


Abbildung 14: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-SES-Gruppe. (Werte in Tabelle 14)

Tabelle 14: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-SES-Gruppe.

Alter	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	1.058	426	39	154	12	202	19	176	20	32	3	68	7
2.Monat	1.880	696	42	232	9	388	24	353	17	59	3	152	5
3.Monat	1.701	709	41	219	10	397	25	262	18	47	2	67	3
4.Monat	1.569	538	35	172	10	347	26	416	23	41	3	55	3

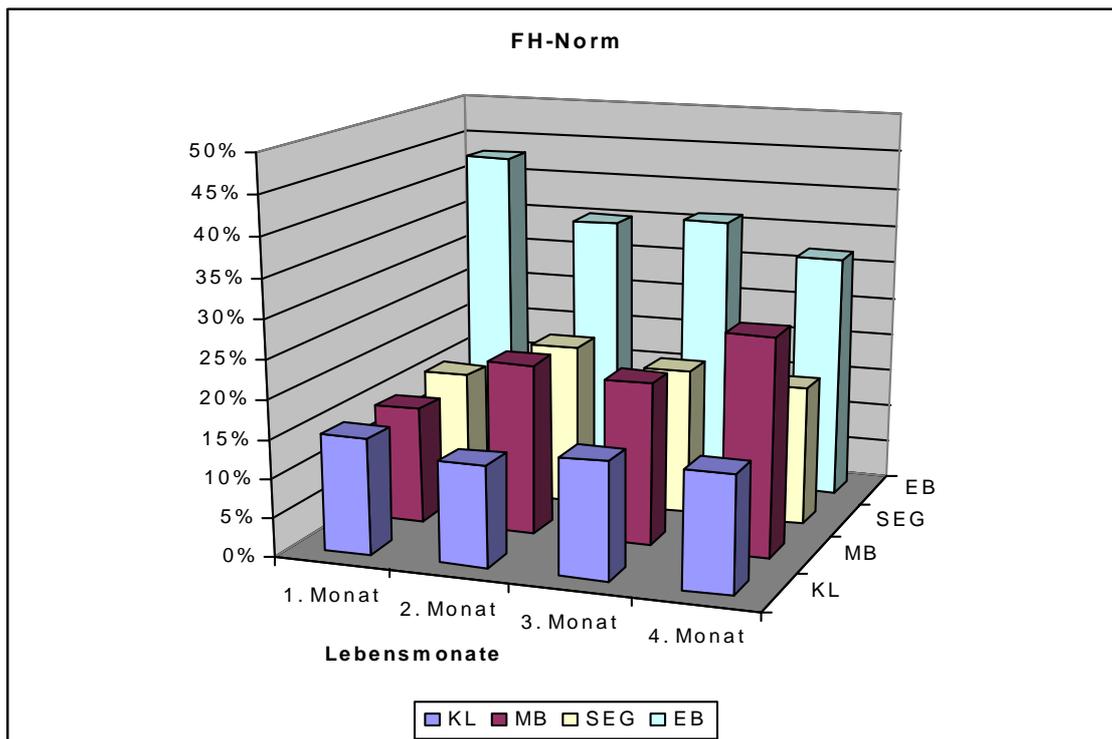


Abbildung 15: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen in der FH⁺-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 15)

Tabelle 15: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der FH⁺-NORM-Gruppe.

Alter	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	2.029	795	43	354	15	318	15	328	16	159	7	75	4
2.Monat	2.334	711	35	508	13	509	22	404	21	139	6	63	3
3.Monat	1.904	657	36	358	15	380	21	361	19	66	4	82	6
4.Monat	1.962	647	32	359	15	456	28	354	18	57	4	76	4

Ermittelt man den Melodiekomplexitätsindex (MCI) nach Wermke et al. 2007 (Anteil an komplexen Strukturen MB+SEG/MB+SEG+EB) dann ergibt sich ein MCI von 0,5 für den 1. Monat, von 0,42 für den 2. Monat, von 0,55 für den 3. Monat und von 0,63 für den 4. Monat für die FH⁺-NORM-Gruppe.

Der Melodiekomplexitätsindex der FH⁺-SES-Gruppe ergibt im 1. Monat 0,47, im 2. Monat 0,52, im 3. Monat 0,48 und im 4. Monat 0,59.

Der MCI der FH⁻-NORM-Gruppe ergibt im 1. Monat 0,45, im 2. Monat 0,56, im 3. Monat 0,53 und im 4. Monat 0,56.

Die Analyse der EB ergab bei allen drei Gruppen einen Abfall der relativen Auftrittshäufigkeit im Vergleich vom ersten zum vierten Monat. Allerdings unterscheiden sich die Gruppen im Zeitpunkt des Abfalls. Während die Referenzgruppe der FH⁻-Kinder bereits im 2. Lebensmonat einen deutlichen Abfall im Anteil einfacher Schreistrukturen (EB) zeigt, erfolgt der korrespondierende Abfall bei den Kindern der FH⁺-NORM-Gruppe erst einen Monat später. Wir finden hier damit eine Entwicklungsverlangsamung um ca. 4 Wochen. Bei der sprachverzögerten FH⁺-SES-Gruppe erfolgt der prozentuale Abfall einfacher Schreistrukturen sogar erst im 4. Monat.

Bezüglich des Auftretens der nichtsegmentierten Mehrfachbögen scheinen sich diese drei Gruppen nicht gravierend voneinander zu unterscheiden. Im Gegensatz zur relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen steigt die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen vom 1. Lebensmonat auf den 4. Lebensmonat an. So steigt die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen bei der FH⁺-NORM-Gruppe von 19% im 1. Monat auf 28% im 4. Monat, bei der FH⁻-NORM-Gruppe von 15% im 1. Monat auf 28% im 4. Monat und bei der FH⁺-SES-Gruppe von 19% auf 26%.

Die Analyse der gebildeten segmentierten Mehrfachbögen zeigt einen Unterschied zwischen den beiden FH⁺-Gruppen und der FH⁻-Gruppe. Sowohl die FH⁺-NORM- als auch die FH⁺-SES-Gruppe zeigen einen U-förmigen Verlauf der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Segmentierungen vom 1. zum 4. Monat. Die FH⁻-Norm-Gruppe hingegen zeichnet sich im Gegensatz zu den beiden FH⁺-Gruppen durch einen bogenförmigen Verlauf der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Segmentierungen aus.

Das Verhalten der drei Gruppen in Bezug auf die Kurzlaute liefert keine auffälligen Gemeinsamkeiten, alle drei Gruppen zeigen ein jeweils anderes Verlaufsmuster. Die FH⁻-NORM-Gruppe bildet mit Ausnahme des 2. Monat

(13%) über den gesamten Untersuchungszeitraums Kurzlaute zu 15% der gebildeten Strukturen. Die FH⁺-NORM-Gruppe dagegen bildet während des Untersuchungszeitraums einen prozentualen Anteil an Kurzlauten zwischen 13% im 1. Monat und 10% im 4. Monat mit einer Ausnahme im 3. Monat (17%). Die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Kurzlaute bewegt sich bei der FH⁺-SES-Gruppe konstant zwischen 9% im 2. Monat und 12% im 1. Monat.

3.1.4 Geschlechtsspezifische Auswertung der Auftrittshäufigkeiten der erzeugten Strukturtypen in monatlichen Intervallen

Mädchen:

In den Abbildungen 16 bis 18 sind die relativen Auftrittshäufigkeiten für die analysierten Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe, der FH⁺-SES-Gruppe und der FH⁻-NORM-Gruppe über die ersten vier Lebensmonate grafisch dargestellt und in den Tabellen 16 bis 18 die dazugehörigen Werte angegeben.

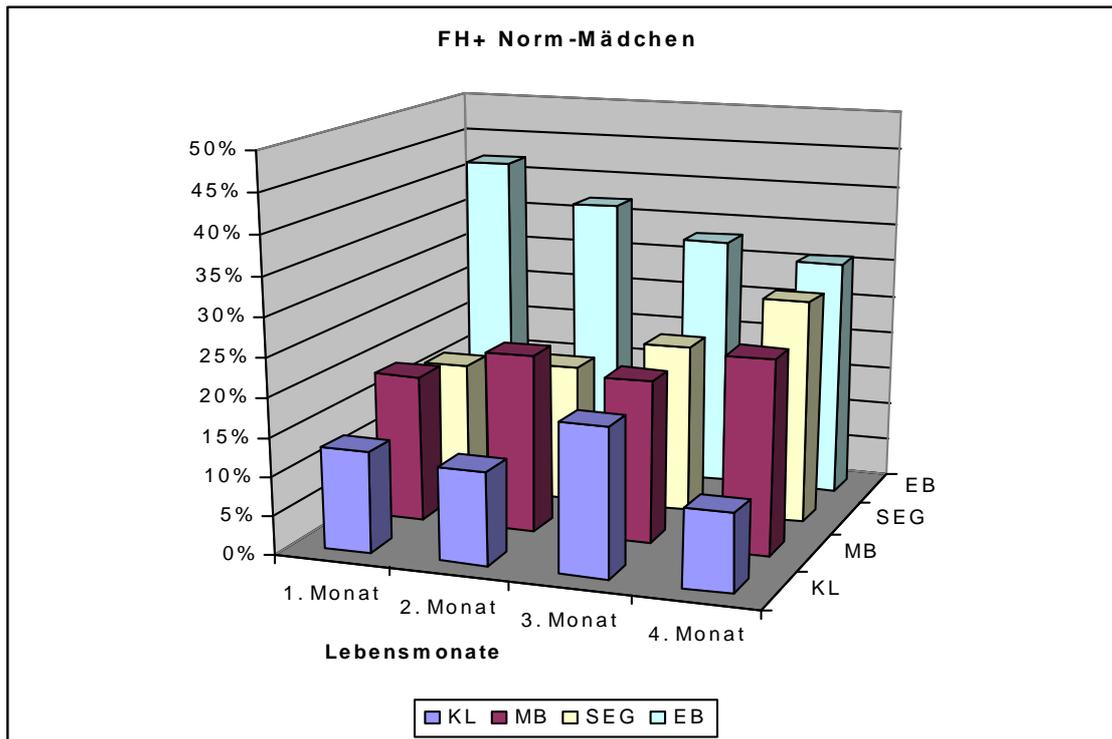


Abbildung 16: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 16)

Tabelle 16: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe.

Alter	Strukturtyp													
	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
1.Monat	679		258	42	105	13	139	19	121	17	41	7	15	2
2.Monat	618		229	37	83	12	139	23	106	18	41	6	20	3
3.Monat	538		186	33	92	19	113	21	112	22	18	3	17	3
4.Monat	656		189	31	79	10	163	25	197	29	11	2	17	3

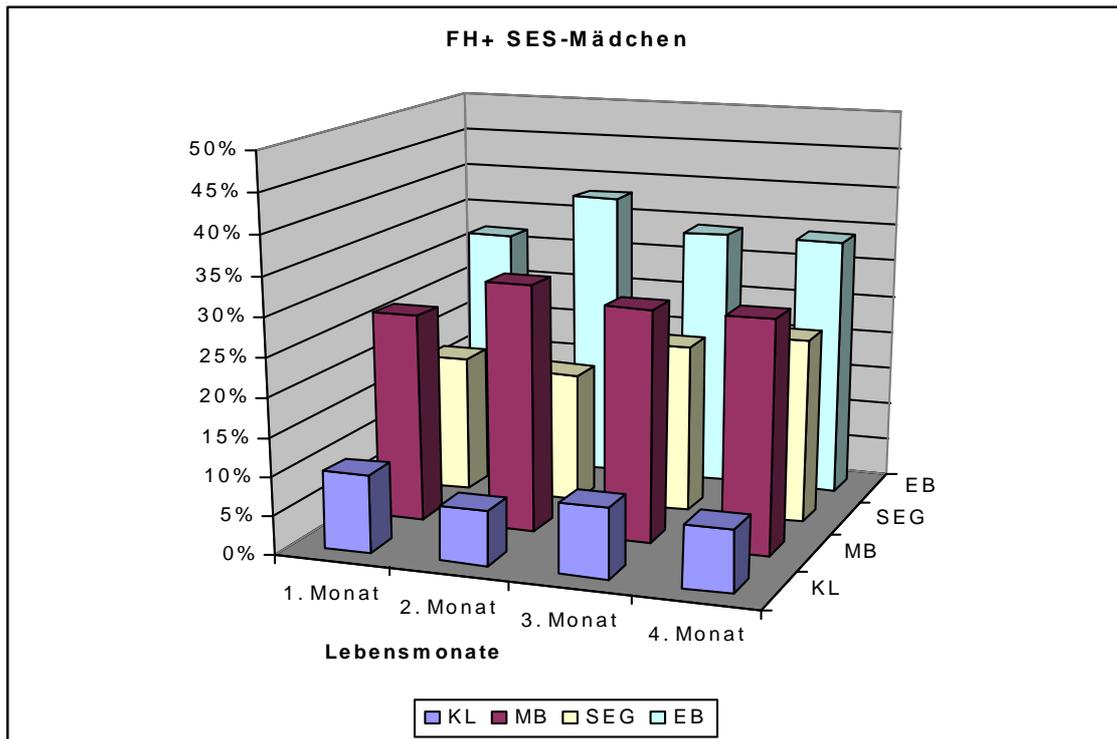


Abbildung 17: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe. (Werte in Tabelle 17)

Tabelle 17: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe.

Alter	Strukturtyp											
	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	553	32	84	10	136	27	68	18	24	4	51	9
2.Monat	629	38	61	7	198	32	95	17	13	3	19	2
3.Monat	623	34	73	9	181	30	104	22	15	2	24	4
4.Monat	668	34	59	8	168	30	177	24	8	2	19	3

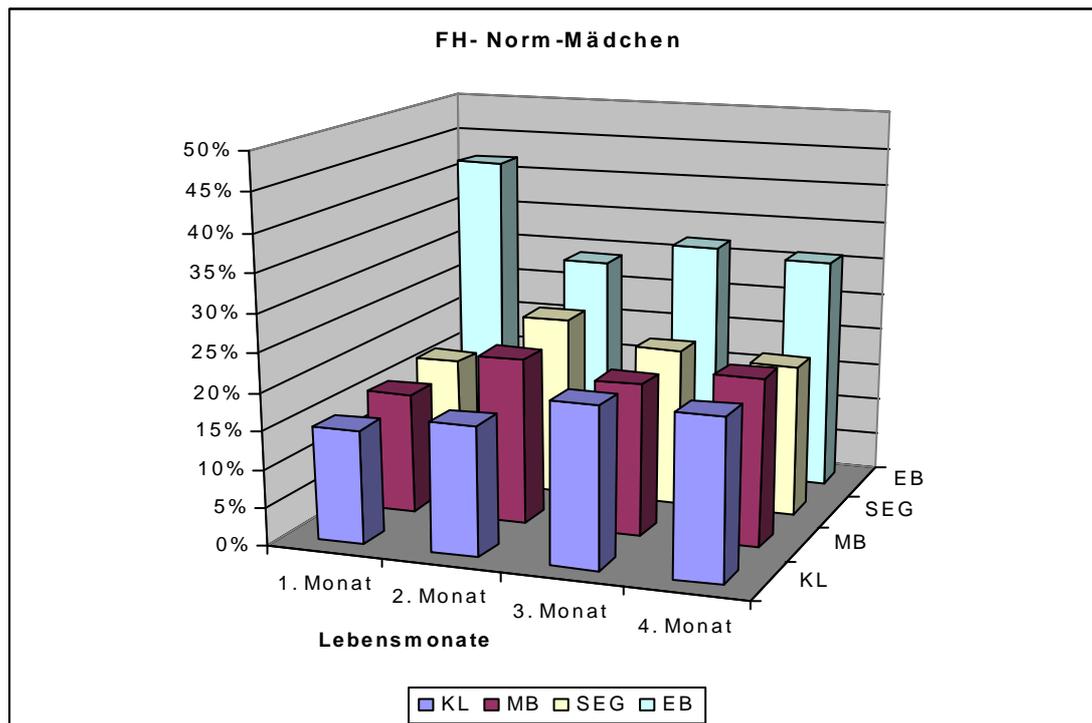


Abbildung 18: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 18)

Tabelle 18: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Mädchen der FH-NORM-Gruppe.

Alter	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	1.244	506	42	216	15	190	16	195	17	91	6	46	4
2.Monat	1.482	385	29	404	17	279	22	291	24	76	4	47	4
3.Monat	1.117	332	32	257	21	214	20	235	21	37	2	42	4
4.Monat	1.180	372	31	276	21	232	22	237	20	24	2	39	3

Bezüglich der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen lassen sich Unterschiede zwischen den Mädchen der beiden NORM-Gruppen, mit und ohne ein Familienrisiko für eine spezifische Spracherwerbsstörung, und den Mädchen aus der FH⁺-SES-Gruppe feststellen. So zeigt die Analyse der EB bei den Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe und den Mädchen der FH⁻-NORM-Gruppe einen Abfall der relativen Auftrittshäufigkeit im Vergleich vom ersten zum vierten Monat. Die Anzahl der gebildeten Einfachbögen fällt bei den

Mädchen der FH^+ -NORM-Gruppe und den Mädchen der FH^- -NORM-Gruppe von 42% im 1. Monat auf 31% im 4. Monat. Genauso wie bei der FH^+ -NORM-Gruppe und der FH^- -NORM-Gruppe ohne eine geschlechtsspezifische Aufteilung fällt die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen um 11% (siehe Kap. 3.1.3.). Auch die Mädchen der FH^- -NORM-Gruppe weisen gleich der FH^+ -NORM-Gruppe einen vorübergehenden Anstieg der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen im 3. Monat auf. Bei beiden Gruppen zeigt sich ein deutlicher Abfall in der relativen Auftrittshäufigkeit der EB vom 1. zum 2. Lebensmonat.

Konträr zum Verhalten der Mädchen der FH^- -NORM-Gruppe und der Mädchen der FH^+ -NORM-Gruppe verhalten sich die Mädchen der FH^+ -SES-Gruppe. Bei diesen steigt die Anzahl an gebildeten Einfachbögen im Vergleich vom 1. Monat (32%) zum 4. Monat (34%) an.

Besonders auffällig ist der Anstieg der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen vom 1. (32%) zum 2. Monat (38%) im Vergleich sowohl zu den FH^+ -NORM-Mädchen als auch zu den FH^- -NORM-Mädchen.

Auffällig ist auch, dass bei den Mädchen der FH^+ -SES-Gruppe der prozentuale Anteil an gebildeten Einfachbögen im 1. Monat mit 32% deutlich niedriger als bei den Mädchen der beiden NORM-Gruppen (42%) ausfällt.

Bezüglich des Auftretens der gebildeten Mehrfachbogenstrukturen ähneln sich die Mädchen der drei Gruppen. Die relative Auftrittshäufigkeit steigt im Vergleich vom 1. zum 4. Monat bei allen drei Gruppen an. Es fällt jedoch auf, dass bei den Mädchen der FH^- -Norm-Gruppe und der FH^+ -SES-Gruppe jeweils bereits im 2. Monat der prozentuale Höchstwert an gebildeten Mehrfachbögen erreicht wird (Mädchen der FH^+ -NORM-Gruppe erreichen den prozentualen Höchstwert annähernd). Allen drei Gruppen ist ein Rückgang der relativen Auftrittshäufigkeit der Mehrfachbögen im 3. Monat gemeinsam.

Es fällt auch auf, dass die Mädchen der FH^+ -SES-Gruppe deutlich mehr Mehrfachbögen in jedem einzelnen Untersuchungsabschnitt bilden als die Mädchen der beiden NORM-Gruppen (FH^+ -NORM-Gruppe und FH^- -Norm-Gruppe).

Die Analyse der Segmentstrukturen zeigt Unterschiede zwischen den drei Gruppen im zeitlichen Verlauf. Bei allen drei Gruppen steigt zwar die prozentuale Häufigkeit von Segmentstrukturen im Vergleich vom 1. zum 4. Monat an, aber die FH⁻-Norm-Gruppe weist den prozentualen Höchstwert im 2. Monat auf, während beiden FH⁺-Gruppen erst im 4. Monat den Höchstwert erreichen.

Bei der Analyse der Kurzlaute lässt sich über den gesamten Untersuchungszeitraum ein besonders verhältnismäßig hoher verhältnismäßiger Anteil an gebildeten Kurzlauten bei der FH⁻-NORM-Gruppe feststellen (zwischen 15% im 1. Monat und 21% im 4. Monat).

Die Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe hingegen bilden während des Untersuchungszeitraums einen vergleichsweise geringeren Anteil an Kurzlauten (zwischen 10% im 4. Monat und 13% im 1. Monat) mit einer Ausnahme im 3. Monat (19%). Der prozentuale Anteil der Kurzlaute bei den Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe bleibt bei fallender Tendenz konstant niedrig (10% im 1. Monat und 8% im 4. Monat).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die geschlechtsspezifischen Analyse auf eine bevorzugte Bildung von mehrböigen Strukturen bei den Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe hinweist. Zudem zeigen die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe bezüglich des zeitlichen Ablaufs bestimmter Entwicklungsschritte Abweichungen von den beiden NORM-Gruppen.

Jungen:

In den Abbildungen 19 bis 21 sind die Auftrittshäufigkeiten für die analysierten Strukturen über die ersten vier Lebensmonate der FH⁺-NORM-Jungen, der FH⁺-SES-Jungen und der FH⁻-NORM-Jungen grafisch dargestellt und in den Tabellen 19 bis 21 die dazugehörigen Werte angegeben .

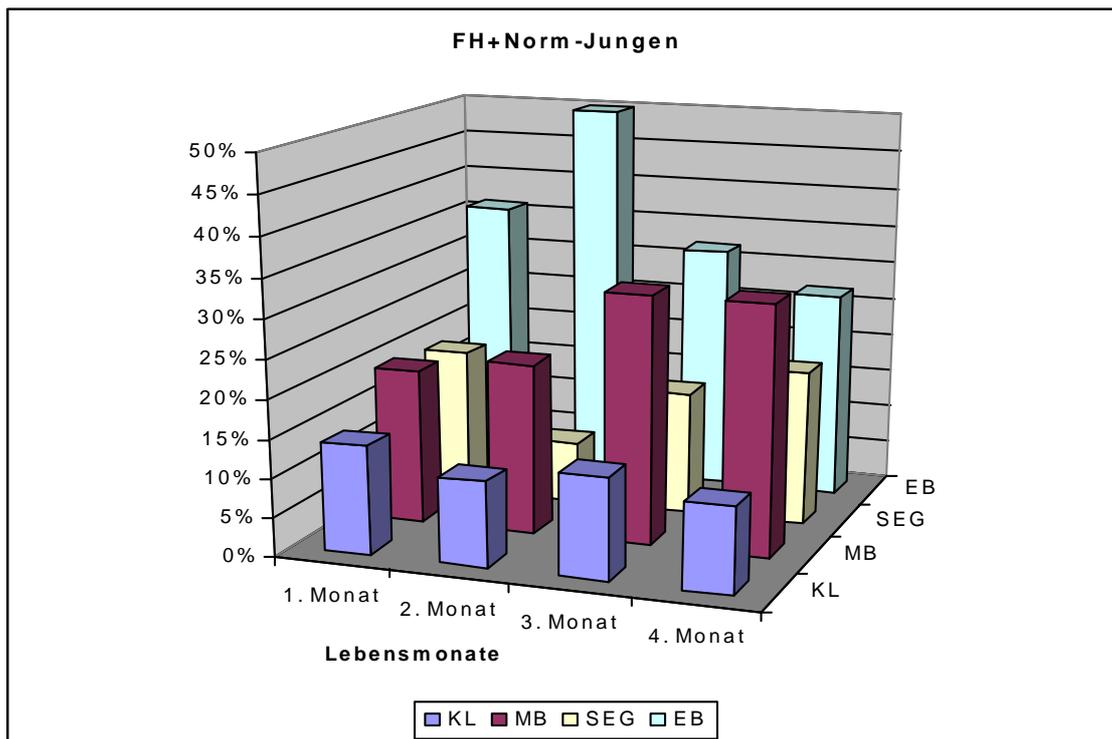


Abbildung 19: Ergebnis der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 19)

Tabelle 19: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe.

