

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit
der Universität Würzburg
Poliklinik für Kieferorthopädie
Direktorin: Professor Dr. med. dent. A. Stellzig-Eisenhauer

**Vergleich akustischer Eigenschaften von
Komfortvokalisationen von Säuglingen
mit Lagerungsplagiocephalus und unauffälligen
Säuglingen im Alter von 5-7 Monaten**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Hanna Günzel

aus Soest

Würzburg, April 2014



Referent: Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke

Koreferent: Prof. Dr. med. Ralf-Ingo Ernestus

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 21.08.2014

Die Promovendin ist Zahnärztin

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis:.....	IX
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung	1
1.1 Kraniofaziale Fehlbildungen	1
1.1.1 Kraniosynostosen	1
1.1.2 Lagerungsplagiocephalus	2
1.2 Zusammenhang von viscerofazialen Asymmetrien mit orofazialen Funktionsstörungen	6
1.3 Die Methode der Vorsprachlichen Diagnostik.....	13
1.4 Zielstellung	19
2 Material und Methoden	20
2.1 Studiendesign	20
2.2 Probanden	24
2.3 Aufzeichnen der Säuglingsvokalisationen	37
2.4 Datenanalyse.....	38
2.4.1 Akustische Voranalyse.....	40
2.4.2 Klassifizierung der Vokalisations- und Melodiestructur	42
2.4.3 Berechnung des MCI	45
2.4.4 Auswertung spezifischer spektraler Merkmale.....	46
2.4.5 Quantitative Analyse melodischer und zeitlicher Parameter	49
2.4.6 Untersuchte Parameter	51
2.5 Statistische Verfahren.....	52
3 Ergebnisse	55
3.1 Charakterisierung und Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen bezüglich der Kopfasymmetrie (3D-Daten), der Altersverteilung bei der Datenerhebung und der somatischen Daten zum Untersuchungszeitpunkt	55
3.1.1 Analyse des Diagonaldifferenzwertes	55
3.1.2 Vergleich der Altersverteilung der Probanden bei der Vokalisationsaufzeichnung und bei dem 3D-Scan	59

3.1.3	Gruppencharakteristik bezüglich Gestationsalter und somatischer Maße zur Geburt.....	61
3.2	Lautbasierte Analyse der Vokalisationseigenschaften.....	62
3.2.1	Untersuchung der Maxima, Minima und des absoluten Hubes der Grundfrequenz (lautbasiert)	62
3.2.2	Unterschiede in den Vokalisationslängen (lautbasiert)	68
3.2.3	Analyse der Segmentierungspausen (lautbasiert)	73
3.3	Kindbasierte Analyse der Vokalisationseigenschaften.....	75
3.3.1	Untersuchung der Maxima, Minima und des absoluten Hubes der Grundfrequenz (kindbasiert)	75
3.3.2	Unterschiede in den Vokalisationslängen (kindbasiert).....	79
3.3.3	Analyse der Segmentierungspausen (kindbasiert).....	82
3.3.4	Subgruppentest: Untersuchung des MCI	83
3.3.5	Untersuchung der Auftrittshäufigkeit phonatorischer Rauschphänomene und Subharmonischer	86
3.4	Analyse der Vokalisationseigenschaften bei veränderter Gruppeneinteilung	88
3.4.1	Gruppeneinteilung nach Literatur.....	88
3.4.2	Analyse der Vokalisationseigenschaft nach neuer Gruppeneinteilung (Literatureinteilung).....	90
3.5	Korrelationsanalysen	98
4	Diskussion	99
4.1	Diskussion der Lautanalyse	102
4.1.1	Grundfrequenz: Maxima, Minima, absoluter Hub.....	102
4.1.2	Zeitliche Parameter	106
4.1.3	Frequenzmodulationsfähigkeit: MCI- Auswertung.....	108
4.1.4	Auftreten von Instabilitäten in Form von phonatorischen Rauschphänomenen und Subharmonischen	111
4.2	Methodenkritische Diskussion	112
5	Zusammenfassung	115
6	Literaturverzeichnis.....	118
7	Anhang	
8	Danksagung	
9	Lebenslauf	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung eines einseitigen lagebedingten Plagiocephalus.....	5
Abbildung 2:	Mögliche Zusammenhänge zwischen der Entstehung eines Plagiocephalus und Entwicklungsstörungen	9
Abbildung 3:	3D-Scan Daten zur Ermittlung der symmetriebezogenen Variablen.....	22
Abbildung 4:	Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für das Geburtsgewicht	32
Abbildung 5:	Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für das Geburtsgewicht	32
Abbildung 6:	Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für die Geburtslänge.....	33
Abbildung 7:	Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für die Geburtslänge.....	33
Abbildung 8:	Verlauf der Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für den Kopfumfang (nach: Brandt 1986) zur Geburt und T1	34
Abbildung 9:	Verlauf der Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für den Kopfumfang (nach: Brandt 1986) zur Geburt und T1	34
Abbildung 10:	Schmalbandspektrum (PRAAT-System) eines Komfortlautes	39
Abbildung 11:	Melodie-/Intensitätsdiagramm (CDAP-System) des in Abbildung 10 dargestellten Komfortlautes.....	39
Abbildung 12:	Beispiel für eine vollständige Segmentierung (CDAP) in einem zweisilbigen Komfortlaut am 207. Lebenstag eines Kindes der KG.....	43
Abbildung 13:	Beispiel für eine unvollständige Segmentierung (CDAP) in einem zweisilbigen Komfortlaut am 160. Lebenstag eines Kindes der PG.....	43
Abbildung 14:	Beispiel für einen Segmentierungsansatz, der durch die Erzeugung eines konsonantischen Elements entsteht (CDAP) am 207. Lebenstag eines Kindes der KG	43
Abbildung 15:	Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Rand (phonatorisch)	48
Abbildung 16:	Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Mitte (phonatorisch)	48
Abbildung 17:	Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Ganz (artikulatorisch).....	48

Abbildung 18:	Beispiel für die Vermessung einer Komfortvokalisation (CDAP).....	50
Abbildung 19:	Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes aller Probanden	57
Abbildung 20:	Boxplot-Diagramm – Diagonaldifferenzwert im Gruppenvergleich.....	57
Abbildung 21:	Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes der KG	58
Abbildung 22:	Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes der PG	58
Abbildung 23:	Häufigkeitsverteilung des Alters zum Zeitpunkt der Lautaufnahme	60
Abbildung 24:	Häufigkeitsverteilung des Alters zum Zeitpunkt des 3D-Scans	60
Abbildung 25:	Verteilungseigenschaften von Fmax für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen	64
Abbildung 26:	Boxplot-Diagramm - Fmax für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	64
Abbildung 27:	Verteilungseigenschaften von Fmin für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen	65
Abbildung 28:	Boxplot-Diagramm - Fmin für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	65
Abbildung 29:	Verteilungseigenschaften von Fmax-Fmin für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen	66
Abbildung 30:	Boxplot-Diagramm - Fmax-Fmin für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	66
Abbildung 31:	Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen beider Gruppen	69
Abbildung 32:	log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen beider Gruppen	69
Abbildung 33:	Boxplot-Diagramm - log-Lautlängen für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	69
Abbildung 34:	log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen beider Gruppen	70
Abbildung 35:	Boxplot-Diagramm – log-Lautlängen für unsegmentierte Vokalisationen ohne An- und Endwellen im Gruppenvergleich.....	70
Abbildung 36:	log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die segmentierten Vokalisationen beider Gruppen	72