Alter	Strukturtyp											
	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	595	36	80	14	121	20	100	19	39	6	26	5
2.Monat	1.008	51	125	11	194	22	100	8	46	4	39	4
3.Monat	766	32	103	13	229	32	107	16	21	2	34	5
4.Monat	584	27	67	11	167	32	105	20	29	4	29	6

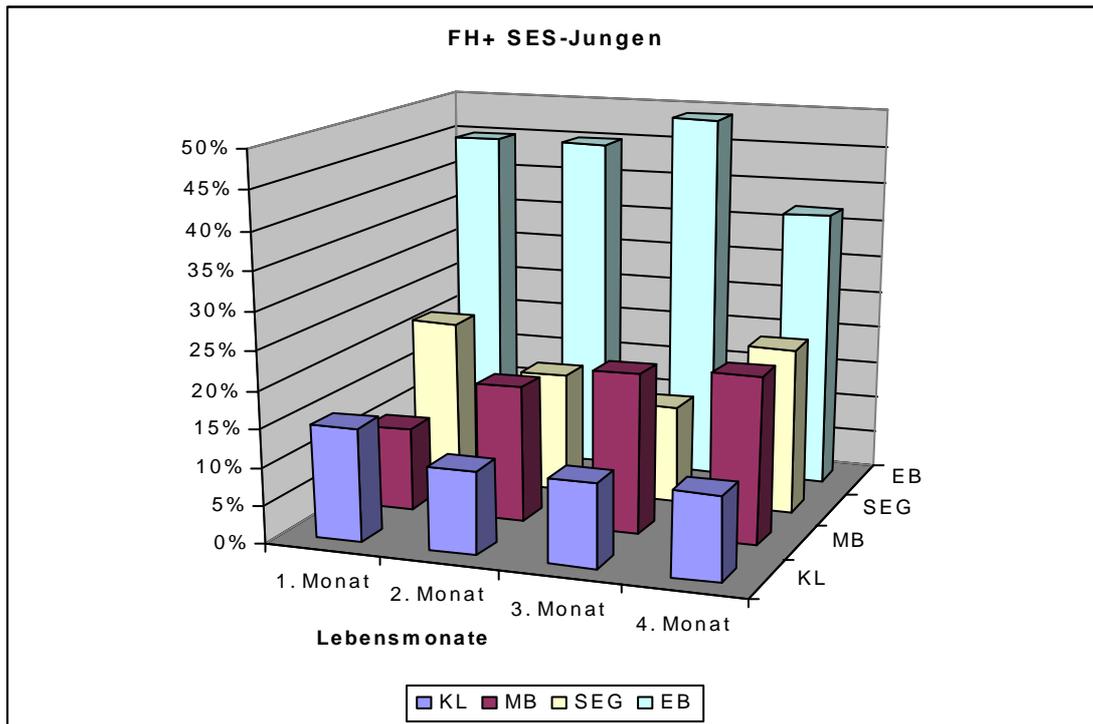


Abbildung 20: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-SES-Gruppe. (Werte in Tabelle 20)

Tabelle 20: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH⁺-SES-Gruppe.

Alter	Strukturtyp												
	N	EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	505	236	45	70	15	66	11	108	22	8	3	17	4
2.Monat	1.251	453	45	171	11	190	18	258	16	46	4	133	7
3.Monat	1.078	483	49	146	11	216	21	158	13	32	2	43	3
4.Monat	901	301	37	113	11	179	22	239	22	33	4	36	4

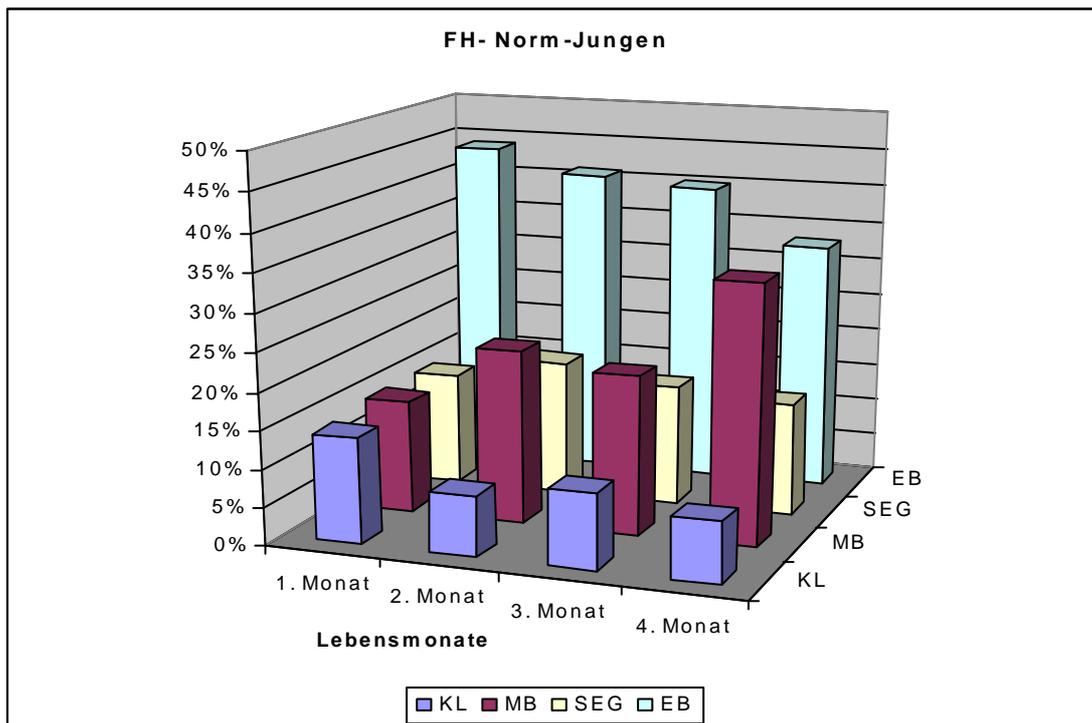


Abbildung 21: Ergebnisse der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH-NORM-Gruppe. (Werte in Tabelle 21)

Tabelle 21: Tabellarische Darstellung der monatlichen Analyse der relativen Häufigkeiten erzeugter Strukturtypen der Jungen der FH-NORM-Gruppe.

Alter	N	Strukturtyp											
		EB		KL		MB		SEG		Rausch		?	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1.Monat	785	289	44	138	14	128	15	133	15	68	8	29	3
2.Monat	852	326	41	104	8	230	23	113	18	63	7	16	3
3.Monat	787	325	40	101	10	166	21	126	16	29	5	40	8
4.Monat	782	275	33	83	8	224	34	130	15	33	6	37	5

Die Analyse der einfachen Strukturen (EB) der Jungen der FH-NORM-Gruppe unterscheidet sich nicht wesentlich von den Mädchen dergleichen Gruppe, so fällt auch der prozentuale Anteil an gebildeten Einfachbögen bei den Jungen im Vergleich vom 1. zum 4. Monat ebenso wie bei den Mädchen der FH-NORM-Gruppe ab (siehe Tabelle 18 und Tabelle 21). Deutlich wird jedoch ein geschlechtsspezifischer Unterschied wenn man den Rückgang der relativen Häufigkeit der EB betrachtet. Während die FH-Mädchen vom 1. zum 2. Monat

einen Abfall von 13% zeigen, beträgt der Abfall bei den FH⁻-Jungen im gleichem Zeitraum nur 3%.

Im 2. und auch noch im 3. Monat produzieren die Jungen einen deutlich höheren prozentualen Anteil an einfachen Strukturen als die Mädchen im gleichen Zeitraum, die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen, ist bei den Jungen im 2. Monat um 12% höher und im 3. Monat um 8% höher als die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen der Mädchen. Erst im 4. Monat gleicht sich der prozentuale Anteil an gebildeten Einfachbögen der Jungen, dem der Mädchen im gleichem Monat (Jungen (EB): 33%, Mädchen (EB): 31%) an.

Das gehäufte Auftreten an einfachen Melodien zeigt sich bei den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe besonders im 2. Lebensmonat deutlich. So steigt der prozentuale Anteil an gebildeten Einfachbögen vom 1. zum 2. Monat auf über die Hälfte (51%) an, während der prozentuale Anteil an Einfachbögen der Mädchen der gleichen Gruppe im Vergleich vom 1. zum 4. Monat kontinuierlich abfällt (siehe Tabelle 16). Zusätzlich zeigt sich wie bei den Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe, auch bei den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe ein deutlicher prozentualer Abfall der EB vom 2. zum 3. Monat. Bei den Jungen der FH⁺-SES-Gruppe zeigt sich, wie schon bei den sprachentwicklungsverzögerten Mädchen der gleichen Gruppe, ein prozentualer Abfall der EB erst im 4. Monat.

Die Jungen der FH⁺-SES-Gruppe unterscheiden sich neben dem gehäuften Auftreten an Einfachbögen auch durch einen bedeutend geringeren Anteil an Mehrfachbögen von den Mädchen der gleichen Gruppe. Zwar verdoppelt sich der prozentuale Anteil an gebildeten Mehrfachbögen bei den Jungen der FH⁺-SES-Gruppe im Vergleich vom 1. Monat (11%) zum 4. Monat (22%), jedoch liegt die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen im 1. Monat 16%, im 2. Monat 14%, im 3. Monat 9% und im 4. Monat 8% unter der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen der Mädchen der gleichen Gruppe.

Die Analyse der segmentierten Strukturen (SEG) ergab im 3. Monat einen deutlichen Abfall an relativer Auftrittshäufigkeit der segmentierten Strukturen der Jungen der FH⁺-SES-Gruppe. Der prozentuale Anteil an SEG liegt in diesem Untersuchungsabschnitt bei nur 13% und damit am niedrigsten im gesamten Untersuchungszeitraum. Beide FH⁺-Gruppen zeigen wiederum einen U-förmigen Verlauf vom 1. zum 4. Lebensmonat, während die FH⁻-NORM-Jungen einen bogenförmigen Verlauf mit Maximalwerten im 2. Monat zeigen. In Bezug auf verrauschte Vokalisationen und unklare Strukturen lassen sich zwischen den Jungen und den Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe keine auffälligen Unterschiede feststellen.

Bezüglich der Bildung von Mehrfachbögen ähneln sich die Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe und die Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe im 1. und 2. Lebensmonat. Während sich im 3. und 4. Monat der prozentuale Anteil an gebildeten MB bei den Jungen auf über 30% erhöht (um ganze 10% vom 2. auf 3. Monat) fällt der prozentuale Anteil an MB bei den Mädchen der gleichen Gruppe vom 2. auf 3. Monat um 2% und steigt anschließend vom 3. auf 4. Monat auf 25% an (siehe Tabelle 16 und Tabelle 19).

Auch ein Vergleich der segmentierten Strukturen liefert Unterschiede zwischen den Mädchen und den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe. So ist der prozentuale Anteil an SEG bei den Jungen im 2., 3. und 4. Monat deutlich geringer als bei den Mädchen dergleichen Gruppe. Besonders gering ist die relative Auftrittshäufigkeit der erzeugten Segmentierungen im 2. Monat (8%).

In der Bildung von verrauschten Vokalisationen unterscheiden sich die Jungen und die Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe kaum voneinander. Der prozentuale Anteil an gebildeten unklaren Strukturen ist bei den Jungen im Vergleich zu den Mädchen gleicher Gruppe durchgehend gering höher.

Während in den untersuchten vier Monaten keine auffälligen Veränderungen in der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Kurzlaute bei den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe feststellbar sind, steigt die relative Auftrittshäufigkeit bei den Mädchen dergleichen Gruppe vom 2. Monat zum 3. Monat um 6% auf den Maximalwert für den Untersuchungszeitraum von 19%. Im darauf folgenden

4. Monat fällt die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Kurzlaute auf den Minimalwert für den Untersuchungszeitraum von 10% (siehe Tabelle 16).

Sowohl die Jungen der FH⁻NORM-Gruppe, als auch die Jungen der FH⁺NORM-Gruppe produzieren im Verlauf der ersten vier Lebensmonate einen relativ geringeren prozentualen Anteil an segmentierten Strukturen als die Mädchen dergleichen Gruppen (siehe Tabelle 16 / Tabelle 19 und Tabelle 18 sowie Tabelle 21). Im 1. Monat liegt die relative Auftrittshäufigkeit an gebildeten SEG der Jungen 2%, im 2. Monat 6% und im 3. und 4. Monat 5% unter der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten SEG der Mädchen der FH⁻NORM-Gruppe.

Ein Vergleich der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen zwischen den Mädchen und Jungen der FH⁻NORM-Gruppe liefert in den ersten drei Monaten keine nennenswerte Unterschiede. Erst im 4. Monat steigt der prozentuale Anteil an MB bei den Jungen auf 34%, während sich bei den Mädchen der prozentuale Anteil an MB im Vergleich zum 3. Monat kaum verändert und nur um 2%, auf 22% ansteigt (siehe Tabelle 18 und Tabelle 21).

Bei den Jungen der FH⁻NORM-Gruppe zeigt sich zudem ein leicht erhöhter Anteil an verrauschten Vokalisationen und unklaren Strukturen im Vergleich zu den Mädchen dergleichen Gruppe während der prozentuale Anteil an Kurzlauten deutlich geringer ausfällt. So ist der prozentuale Anteil an Kurzlauten bei den Jungen im 1. Lebensmonat noch um 1%, im 2. Monat um 9%, im 3. Monat um 11% und im 4. Monat um 13% geringer als der prozentuale Anteil an gebildeten Kurzlauten bei den Mädchen der FH⁻NORM-Gruppe.

Ein Vergleich der Jungen der FH⁻NORM-, FH⁺NORM- und der FH⁺SES-Gruppe miteinander zeigt auch deutliche Unterschiede in Bezug auf die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Strukturen zwischen den drei Gruppen.

So fällt beispielsweise bei den Jungen der FH⁻NORM-Gruppe die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Einfachbögen im Vergleich vom 1. Monat (44%) zum 4. Monat (33%) auf. Die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen steigt im Vergleich vom 1. Monat (15%) zum 4. Monat (34%),

wobei ein geringer Abfall von 2% (von 23% auf 21%) vom 2. zum 3. Monat (siehe Tabelle 21) zu verzeichnen ist. Die relative Auftrittshäufigkeit der gebildeten segmentierten Strukturen bewegt sich im Untersuchungszeitraum zwischen 15% (1. und 4. Monat) und 18% (2. Monat).

Im Vergleich dazu steigt der prozentuale Anteil der gebildeten Einfachbögen bei den Jungen der FH^+ -NORM-Gruppe vom 1. auf 2. Monat um 15% auf 51%, während der prozentuale Anteil an gebildeten segmentierten Strukturen von 19% im 1. Monat auf 8% im 2. Monat fällt (siehe Tabelle 19). Nur bezüglich der relativen Auftrittshäufigkeit der gebildeten Mehrfachbögen scheinen sich die Jungen der FH^+ -NORM-Gruppe und die Jungen der FH^- -NORM-Gruppe zu ähneln. So steigt vom 1. zum 4. Monat bei beiden der prozentuale Anteil an Mehrfachbögen vergleichbar an (20% auf 32% bzw. 15% auf 34%).

Ähnlich wie schon bei den Jungen der FH^+ -NORM-Gruppe im 2. Monat, steigt im 3. Monat bei den Jungen der FH^+ -SES-Gruppe der prozentuale Anteil an gebildeten Einfachbögen. Gleichzeitig ist ein Abfall des prozentualen Anteils an gebildeten Segmentierungen zu verzeichnen.

Der Anteil an gebildeten Mehrfachbögen steigt ähnlich der FH^- -NORM-Gruppe und FH^+ -NORM-Gruppe im Vergleich von 11% im 1. Monat auf 22% im 4. Monat an. Die relative Auftrittshäufigkeit an gebildeten Mehrfachbögen bleibt aber im Vergleich mit den anderen beiden NORM-Gruppen (FH^+ -NORM-Gruppe und FH^- -NORM-Gruppe) gering. Der maximal erreichte prozentuale Anteil von 22% im 4. Monat liegt um 10% unter dem prozentualen Anteil an gebildeten MB der Jungen der FH^+ -NORM-Gruppe und 12% unter dem prozentualen Anteil an gebildeten MB der Jungen der FH^- -NORM-Gruppe.

Die Jungen der FH^+ -SES-Gruppe unterscheiden sich auch von den Jungen der beiden NORM-Gruppen in der Bildung von Kurzlauten. Im Unterschied zu den Jungen der FH^+ -NORM-Gruppen und den Jungen der FH^- -NORM-Gruppe erzeugen die Jungen der FH^+ -SES-Gruppe einen erheblich höheren prozentualen Anteil an Kurzlauten als die Mädchen der gleichen Gruppe (FH^+ -SES-Gruppe). Der Kurzlautanteil war über die gesamten vier Monate relativ konstant (15% im 1. Monat und jeweils 11% im 2. bis 4. Monat).

3.2 Retrospektive Auswertung von Eigenschaften der Zeitorganisation in den Schreimelodien von Kindern mit normalem bzw. verzögertem Spracherwerb

Nach bisherigen Erkenntnissen aus der Perzeptionsforschung werden vor allem Aspekte der Zeitorganisation bei der Verarbeitung von Sprachlauten für den Entstehungsmechanismus spezifischer Spracherwerbsstörungen verantwortlich gemacht (Kap. 1). Daher bestand das Ziel der vorliegenden Arbeit neben der Strukturanalyse der aufgezeichneten Säuglingslaute auch darin, ausgewählte Parameter zu untersuchen, die im Zusammenhang mit der Zeitorganisation bei der Lautproduktion bzw. dem Prosodieerwerb stehen. Dazu wurden die Melodie-Bogenlänge, die Dauer von Segmentierungspausen, Minimum und Maximum der Grundfrequenz und der absolute Melodiehub verwendet (siehe Kap. 2.5).

Für diese Untersuchung wurden die am häufigsten auftretenden Strukturtypen in frühen Säuglingslauten, einböigige und doppelböigige Melodiestructuren, ausgewählt. Bei den in diesem Kapitel beschriebenen Analysen einböiger Melodiestructuren (1B) handelt es sich um den Strukturtyp Einfachbogen (EB). Die doppelböigen Melodiestructuren sind Bestandteil der übergeordneten Strukturklassen MB und SEG der in Kapitel 3.1 dargestellten Analysen. Es wurden sowohl doppelböigige Melodien ohne Segmentierung (Strukturtyp 2B), als auch doppelböigige Melodien mit einer Segmentierungspause zwischen den beiden Einzelbögen (Strukturtyp 1S) ausgewertet.

Bei der in diesem Kapitel beschriebenen Analyse wurden nur Messparameter der genannten Strukturtypen für Kinder mit familiärer Disposition für SES ausgewertet, also ein Vergleich zwischen der FH^+ -NORM- und FH^+ -SES-Gruppe vorgenommen. Ein Vergleich mit der FH^- -NORM-Gruppe konnte nicht durchgeführt werden, da diese Messdaten zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht vorlagen. Wegen der zu geringen Datenmenge, wurde auch keine geschlechtsspezifische Untersuchung durchgeführt.

Von den hier ausgewerteten beiden FH⁺-Gruppen wurden insgesamt 4070 Laute interaktiv einzeln vermessen und auf diese Weise die oben genannten Parameter bestimmt. In die Endauswertung wurden von allen vermessenen Schreien nur diejenigen von Typ 1B, 2B und 1S, das sind insgesamt 2850 (siehe Tabelle 22) einbezogen.

Tabelle 22: Anzahl der vermessenen Laute von Typ 1B, 2B und 1S in den ersten vier Lebensmonaten.

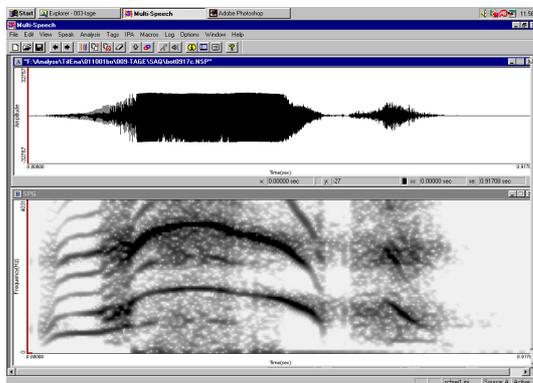
Strukturtyp	Alter	Anzahl der vermessenen Laute
1B	1.Monat	435
	2.Monat	614
	3.Monat	499
	4.Monat	304
2B	1.Monat	188
	2.Monat	234
	3.Monat	194
	4.Monat	149
1S	1.Monat	28
	2.Monat	84
	3.Monat	57
	4.Monat	64

Bei bestimmten Teilanalysen wurden einzelne Kinder außer Betracht gelassen, wenn die von ihnen erzeugten Laute zwar eindeutig einem bestimmten Strukturtyp zugeordnet werden konnten, die Messparameter für die Melodie aber nicht sicher bestimmt werden konnten. In diesen Fällen haben die Kinder zwar prinzipiell die erwarteten Strukturtypen erzeugt, deren „Ausführung“ war aber „mangelhaft“. Ein Kind konnte also durchaus Doppelbögen (2B) produziert haben, die man an den Harmonischen des Frequenzspektrogramms erkennen konnte. Die Melodiebestimmung mit Hilfe des verwendeten Systems war aber

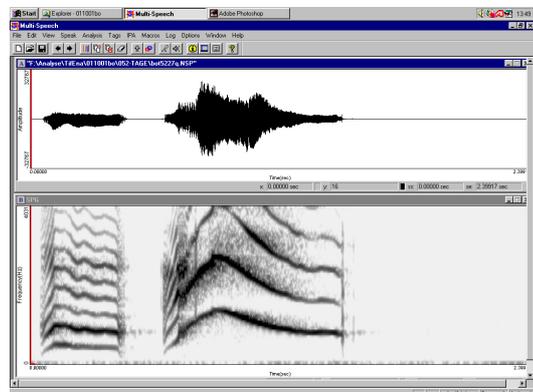
durch starke Instabilitäten, phonatorisches Rauschen oder ausgeprägte Subharmonische nicht zuverlässig möglich.

Dies traf z.B. für das Kind BO zu, das während des viermonatigen Untersuchungszeitraumes durchgängig sehr hochfrequente Schreie mit plötzlichen Frequenzsprüngen und bzw. oder phonatorischen Rauschbanden zeigte. Die Grundfrequenz der Schreie lag häufig bei ca. 1000 Hz und war daher mit dem CSL-System nicht mehr bestimmbar (siehe Abbildung 22:).

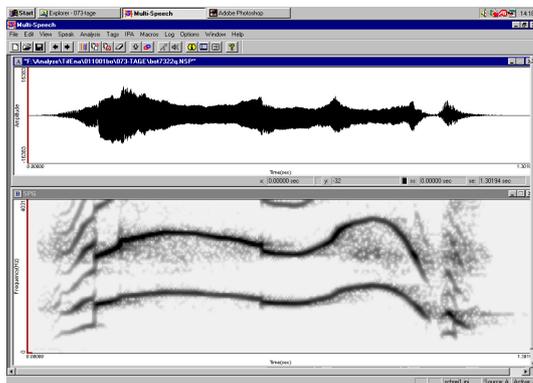
1. Monat T0917C



2. Monat T5227Q



3. Monat T7322Q



4. Monat T9428Q

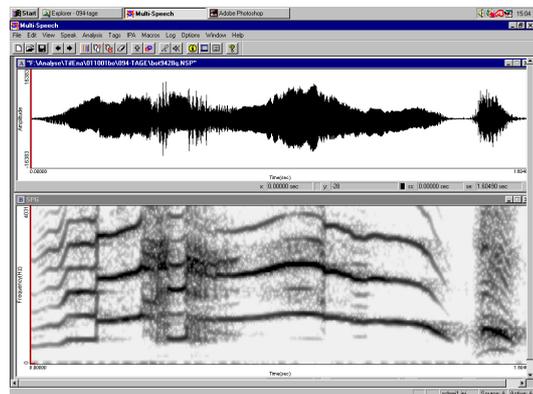


Abbildung 22: Beispiele von Säuglingslauten, deren Melodieeigenschaften nicht quantitativ auswertbar waren. Dargestellt sind vier Schmalbandspektrogramme von Lauten des Kindes BO (FH⁺-NORM-Gruppe) im Alter von 9, 52, 73 und 94 Tagen. Die Grundfrequenz liegt deutlich über 1000 Hz, es treten Frequenzsprünge und Subharmonische auf.

3.2.1 Unterschiede in den Bogenlängen

Im ersten Auswertungsschritt wurden die Verteilungseigenschaften der gemessenen Längen einzelner Melodiebögen in 1B-, 2B- und 1S-Strukturen untersucht. In der Abbildung 23 sind diese Verteilungseigenschaften beispielhaft für die 1B-Struktur für die NORM-Gruppe und die SES-Gruppe, in den ersten vier Lebensmonaten dargestellt.

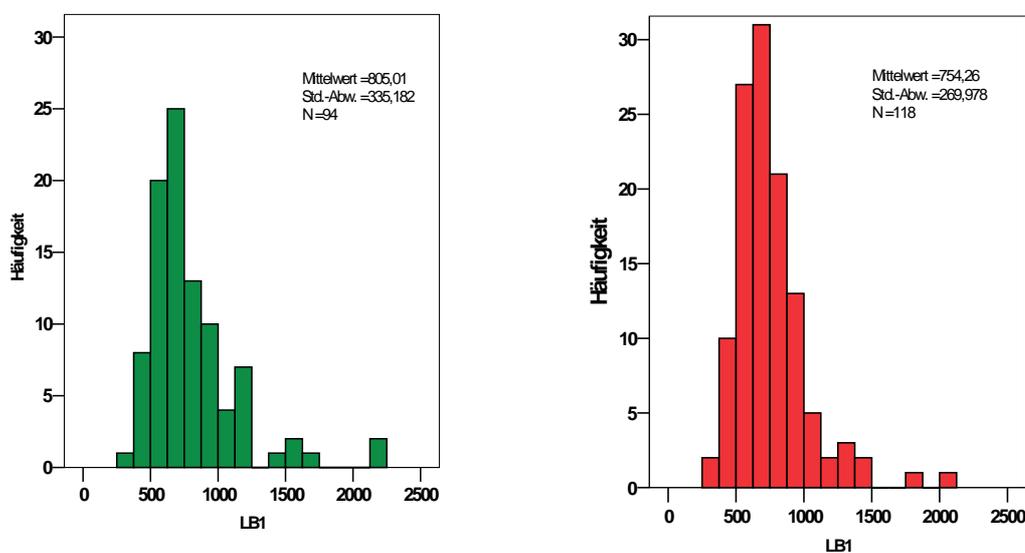


Abbildung 23: Verteilungscharakteristiken der Bogenlänge von 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot) im gesamten Untersuchungszeitraum.