Abbildung 37:	Boxplot-Diagramm – log-Lautlängen für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	72
Abbildung 38:	log-Verteilungseigenschaften der Pausenlängen für die Vokalisationen beider Gruppen.....	74
Abbildung 39:	Boxplot-Diagramm - log-Pausenlängen für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich.....	74
Abbildung 40:	Boxplot-Diagramm – Fmax für unsegmentierte Vokalisationen pro Kind im Gruppenvergleich	76
Abbildung 41:	Boxplot-Diagramm - Fmin für unsegmentierte Vokalisationen pro Kind im Gruppenvergleich	77
Abbildung 42:	Boxplot-Diagramm - Lautlänge für unsegmentierte Vokalisationen mit An-und Endwellen pro Kind im Gruppenvergleich.....	80
Abbildung 43:	Boxplot-Diagramm - Lautlänge für segmentierte Vokalisationen mit An-und Endwellen pro Kind im Gruppenvergleich.....	81
Abbildung 44:	Boxplot-Diagramm – Pausenlängen pro Kind im Gruppenvergleich.....	82
Abbildung 45:	Boxplot-Diagramm – Diagonaldifferenzwert im Subgruppenvergleich (High Contrast- Group).....	84
Abbildung 46:	Boxplot-Diagramm – Melodiekomplexität zum Untersuchungszeitpunkt pro Kind im Subgruppenvergleich....	85
Abbildung 47:	Boxplot-Diagramm – Gruppenvergleich der spektralen Eigenschaften SH, RR, RM.....	87
Abbildung 48:	Neue Gruppeneinteilung unter Verwendung der Kriterien aus der Literatur	89
Abbildung 49:	Boxplot-Diagramm - Fmax für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung	92
Abbildung 50:	Boxplot-Diagramm – absoluter Hub für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung	92
Abbildung 51:	Boxplot-Diagramm – mittlere Pausenlänge für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung	94
Abbildung 52:	Boxplot-Diagramm – absoluter Hub für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung	94
Abbildung 53:	Boxplot-Diagramm – MCI im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung	96
Abbildung 54:	Positionierung des Säuglings beim 3D-Scan	

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Probanden Auswahlkriterien	25
Tabelle 2:	Alter zum Zeitpunkt der Lutaufnahme und des 3D-Scans, sowie 3D-Daten, Gestationsalter und anthropometrische Daten für die Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Geburt.....	26
Tabelle 3:	Alter zum Zeitpunkt der Lutaufnahme und des 3D-Scans, sowie 3D-Daten, Gestationsalter und anthropometrische Daten für die Plagiogruppe zum Zeitpunkt der Geburt.....	27
Tabelle 4:	Entwicklungsverlauf des Kopfumfangs der Kontrollgruppe von T0 zu T1	30
Tabelle 5:	Entwicklungsverlauf des Kopfumfangs der Plagiogruppe von T0 zu T1	31
Tabelle 6:	Besonderheiten einzelner Probanden.....	36
Tabelle 7:	Anzahl der analysierten Vokalisationen pro Säugling und Gruppe	41
Tabelle 8:	Einteilung der Melodiestrukturen.....	44
Tabelle 9:	Anzahl spezifischer spektraler Elemente	47
Tabelle 10:	Zusammenstellung der in der vorliegenden Arbeit zur Analyse verwendeten Messgrößen	51
Tabelle 11:	Deskriptive Analyse des Diagonaldifferenzwertes [cm].....	57
Tabelle 12:	Deskriptive Analyse der Zeitpunkte der Lutaufnahme und des 3D-Scan [d]	59
Tabelle 13:	Deskriptive Analyse der Geburtsmaße.....	61
Tabelle 14:	Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Maxima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen	64
Tabelle 15:	Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Minima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen	65
Tabelle 16:	Deskriptive Analyse der absoluten Hübe [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen	66
Tabelle 17:	Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der segmentierten Vokalisationen; ohne An- und Endwellen.....	67
Tabelle 18:	Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen	69
Tabelle 19:	Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen	70
Tabelle 20:	Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der segmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen	72

Tabelle 21:	Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der segmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen	73
Tabelle 22:	Deskriptive Analyse der Segmentierungspausen [ms]	74
Tabelle 23:	Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Maxima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)	76
Tabelle 24:	Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Minima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)	77
Tabelle 25:	Deskriptive Analyse des absoluten Hubs [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)	78
Tabelle 26:	Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der segmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen (kindbasiert)	79
Tabelle 27:	Deskriptive Analyse der Lautlängen der unsegmentierten Vokalisationen mit und ohne An- und Endwellen [ms] (kindbasiert)	80
Tabelle 28:	Deskriptive Analyse der Lautlängen der segmentierten Vokalisationen mit und ohne An- und Endwellen [ms] (kindbasiert)	81
Tabelle 29:	Deskriptive Analyse der Segmentierungspausen [ms]	82
Tabelle 30:	Deskriptive Analyse des Diagonaldifferenzwertes [cm] (Subgruppe: High Contrast-Group)	84
Tabelle 31:	Deskriptive Analyse des MCI- Subgruppentest	85
Tabelle 32:	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeit von Rausch- und subharmonischen Phänomenen [%] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)	87
Tabelle 33:	Deskriptive Analyse der neuen Gruppeneinteilung nach Literatur basierend auf der Diagonaldifferenz [cm]	89
Tabelle 34:	Deskriptive Analyse der Maxima, Minima und des absoluten Hubs [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen für die „Literaturgruppe“	91
Tabelle 35:	Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen für die „Literaturgruppe“	91
Tabelle 36:	Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der Grundfrequenz der segmentierten Vokalisationen ohne AE nach neuer Gruppeneinteilung	95
Tabelle 37:	Deskriptive Analyse der Lautlängen und Segmentierungspausen [ms] der segmentierten Laute nach neuer Gruppeneinteilung	95
Tabelle 38:	Deskriptive Analyse des MCI nach neuer Gruppeneinteilung	97