Die Verteilungen in den ersten vier Lebensmonaten liegen zwischen den Extremwerten von einer minimalen Länge von 250 ms und einer maximalen Länge von 2250 ms einzelner Melodiebögen und sind für beide Gruppen sehr ähnlich. Beide Verteilungen lassen auf eine log-normale Verteilung schließen, was sich in einer nachfolgenden Untersuchung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test der logarithmierten Bogenlängen bestätigte (siehe Abbildung 24 und Kap. 2.6.).

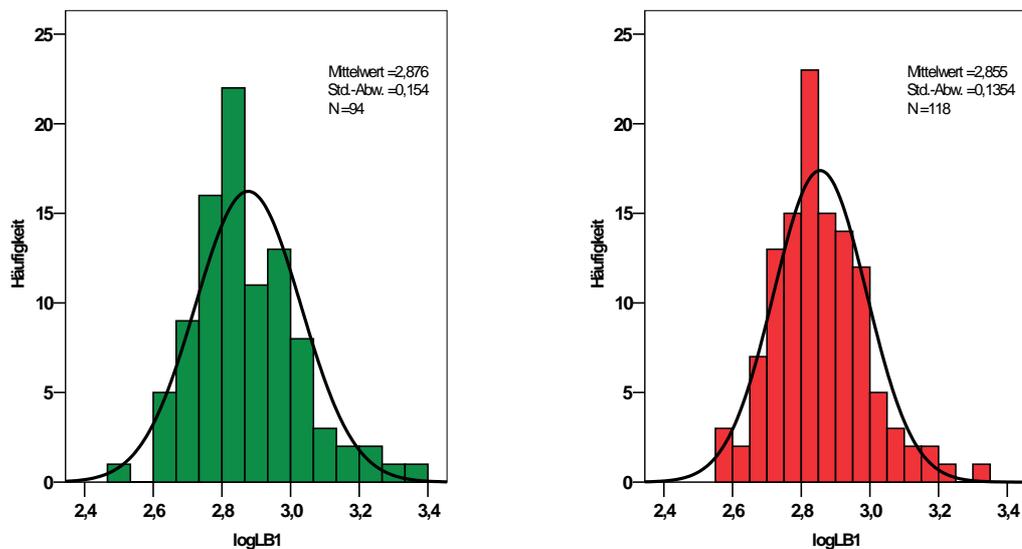


Abbildung 24: Verteilungscharakteristiken der logarithmierten Bogenlänge von 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot) im gesamten Untersuchungszeitraum. Im Diagramm ist die Normalverteilungskurve eingezeichnet.

Nachfolgend wurden analoge Verteilungsanalysen für jeden Monat und jede der beiden Gruppen durchgeführt. Dabei ergaben sich bezüglich der logarithmierten Bogenlänge (log LB) sowohl in den einböigen Melodien, als auch in den doppelböigen Melodien mit und ohne Segmentierung außer in zwei Fällen (siehe Kap. 2.6) eine hinreichende Normalverteilung .

3.2.1.1 Bogenlänge in 1B-Strukturen

Die monatliche Analyse der Bogenlängen lieferte einige Unterschiede zwischen beiden Gruppen. In Abbildung 25 sind die Veränderungen der Bogenlänge in den ersten vier Lebensmonaten für die FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und für die FH⁺-SES-Gruppe (rot) in Form von Boxplotdarstellungen aufgezeigt.

Die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der Bogenlängen in einböigen Melodien sind in Tabelle 23 angeführt.

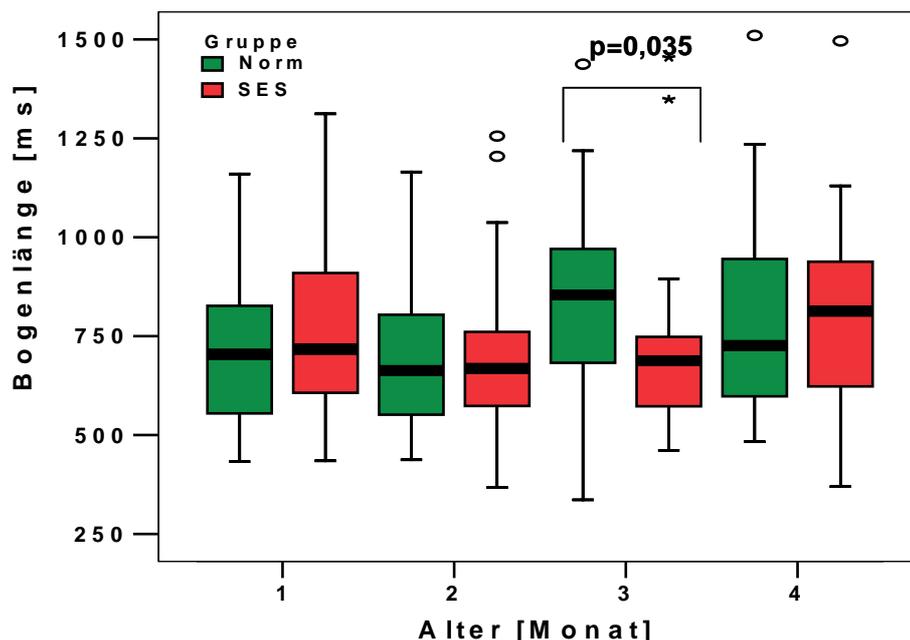


Abbildung 25: Vergleich der gemessenen Bogenlängen in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 23: Deskriptive Analyse der Bogenlängen in 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	723	813	881	821
Standardabweichung	[ms]	193	467	347	279
Median	[ms]	704	663	854	726
Minimum	[ms]	432	438	336	483
Maximum	[ms]	1160	2230	1737	1510
Anzahl		28	24	24	18

Tabelle 24: Deskriptive Analyse der Bogenlängen in 1B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	762	691	755	812
Standardabweichung	[ms]	205	196	357	294
Median	[ms]	717	668	688	813
Minimum	[ms]	435	368	461	370
Maximum	[ms]	1312	1256	2125	1755
Anzahl		26	33	27	32

Die FH⁺-NORM-Gruppe zeigte in den ersten 4 Lebensmonaten in Lautäußerungen, die aus nur einem auf- und absteigenden Melodiebogen bestehen (1B-Struktur), Bogenlängen die sich im Mittel zwischen 723 ms (1. Monat) und 881 ms (3. Monat) bewegen. Die korrespondierenden Mittelwerte der FH⁺-SES-Gruppe liegen zwischen 691 ms (2. Monat) und 812 ms (4. Monat). Bezüglich der Medianwerte zeigen beide Gruppen im 1. Monat keinen signifikanten Unterschied, beide Gruppen haben auch den niedrigsten Medianwert im 2. Monat (663 ms/ 668 ms). Während der Medianwert in der FH⁺-NORM-Gruppe vom 2. zum 3. Monat einen sehr markanten Anstieg auf 854 ms zeigt, erhöht er sich in der FH⁺-SES-Gruppe faktisch nicht (688 ms). In dieser Gruppe findet der sprunghafte Anstieg des Medianwerts ganz offensichtlich erst im 4. Monat statt (813 ms). Bei der FH⁺-NORM-Gruppe verringert sich der Medianwert im 4. Monat dagegen bereits wieder. Der sprunghafte Anstieg des Medianwerts der Bogenlängen im 3. Monat bei der FH⁺-NORM-Gruppe zeigt sich auch in den Mittelwerten (von 813 ms auf 881 ms). In der FH⁺-SES-Gruppe gibt es zwar auch einen Anstieg im Mittelwert vom 2. zum 3. Monat, dieser fällt jedoch geringer aus (von 691 ms auf 755 ms). Der Mittelwertunterschied im 3. Monat beträgt somit 126 ms in Lautäußerungen mit einböiger Melodie. Dieser Gruppenunterschied ist auch statistisch signifikant (t-Test nach Student, $p=0,035$). In den übrigen Monaten fanden sich trotz teilweise tendenzieller Unterschiede keine statistischen Signifikanzen.

3.2.1.2 Bogenlänge in 2B-Strukturen

Gesamtlänge:

Die Ergebnisse der Analyse der Bogenlängen in 2B-Strukturen sind in Tabelle 25 und Tabelle 26 wiedergegeben und in Abbildung 26 in Form eines Boxplot-Diagramms dargestellt.

Hier zeigen sich bereits im 1. Lebensmonat deutliche Gruppenunterschiede in der Form, dass die Gesamtlänge der aus zwei Bögen bestehenden Lautäußerungen bei der FH⁺-SES-Gruppe größer ist. Der Unterschied in den Mittelwerten beträgt 159 ms, in den Medianwerten sogar 309 ms. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant (t-Test nach Student, $p=0,129$).

Im 2. Monat zeigen beide Gruppen einen leichten Anstieg in der Gesamtlänge, wobei sich allerdings die Mediandifferenz zwischen beiden Gruppen auf 334 ms erhöht. Auch die Mittelwerte unterscheiden sich erheblich, mit einer um 309 ms längeren durchschnittlichen Gesamtlänge der Lautäußerungen in der FH⁺-SES-Gruppe. Dieser Unterschied ist auch statistisch signifikant (t-Test nach Student, $p=0,006$).

Vom 2. zum 3. Monat erhöht sich die Gesamtlänge in der FH⁺-NORM-Gruppe um ca. 100 ms auf 1154 ms und bleibt im 4. Monat faktisch gleich. Die Medianwerte betragen im 3. Monat 1098 ms und im 4. Monat 1091 ms. In der SES-Gruppe sinkt die Bogenlänge im 3. Monat auf den Wert der FH⁺-NORM-Gruppe, erhöht sich allerdings im 4. Monat wieder auf den Wert des 2. Monats. Der Gruppenunterschied im 4. Monat beträgt bezüglich der Mittelwerte 70 ms und bezüglich der Medianwerte 132 ms. Statistisch signifikant ist dieser Unterschied nicht (t-Test nach Student, $p=0,576$).

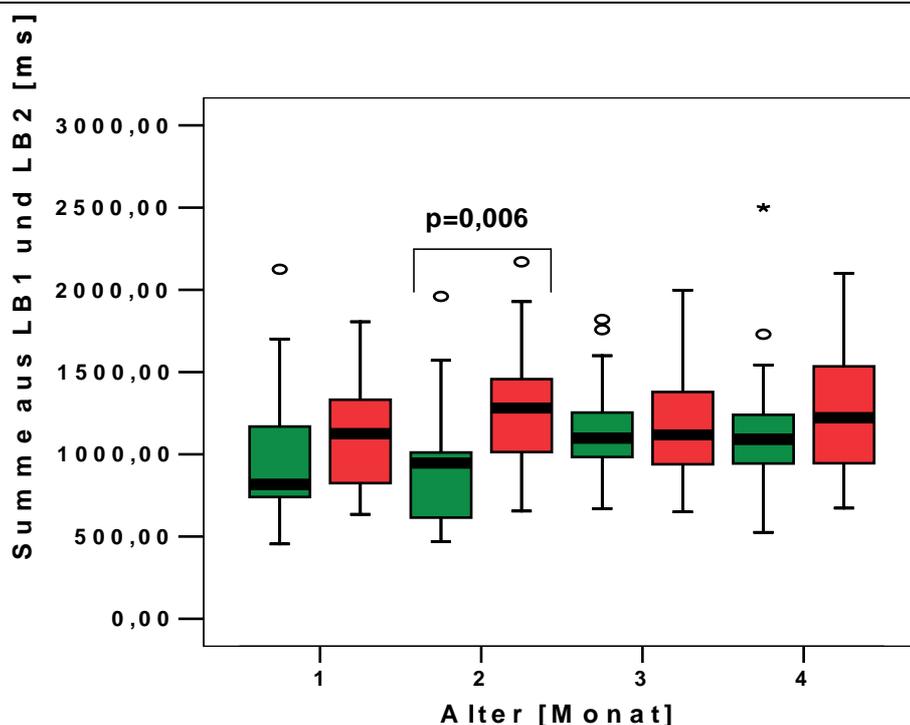


Abbildung 26: Vergleich der Gesamtlänge von Melodien der Kategorie 2B in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Kindern (grün) und der FH⁺-SES-Kindern (rot).

Tabelle 25: Deskriptive Analyse der Summen der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	970	947	1154	1188
Standardabweichung	[ms]	389	387	298	441
Median	[ms]	817	947	1098	1091
Minimum	[ms]	455	469	670	525
Maximum	[ms]	2125	1960	1820	2500
Anzahl		28	21	24	17

Tabelle 26: Deskriptive Analyse der Summen der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	1129	1256	1178	1258
Standardabweichung	[ms]	338	372	332	393
Median	[ms]	1126	1281	1118	1223
Minimum	[ms]	635	655	650	673
Maximum	[ms]	1806	2170	1198	2100
Anzahl		23	29	27	31

Einzelbogenlänge:

In einem weiteren Analyseschritt wurden die Längen der ersten und zweiten Melodiebögen noch einmal separat ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Tabelle 27 für die FH⁺-NORM-Gruppe und in Tabelle 28 für die FH⁺-SES-Gruppe beschrieben und in Abbildung 27 und Abbildung 28 dargestellt.

Aus Tabelle 27 und Tabelle 28 geht hervor, dass sich die Mittelwerte der FH⁺-NORM-Gruppe der ersten Melodiebögen zwischen 420 ms im 1. Monat und 626 ms im 4. Monat befinden. Die FH⁺-SES-Gruppe erzeugt erste Melodiebögen in einer 2B-Struktur im Mittel zwischen 499 ms im 1. Monat und 654 ms im 2. Monat. Die Mittelwerte der Längen der zweiten Melodiebögen liegen bei der FH⁺-NORM-Gruppe zwischen 497 ms im 2. Monat und 562 ms im 4. Monat, die Werte der FH⁺-SES-Gruppe liegen zwischen 604 ms im 4. Monat und 630 ms im 1. Monat bzw. im 3. Monat.

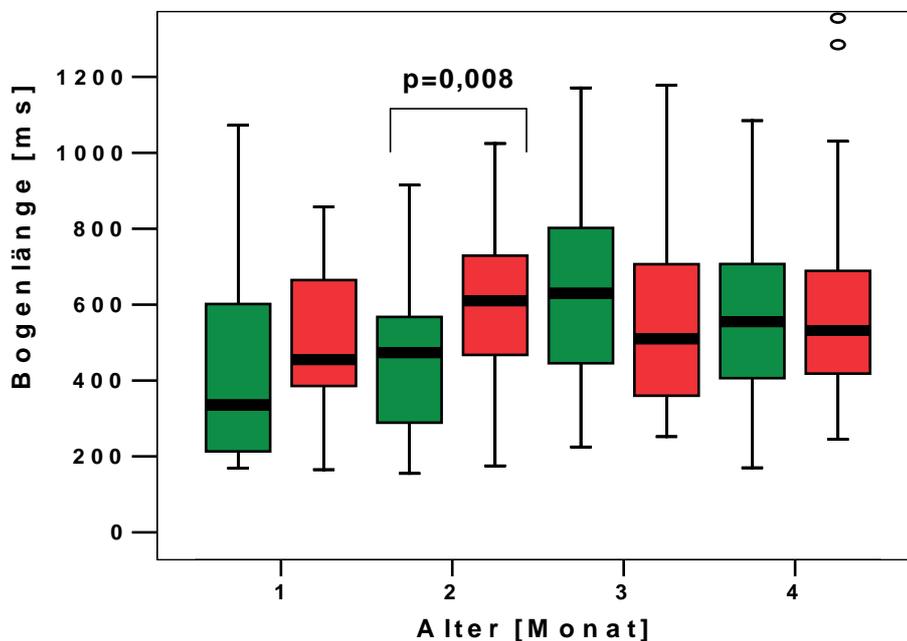


Abbildung 27: Vergleich der gemessenen Längen der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

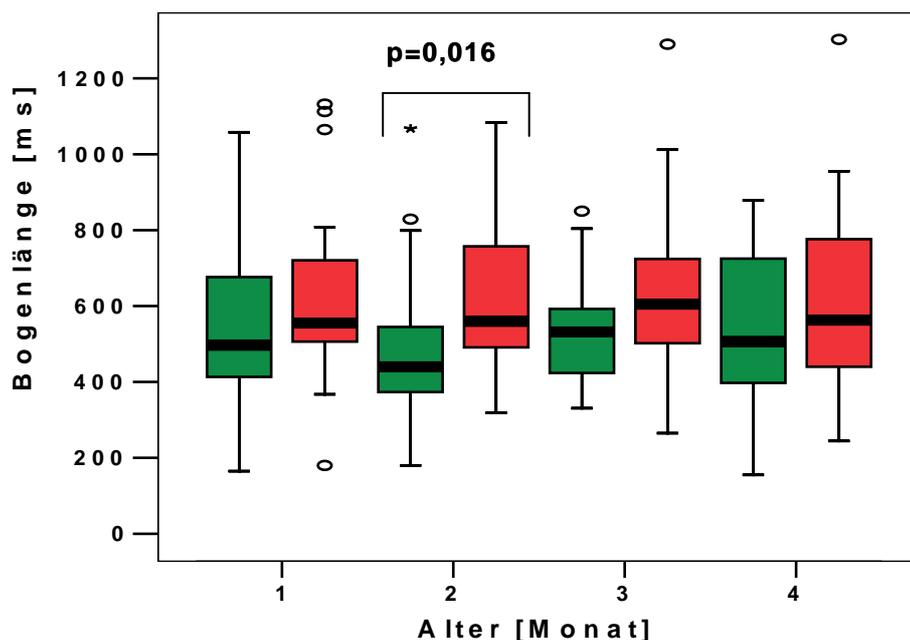


Abbildung 28: Vergleich der gemessenen Längen der zweiten Melodiebögen in 2B Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 27: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe				
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
LB1	Mittelwert	[ms]	420	450	619	626
	Standardabweichung	[ms]	247	212	224	335
	Median	[ms]	336	473	630	555
	Minimum	[ms]	169	155	225	170
	Maximum	[ms]	1073	915	1171	1621
	Anzahl		28	21	24	17
LB2	Mittelwert	[ms]	550	497	535	562
	Standardabweichung	[ms]	206	206	143	202
	Median	[ms]	497	440	532	506
	Minimum	[ms]	165	180	331	155
	Maximum	[ms]	1058	1068	850	879
	Anzahl		28	21	24	17

Tabelle 28: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 2B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe				
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
LB1	Mittelwert	[ms]	499	628	548	654
	Standardabweichung	[ms]	211	254	244	352
	Median	[ms]	455	610	510	532
	Minimum	[ms]	165	175	252	245
	Maximum	[ms]	857	1420	1178	1691
	Anzahl		23	29	27	31
LB2	Mittelwert	[ms]	630	629	630	604
	Standardabweichung	[ms]	239	199	230	243
	Median	[ms]	555	560	605	563
	Minimum	[ms]	180	319	265	245
	Maximum	[ms]	1132	1083	1290	1303
	Anzahl		23	29	27	31

Betrachtet man die Medianwerte des 1. Bogens in 2B-Strukturen dann zeigen sowohl die FH⁺NORM- als auch die FH⁺-SES-Gruppe einen Anstieg der Bogenlängen vom 1. zum 2. Monat. Allerdings liegen die mittleren Werte der FH⁺-SES-Kinder deutlich oberhalb derjenigen der FH⁺-NORM-Kinder. Im 3. und 4. Monat sinken die Werte in beiden Gruppen. Die Längen der 2. Bögen ändern sich weniger stark, auffällig sind auch hier die durchgängig höheren mittleren Werte der FH⁺-SES-Gruppe.

Vergleicht man das Zeitregime bei der Produktion der beiden Bögen, stellt man fest, dass die Mittelwerte der ersten Melodiebögen in einer 2B-Struktur bei der FH⁺-SES-Gruppe in den ersten vier Wochen um ca. 80 ms und im 2. Monat um ca. 230 ms länger sind als die der Vergleichsgruppe. Dieser große Unterschied im 2. Monat ist laut t-Test nach Student für unabhängige Stichproben signifikant (p= 0,008). Im 3. Monat ändert sich die Situation und die FH⁺-NORM-Gruppe bildet um ca. 70ms längere erste Bögen, um im darauf folgenden Abschnitt (4. Monat) wieder um ca. 30 ms kürzere erste Melodiebögen zu bilden als die auffällige Gruppe.

Der deutlichste Unterschied zeigte sich bezüglich der mittleren Länge der zweiten Melodiebögen, die in der FH⁺-SES-Gruppe konstant über die ersten vier Monate größer war als in der FH⁺-NORM-Gruppe (Abbildung 28). Im

2. Monat beträgt der Mittelwert der Längen der zweiten Melodiebögen bei den FH⁺-SES-Kinder 629 ms (Tabelle 28) und bei den FH⁺-NORM-Kindern nur 497 ms. Dieser Unterschied ist laut t-Test nach Student für unabhängige Stichproben ebenfalls signifikant ($p= 0,016$).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die zwei Gruppen im 2. Monat bezüglich der Bogenlänge (einem Aspekt der Zeitorganisation), bei doppelböigen Melodien signifikant voneinander unterscheiden. Die FH⁺-SES-Gruppe produziert in diesen vier Wochen sowohl längere erste als auch längere zweite Bögen. Während die FH⁺-NORM-Gruppe eine deutliche Tendenz zum trochäischen Muster erkennen lässt, wurde dies in der FH⁺-SES-Gruppe nicht gefunden.

3.2.1.3 Bogenlänge in 1S-Strukturen

Gesamtlänge:

Die Ergebnisse der Analyse der Lautäußerungen die aus 1S-Strukturen (Bogen-Pause-Bogen) der Melodie bestehen, sind in Tabelle 29 und Tabelle 30 und der Abbildung 29 dargestellt.

Bezüglich der Gesamtlänge ergab sich folgendes Bild: In der FH⁺-NORM-Gruppe zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der Mittelwerte der Gesamtlängen über den Untersuchungszeitraum. Die Medianwerte zeigen diesen Anstieg vom 1. zum 3. Monat und bleiben aber im Unterschied zu den Mittelwerten im 4. Monat gleich. Eine vergleichbare Entwicklung konnte in der FH⁺-SES-Gruppe nicht gefunden werden. Hier veränderten sich die Mittelwerte der Längen in den vier Monaten faktisch nicht. Sie liegen vom 1. Monat an höher als die Werte der FH⁺-NORM-Gruppe. Im 4. Monat sind die Mediane beider Gruppen ähnlich.

Bei der Untersuchung der Gesamtlänge der Melodien dieser Kategorie konnte mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben, wie schon zuvor in der

2B-Struktur-Kategorie, ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen im 2. Monat festgestellt werden ($p= 0,008$). Die FH⁺-SES-Gruppe erzeugt Melodien der 1S-Strukturen, deren Gesamtlänge im 2. Monat um mehr als 400 ms länger ist, als die der Vergleichsgruppe.

In den übrigen Monaten zeigte sich, dass die FH⁺-SES-Kinder im 1. Monat 1S-Strukturen von mindestens 400 ms längerer Dauer und im 3. Monat von mindestens 200 ms längerer Dauer als die FH⁺-NORM-Kinder erzeugten. Diese Unterschiede waren jedoch auf Grund der geringen Stichprobengröße statistisch nicht signifikant (1. Monat $p= 0,066$; 3. Monat $p= 0,195$). Im 4. Monat betrug der Mittelwertunterschied 126 ms (nicht signifikant $p=0,666$), wobei die FH⁺-Norm-Gruppe den höheren Wert aufwies, die Medianwerte waren nicht verschieden (Abbildung 29).

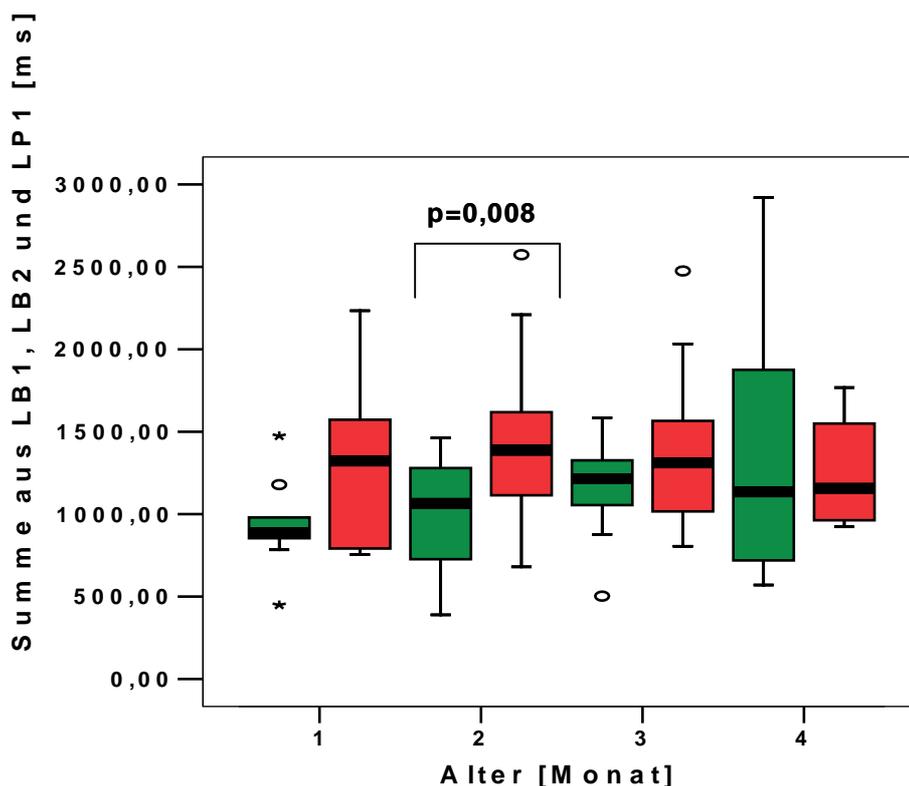


Abbildung 29: Vergleich der Gesamtlänge von Melodien der Kategorie 1S in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Ergebnisse

Tabelle 29: Deskriptive Analyse der Summen der gemessenen Längen der ersten Bögen, der zweiten Bögen und der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	932	1016	1179	1369
Standardabweichung	[ms]	264	335	280	839
Median	[ms]	888	1065	1215	1136
Minimum	[ms]	449	389	502	570
Maximum	[ms]	1475	1463	1585	2920
Anzahl		10	15	13	8

Tabelle 30: Deskriptive Analyse der Summen der gemessenen Längen der ersten Bögen, der zweiten Bögen und der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	1333	1434	1396	1243
Standardabweichung	[ms]	547	468	501	314
Median	[ms]	1323	1388	1311	1157
Minimum	[ms]	755	680	805	923
Maximum	[ms]	2234	2574	2475	1768
Anzahl		6	16	11	10

Einzelbogenlängen:

In Abbildung 30 und Abbildung 31 sind die Unterschiede in den Längen der ersten und der zweiten Melodiebögen zwischen beiden Gruppen dargestellt. Abbildung 32 stellt die Unterschiede in den Pausenlängen zwischen beiden Gruppen dar.

Die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der Bogenlängen sind in den Tabelle 31 und Tabelle 32 und die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der Pausenlängen sind in Tabelle 33 dargestellt.

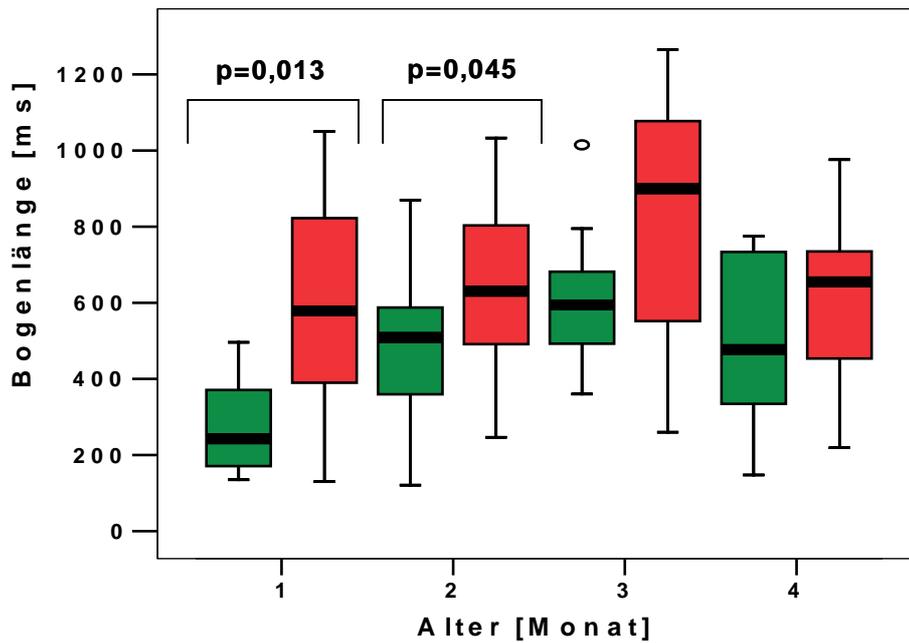


Abbildung 30: Vergleich der gemessenen Längen der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

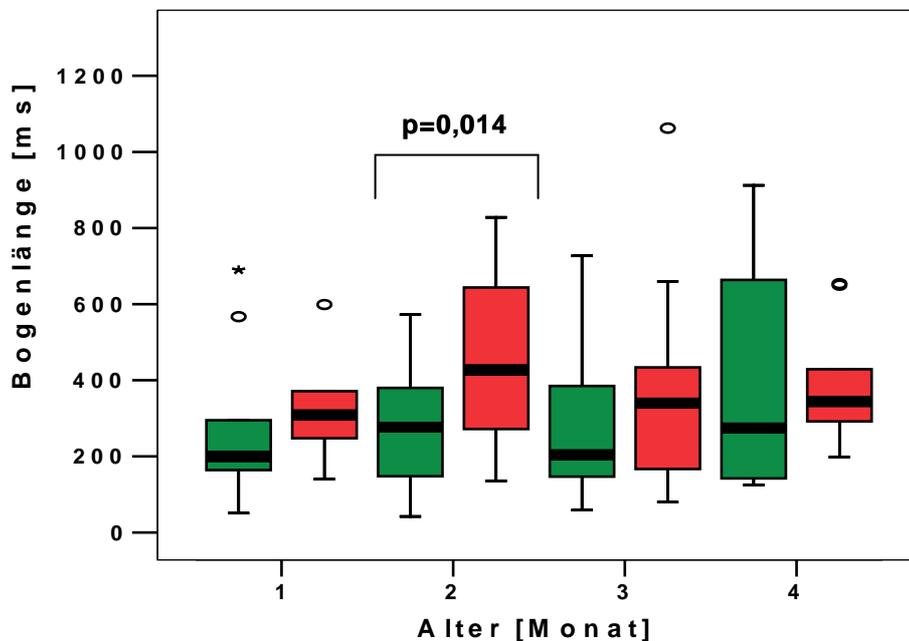


Abbildung 31: Vergleich der gemessenen Längen der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Ergebnisse

Tabelle 31: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

			NORM-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
LB1	Mittelwert	[ms]	278	487	595	647
	Standardabweichung	[ms]	120	201	181	560
	Median	[ms]	243	509	595	477
	Minimum	[ms]	135	121	360	147
	Maximum	[ms]	496	870	1015	1940
	Anzahl		10	15	13	8
	LB2	Mittelwert	[ms]	266	263	293
Standardabweichung		[ms]	204	159	219	317
Median		[ms]	200	277	204	275
Minimum		[ms]	51	42	59	125
Maximum		[ms]	690	573	727	912
Anzahl			10	15	13	8

Tabelle 32: Deskriptive Analyse der Melodiebogenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
LB1	Mittelwert	[ms]	592	682	805	623
	Standardabweichung	[ms]	322	299	371	222
	Median	[ms]	579	630	900	655
	Minimum	[ms]	130	247	260	219
	Maximum	[ms]	1050	1476	1265	976
	Anzahl		6	16	11	10
	LB2	Mittelwert	[ms]	330	458	383
Standardabweichung		[ms]	154	218	284	158
Median		[ms]	309	427	340	344
Minimum		[ms]	140	136	80	198
Maximum		[ms]	599	828	1063	654
Anzahl			6	16	11	10

Die Mittelwerte für die Längen der ersten Melodiebögen liegen für die FH⁺-NORM-Gruppe zwischen 278 ms im 1. Monat und 647 ms im 4. Monat, die Werte für die FH⁺-SES-Gruppe liegen zwischen 592 ms im 1. Monat und 805 ms im 3. Monat.

Die Mittelwerte der Längen der zweiten Bögen befinden sich bei der FH⁺-NORM-Gruppe zwischen 263 ms im 2. Monat und 400 ms im 3. Monat, und für die FH⁺-SES-Gruppe zwischen 330 ms im 1. Monat und 383 ms im 3. Monat.

Auf Grund der kleinen Stichprobengröße und der großen Streuung der Daten erschien es sinnvoll, die Medianwerte zu betrachten. Es zeigte sich, dass die Größen der Medianwerte der ersten Bögen sowohl in der FH⁺-NORM- als auch in der FH⁺-SES-Gruppe in allen vier Monaten größer waren als die der zweiten Bögen. In der FH⁺-NORM-Gruppe war das Verhältnis der Längen der ersten zu den zweiten Bögen schwächer ausgeprägt als bei der FH⁺-SES-Gruppe.

Vergleicht man die Bogenlängen innerhalb der Gruppen dann zeigt sich, dass die FH⁺-NORM-Kinder in den ersten 16 Lebenswochen längere erste Bögen als zweite Bögen erzeugen. Im 1. Monat ist der Mittelwertunterschied sehr gering, er beträgt nur ca. 10 ms, im Median 43 ms. Im 2. Monat beträgt der Mittelwertunterschied ca. 220 ms, im 3. Monat ca. 300 ms und im 4. Monat ca. 250 ms. Vergleichbare Ergebnisse zeigen die Medianwerte. Im 4. Monat ist der Längenunterschied statistisch hoch signifikant (t-Test für abhängige Stichproben $p=0,006$).

Die FH⁺-SES-Kinder erzeugen ebenfalls über die 4 Lebensmonate längere erste Bögen in Melodien der 1S-Struktur als zweite Bögen, im 1. Monat beträgt der Unterschied der Mittelwerte ca. 260 ms, im 2. Monat ca. 230 ms, im 3. Monat ca. 420 ms und im 4. Monat ca. 240 ms. Dieser Längenunterschied im 3. Monat ist laut t-Test für abhängige Stichproben hoch signifikant ($p=0,003$). Auch im 4. Monat waren die Unterschiede noch signifikant ($p=0,043$).

Korrespondierende Unterschiede zeigt die Medianwertanalyse. Hier liegt der Unterschied im 3. Monat sogar bei 560 ms.

Vergleicht man die Gruppen untereinander ergibt sich folgendes Ereignis:

Im ersten Lebensmonat sind die Längen der ersten Bögen im Mittel um ca. 310 ms, im 2. Monat um ca. 200 ms und im 3. Monat um ca. 210 ms bei der FH⁺-SES-Gruppe länger als bei der FH⁺-NORM-Gruppe. Dieser Längenunterschied ist in den ersten beiden Monaten laut t-Test nach Student

für unabhängige Tests signifikant ($p= 0,013$ bzw. $p= 0,045$). Ab Beginn des 4. Monats ändert sich die Situation und die FH⁺-NORM-Gruppe bildet in einer 1S-Struktur im Mittel um ca. 25 ms längere erste Melodiebögen als die FH⁺-SES-Gruppe. Im 3. und 4. Monat sind die Unterschiede allerdings nicht signifikant.

Ferner zeigte sich, dass die FH⁺-SES-Gruppe in den ersten 3 Monaten längere zweite Melodiebögen als die FH⁺-NORM-Gruppe erzeugt.

Im 2. Monat beträgt der Mittelwert der Längen der zweiten Melodiebögen bei den FH⁺-SES-Kinder 458 ms (Tabelle 31) und bei den FH⁺-NORM-Kindern nur 263 ms. Dieser Unterschied ist laut t-Test nach Student für unabhängige Stichproben signifikant ($p= 0,014$). Ab dem Beginn des 4. Monats bildet dann die FH⁺-NORM-Gruppe längere zweite Melodiebögen.

Segmentierungspause:

Ein weiteres Merkmal der Zeitorganisation ist die Dauer der Segmentierungspausen zwischen den beiden Melodiebögen. Vergleicht man die Pausenlängen der beiden Gruppen (Tabelle 33, Tabelle 34 und Abbildung 32) findet man Unterschiede in den Mittelwerten zwischen beiden Gruppen. In den ersten zwei Monaten sind die Pausen bei den FH⁺-SES-Kinder zwischen den ersten und zweiten Bögen etwas länger (20 ms). Ab dem 3. Monat erzeugen die FH⁺-NORM-Kinder längere Pausen. Die Mittelwerte der Pausenlängen der FH⁺-NORM-Kinder sind im 3. Monat und ebenfalls im 4. Monat um ca. 80 ms länger. Statistisch sind die genannten Unterschiede in den Pausenlängen nicht signifikant.

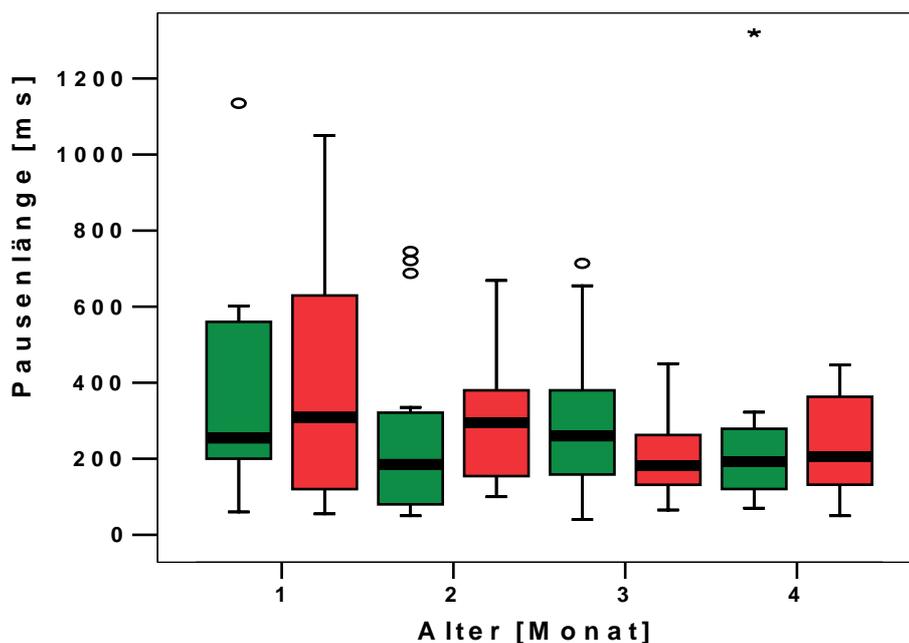


Abbildung 32: Vergleich der Pausenlängen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 33: Deskriptive Analyse der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	388	266	291	322
Standardabweichung	[ms]	322	250	216	412
Median	[ms]	255	185	260	193
Minimum	[ms]	60	50	40	70
Maximum	[ms]	1135	745	714	1320
Anzahl		10	15	13	8

Tabelle 34: Deskriptive Analyse der Pausenlängen in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	412	294	209	237
Standardabweichung	[ms]	372	151	116	139
Median	[ms]	309	295	182	205
Minimum	[ms]	55	100	65	50
Maximum	[ms]	1050	669	450	447
Anzahl		6	16	11	10

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die zwei Gruppen insbesondere im 2. Monat in ihrer Zeitorganisation bezüglich der Bogenlänge in der 1S-Struktur signifikant voneinander unterscheiden. Es besteht ein noch signifikanter Unterschied bezüglich der mittleren Länge der ersten Bögen und ein signifikanter Unterschied bezüglich der mittleren Länge der zweiten Bögen zwischen der FH⁺-NORM- und der FH⁺-SES-Gruppe. Die FH⁺-SES-Gruppe produziert im Mittel sowohl längere erste als auch zweite Bögen in Melodien der 1S-Struktur.

3.2.2 Untersuchung der Maxima und Minima der Melodien sowie der Hübe

Im vorliegenden Kapitel werden die Analysen der Minimal- und Maximalwerte der Melodiebögen sowie der absoluten Melodiehöhe beschrieben. Diese Größen stellen ebenfalls wichtige Elemente späterer prosodischer Aspekte der Sprache dar.

3.2.2.1 Untersuchung der Maximal- und der Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 1B-Strukturen

Maximalwerte

Die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der F0-Maximalwerte in Melodien mit einer Einfachbogenstruktur sind für beide Gruppen in den Tabelle 35 und Tabelle 36 und in Abbildung 33 dargestellt.

Die Mittelwerte und die Mediane der F0-Maximalwerte ähneln sich sehr; während des ganzen Untersuchungszeitraums von 4 Monaten sind keine signifikanten Unterschiede innerhalb und zwischen den Gruppen feststellbar. Die mittleren F0-Maximalwerte liegen für die FH⁺-NORM-Kinder zwischen 455 und 488 Hz, die der FH⁺-SES-Kinder zwischen 456 Hz und 480 Hz.

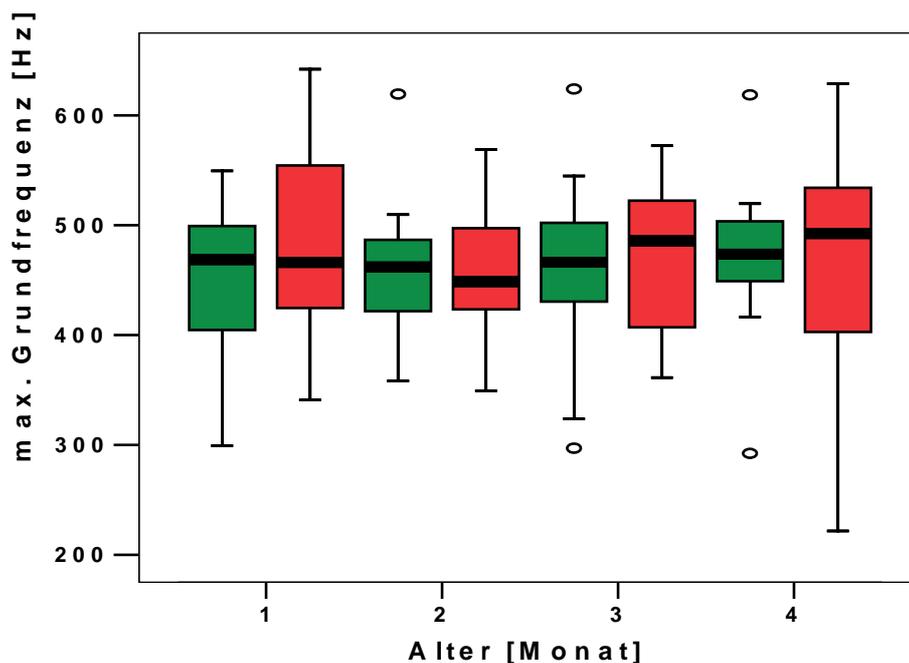


Abbildung 33: Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 35: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[ms]	471	455	460	488
Standardabweichung	[ms]	115	58	72	106
Median	[ms]	469	462	466	474
Minimum	[ms]	299	358	297	292
Maximum	[ms]	871	619	624	832
Anzahl		28	24	24	18

Tabelle 36: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[Hz]	480	456	474	466
Standardabweichung	[Hz]	82	63	69	95
Median	[Hz]	466	449	486	492
Minimum	[Hz]	341	349	361	222
Maximum	[Hz]	642	569	572	629
Anzahl		26	33	27	32

Minimalwerte

Auch der Vergleich der F0-Minimalwerte zeigt keine signifikanten Unterschiede innerhalb und zwischen den Gruppen (Tabelle 37, Tabelle 38 und Abbildung 34). Die Mittelwerte der F0-Minimalwerte liegen zwischen 281 Hz und 303 Hz für die FH⁺-NORM-Kinder und zwischen 274 und 308 Hz für die FH⁺-SES-Kinder.

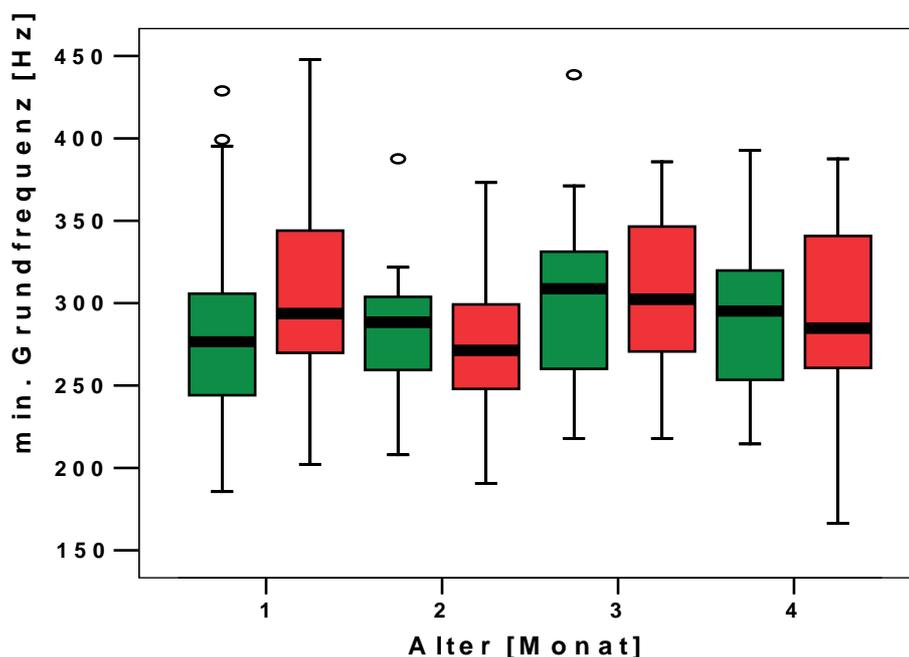


Abbildung 34: Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 37: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[Hz]	281	283	303	296
Standardabweichung	[Hz]	59	39	51	51
Median	[Hz]	277	288	309	295
Minimum	[Hz]	186	208	218	215
Maximum	[Hz]	429	388	439	393
Anzahl		28	24	24	18

Tabelle 38: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[Hz]	306	274	308	294
Standardabweichung	[Hz]	55	41	46	58
Median	[Hz]	294	271	302	285
Maximum	[Hz]	202	191	218	166
Minimum	[Hz]	448	373	386	388
Anzahl		26	33	27	32

Absoluter Hub (F0-Max – F0-Min)

Die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der Frequenzhübe in 1B-Strukturen sind in Tabelle 39 und Tabelle 40, sowie in Abbildung 35 dargestellt.

Aus Tabelle 39 und Tabelle 40 geht hervor, dass die FH⁺-NORM-Kinder im 1. und 4. Monat nur minimal größere absolute Hübe (15 bzw. 17 Hz) als die FH⁺-SES-Kinder bilden. Im 2. und 3. Monat sind die Unterschiede noch geringer (3 Hz und 7 Hz). Damit zeigte sich, dass sich die Hubeigenschaften zwischen den beiden Gruppen im Untersuchungszeitraum nicht unterscheiden. Eine statistische Testung bestätigte die Gleichheit der Modulationshübe.

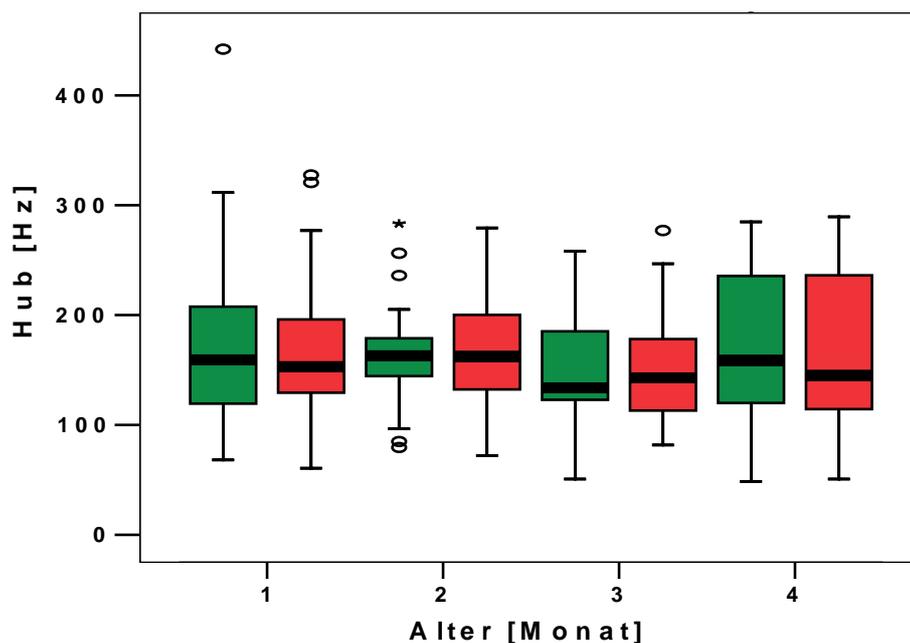


Abbildung 35: Vergleich der gemessenen absoluten Höhe in 1B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 39: Deskriptive Analyse der absoluten Höhe in 1B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[Hz]	181	165	150	182
Standardabweichung	[Hz]	82	48	52	99
Median	[Hz]	159	163	134	159
Minimum	[Hz]	68	79	51	49
Maximum	[Hz]	442	283	258	481
Anzahl		28	24	24	18

Tabelle 40: Deskriptive Analyse der absoluten Höhe in 1B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

		SES-Gruppe			
		1.Monat	2.Monat	3. Monat	4.Monat
Mittelwert	[Hz]	166	172	153	165
Standardabweichung	[Hz]	68	54	50	66
Median	[Hz]	153	162	143	145
Minimum	[Hz]	61	72	82	51
Maximum	[Hz]	328	279	277	290
Anzahl		26	33	27	32

3.2.2.2 Untersuchung der Maximal- und Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 2B-Strukturen

Die Untersuchung der F0-Maximal- und der F0-Minimalwerte, sowie die Untersuchung der absoluten Hübe lieferte, anders als in einbögigen Melodien, teilweise signifikante Unterschiede innerhalb und zwischen beiden Gruppen in Doppelbogen-Melodien.