Tabelle 39:	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeit [%] der spektralen Rausch-/SH- Merkmale	97
Tabelle 40:	Verteilungseigenschaften der Untersuchungsparameter	
Tabelle 41:	Korrelation nach Spearman: Maxima, Minima und Hub der Grundfrequenz (kindbasiert)	
Tabelle 42:	Korrelation nach Spearman: Vokalisations- und Pausenlängen (kindbasiert)	
Tabelle 43:	Korrelation nach Spearman: MCI, SH, RR, RM (kindbasiert)	

Abkürzungsverzeichnis

ACAI	anteriöerer cranialer Asymmetrie-Index
AE	An- und Endwellen
aMW	arithmetisches Mittel
B	Bogen
BSID	Bayley Scales of Infant Development
CDAP	Cry-Data-Analysis-Program
CFCW	Craniofaciales Centrum Würzburg
dB	Dezibel
DD	Diagonaldifferenzwert
ES	einfache Strukturen
FM	absoluter Hub (FM-Amplitude)
Fmax	Grundfrequenzmaximum
Fmin	Grundfrequenzminimum
F0	mittlere Grundfrequenz
GA	Geburtsalter
GG	Geburtsgewicht
GKU	Kopfumfang bei Geburt
GL	Körperlänge bei Geburt
HW	Halswirbel
Hz	Hertz
IZKF	Interdisziplinäres Forschungszentrum für Klinische Forschung der Universität Würzburg
KG	Kontrollgruppe
KL	Kurzlaute
KS	komplexe Strukturen
Lit	Literaturgruppe
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumenspalten
m	männlich
MB	Mehrfachbögen
MCI	Melody-Complexity-Index
MDI	Mental Development Index
ms	Millisekunden
MW	Mittelwert
N	Anzahl
NV	Normalverteilung
OP	Operation
Pause	Pausenlänge
PCAI	posteriöerer cranialer Asymmetrie-Index

PDI	Psychomotor Development Index
PG	Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie
RNT	Renfrew Naming Task
RDLS	Reynell Development Language Scales
RG	Rauschen Ganz
RM	Rauschen Mitte
RR	Rauschen Rand
s	Sekunde(n)
Scan_date	Tag des 3D-Scans
SH	Subharmonische
SV	Segmentierte Vokalisationen
STD	Standardabweichung
T0	Zeitpunkt Geburt
T1	Zeitpunkt 3D-Scan; 6 Monate
UV	Unsegmentierte Vokalisationen
V_date	Tag der Lautaufnahme
VL	mittlere Vokalisationslänge
vSSW	vollendete Schwangerschaftswoche
w	weiblich
ZNS	zentrales Nervensystem
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen

1 Einleitung

1.1 Kraniofaziale Fehlbildungen

Während des Schädelwachstums können genetische oder externe Einflüsse zu Anomalien bzw. Asymmetrien des Viscero- und Neurocraniums führen. Bei den in dieser Dissertation untersuchten betroffenen Säuglingen wurde eine erworbene Schädelasymmetrie, ein einseitiger lagebedingter Plagiocephalus, diagnostiziert. Als Einführung in das Thema wird im Folgenden das allgemeine Krankheitsbild der kraniofazialen Fehlbildungen dargestellt.