Maximalwerte

Abbildung 36 und Abbildung 37, sowie Tabelle 41 und Tabelle 42 stellen die Ergebnisse der deskriptiven Analyse dar.

Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen liegen bei der FH⁺-SES-Gruppe zwischen 451 Hz im 3. Monat und 466 Hz im 1. Monat. Die Medianwerte im gesamten Untersuchungszeitraum sind erstaunlich konstant. Die statistische Analyse lieferte erwartungsgemäß keine signifikanten Altersunterschiede.

Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen der FH⁺-NORM-Gruppe schwanken zwischen 431 Hz im 1. Monat und 468 Hz im 4. Monat. In dieser Gruppe ist ein konstantes Ansteigen der Mittelwerte der Frequenz für die ersten Bögen der 2B-Struktur über die ersten vier Lebensmonate feststellbar. Die Medianwerte zeigen ebenfalls einen ansteigenden Trend (Tabelle 41). Signifikante Unterschiede für die F0-Maximalwerte der ersten Bögen konnten nicht gefunden werden.

Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der zweiten Bögen liegen zwischen 434 Hz (2. Monat) und 450 Hz (4. Monat) für die FH⁺-SES-Gruppe und zwischen 431 Hz (3. Monat) und 453 Hz (4. Monat) bei der FH⁺-NORM-Gruppe. Sie sind damit wie schon die Werte der ersten Bögen im Untersuchungszeitraum erstaunlich ähnlich. Die Medianwerte sind im ersten Monat zwischen den Gruppen ebenfalls gleich. Im 2. bis 4. Monat zeigt die FH⁺-SES-Gruppe etwas niedrigere Maximalfrequenzen in den zweiten Bögen.

Statistische Unterschiede innerhalb und zwischen den Gruppen bezüglich der mittleren F0-Maximalwerte der zweiten Melodiebögen konnten nicht gefunden werden.

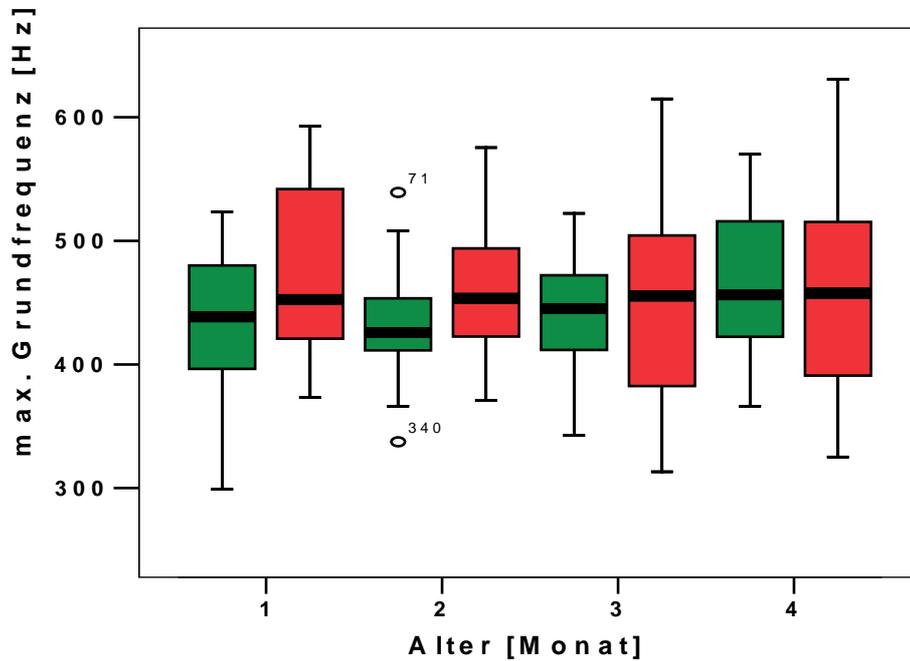


Abbildung 36: Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

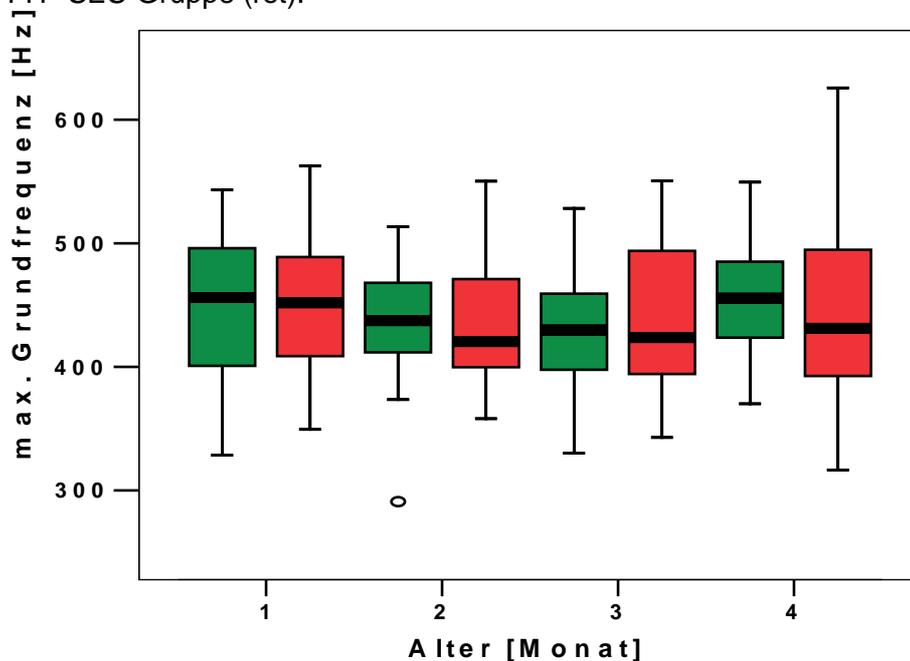


Abbildung 37: Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Ergebnisse

Tabelle 41: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 2B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

			NORM-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fx1	Mittelwert	[Hz]	431	435	443	468
	Standardabweichung	[Hz]	56	48	46	60
	Median	[Hz]	439	426	445	456
	Minimum	[Hz]	299	337	343	366
	Maximum	[Hz]	524	539	522	570
	Anzahl		28	21	24	17
Fx2	Mittelwert	[Hz]	452	435	431	453
	Standardabweichung	[Hz]	58	51	48	47
	Median	[Hz]	456	437	430	456
	Minimum	[Hz]	329	291	330	370
	Maximum	[Hz]	543	513	528	549
	Anzahl		28	21	24	17

Tabelle 42: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 2B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fx1	Mittelwert	[Hz]	466	454	451	461
	Standardabweichung	[Hz]	74	49	76	77
	Median	[Hz]	453	454	456	458
	Minimum	[Hz]	373	371	313	325
	Maximum	[Hz]	593	576	615	631
	Anzahl		23	29	27	31
Fx2	Mittelwert	[Hz]	449	434	444	450
	Standardabweichung	[Hz]	57	48	64	75
	Median	[Hz]	452	420	424	431
	Minimum	[Hz]	349	358	343	317
	Maximum	[Hz]	563	550	551	626
	Anzahl		23	29	27	31

Bei der Analyse der Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Bögen im Bezug zu den zweiten Bögen ergibt sich in allen vier Abschnitten für die FH⁺-SES-Gruppe das Vorherrschen eines „trochäischen Musters“ (F0-Maximalwert

des 1. Melodiebogens > F0-Maximalwert des 2. Melodiebogens). Dieser Unterschied ist allerdings nur im 2. Monat signifikant (t-Test für abhängige Stichproben $p=0,022$). Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen liegen bei 454 Hz und die der zweiten Melodiebögen bei 434 Hz (Medianwerte 454 Hz und 420 Hz).

Für die FH⁺-NORM-Gruppe ergab sich bei der Analyse der Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen in Bezug zu den zweiten Melodiebögen im ersten Untersuchungsabschnitt (1. Monat) ein „jambisches Betonungsmuster“ (F0-Maximalwert des 1. Melodiebogens < F0-Maximalwert des 2. Melodiebogens). Im zweiten Monat gleichen sich die Mittelwerte der F0-Maximalwerte an und in den restlichen zwei Monaten herrscht aber auch bei der NORM-Gruppe das „trochäische Betonungsmuster“ vor. Es liegt allerdings keine statistische Signifikanz vor.

Minimalwerte

Tabelle 43 und Tabelle 44 sowie Abbildung 38 und Abbildung 39 stellen die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der beiden Gruppen dar. Bei den FH⁺-NORM-Kindern liegen die Mittelwerte der minimalen Grundfrequenz der ersten Melodiebögen zwischen 306 Hz und 345 Hz, sowie zwischen 319 Hz und 340 Hz bei den FH⁺-SES-Kindern. In der FH⁺-NORM-Gruppe weisen die Mittelwerte der Minimalwerte einen konstanten Frequenzanstieg auf, die Medianwerte sind im 1. und 2. Monat identisch, erhöhen sich im 3. Monat um ca. 30 Hz und bleiben im 4. Monat bei diesem Wert (Abbildung 38).

Bei der FH⁺-SES-Gruppe sind die Mittelwerte des 1. und 3. Monats fast identisch im 2. und 4. Monat ebenfalls, allerdings geringfügig geringer als in den anderen beiden Monaten. Die Medianwerte verhalten sich ähnlich.

Der Frequenzvergleich der zweiten Bögen ergibt einen kontinuierlichen Anstieg der Mittelwerte (1. Monat 295 Hz und 4. Monat 324 Hz) und einen Anstiegstrend bei den Medianwerten (von 295 Hz auf 310 Hz) in der FH⁺-

NORM-Gruppe. Dieser Entwicklungstrend war jedoch statistisch nicht signifikant.

Die Analyse der Mittelwerte der F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen in Bezug zu den zweiten Melodiebögen zeigt, dass die FH⁺-NORM-Gruppe vom 1. bis zum 4. Monat konstant höhere F0-Minimalwerte in den ersten Melodiebögen bildet als in den zweiten Melodiebögen. Diese Unterschiede sind im 3. und 4. Monat statistisch signifikant. Die Irrtumswahrscheinlichkeit p (t-Test für abhängige Stichproben) beträgt 0,029 im 3. Monat und 0,042 im 4. Monat. Die Medianwerte dagegen unterscheiden sich in den ersten beiden Monaten nicht; erst im 3. und 4. Monat sind die Medianwerte der F0-Minimalwerte der ersten Bögen deutlich höher als die der zweiten Bögen.

Auch die FH⁺-SES-Gruppe produziert in allen vier Monaten höhere mittlere F0-Minimalwerte in den ersten als in den zweiten Melodiebögen. Die FH⁺-SES-Kinder weisen im 1. Monat ($p=0,0001$, t-Test für abhängige Stichproben), im 2. Monat ($p=0,001$, t-Test für abhängige Stichproben) und 3. im Monat ($p=0,007$, t-Test für abhängige Stichproben) signifikant höhere mittlere F0-Minimalwerte in den ersten Melodiebögen auf. Analoges gilt für die Medianwerte, allerdings nur in den ersten drei Monaten, im 4. Monat sind die Medianwerte fast gleich (312 Hz und 318 Hz). Im 4. Monat ist der Mittelwert-Unterschied nicht mehr signifikant ($p=0,19$, t-Test für abhängige Stichproben). Statistisch signifikant sind auch die höheren mittleren F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen der FH⁺-SES-Kinder im Vergleich zu denen der FH⁺-NORM-Kindern im 1. Monat. Die FH⁺-NORM-Kinder produzieren F0-Minimalwerte von im Mittel 306 Hz und die FH⁺-SES-Kinder produzieren im Mittel F0-Minimalwerte von 340 Hz. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei 0,012 (t-Test nach Student für unabhängige Stichproben).

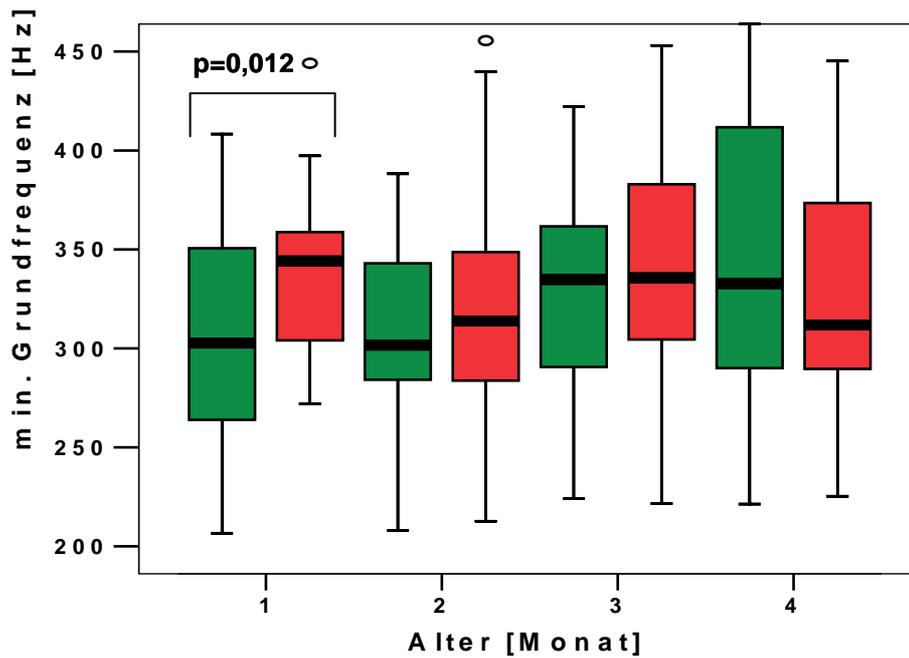


Abbildung 38: Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

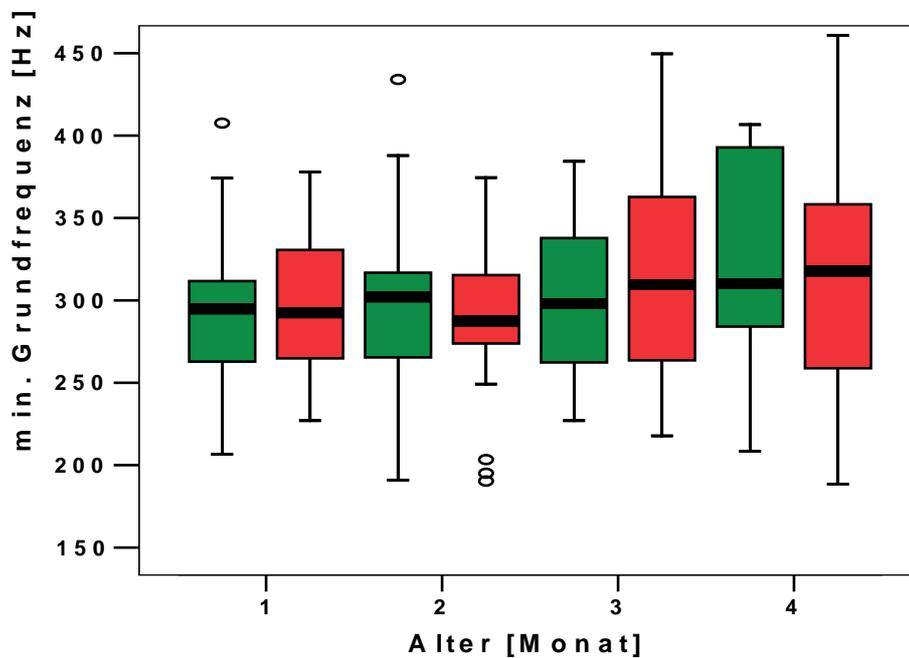


Abbildung 39: Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Ergebnisse

Tabelle 43: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 2B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

			NORM-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fn1	Mittelwert	[ms]	306	308	327	345
	Standardabweichung	[ms]	49	44	54	77
	Median	[ms]	303	302	335	333
	Minimum	[ms]	207	208	224	221
	Maximum	[ms]	408	388	422	507
	Anzahl		28	21	24	17
Fn1	Mittelwert	[ms]	295	298	301	324
	Standardabweichung	[ms]	47	56	47	64
	Median	[ms]	295	302	298	310
	Minimum	[ms]	207	191	227	209
	Maximum	[ms]	408	434	384	407
	Anzahl		28	21	24	17

Tabelle 44: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 2B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fn1	Mittelwert	[Hz]	340	319	339	324
	Standardabweichung	[Hz]	41	55	58	57
	Median	[Hz]	344	314	336	312
	Minimum	[Hz]	272	213	222	225
	Maximum	[Hz]	444	456	453	445
	Anzahl		23	29	27	31
Fn1	Mittelwert	[Hz]	300	290	315	311
	Standardabweichung	[Hz]	43	44	63	65
	Median	[Hz]	292	287	310	318
	Minimum	[Hz]	227	190	218	188
	Maximum	[Hz]	378	375	450	461
	Anzahl		23	29	27	31

Absoluter Hub:

Tabelle 45 und Tabelle 46, sowie Abbildung 40 und Abbildung 41 stellen die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der absoluten Hübe in 2B-Strukturen dar. Die Untersuchung der absoluten Hübe erbrachte in der FH⁺-NORM-Gruppe in allen vier Monaten einen höheren Mittelwert der zweiten Melodiebögen. Die Unterschiede zwischen den beiden Bögen verringern sich allerdings über den Untersuchungszeitraum von 31 Hz auf 6 Hz Mittelwertunterschied. Die Medianwerte zeigen ein analoges Verhalten. Auch die FH⁺-SES-Gruppe lieferte im Untersuchungszeitraum generell höhere Mittelwerte der absoluten Melodiehöhe in den zweiten Melodiebögen. In gleicher Weise wie bei der FH⁺-NORM-Gruppe verringern sich auch hier der Hubunterschied zwischen den Bögen im Untersuchungszeitraum (von 24 Hz auf 4 Hz, Mittelwertdifferenz).

Im Untersuchungszeitraum zwischen dem 1. Lebensmonat und dem 4. Lebensmonat gleichen sich die Gruppen sehr. So sind in diesem Zeitraum in beiden Gruppen die mittleren absoluten Hübe der zweiten Melodiebögen höher als die der ersten Melodiebögen.

Für die FH⁺-NORM-Gruppe ist der höhere Mittelwert der absoluten Hübe der zweiten Bögen im Vergleich zu den ersten Bögen im 1. Lebensmonat statistisch signifikant ($p= 0,009$, t-Test für abhängige Stichproben).

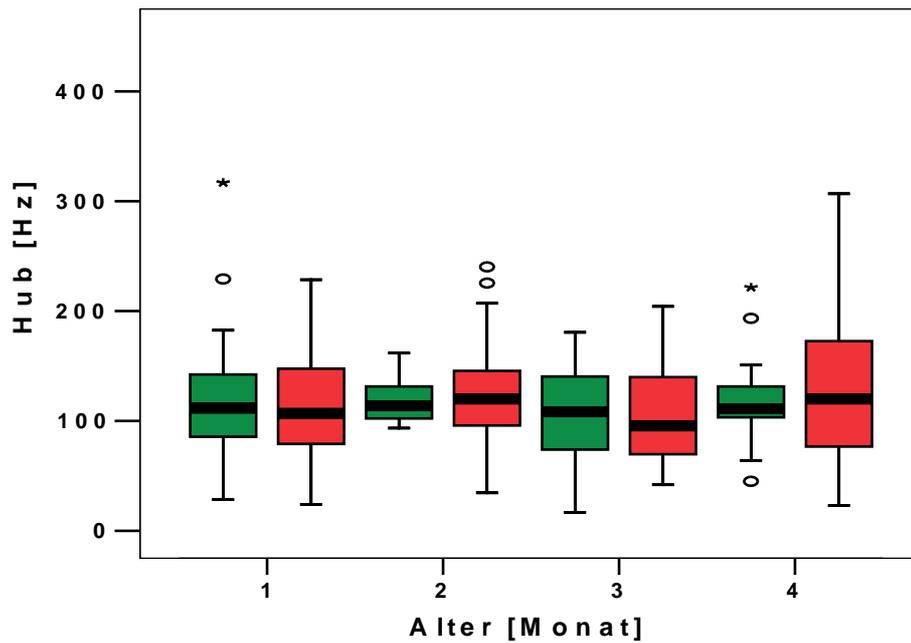


Abbildung 40: Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der ersten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

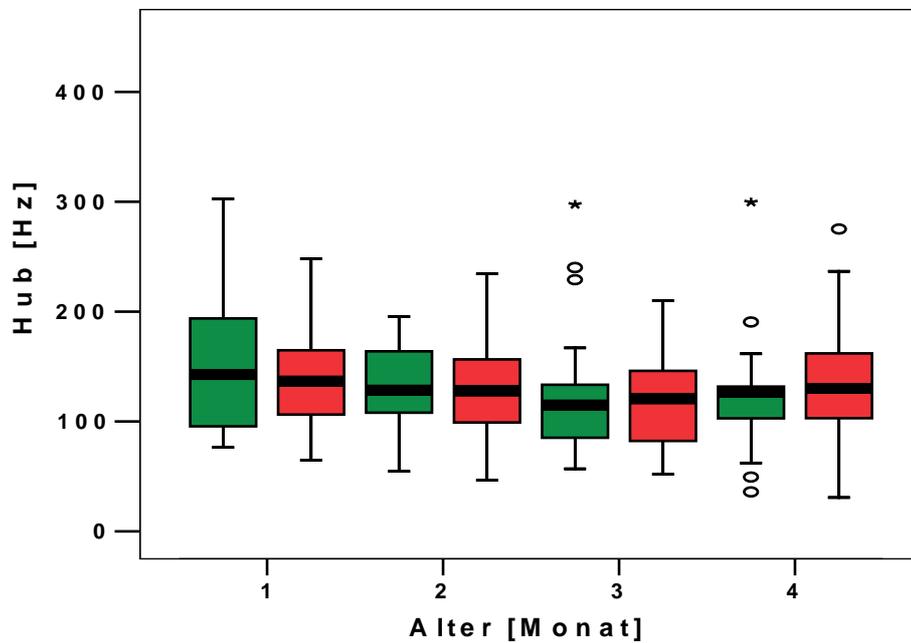


Abbildung 41: Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der zweiten Melodiebögen in 2B-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Ergebnisse

Tabelle 45: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 2B-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

			NORM-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
HB1	Mittelwert	[Hz]	119	119	110	118
	Standardabweichung	[Hz]	58	21	42	44
	Median	[Hz]	112	114	108	111
	Minimum	[Hz]	28	94	17	45
	Maximum	[Hz]	316	162	181	222
	Anzahl		28	21	24	17
HB2	Mittelwert	[Hz]	150	131	125	124
	Standardabweichung	[Hz]	58	39	57	60
	Median	[Hz]	143	129	115	127
	Minimum	[Hz]	76	55	57	36
	Maximum	[Hz]	303	196	298	300
	Anzahl		28	21	24	17

Tabelle 46: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 2B-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
HB1	Mittelwert	[Hz]	120	125	102	130
	Standardabweichung	[Hz]	55	50	44	69
	Median	[Hz]	107	120	96	120
	Minimum	[Hz]	24	35	42	23
	Maximum	[Hz]	289	204	204	307
	Anzahl		23	29	27	31
HB2	Mittelwert	[Hz]	144	135	119	134
	Standardabweichung	[Hz]	51	43	43	52
	Median	[Hz]	137	128	121	130
	Minimum	[Hz]	65	47	52	31
	Maximum	[Hz]	248	234	210	275
	Anzahl		23	29	27	31

3.2.2.3 Untersuchung der Maximal- und Minimalwerte sowie der Hubeigenschaften in 1S-Strukturen

Maximalwerte:

Die Ergebnisse der deskriptiven monatlichen Analyse der F0-Maximalwerte, in doppelböigen Melodien mit Segmentierungspause sind in Tabelle 47 für die FH⁺-NORM-Kinder und Tabelle 48 für die FH⁺-SES-Kinder sowie in Boxplot-Diagrammen (Abbildung 42, Abbildung 43) dargestellt. Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen befinden sich für die FH⁺-SES-Gruppe in den ersten vier Lebensmonaten, zwischen 435 Hz und 470 Hz. Die Mittelwerte der Maximalwerte der ersten Melodiebögen der FH⁺-NORM-Gruppe schwanken zwischen 439 Hz und 462 Hz. Während die FH⁺-NORM-Gruppe sowohl bezüglich der Mittelwerte als auch bezüglich der Mediane einen Anstieg vom ersten zum zweiten Monat und nachfolgend ein Verharren auf dem erreichten Frequenzwert zeigt, zeigte die FH⁺-SES-Gruppe ein deutlich anderes Verhalten im ersten Melodiebogen. Die Mittelwerte der Maximalwerte sinken vom ersten zum zweiten Monat ab, steigen dann wieder an, um im 4. Monat wiederum abzufallen.

Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der zweiten Bögen sind im 2. und 3. Monat niedriger als im 4. und 1. Monat bei der FH⁺-NORM-Gruppe. In der FH⁺-SES-Gruppe dagegen sind die Mittelwerte im 2. und 3. Monat höher als im 1. und 4. Monat.

Die Mittelwerte der F0-Maximalwerte der zweiten Bögen liegen zwischen 412 Hz und 432 Hz für die FH⁺-SES-Gruppe und zwischen 426 Hz und 459 Hz bei der FH⁺-NORM-Gruppe.

Der Vergleich der Maximalwerte ist weder innerhalb der Gruppen noch zwischen den einzelnen Gruppen signifikant unterschiedlich.

Die Analyse der Mittelwerte der F0-Maximalwerte der ersten Melodiebögen in Bezug zu den zweiten Melodiebögen ergibt für die FH⁺-Norm-Gruppe wie schon bereits bei doppelböigen Melodien ohne Segmentierung im ersten Monat ein

„jambisches Betonungsmuster“ (F_0 -Maximalwert des 1. Melodiebogens < F_0 -Maximalwert des 2. Melodiebogens). In den folgenden zwei Monaten zeigt auch die FH^+ -NORM-Gruppe eine Tendenz zum „trochäischen Betonungsmuster“. Im 4. Monat findet sich „Level-Stress“, d.h. die Maxima unterscheiden sich faktisch nicht. Es besteht allerdings keine statistische Signifikanz.

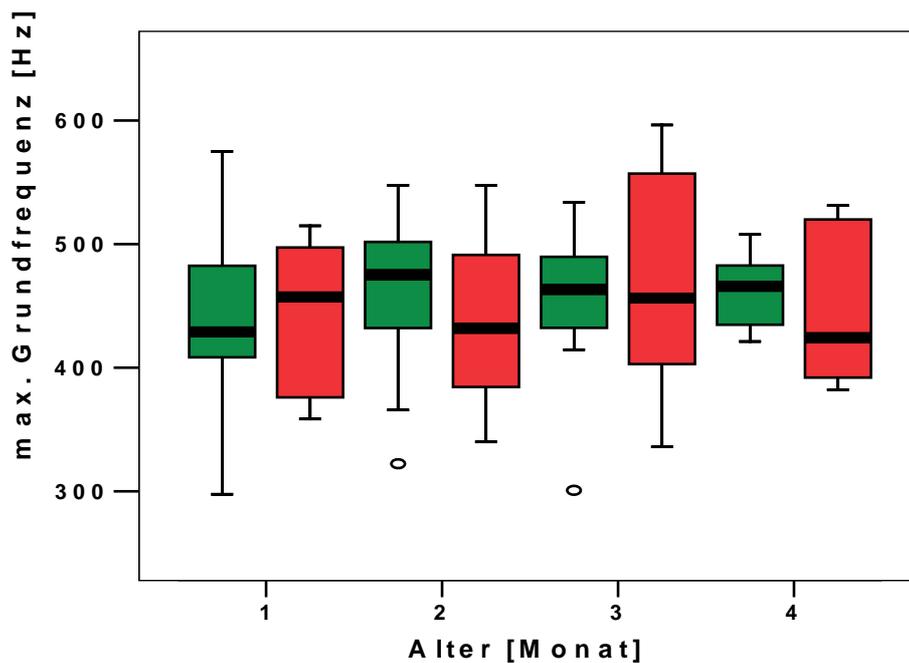


Abbildung 42: Vergleich der gemessenen F_0 -Maximalwerte der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH^+ -NORM-Gruppe (grün) und der FH^+ -SES-Gruppe (rot).

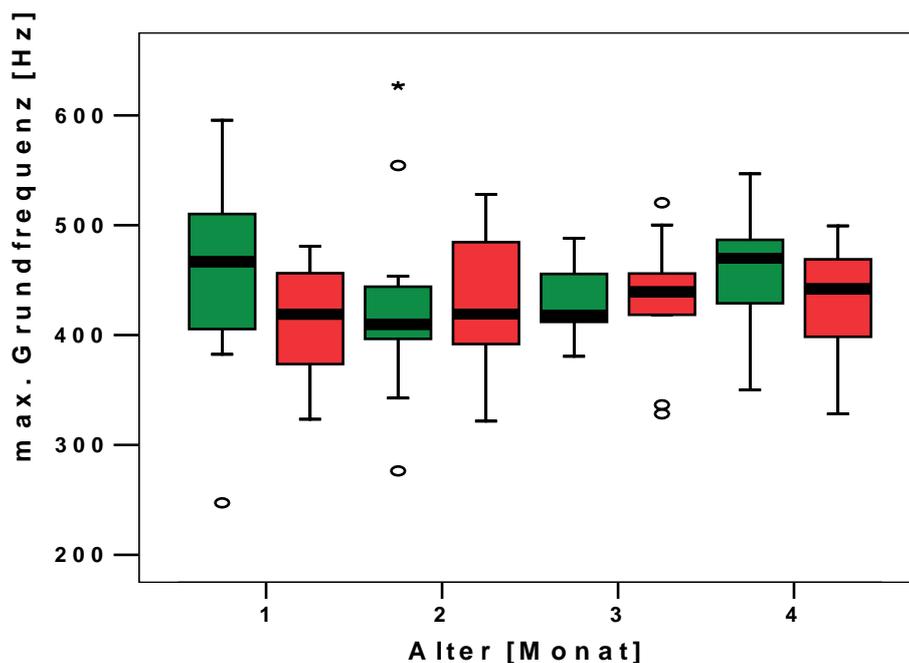


Abbildung 43: Vergleich der gemessenen F0-Maximalwerte der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 47: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe				
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fx1	Mittelwert	[Hz]	439	459	458	462
	Standardabweichung	[Hz]	72	63	60	31
	Median	[Hz]	429	475	463	466
	Minimum	[Hz]	298	322	301	421
	Maximum	[Hz]	575	548	534	508
	Anzahl		10	15	13	8
Fx2	Mittelwert	[Hz]	452	426	429	459
	Standardabweichung	[Hz]	96	81	31	59
	Median	[Hz]	467	410	418	470
	Minimum	[Hz]	447	276	381	350
	Maximum	[Hz]	596	627	488	547
	Anzahl		10	15	13	8

Tabelle 48: Deskriptive Analyse der F0-Maximalwerte in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fx1	Mittelwert	[Hz]	444	435	470	443
	Standardabweichung	[Hz]	65	60	89	61
	Median	[Hz]	457	432	456	424
	Minimum	[Hz]	359	340	336	382
	Maximum	[Hz]	515	548	596	531
	Anzahl		6	16	11	10
Fx2	Mittelwert	[Hz]	412	432	431	425
	Standardabweichung	[Hz]	59	60	61	59
	Median	[Hz]	419	419	439	442
	Minimum	[Hz]	323	322	328	328
	Maximum	[Hz]	481	528	521	500
	Anzahl		6	16	10	10

Minimalwerte:

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der F0-Minimalwerte sind in Tabelle 49 für die FH⁺-NORM-Kinder und in Tabelle 50 für die FH⁺-SES-Kinder wiedergegeben. Die Boxplot-Diagramme (Abbildung 44, Abbildung 45) zeigen den Medianwertverlauf in den ersten vier Lebensmonaten für beide Gruppen in Melodien mit 1S-Struktur. Die Mittelwerte der F0-Minimalwerte der ersten Bögen der FH⁺-SES-Gruppe bewegen sich zwischen 267 Hz und 304 Hz, die Werte der FH⁺-NORM-Gruppe zwischen 294 Hz und 321 Hz. In der FH⁺-NORM-Gruppe verhalten sich die Mittelwerte der F0-Minimalwerte im 1., 2. und 4. Monat ähnlich, nur im 3. Monat gibt es einen leichten Anstieg. In der FH⁺-SES-Gruppe steigen sowohl die Mittelwerte als auch die Medianwerte vom 1. zum 3. Monat kontinuierlich an, fallen im 4. Monat wieder zurück auf die Werte vom 2. Monat.

Die Mittelwerte der F0-Minimalwerte der zweiten Bögen schwanken zwischen 249 Hz und 330 Hz bei der SES-Gruppe und zwischen 296 Hz und 353 Hz bei der FH⁺-NORM-Gruppe.

Die Analyse der F0-Minimalwerte der FH⁺-NORM-Gruppe bezüglich der ersten zu den zweiten Bögen ergibt, dass die Mittelwerte der F0-Minimalwerte der ersten Bögen im 1. und 2. Monat faktisch gleich sind, im 3. Monat ist der mittlere F0-Minimalwert der ersten Bögen leicht höher während im 4. Monat der Mittelwert der F0-Minimalwerte der zweiten Bögen deutlich höher liegt.

Die Analyse der F0-Minimalwerte der FH⁺-SES-Gruppe ergibt, dass die Mittelwerte der F0-Minimalwerte beider Bögen in den ersten beiden Monaten ähnlich sind. Im 3. Monat ist der Mittelwert der F0-Minimalwerte der zweiten Bögen größer als die der ersten Bögen. Im 4. Monat liefern die Mittelwerte als auch die Mediane ein „trochäisches Muster“, also einen höheren Wert im ersten Bogen. Allerdings sind die gefundenen Unterschiede weder unter den Gruppen noch zwischen den einzelnen Gruppen statistisch signifikant.

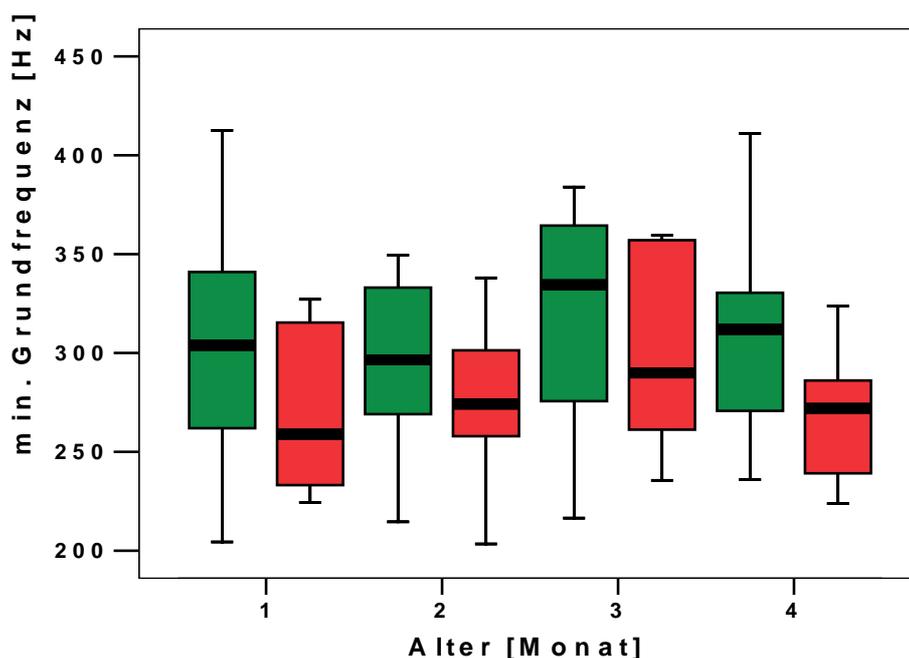


Abbildung 44: Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

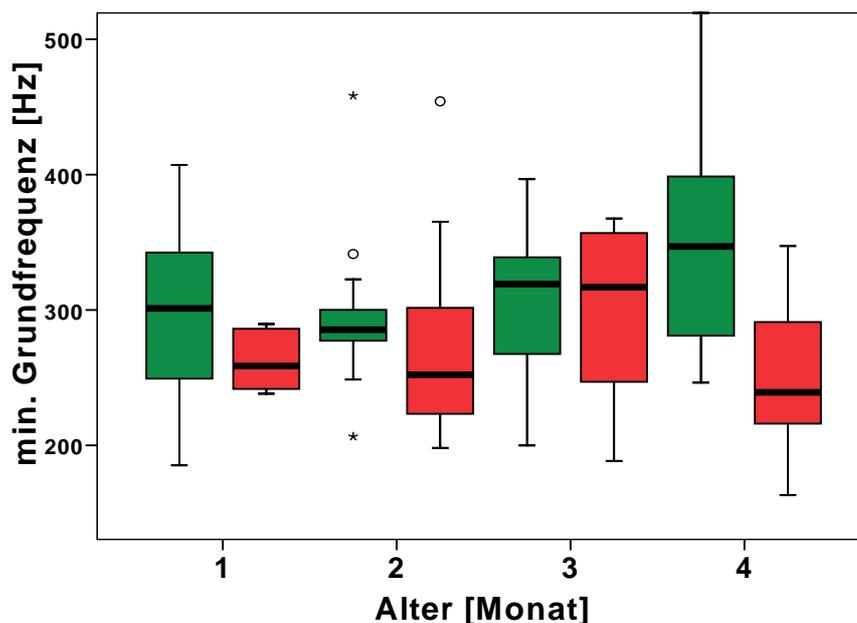


Abbildung 45: Vergleich der gemessenen F0-Minimalwerte der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 49: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe				
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fn1	Mittelwert	[Hz]	308	294	321	309
	Standardabweichung	[Hz]	64	44	53	53
	Median	[Hz]	304	297	334	311
	Minimum	[Hz]	204	215	217	236
	Maximum	[Hz]	413	350	384	411
	Anzahl		10	15	13	8
Fn2	Mittelwert	[Hz]	299	296	302	353
	Standardabweichung	[Hz]	77	54	58	90
	Median	[Hz]	301	285	319	347
	Minimum	[Hz]	185	207	200	246
	Maximum	[Hz]	407	458	397	524
	Anzahl		10	15	13	8

Tabelle 50: Deskriptive Analyse der F0-Minimalwerte in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe.

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
Fn1	Mittelwert	[Hz]	270	274	304	267
	Standardabweichung	[Hz]	43	37	50	31
	Median	[Hz]	259	274	290	272
	Minimum	[Hz]	224	203	236	224
	Maximum	[Hz]	327	338	360	324
	Anzahl		6	16	11	10
Fn2	Mittelwert	[Hz]	262	270	330	249
	Standardabweichung	[Hz]	22	67	120	55
	Median	[Hz]	259	252	317	250
	Minimum	[Hz]	238	198	188	163
	Maximum	[Hz]	290	454	633	347
	Anzahl		6	16	10	10

Absoluter Hub:

Abbildung 46 und Abbildung 47 stellen Boxplot-Diagramme zur Verdeutlichung der Verteilungscharakteristik der absoluten Hübe in den ersten vier Lebensmonaten in beiden Gruppen dar. Die dazugehörigen Ergebnisse der deskriptiven Analyse sind in Tabelle 51 für die FH⁺-NORM-Kinder und in Tabelle 52 für die FH⁺-SES-Kinder enthalten. So sind in der FH⁺-NORM-Gruppe die Mittelwerte der absoluten Hübe der ersten Bögen zwischen 130 Hz und 162 Hz ermittelt worden und die der zweiten Bögen zwischen 118 Hz und 152 Hz.

Die Mittelwerte der absoluten Hübe der ersten Bögen der FH⁺-SES-Gruppe liegen zwischen 149 Hz und 170 Hz und die der zweiten Bögen zwischen 110 Hz und 164 Hz.

Untersucht man die Hubeigenschaften der FH⁺-NORM-Gruppe genauer, so stellt man fest, dass bis auf den ersten Monat die Mittelwerte der absoluten Hübe der ersten Bögen konstant größer sind als die der zweiten Bögen. Im 2. Monat ist der größere mittlere absolute Hub der ersten Bögen sogar signifikant größer als der der zweiten Bögen ($p=0,024$, t-Test für abhängige Stichproben).

Bei der FH⁺-SES-Gruppe zeigt sich ein irreguläres Verhalten beim Vergleich der Mittelwerte der absoluten Hübe der ersten und zweiten Bögen in 1S-Strukturen. Während im 1. Monat der Mittelwert der absoluten Hübe der ersten Bögen deutlich über dem der zweiten Bögen liegt, kehrt sich das Bild im 2. Monat um, um im 3. Monat wiederum auf das Muster des ersten Monats zurück zu kommen. Im 4. Monat sind die Bögen dann bezüglich ihrer absoluten Hübe beinahe identisch. Die Unterschiede im 3. Monat in der FH⁺-SES-Gruppe sind statistisch signifikant. ($p=0,043$, t-Test für abhängige Stichproben).

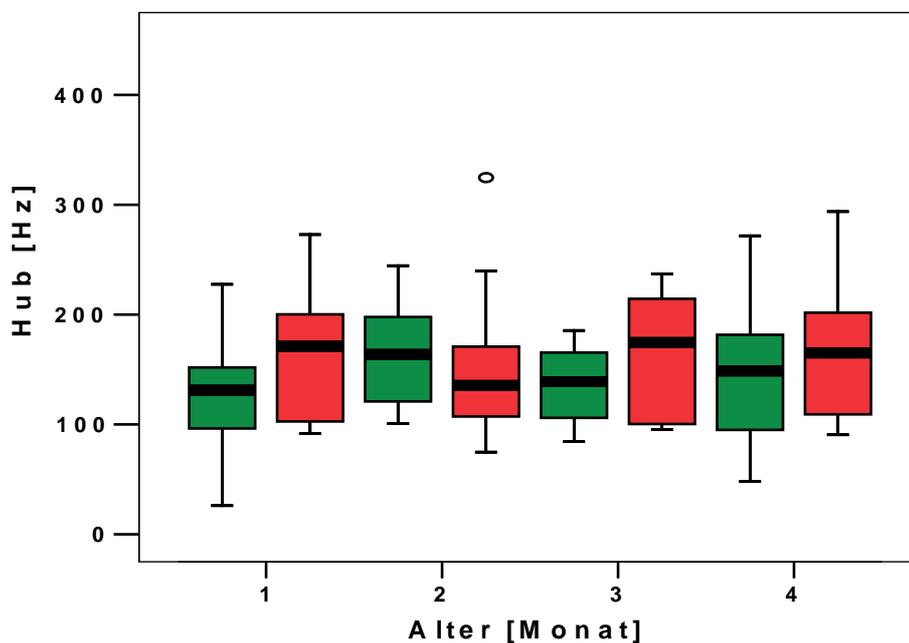


Abbildung 46: Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der ersten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

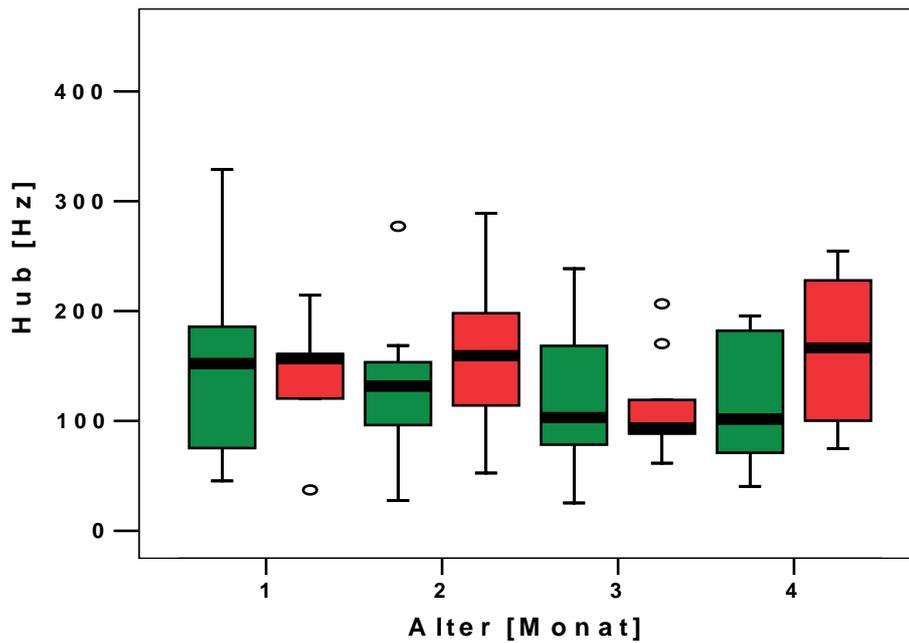


Abbildung 47: Vergleich der gemessenen absoluten Hübe der zweiten Melodiebögen in 1S-Strukturen in den ersten vier Lebensmonaten der FH⁺-NORM-Gruppe (grün) und der FH⁺-SES-Gruppe (rot).

Tabelle 51: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1S-Strukturen der FH⁺-NORM-Gruppe.

		NORM-Gruppe				
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
HB1	Mittelwert	[Hz]	130	162	133	146
	Standardabweichung	[Hz]	54	45	34	71
	Median	[Hz]	131	164	139	149
	Minimum	[Hz]	228	101	84	48
	Maximum	[Hz]	261	245	186	272
	Anzahl		10	15	13	8
HB2	Mittelwert	[Hz]	152	128	121	118
	Standardabweichung	[Hz]	89	56	61	62
	Median	[Hz]	152	132	103	102
	Minimum	[Hz]	45	28	25	41
	Maximum	[Hz]	329	277	239	196
	Anzahl		10	15	13	8

Ergebnisse

Tabelle 52: Deskriptive Analyse der absoluten Hübe in 1S-Strukturen der FH⁺-SES-Gruppe

			SES-Gruppe			
			1.Monat	2.Monat	3.Monat	4.Monat
HB1	Mittelwert	[Hz]	168	149	164	170
	Standardabweichung	[Hz]	69	64	59	62
	Median	[Hz]	171	136	175	165
	Minimum	[Hz]	92	75	95	91
	Maximum	[Hz]	272	325	237	294
	Anzahl		6	16	10	10
HB2	Mittelwert	[Hz]	141	164	110	161
	Standardabweichung	[Hz]	59	68	45	66
	Median	[Hz]	157	159	94	166
	Minimum	[Hz]	37	53	62	75
	Maximum	[Hz]	215	289	207	255
	Anzahl		6	16	10	10

4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit ist, soweit uns bekannt, die erste Untersuchung dieser Art. Alle bisherigen Untersuchungen des Säuglingsschreis beschränkten sich auf die Bestimmung einzelner weniger akustischer Parameter, die zudem methodisch bedingt mit erheblich geringerer Präzision erfasst wurden. Strukturanalysen in der hier dargestellten Form gibt es bisher außerhalb der GLaD-Studie überhaupt noch nicht. Die nachfolgende Diskussion kann daher nur an wenigen Stellen relevante Literatur zitieren und fokussiert eher auf die Formulierung von Erklärungen für die gefundenen Ergebnisse. Alle diese Vermutungen haben bisher Hypothesencharakter und bedürfen einer Verifizierung durch randomisierte Studien an größeren Probandenkollektiven.

4.1 Ergebnisse der Strukturanalyse

Bei der in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Strukturanalyse von Lautäußerungen der ersten vier Lebensmonate bestand die Zielstellung in einem Vergleich der relativen Auftrittshäufigkeit definierter Strukturtypen zwischen Kindern mit normaler und verzögerter Sprachentwicklung. Die im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie von Linguisten durchgeführten und ausgewerteten Sprachleistungstests dienten als Basis um 24-Monate alte Kinder in die Gruppe der sich sprachlich normal entwickelten Kinder, bzw. die Gruppe der Kinder mit verzögerter Sprachentwicklung einzuordnen. In Form einer retrospektiven Analyse wurde die relative Auftrittshäufigkeit zuvor definierter Strukturtypen der Säuglingsschreie ermittelt und zwischen den Gruppen verglichen. Dabei wurde insbesondere Wert auf eine monatliche Analyse möglicher Veränderungen erzeugter Strukturtypen gelegt, also auf den Entwicklungsaspekt. Durch verschiedene vorhergehende Studien ist inzwischen gut belegt, dass sich Säuglingsschreie im Verlauf der ersten Lebensmonate strukturell verändern und dass diese Strukturveränderungen in einem möglichen Zusammenhang mit späteren Sprachleistungen stehen könnten (Mende et al. 1990, Wermke /Mende 1994,

Wermke et al. 1996, Wermke 2002, Wermke et al. 2002, Wermke/ Friederici 2004).

Eine Besonderheit der vorliegenden Arbeit bestand darin, dass alle Probanden ein familiäres Risiko für eine spezifische Spracherwerbsstörung (SES) haben (FH⁺). Die Charakteristik dieser Spracherwerbsstörungen und die gegenwärtigen Erklärungskonzepte für ihr Entstehen unter Annahme genetischer Faktoren sind in Kapitel 1 dargestellt. Trotz dieser familiären Disposition zeigte erwartungsgemäß nur ein Teil der Kinder mit 24 Monaten eine verzögerte Sprachentwicklung (FH⁺-SES-Gruppe), während sich der andere Teil in den durchgeführten Sprachtests im Normalbereich befand (FH⁺-NORM-Gruppe). Über die epigenetische Expression der SES weiß man gegenwärtig noch relativ wenig.

Anliegen der Arbeit war es, nach möglichen Unterschieden beider Gruppen in einem sehr frühen Lautproduktionsalter zu suchen. Die Motivation für dieses Untersuchungsziel ist bereits in Kapitel 1 beschrieben worden.

Zu Vergleichszwecken wurden die Ergebnisse der durchgeführten Strukturanalysen mit Ergebnissen vergleichbarer Untersuchungen bei einer sich sprachlich normal entwickelnden Gruppe von Kindern ohne familiäres Risiko für SES (FH⁻-NORM-Gruppe) herangezogen.

Gruppenspezifische und geschlechtsspezifische Analyse über den Gesamtzeitraum der Untersuchung:

Alle untersuchten Kinder zeigten die von Wermke (2002, 2004) und Mitarbeitern beschriebenen Strukturtypen von Säuglingsschreien. Für die hier untersuchten FH⁺-Kinder wurden damit keine Abweichungen in Form eines Nichtauftretens bestimmter Strukturtypen beobachtet. Dieser Befund bestätigt Hypothese 1 (Kap. 1) und unterstützt die Annahme von Entwicklungsregularitäten in der frühen vorsprachlichen Entwicklung. Die Annahme eines universellen Auftretens der hier untersuchten verschiedenen Strukturtypen und die

altersabhängige Modifikation ihrer relativen Auftrittshäufigkeit erklärt auch die gefundenen Ähnlichkeiten beider FH⁺-Gruppen im gesamten Untersuchungszeitraum. Die Mittelung aller in diesen ersten vier Lebensmonaten erzeugten Strukturtypen lieferte sehr ähnliche Häufigkeitsverteilungen (siehe Tabelle 10, Abbildung 10).

Gleichzeitig wurden trotz dieser starken Mittelungsprozedur einige Gruppenunterschiede deutlich, die sich bei der zeitlich differenzierten monatlichen Untersuchung bestätigten, vor allem aber bei der geschlechtsspezifischen Analyse deutlich wurden.

Dazu zählt z. B. der etwas höhere Anteil an einböigen Melodien (EB), also sehr einfachen Strukturen bei der FH⁺-SES-Gruppe im Vergleich zur FH⁻- und FH⁻-NORM-Gruppe (siehe Abbildung 10). Auch zeigte sich ein kontinuierlicher Abfall in der relativen Auftrittshäufigkeit von Kurzlauten von der FH⁻-NORM-Gruppe über die FH⁺-NORM-Gruppe zu FH⁺-SES-Gruppe.

Kurzlaute sind potentielle Vorstufen für die ersten Nichtschreivokalisationen der Säuglinge (Papousek 1994).

Bei der geschlechtsspezifischen Analyse über den Gesamtzeitraum zeigte sich bei den Mädchen eine Kontrastverstärkung der abfallenden Auftrittshäufigkeit bei den Kurzlauten zwischen den drei Gruppen, während die Jungen mit familiärer SES-Disposition unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit eine gering höhere relative Auftrittshäufigkeit gegenüber den FH⁻-NORM-Jungen zeigten (siehe Tabelle 12). Dieses Ergebnis wird besser verständlich, wenn man die altersabhängigen Analysen betrachtet.

Zusätzlich zeigte die geschlechtsspezifische Analyse, dass die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe deutlich mehr nichtsegmentierte Mehrfachbögen als die FH⁺-NORM-Gruppe und die FH⁻-NORM-Gruppe bilden (Tabelle 11). Dagegen bilden die Jungen der FH⁺-SES-Gruppe deutlich mehr Einfachbogenstrukturen und deutlich weniger nichtsegmentierte Mehrfachbogenstrukturen (Tabelle 12).

Dieses Ergebnis spricht für Hypothese 3, weitere Argumente für Hypothese 3 liefert die monatliche geschlechtsspezifische Datenanalyse (siehe unten).

Monatliche gruppenspezifische Analyse

Die Tatsache, dass trotz der Vielfalt an Einflussfaktoren auf die Sprachentwicklung der ersten 24 Monaten, die untersuchten Strukturtypen mit großer Regelmäßigkeit von allen untersuchten Kindern erzeugt werden, unterstützt die Annahme eines angeboren Entwicklungsprogramms. In wie weit genetische Faktoren, die für die Entstehung einer SES angenommen werden, dieses Entwicklungsprogramm beeinflussen, kann mit der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Aufgrund der großen intra- und interindividuellen Unterschiede bei den untersuchten Kindern, wäre eine größere Anzahl an Probanden notwendig. Dennoch liefert die vorliegende Arbeit erste Hinweise darauf, dass die vorsprachliche Entwicklung bei Kindern mit einem familiären Risiko für SES modifiziert sein könnte. Dies betrifft vor allem den zeitlichen Verlauf bestimmter vorsprachlicher Entwicklungsetappen. Der 2. und 3. Lebensmonat scheint darüber zu entscheiden, ob ein Kind mit positiver familiärer Disposition für SES eine normale oder verzögerte Sprachentwicklung mit 24 Monaten zeigt.

Ein weiterer auffälliger Unterschied zwischen den Kindern mit und ohne familiäre SES-Disposition liegt in dem unerwartet erhöhten Anteil komplexer Strukturen in Form von segmentierten Melodien der Säuglingslaute im 1. Monat. Unabhängig vom Sprachentwicklungsstatus mit zwei Jahren zeigen alle familiär disponierten SES- Kinder bereits im ersten Lebensmonat einen deutlich höheren Anteil an diesen Strukturtypen als er aus allen bisherigen Untersuchungen an Kindern ohne eine familiäre SES-Disposition bekannt ist (Tabelle 13 bis Tabelle 15). Dieser Befund spricht gegen Hypothese 2. Allerdings spricht der Befund des geringen Anteils von segmentierten Lauten im 2. Monat bei den FH⁺-Kindern für Hypothese 2. Hypothese 2 kann damit weder bestätigt noch widerlegt werden.

Ein niedriger Anteil der komplexen Strukturen wird als ein möglicher Risikoindikator für eine verzögerte Sprachentwicklung angesehen (Wermke et al. 2007). Für FH⁻-Kinder liegt der Normwert im 2. Lebensmonat bei > 45%. Wendet man diesen Indikator auf die FH⁺-Kinder an, dann wäre die FH⁺-

NORM-Gruppe mit einem Risiko behaftet (MCI – 0,42), während die FH⁺-SES-Gruppe im 2. Monat unauffällig wäre (MCI – 0,52). Betrachtet man allerdings den 3. Lebensmonat dann haben die FH⁺-NORM-Kinder den Normwert erreicht, während der MCI bei der FH⁺-SES-Gruppe auf 0,48 abfällt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit könnten die Vermutung nahe legen, dass dieser Indikator bei Kindern mit einer familiären Disposition für SES im 2. und 3. Lebensmonat bestimmt werden muss. Ein wesentlicher Befund der vorliegenden Untersuchung besteht in der Erkenntnis, dass die Entscheidung darüber, ob ein Kind mit einer familiären Disposition für SES selbst sprachauffällig wird, im 3. Lebensmonat fällt. Eine Betrachtung der individuellen Kinder innerhalb dieser Gruppen zeigt jedoch eine hohe interindividuelle Variabilität und verlangt weitere detaillierte Einzelfalluntersuchungen. Sollte sich in zukünftigen Untersuchungen allerdings bestätigen, dass Kinder mit familiärer SES-Disposition in dieser Beziehung tatsächlich von Kindern ohne familiäre Disposition abweichen, müsste die Erfassung eines solchen Risikos auch bei der Betreuung von Kindern mit orofazialen Spalten im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie Würzburg bei der vorsprachlichen Diagnostik berücksichtigt werden, um Fehlinterpretationen bezüglich eines potentiellen Risikostatus' zu vermeiden.

Monatliche geschlechtsspezifischen Unterschiede

Ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Arbeit sind Hinweise auf geschlechtsspezifische Ausprägungen des universellen vorsprachlichen Entwicklungsprogramms. Sie konnten erstmalig gezeigt werden.

Die Mädchen der FH⁻-NORM-Gruppe zeigen die postulierte Entwicklungssequenz in nahezu idealer Weise, indem im ersten Monat ein hoher Anteil an einfachen Strukturen (EB) erzeugt wurde, während segmentierte und nichtsegmentierte Mehrfachstrukturen (MB, SEG) noch deutlich seltener auftraten. Im 2. Monat hingegen kommt es erwartungsgemäß

zu einem sprunghaften Anstieg der Mehrfachbögen und Segmentierungen, während die Einfachbögen prozentual abfallen (Tabelle 18, Abbildung 18).

Im Gegensatz dazu zeigen die Jungen der FH⁻-NORM-Gruppe noch deutlich viele einfache Strukturen (EB) im 2. Monat und auch deutlich mehr verrauschte Vokalisationen (keine klare Melodiestructur) (siehe Tabelle 21, Abbildung 21). Der erwartete Abfall in der Häufigkeit von EB fällt hier deutlich geringer aus.

Auch im 3. und 4. Monat zeigen die Mädchen der FH⁻-NORM-Gruppe eine einheitlichere und klarere Entwicklung als es die Jungen dieser Gruppe tun. Der besonders hohe Anteil an Kurzlauten bei den Mädchen ab dem dritten Monat könnte darauf hindeuten, dass der Einstieg ins Babbeln deutlich früher erfolgt als bei den Jungen, leider liegen dazu im Rahmen der GLaD-Studie bisher keine Daten vor. Der deutlich niedrigere Anteil an verrauschten Strukturen bei den Mädchen im Alter von 2 bis 4 Monaten im Unterschied zu den Jungen (2-4% gegenüber 5-7%, siehe Tabelle 18 und Tabelle 21) sowie der deutlich höhere Anteil an irregulären und keiner Kategorie zuordenbaren Strukturen bei den Jungen (8% im 3.Monat!) deutet auf eine akzellerierte vorsprachliche Entwicklung bei den Mädchen hin.

Noch deutlichere geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen sich bei den Kindern mit familiärer Disposition für SES. Einen ähnlichen Entwicklungsverlauf wie die Jungen und Mädchen der FH⁻-NORM-Gruppe zeigen die Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe. So ist auch bei diesen Mädchen im 2. Monat ein Abfall an Einfachbögen, verbunden mit gleichzeitigem Anstieg an Mehrfachbögen und Segmentierungen, feststellbar. Dagegen steigt bei den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe die relative Auftrittshäufigkeit an Einfachbögen vom 1. auf den 2. Monat an, während die Anzahl an Segmentierungen vom 1. auf 2. Monat abfällt. Auch die Jungen der FH⁺-SES-Gruppe zeigen dieses Verhalten, allerdings mit einer monatlichen Verzögerung (Tabelle 19).

Bei den Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe steigt zwar auch die Anzahl an gebildeten Einfachbögen vom 1. zum 2. Monat, die relative Häufigkeit der Segmentierungen fällt aber vergleichsweise geringfügig aus.

Die geschlechtsspezifische Untersuchung zeigt, dass die Jungen (sowohl NORM als auch SES) mit einer positiven Familienanamnese für eine spezifische Spracherwerbsstörung einen anderen Entwicklungsverlauf nehmen, als ihn die Mädchen mit einer positiven Familienanamnese für eine spezifische Spracherwerbsstörung zeigen. Dieser Befund spricht für Hypothese 3.

Geschlechtsspezifische Unterschiede fanden auch Bishop et al. (1999) in einer Untersuchung von Artikulations- und Spracherwerbsstörungen bei monozygoten und dizygoten Zwillingen. Bei männlichen monozygoten Zwillingen fanden sie eine signifikant höhere Konkordanz (70%) im Vergleich zu männlichen dizygoten Zwillingen (46%). Die Konkordanz der mono- und dizygoten Zwillingmädchen war dagegen nicht signifikant verschieden (44% versus 43%).

Auch wenn die Daten der vorliegenden Untersuchung auf Grund der zwar hohen Anzahl der untersuchten Laute (11652) für die Komplexität der betrachteten Merkmale aber relativ geringe Anzahl an Probanden (FH⁺ = 21 Probanden und FH⁻ = 19 Probanden) mit Vorsicht zu interpretieren sind, liefern sie starke Argumente für das Vorliegen geschlechtsspezifischer Unterschiede in der Ausprägung des vorsprachlichen Entwicklungsprogramms. Diese Fragestellung wird im Rahmen einer parallel laufenden Untersuchung detaillierter bearbeitet, in der die Häufigkeitsverteilung der Strukturtypen in Abhängigkeit von Geschlechtshormonkonzentration zum Zeitpunkt der Lautaufnahmen untersucht werden (Annika Böhm 2007).

Die gefundenen geschlechtsspezifischen Unterschiede sind auch in Zusammenhang mit der Tatsache zu sehen, dass Spracherwerbsstörungen bei Jungen deutlich häufiger auftreten als bei Mädchen (Benasisch/Tallal 2002). In diesem Zusammenhang ist auch erwähnenswert, dass es bei der Auswahl der

Probanden für die vorliegende Arbeit sehr schwierig war, Jungen mit einer positiven Familienanamnese zu finden, die mit 24 Monaten keine Spracherwerbsstörung hatten.

4.2 Auswertung der quantitativen Analyse ausgewählter Strukturtypen

Zusätzlich zu den Strukturanalysen wurden für die EB-Strukturen sowie die am häufigsten vorkommenden komplexen Strukturen 2B und 1S, Melodiebogeneigenschaften quantitativ bestimmt (ein Vergleich mit der FH⁺-NORM-Gruppe konnte aufgrund fehlender Analysedaten nicht vorgenommen werden). Diese Art der Analyse war dadurch motiviert, dass die Melodie ein typisches Merkmal der späteren Sprachprosodie ist. Melodieeigenschaften in Form einzelner Bogenlängen und Bogenhöhe sind charakteristische prosodische Elemente. Insbesondere bei doppelböigen Lauten (2B, 1S) findet sich eine strukturelle Analogie zu späteren zweisilbigen Babbellauten und Wörtern. Im Deutschen ist der Trochäus, d.h. die Betonung der ersten Silbe, das vorherrschende Muster (Penner et al. 2006). Auch für die Ausprägung von SES wurden Störungen im Prosodiewert diskutiert.

Anhand der Untersuchung der 2B- und 1S-Strukturen wurde analysiert, ob solche trochäusanalogen Bildungen bereits in den Säuglingslauten vorkommen. Dazu wurden Bogenlängen, F₀-Maxima, F₀-Minima und Bogenhöhe zwischen den jeweils ersten und zweiten Bögen in Doppelbogen-Strukturen verglichen.

Sowohl die FH⁺-NORM als auch die FH⁺-SES-Gruppe zeigten Unterschiede in den Bogenhöhen. Sie zeigten in nicht segmentierten Mehrfachbögen kein trochäisches, sondern ein jambisches Muster, d.h. der Hub des zweiten Bogens war höher als der des ersten. Dieser Unterschied war aber nur im ersten Monat für die FH⁺-NORM-Gruppe signifikant, die Tendenz zu diesem Muster aber ist

auch in den übrigen Monate deutlich vorhanden. Hier wäre in einer zukünftigen Untersuchung ein Vergleich zu der FH⁻- Gruppe besonders interessant.

Die Untersuchung der absoluten Höhe in 1S-Melodien lieferte sowohl „jambisches“ als auch „trochäisches Betonungsmuster“.

Bei den F0-Maxima und F0-Minima zeigt sich eher das erwartete trochäische Muster bzw. ein so genanntes „Levelstress“ (beide Silben gleich hoch). Bei den 1S-Strukturen sind die Befunde ähnlich.

Im Zusammenhang mit den Theorien zu Entstehungsursachen für eine spezifische Spracherwerbstörung wird in der Literatur eine Verlangsamung auditiver Verarbeitungsmechanismen im Gehirn der SES-Kinder diskutiert (Wright et al. 1997). Die Dauer einzelner Melodiebögen ist ein geeignetes Maß, auf Seiten der Produktion vorsprachliche Aspekte der Zeitorganisation zu untersuchen.

Bei den Bogen- und Schreilängen zeigten sich sehr deutliche Unterschiede zwischen der Gruppe der FH⁺-Kinder mit normaler Sprachentwicklung gegenüber der FH⁺-Gruppe mit verzögerter Sprachentwicklung. In den 2B- und in den 1S-Strukturen war sowohl die Gesamtlänge der Laute als auch Einzelbogenlänge (1. und 2. Bogen) bei der FH⁺-SES-Gruppe deutlich erhöht (Kap. 3.2.1.2, Kap. 3.2.1.3).

Es könnte sein, dass Kinder mit einer familiären Disposition für SES, generell längere Melodieeinzelbögen produzieren als Kinder ohne eine familiäre Disposition. Leider liegen für die FH⁻-NORM-Gruppe korrespondierende Analysen bisher nicht vor, so dass ein Vergleich im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht durchgeführt werden konnte. Die im Rahmen von Voruntersuchungen durchgeführten Analysen bei Kindern ohne familiäre Disposition (Wermke 2003, Zwischenbericht) zeigen, dass die FH⁻-NORM-Gruppe im 3. und 4. Monat längere Melodieeinzelbögen zeigt als die FH⁻-NORM-Gruppe und die FH⁺-SES-Gruppe bereits ab dem zweiten Monat. Dies würde von Seiten der Produktionsleistung bestehende Hypothesen zur Störungen der Zeitorganisation bei SES-Kindern bestätigen und deutet darauf hin, dass diese Störung bereits früh postnatal vorhanden sind.

Bezüglich der Länge des 1. Bogens im Vergleich zum 2. Bogen wurde in nicht segmentierten Mehrfachbögen der FH⁺-NORM-Gruppe beim Vergleich der Medianwerte ein längerer 1. Melodiebogen bereits ab dem 2. Lebensmonat gefunden. Ein Vergleich der Mittelwerte zeigte einen längeren 1. Melodiebogen ab dem 3. Monat.

Die FH⁺-SES-Gruppe bildete in nicht segmentierten Mehrfachbögen beim Vergleich der Mittelwerte erst ab dem 4. Monat längere 1. als 2. Melodiebögen. Der Vergleich der Mediane zeigte im 4. Monat weiterhin ein jambisches Muster (d.h. längerer 2. Bogen).

Bezüglich der Länge des 1. Bogens im Vergleich zum 2. Bogen wurden in segmentierten Mehrfachbögen zwischen beiden Gruppen (FH⁺-NORM- und FH⁺-SES-Gruppe) keine Unterschiede festgestellt. Beide Gruppen bildeten durchgängig sowohl beim Vergleich der Mediane als auch beim Vergleich der Mittelwerte längere 1. als 2. Bögen. Hypothese 4 kann damit partiell bestätigt werden.

Leider war die mir zur Verfügung stehende Datenmenge für die quantitative Analyse der Ausführungsqualität intendierter Strukturtypen relativ gering. Ein erheblicher Teil der Strukturtypen konnte in dieser Auswertungsroutine nicht bearbeitet werden, da die Grundfrequenz entweder oberhalb 1000 Hz lag oder die Melodie durch das Auftreten Subharmonischer, phonatorischer Rauschbanden oder plötzlicher Frequenzsprünge gestört war (siehe Kap. 3.2). Andererseits ist dies ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Strukturtypen zwar gemäß des Entwicklungsprogramms generiert werden, die Qualität bei der Ausführung jedoch teilweise sehr schlecht ist. Dies deutet auf Irregularitäten bzw. neurophysiologische Dysfunktionen bei der Lautproduktion der Kinder mit familiärer Disposition hin. Auch hier würden sich zukünftige Untersuchungen anbieten, um zu prüfen, was die Ursachen für dieses beobachtete Phänomen sein könnten. Die gefundenen Mittelwerte der F0-Maxima, die bei FH⁺-Kindern im Normbereich liegen, sprechen gegen die Annahme neurophysiologischer Beeinträchtigungen bei der Regelung der Phonation. Dies wäre auch mit der

Definition von SES nicht vereinbar, die Primärbeeinträchtigungen dieser Art ausschließt.

Alle Interpretationen wurden auf der Basis des in der vorliegenden Arbeit analysierten Materials vorgenommen, unter dem Vorbehalt, dass die interindividuelle Variabilität der untersuchten Kinder relativ hoch ist. Damit haben die getroffenen Befunde lediglich Hypothesencharakter und bedürfen einer Verifizierung durch nachfolgende Untersuchungen an einer größeren Stichprobe.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Aspekte der vorsprachlichen Entwicklung von Kindern untersucht, die Teilnehmer an der interdisziplinären Langzeitstudie „Deutsche Sprachentwicklungsstudie“ (GLaD-Studie) sind. Diese Studie wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften (Leipzig) gefördert und wird seit August 2000 in der Kinderklinik Lindenhof, Berlin, durchgeführt. Bei der Studie handelt es sich um ein interdisziplinäres Projekt, bestehend aus 7 Teilprojekten, dessen Zielstellung die Identifizierung vorsprachlicher Prädiktoren für eine spezifische Spracherwerbsstörung ist. Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Teilprojekts „Sprachproduktion-Schreianalyse“ erstellt.

Aufgrund der hohen Plastizität des kindlichen Gehirns im ersten Lebensjahr wäre es höchst wünschenswert, geeignete Prädiktoren für eine spätere SES zu identifizieren und als Frühindikatoren zu verwenden.

Eine familiäre Disposition führt nicht zwangsläufig zu einer spezifischen Spracherwerbsstörung (SES), sondern erhöht nur das Risiko für die Entwicklung einer solchen Störung. Damit genügt für die vorsprachliche Identifikation von Kindern mit einem erhöhten Risiko das Vorliegen einer familiären Disposition allein nicht.

Die vorliegende Arbeit ist auch aus kieferorthopädischer Sicht von Bedeutung. Kinder mit orofazialen Spalten tragen prinzipiell das gleiche Risiko für die Entwicklung einer SES wie Kinder ohne orofaziale Spalten.

Will man also vorsprachliche Lauteigenschaften in Abhängigkeit von kieferorthopädischen Frühbehandlungsmaßnahmen untersuchen, muss auch der Aspekt einer zusätzlichen familiären SES-Disposition berücksichtigt werden. Kieferchirurgische, kieferorthopädische sowie logopädische Behandlungsaspekte könnten bei der Evaluierung ihrer Langzeitwirkung auf die Sprech- und Sprachentwicklung durch ein SES-Risiko stark maskiert werden.

Für die Untersuchung wurden aus der Gesamtgruppe der GLaD-Kinder, 21 Säuglinge (11 Mädchen und 10 Jungen) mit einer positiven Familienanamnese bezüglich einer spezifischen Spracherwerbsstörung ausgewählt (FH⁺-Kinder).

Basierend auf den Sprachleistungen im Alter von 24 Monaten, die mit Hilfe von standardisierten Tests von Linguisten erhoben wurden, erfolgte retrospektiv eine Zuordnung der Kinder in eine sich sprachlich normal entwickelnde (FH⁺-NORM-Gruppe) bzw. eine sprachverzögerte Gruppe. Für die sprachverzögerte Gruppe wurde ein hohes Risiko für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung angenommen (FH⁺-SES-Gruppe).

Ziel dieser Arbeit war es, die Säuglingsschreie der ersten 4 Lebensmonate aller 21 Kinder signalanalytisch zu untersuchen. Dabei wurden mit Hilfe des CSL-Systems der Firma KAY Elemetrics sowie des CDAP-Systems der Firma pw-project spektrale und melodische Eigenschaften ausgewertet. Es wurden ca. 12000 spontan geäußerte Laute ausgewertet und bezüglich ihrer spektralen und/oder melodischen Eigenschaften ausgewertet. Die Ergebnisse der Analysen von Säuglingen mit einer positiven Familienanamnese (FH⁺) und Säuglingen ohne eine positive Familienanamnese für die Entwicklung einer spezifischen Spracherwerbsstörung (FH⁻) wurden verglichen.

Neben der Strukturanalyse der aufgezeichneten Säuglingslaute bestand das Ziel der Arbeit auch darin, ausgewählte Prosodie-relevante Parameter quantitativ zu untersuchen. Dazu wurden die Melodiebogenlänge, die Dauer von Segmentierungspausen, die Minima und Maxima der Grundfrequenz und der absoluter Melodiehub ausgewählter Laute analysiert und zwischen den beiden FH⁺-Gruppen verglichen.