Unter dem Überbegriff kraniofaziale Fehlbildungen werden alle Veränderungen zusammengefasst, die sowohl den Schädel (lateinisch: Cranium) als auch das Gesicht (lateinisch: Facies) betreffen. Die am häufigsten auftretenden angeborenen Fehlbildungen sind: Kraniosynostosen (Auftreten 1:2500; Hukki/ Saarinen/ Kangasniemi 2008), Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (Auftreten 1:500; Ehrenfeld/ Schwenger/ Bacher 2002) und deren Subformen bzw. isolierte Gaumenspalten.

Neben dem isolierten Auftreten von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und Kraniosynostosen gibt es auch syndromal auftretende kombinierte Formen, denen eine Mutation des Fibroblastenwachstumsfaktor-Rezeptors FGFR2 zugrunde liegt (Metelmann/ Ehrenfeld 2002). Genannt seien hier beispielsweise die Syndrome Crouzon, Apert, Pfeiffer und Muenke. Kinder mit diesen Syndromen zeigen teilweise ausgeprägte Lernschwächen und allgemeine Entwicklungsverzögerungen (vgl. Patton et al. 1988; Renier et al. 1996; Cohen/ MacLean 2000; Heubrock/ Lex/ Petermann 2005; Muenke et al. 2011).

1.1.1 Kraniosynostosen

Als Kraniosynostosen bezeichnet man die frühzeitige Verknöcherung einer oder mehrerer Schädelnähte (Cohen/ MacLean 2000). Am häufigsten ist die Sagittalnaht betroffen. Das Gehirnvolumen eines Säuglings nimmt in den ersten beiden Lebensjahren um das 2,5 bis 3- fache zu (Metelmann/ Ehrenfeld 2002).

Die Volumenzunahme führt zur Ausdehnung und zum Wachstum des Schädels. Dieses ist bei gesunden Kindern möglich, da sich die Suturen erst ab dem 2. Lebensjahr verschließen. Es zeigen sich in Abhängigkeit von der frühzeitig fusionierten Naht die typischen Schädelformen: Skaphozephalie, Trigonozephalie, anteriore Plagiozephalie und Brachyzephalie (Cohen/MacLean 2000; Gattinger/ Obwegeser 2002; Speltz et al. 2004; Ursitti et al. 2011).

Diese ergeben sich durch die bereits 1851 aufgestellte „Virchow´sche Regel“, nach der das Schädelwachstum im rechten Winkel zur vorzeitig fusionierten Naht gehemmt wird und kompensatorisch entlang dieser Naht und an nicht betroffenen Schädelnähten stattfindet (Virchow 1851).

Es werden leichte neuromotorische und sprachliche Defizite sowie allgemeine Entwicklungsverzögerungen bei nicht syndrombedingten Nahtsynostosen von einzelnen Autoren berichtet (Speltz/ Endriga/ Mouradian 1997; Starr et al. 2007).

1.1.2 Lagerungsplagiocephalus

Von den oben genannten angeborenen Anomalien sind erworbene Formen abzugrenzen; zum Beispiel der lagerungsbedingte einseitige Plagiocephalus, der am häufigsten auftritt (Kane et al. 1996; Plank et al. 2006). Plagiocephalus bedeutet grundsätzlich nichts anderes als Schiefkopf (griechisch: plagios gleich schräg, quer; kephalê gleich Kopf) mit asymmetrischer anteriorer oder posteriorer Abflachung (Ellenbogen/ Gruss/ Cunningham 2000). Die in der englischsprachigen Literatur häufig verwendeten Bezeichnungen „deformational plagiocephaly“, „occipital positional plagiocephaly“ und „postural plagiocephaly“ sind synonym mit der deutschen Bezeichnung „einseitiger posteriorer Lagerungsplagiocephalus“ (Meyer-Marcotty et al. 2012).

Als Ursache für eine solche Kopfasymmetrie werden die Lagerung in utero und im Geburtskanal, Torticollis, neuromotorische Dysfunktionen, die Schlafpositionierung und die durch das Kind präferierte Kopflagerung vermutet (Clarren 1981).

Die sogenannte „back to sleep campaign“ der amerikanischen Gesellschaft für Kinderheilkunde (vgl. American Academy of Pediatrics. Task Force on Infant Positioning and SIDS 1992) mit der Empfehlung der Rückenlage als Schlafposition zur Vermeidung des plötzlichen Kindstodes wird ebenfalls als ein wesentlicher Grund für das Auftreten des Krankheitsbildes angesehen (Argenta et al. 1996; Kane et al. 1996).