Bei der Strukturanalyse wurden einfache Melodiestrukturen, wie Einfachbögen bzw. Kurzlaute, komplexe Melodiestrukturen, wie Mehrfachbögen (2B, 3B, 4B, etc.) oder Segmentierungen (1S, 2S, 3S, etc.) und geräuschartige Elemente bzw. unklare Strukturen unterschieden.

Es zeigte sich eine hohe Übereinstimmung der relativen Häufigkeit der untersuchten Strukturkategorien bei allen untersuchten Kindern. Das ist ein starkes Argument für die regelhaften Entwicklungsverläufe der frühesten vorsprachlichen Laute und bestätigt vorliegende Untersuchung (Mende et al. 1990, Wermke Mende 1994, Wermke et al. 1996, Wermke 2002, 2004, Wermke et al. 2007, Lind 2007). Diese hohe Übereinstimmung spricht umso mehr für ein universelles Entwicklungsprogramm als dass viele Einflussfaktoren auf die Schreimelodieentwicklung wirken. Die Säuglinge hatten jeweils individuelle Entwicklungsbedingungen, die Lautäußerungen wurden von unterschiedlichen Personen, in unterschiedlicher häuslicher Umgebung aufgezeichnet und die Editierung der Laute sowie die Analyse von Frequenzspektren und Melodien sind durch verschiedene Mitarbeiter erfolgt.

Bei der Vielzahl der möglichen Einflussfaktoren auf die frühe Lautproduktion würde man eine bedeutend größere Variabilität erwarten. Auch wenn man bedenkt, dass wesentliche Einflussfaktoren durch das gewählte Studiendesign der GLaD-Studie, in die die vorliegende Arbeit eingebettet ist, bereits homogenisiert wurden, sind die individuellen Entwicklungsmöglichkeiten dennoch groß.

Hinweise auf Unterschiede zwischen den beiden NORM-Gruppen (FH⁺-NORM-Gruppe, FH⁻-NORM-Gruppe) und der sprachentwicklungsverzögerten Gruppe (FH⁺-SES-Gruppe) wurden in Form eines erhöhten Anteils an einfachen Strukturen (EB) in den Säuglingsschreien der FH⁺-SES-Gruppe sowie eines deutlich geringeren Anteil an Kurzlauten in dieser Gruppe gefunden

Bei der Strukturanalyse wurde zusätzlich eine geschlechtsspezifische Analyse durchgeführt. Bei der geschlechtsspezifischen Analyse über den gesamten Untersuchungszeitraum wurde gefunden, dass die Mädchen der FH⁺-SES-Gruppe bevorzugt mehrböigige nichtsegmentierte Melodien bilden. Korrespondierend zu diesem Befund wurde gleichzeitig ein deutlich selteneres Vorkommen von Kurzlauten ermittelt. Die Jungen der FH⁺-SES-Gruppe bevorzugten dagegen im Gesamtuntersuchungszeitraum vor allem einfache Strukturen (EB).

In der monatlich durchgeführten geschlechtsspezifischen Analyse konnte gezeigt werden, dass die Mädchen der FH⁺-NORM-Gruppe einen ähnlichen Entwicklungsverlauf nehmen wie die Jungen und Mädchen der FH⁻-NORM-Gruppe. Sie zeigen einen prozentualen Abfall an EB-Strukturen vom 1. zum 4. Monat und einen prozentualen Anstieg an segmentierten Mehrfachbögen im gleichen Zeitraum. Dagegen steigt bei den Jungen der FH⁺-NORM-Gruppe (vom 1. auf 2. Monat) und um einen Monat versetzt bei den Jungen der FH⁺-SES-Gruppe (vom 2. auf 3. Monat) der prozentuale Anteil an EB, während der prozentuale Anteil an segmentierten Mehrfachbögen fällt.

Die geschlechtsspezifische monatliche Untersuchung impliziert, dass die Jungen einen anderen Entwicklungsverlauf nehmen als die Mädchen mit einer positiven Familienanamnese.

Die dargestellten Ergebnisse waren allerdings zu keinem Zeitpunkt signifikant.

Neben der Strukturanalyse wurden die am häufigsten vorkommenden komplexen Strukturen, doppelböigige Melodien mit und ohne Segmentierung (2B und 1S) sowie einfache Strukturen (EB) quantitativ vermessen.

Ein Vergleich der F0-Maxima und F0-Minima der Grundfrequenz und der Modulationshübe bezüglich der einfachen Strukturen (EB) lieferte keine statistischen Signifikanzen, weder innerhalb der Gruppe noch zwischen den Gruppen. Beide Gruppen unterscheiden sich aber bezüglich der Bogenlänge voneinander; so produziert die FH⁺-NORM-Gruppe längere Einfachbögen als die FH⁺-SES-Gruppe, mit einer statistischen Signifikanz im 3. Monat.

Anhand der Untersuchung der 2B- und 1S-Strukturen wurde analysiert, ob für die spätere Prosodie wichtige trochäusanaloge Bildungen bereits in den Säuglingslauten vorkommen. Dazu wurden 2B-Strukturen und 1S-Strukturen bezüglich ihrer F0-Maxima und F0-Minima, ihrer Modulationshübe und ihrer Bogenlänge verglichen.

Ein Vergleich der F0-Maxima und F0-Minima lieferte bereits in den Säuglingsschreien erwartete trochäische Betonungsmuster, vor allem in

2B-Strukturen. Die Untersuchung der F0-Maxima und F0-Minimawerte in 1S-Melodien lieferte ähnliche Befunde.

Die Modulationshübe in nicht segmentierten Mehrfachbögen zeigten keinerlei Tendenz zur Bevorzugung des Trochäus, im Gegenteil, es fanden sich teilweise deutliche „jambische Muster“ in allen FH⁺-Kindern. Die Untersuchung der Modulationshübe in 1S-Melodien lieferte sowohl ein „jambisches“ als auch ein „trochäisches Betonungsmuster“.

Besonders deutliche Unterschiede zwischen der FH⁺-NORM-Gruppe und der FH⁺-SES-Gruppe lieferte der Melodiebogenlängenvergleich in 2B- und 1S-Strukturen. Es stellte sich heraus, dass die FH⁺-SES-Gruppe vorzugsweise längere erste als auch zweite Melodiebogenlängen erzeugt, statistisch signifikant sowohl für 2B- als auch 1S-Strukturen im 2. Lebensmonat.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, mögliche Unterschiede zwischen den relativen Auftretshäufigkeiten von definierten Melodiestructuren in den Schreilauten von FH⁺-Kindern mit normaler und retardierter Sprachentwicklung, als auch Unterschiede von definierten prosodischen Elementen zwischen den beiden Gruppen zu zeigen. Es konnten Unterschiede gefunden werden, die insbesondere in Bezug auf die Zeitorganisation bei der Phonation relevant sind.

Alle Interpretationen der Untersuchungsergebnisse wurden auf der Basis des in der vorliegenden Arbeit analysierten Materials vorgenommen. Da die interindividuelle Variabilität und die Komplexität der untersuchten Entwicklungsvorgänge relativ hoch sind, haben die getroffenen Ergebnisse vor allem Hypothesencharakter und bedürfen einer Verifizierung durch nachfolgende Untersuchungen an einer größeren Stichprobe.

Zusätzlich muss man bedenken, dass die Gruppenzugehörigkeit der hier untersuchten Kinder auf Grund der SETK-2-Ergebnisse im Alter von 24 Monaten festgelegt wurde und Grundlage der retrospektiven Analyse war. Eine Nachuntersuchung dieser Kinder zu einem späteren Zeitpunkt und eine sich daraus möglicherweise ergebende Modifikation in der Gruppenzuordnung

einzelner Kinder könnten helfen, die tatsächlich ablaufenden Entwicklungsmechanismen besser zu verstehen und eventuell bestehende Unterschiede deutlicher herauszuarbeiten.

Die vorliegende Untersuchung zeigt erstmalig Unterschiede in der vorsprachlichen Entwicklung bei Kindern mit einer positiven familiären Disposition für SES. Darüber hinaus wurden Parameter identifiziert, die geeignete Frühindikatoren zur Ermittlung des Risikos für eine Spracherwerbsverzögerung dieser Kinder darstellen. Die gefundenen Ergebnisse belegen die Notwendigkeit, eine familiäre SES-Disposition via Fragebogen auch bei Kindern mit orofazialen Fehlbildungen zu erheben, um die vorsprachliche Diagnostik zu präzisieren.

6. Literaturverzeichnis

- Ballard, J.L., Khyory, J.C., Wedig, K., Wang, L., Eilers-Walsman, B.L., Lipp, R., 1991, New Ballard Scores, expanded to include extremely premature infants, *Journal of Paediatrics*; 119: 417-423
- Benasich, A.A., Tallal, P., 2002, Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behavioural Brain Research*, 136: 31 – 49
- Bishop, D.V., North, T., Donlan, C., 1995, Genetic basis of specific language impairment: evidence from a twin study. *Development Medicine & Child neurology*; 37: 56-71
- Boltezar, I.H., Burger Z.R., Zargi M., 1997, Instability of voice in adolescence: pathologic condition or normal developmental variation? *Journal of Paediatrics* 130: 185
- Böhm, A., 2007, Geschlechtsspezifische Untersuchungen der Melodiestructur basierend auf Hormonmessungen. Dissertation in Vorbereitung. Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Brand, I., Sticker, E. J., 2001, GES Griffiths Entwicklungsskalen zur Beurteilung der Entwicklung in den ersten beiden Lebensjahren. Hogrefe, Göttingen; 17: 180
- Brunner, E., Layer, F., 1999, Nichtparametrische Analyse longitudinaler Daten., Oldenburg Verlag. München/Wien
- Brzustowicz, L.M, 1996, Looking for language genes: Lessons from complex disease studies. In: Rice M. (ed). *Towards a genetics of language impairment*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates: 3-25
- Campisi P., Tewfik T.L., Pelland-Blais E., Husein M., Sadeghi N., 2000, Multidimensional voice program analysis in children with vocal cord nodules. *Journal of Otolaryngology* 29: 303-308
- Dale, P.S., Simonoff, E., Bishop, D.V.M., Eley, T.C., Oliver, B., Price, T.S., Purcell, S., Stevenson, J., Plomin, R., 1998, Genetic influence on language delay in 2-year-old children. *Nature Neuroscience*; 1: 324-328

- DeCasper, A.J., Fifer, W.P., 1980, Of human bonding: newborns prefer their mother's voices. *Science*; 208: 1174-1176
- DeCasper, A.J., Spence, M.J., 1986, Prenatal maternal speech influences newborn's perception of speech sounds. *Infant Behaviour and Development*; 9: 133-150
- Eimas, P.D., Siqueland, E., Jusczyk, P., Vigorito, J., 1971, Speech perception in infants. *Science*; 171: 303-306
- Eimas, P.D., Miller, J.L., Jusczyk, P.W., 1987, On infant speech perception and the acquisition of language. In: S. Harand (ed). *Categorical perception: the groundwork of cognition*. New York: Cambridge University Press: 161-195
- Elliott, L.L., Hammer, M.A., Scholl, M.E., 1989, Fine-grained auditory discrimination in normal children and children with language-learning problems. *Journal of Speech Language and Hearing Research*; 32: 112-119
- Gauger, L.M., Lombardino, L.J., Leonard, C.M., 1997, Brain, morphology in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research*; 40: 1272-1284.
- Godfrey, J.J., Syrdal-Lasky, A.K, Millay, K.K., Knox, C.M., 1981, Performance of dyslexic children on speech perception tests. *Journal of Experimental Child Psychology*; 32: 401-424
- Grimm, H., 1999, *Störungen der Sprachentwicklung*. Hogrefe. Göttingen
- Grimm, H., Doil, H., 2000, *Elternfragebögen für die Früherkennung von Risikokindern (ELFRA-1, ELFRA-2)*. Hogrefe. Göttingen
- Grimm, H., 2000, *Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder (SETK-2)*. Hogrefe. Göttingen
- Hari, R., Kiesila, P., 1996, Deficits in temporal auditory processing in dyslexic adults. *Neuroscience Letters*; 205: 138-140
- Hirschberg, J., 1990, The value of the acoustic analysis of pathological infant cry and breathing noise in everyday practice. *Early child development and care*; 65: 57-69

- Hurst, J.A., Baraitser, M., Auger, E., Graham, F., Norell, S., 1990, An extended family with a dominantly inherited speech disorder. *Development Medicine & Child Neurology*; 32: 352-355
- Jusczyk, P.W., 1997, *The discovery of spoken language* (Bradford, Cambridge: MA)
- Kraus, N., Koch, D.B., McGee, T.J., Nicol, T.G., Cunningham, J., 1999, Speech –sound discrimination in school-age children: psychophysical and neurophysiological measures. *Journal of Speech Language and Hearing Research*; 42: 1042-1060
- Kraus, N., McGee, T.J., Carrell, T.D., Zecker, S.G., Nicol, T.G., Koch, D.B.S., 1996, Auditory neurophysiological responses and discrimination deficits in children with learning problems. *Science*; 273: 971-973
- Kuhl, P.K., Williams, K.A., Lacerda, F., Stevens, K.N., Lindblom, B., 1992, Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 months of age. *Science*; 255: 606-8
- Lind, K., 1999, *Ontogenetische Entwicklung vorsprachlicher Lautäußerungen in den ersten 3 Lebensmonaten*. Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Lind, K., 2007, *Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften von Säuglingsschreien. Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- Leonard, L.B., 1998, *Children with specific language impairment*. Cambridge, MA: MIT Press: 145
- McAnally, K.I., Hansen, P.C., Cornelissen, P.L., Stein, J.F., 1997, Effect of time and frequency manipulation on syllable perception in developmental dyslexics. *Journal of Speech Language and Hearing Research*; 40: 912-924
- Mende, W., Wermke, K., Schindler, S., Wilzopolski, K., Höck, S., 1990, Variability of the cry melody and the melody spectrum as indicators for certain CNS disorders. *Early Child Development and Care*: 65: 95-107

- Menyuk, P., 2000, Wichtige Aspekte der lexikalischen und semantischen Entwicklung. Enzyklopädie der Psychologie. Hogrefe, Göttingen; 3: 171-192
- Michaelis, R., Niemann, G., 1999, Entwicklungsneurologie und Neuropädiatrie. Grundlagen und diagnostische Strategien. G. Thieme, Stuttgart, New York
- Nazzi, T., Bertoncini, J., Mehler, J., 1998, Language discrimination by newborns: Toward an understanding of the role of rhythm. Journal Experimental Psychology: Human Perception and Performances; 24: 756-766
- Neville, H.J, Coffey, S.A., Holcomb, P.J., Tallal, P., 1993, The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. Journal of Cognitive Neuroscience; 5: 235-253
- Oller, D.K., Eilers, R.E., Neal, A.R., Schwartz, H.K., 1999, Precursors to speech in infancy: The prediction of speech and language disorders. Journal of Communication Disorders; 32: 223-245
- Papousek, M., 1994, Vom ersten Schrei zum ersten Wort. Huber. Bern; Göttingen; Toronto; Seattle.
- Penner, Z., Fischer, A., Krügel, Ch., 2006, Von der Silbe zum Wort. Bildungsverlag EINS. Troisdorf
- Plomin, R., DeFries, J.C., McClearn, G.E., 1990, Behavioural genetics: a primer, 2nd ed. New York: Cambridge University Press
- Prechtel, F.R., Beintema, D.J., 1976, Die neurologischen Untersuchung des reifen Neugeborenen. G. Thieme, Stuttgart
- Reed, M.A., 1989, Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children. Journal of Experimental Child Psychology; 48: 270-292
- Rescorla, L., Bernstein Ratner, N., 1996, Phonetic profiles of toddlers with specific expressive language impairment. Journal of Speech and Hearing Research; 39: 153-165
- Rescorla, L., Schwartz, E., 1990, Outcome of toddlers with expressive language delay. Applied Psycholinguistics; 11: 393-407

- Resnick, J.S., Corley, R., Robinson, J., 1997, A longitudinal twin study of intelligence in the second year. Chicago, IL: University of Chicago Press
- Robinson, R.J., 1987, The causes of language disorders. Proceedings of the 1st international symposium on specific speech and language disorders in children. Reading, England: Association for all Speech Impaired Children: 1-19
- Scarborough, H., Dobrich, W., 1990, Development of children with early language delay. *Journal of Speech and Hearing Research*; 33: 70-83
- Scarr, S., Carter-Saltzman, L., 1983, Genetics and intelligence. In: J. Fuller and E. Simmel (eds). *Behavioural genetics: principles and applications*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates
- Snowling, M., Goulandris, N., Bowlby M., Howell, P., 1986, Segmentation and speech perception in relation to reading skill: a developmental analysis. *Journal of Experimental Child Psychology*; 41: 489-507
- Spitz, R.V., Tallal, P., Flax, J., Benasich, A.A., 1997, Look who's talking: a prospective study of familial transmission of language impairments. *Journal of Speech Language and Hearing Research*; 40: 990-1001.
- Tallal, P., Stark, R., Mellits, D., 1985, Identification of language impaired children on the basis of rapid perception and production skills. *Brain and Language*; 25: 314-22
- Tallal, P., Stark, R., Mellits, D., 1985, Relationship between auditory temporal analysis and receptive language development: evidence from studies of developmental language disorders. *Neuropsychologia*; 23: 527-36
- Tallal, P., Ross, R., Curtiss, S., 1989, Familial aggregation in specific language impairment. *Journal of Speech and Hearing Disorders*; 54: 167-73.
- Tallal, P., Townsend, J., Curtiss, J., Wulfeck, B., 1991, Phenotypic profiles of language impaired children based on genetic/family history. *Brain and Language*; 41: 81-95.
- Tomblin, J.B., 1996, Genetic and environmental contributions to the risk for specific language impairment. In: M.L. Rice (ed). *Toward a genetic of language*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Associates

- Tomblin J.B., Buckwater P.R., 1998, Heritability of poor language achievement among twins. *Journal of Speech and Hearing Disorders*; 41: 188-99.
- Touwen, B.C.C., 1982, Die Untersuchung von Kindern mit geringen neurologischen Funktionsstörungen. G. Thieme, Stuttgart
- Werker, J.F., Lalonde, C.E., 1988, Cross-language speech perception: Initial capabilities and developmental change. *Development Psychology*; 24: 672-83
- Werker, J.F., Tees, R.C., 1984, Cross-language speech perception: evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behaviour and Development*: 7: 49-63
- Werker, J.F., Tees, R.C., 1987, Speech perception in severely disabled and average reading children. *Canadian Journal of Psychology*; 41: 48-61
- Wermke, K., Mende, W., 1992, Sprache beginnt mit dem ersten Schrei, *Spektrum der Wissenschaft*; 12: 115-118
- Wermke, K., Mende, W., 1994, Ontogenetic development of infant cry- and non-cry vocalizations as early stages of speech abilities. In R. Aulanko and A.M. Korpijaakko-Huuhka (eds.), *Proceedings of the Third congress of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association*, 9-11 August, Helsinki, Publications of the Department of Phonetics, University of Helsinki; 39: 181-189
- Wermke, K., Mende, W., Borschberg, H., Ruppert, R., 1996, Voice characteristics of prespeech vocalizations of twins during the first year of life. In T.W. Powell (ed), *Pathologies of Speech & Language: Contributions of Clinical Phonetics & Linguistics*, New Orleans, LA, ICPLA, 1-8
- Wermke, K., 2002, Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten. Habilitation: Humboldt-Universität zu Berlin; <http://edoc.hu-berlin.de>
- Wermke, K., Mende, W., Manfredi, C., Brusciaglioni, P., 2002, Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Medical Engineering & Physics*; 24: 501-514

- Wermke, K., Friederici, A.F., 2004, Developmental changes of infant cries – the evolution of complex vocalizations. *Behavioural and Brain Sciences*; 27: 474-475
- Wermke, K., 2004, Vom Schreien zur Sprache. *Frühförderung interdisziplinär*; 2: 61-68
- Wermke, K., Leising, D., Stellzig-Eisenhauer, A., 2007, Relation of Melody Complexity in Infants' Cries to Language Outcome in the Second Year of Life: A Longitudinal Study. *Clinical linguistics and phonetics*, in press
- Whitehurst, G., Smith, M., Fischel, J., Arnold, D., Lonigan, C., 1991, The continuity of babble and speech in children with specific expressive language delay. *Journal of Speech and Hearing Research*; 34: 1121-1129
- Wright, B.A., Lombardino, L.J., King, W.M., Puranik, C.S., Leonard, C.M., Merzenich, M.M., 1997, Deficits in auditory temporal and spectral resolution in language-impaired children. *Nature*; 387: 176-8

Danksagung

Diese Arbeit war als Teil der Untersuchungen innerhalb des interdisziplinären Forschungsprojekts „Frühkindliche Sprachentwicklung und spezifische Sprachentwicklungsstörungen“ nur möglich aufgrund der finanziellen Unterstützung dieses Forschungsprojekts durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und dem Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften (Leipzig).

Mein Dank gilt daher allen Projektleitern insbesondere Prof. Dr. med. Volker Hesse, Prof. Dr. Manfred Gross, PD Dr. Karsten Nubel, PD Dr. Zvi Penner und Prof. Dr. Petra Schulz für die Möglichkeit der Verwendung von Daten aus Ihren Untersuchungen bei der Auswahl der Probanden.

Für die Bereitstellung der neonatologischen Daten bin ich auch Fr. Dr. Hinkel und Fr. Dr. Belouli zu Dank verpflichtet.

Herrn PD Dr. Karsten Nubel danke ich des Weiteren für die Überlassung, Aufbereitung und Erklärung der Ergebnisse der pädaudiologischen Untersuchungen zu den Probanden der vorliegenden Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Fr. Prof. Dr. Kathleen Wermke nicht nur für die hervorragende fachliche Betreuung während dieser Arbeit, sondern insbesondere auch für den enormen zeitlichen Aufwand und persönlichen Einsatz. Ich konnte während der zahlreichen Auswertungsarbeiten und Besprechungen stets auf Ihre konstruktive Kritik, Ihre beispiellose Hilfsbereitschaft und Unterstützung und das mir entgegengebrachte Vertrauen zählen. Meinen Dank möchte ich jedoch nicht nur für die fachliche Zusammenarbeit, sondern auch für zahlreiche persönliche Anregungen und Gespräche zum Ausdruck bringen. Das ungemein freundlichen und entspannte Arbeitsklima im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie trug im wesentlichen dazu bei, dass ich trotz der geographischen Entfernung und beruflicher Belastungen stets mit Freude und großer Motivation zu den Terminen zu Frau Prof. Dr. Wermke nach Würzburg angereist bin.

In diese Danksagung möchte ich auch Herrn Peter Wermke einbeziehen, der mir bei der Datenauswertung mit der von Ihm entwickelten Software CDAP stets hilfsbereit zur Seite stand. Durch seine für mich unverzichtbaren Anleitungen und Hilfestellungen bezüglich der Microsoft-Word und Microsoft-Excel Anwendungen hat er wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Neben diesen EDV-technischen Hilfestellungen möchte ich mich bei Ihm auch dafür bedanken, dass er durch seinen Humor und seine Geduld, auch in Belastungssituationen, erheblichen Anteil am äußerst angenehmen und motivierenden Arbeitsumfeld hat.

Zu großem Dank bin ich nicht zuletzt meinem Ehemann Andreas verpflichtet, der mir bei dieser mehrjährigen Arbeit stets mit gutem Rat zur Seite stand. Durch seine persönliche Hilfe und Unterstützung konnte ich trotz der persönlichen Belastungen durch meinen Einstieg ins Berufsleben diese Arbeit vorantreiben und erfolgreich abschließen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Martha Bozena Denner (geb. Pstrong)
Anschrift: Neubiberger Str. 48
81737 München
Telefon: 0179/9208250
089/21890232
E-mail: MarthaPstrong@gmx.de
Geburtsdatum: 08.01.1978
Geburtsort: Danzig
Familienstand: Verheiratet
Staatsangehörigkeit: Deutsch
Ehemann: Andreas Denner
Eltern: Siegmund Pstrong
Eva-Maria Pstrong

Schulbildung

09/1985-07/1989 Grundschule in Chojnice (Polen)
09/1989-07/1990 Kliegl-Hauptschule in Bad Kissingen
09/1990-07/1999 Jack Steinberger Gymnasium in
Bad Kissingen
Abschluss Juni 1999 : Abitur

Hochschulstudium

03/2001 Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Bayerischen Julius-
Maximilians-Universität Würzburg
03/2002 Naturwissenschaftliche Vorprüfung an der Bayerischen Julius-
Maximilians-Universität Würzburg
09/2003-10/2003 Zahnärztliche Vorprüfung an der Bayerischen Julius-
Maximilians-Universität Würzburg
02/2006-06/2006 Zahnärztliche Prüfung an der Bayerischen Julius-Maximilians
Universität Würzburg
07/2006 Approbation durch die Regierung von Unterfranken Juli 2006

Berufliche Laufbahn

Seit 08/2006 Assistenz Zahnärztin in der Praxis Dr. Degenhardt (Mü
(München)

München den 15.08. 2007

Martha Bozena Denner