In den letzten Jahren wurde in unterschiedlichen Studien eine erhöhte Prävalenz für das Auftreten eines lagebedingten Plagiocephalus angeführt. Dabei schwanken die Angaben allerdings erheblich von 1:300 bis 1:10 (Clarren 1981; Bruneteau/ Mulliken 1992; Peitsch et al. 2002) bzw. ist von einem Auftreten zwischen 1- 48% die Rede (Watson 1971; Dunn 1976; Boere-Boonekamp/ van der Linden-Kuiper 2001; Peitsch et al. 2002).

Folgende weitere mögliche Risikofaktoren werden in der Fachliteratur angeführt: männliches Geschlecht (2:1; Jungen: Mädchen Verhältnis), Zwillingsgeburt, natürliche Geburt mit verlängerten Wehen, abnormale Kindslage, Erstgeburt, Schwangerschaft nach dem 35. Lebensjahr, Oligohydramnion und Kephalthämatom (Pollack/ Losken/ Fasick 1997; Mulliken et al. 1999; Miller/ Clarren 2000; Boere-Boonekamp/ van der Linden-Kuiper 2001; Peitsch et al. 2002; Graham et al. 2005; de Ribaupierre et al. 2007; McKinney et al. 2008; Hutchison/ Stewart/ Mitchell 2009). Auch zu früh geborene Babies unterliegen aufgrund unzureichender Knochenmineralisation und/oder eingeschränkter Mobilität einem erhöhten Risiko für posteriore Kopfasymmetrien (Baum/ Searls 1971; Turk et al. 1996).

Der lagebedingte einseitige Plagiocephalus wird oft erst nach dem zweiten Lebensmonat von den Eltern oder Pädiatern diagnostiziert (Clarren 1981;

Pollack/ Losken/ Fasick 1997; Dörhage 2010). Die damit verbundene Therapie beginnt zumeist zwischen dem vierten und sechsten Lebensmonat (Argenta et al. 1996; Kane et al. 1996; Pollack/ Losken/ Fasick 1997; vgl. auch Kapitel 2.2 Probanden).

Das markanteste Merkmal der Asymmetrie ist die einseitige Abflachung des Hinterhauptes (Robinson/ Proctor 2009; Dörhage 2010). Hierbei ist die rechte Seite häufiger betroffen (60%) als die linke Seite (30%). Eine alleinige symmetrische Abflachung des Hinterhauptes tritt deutlich seltener in ca. 9% der Fälle auf (Mulliken et al. 1999). Diese Form der Asymmetrie wird als Brachycephalus bezeichnet (Robinson/ Proctor 2009). Der Übergang zwischen Plagiocephalus und Brachycephalus ist fließend (Meyer-Marcotty et al. 2014).

Bei der einseitigen Abflachung, mit der alle an dieser Studie teilnehmenden Säuglinge diagnostiziert wurden, ist das Ohr auf der betroffenen Seite nach vorne verschoben („ear shift“) und die Stirn ipsilateral nach anterior ausgewölbt („frontal bossing“). Von oben betrachtet gleicht der Schädel einem Parallelogramm (Argenta/ David/ Thompson 2004; in Abbildung 1 ist dies beispielhaft gezeigt; Meyer-Marcotty et al. 2012). Durch die parallele Verschiebung kommt es zur Verformung von Viscero- und Neurokranium (Hutchison/ Thompson/ Mitchell 2003; Netherway et al. 2006).

Ein Lagerungsplagiocephalus hat, wie in der Literatur beschrieben, vielfältige Auswirkungen auf das skelettale Wachstum und die Entwicklung des Neuro- und Viscerocraniums (Kane et al. 1996; Netherway et al. 2006). In Studien vermerkte Asymmetrien, die zusätzlich zur typischen Kopfdeformation auftreten, sind: Asymmetrien des Ober- und Unterkiefers (Kane et al. 1996; St John et al. 2002; Netherway et al. 2006), der Orbitalregion, eine mit dem „ear shift“ einhergehende asymmetrische Verlagerung des Kiefergelenkes (St John et al. 2002) und Winkelasymmetrien der vorderen und hinteren Schädelbasis zueinander (Lo et al. 1996; Netherway et al. 2006).

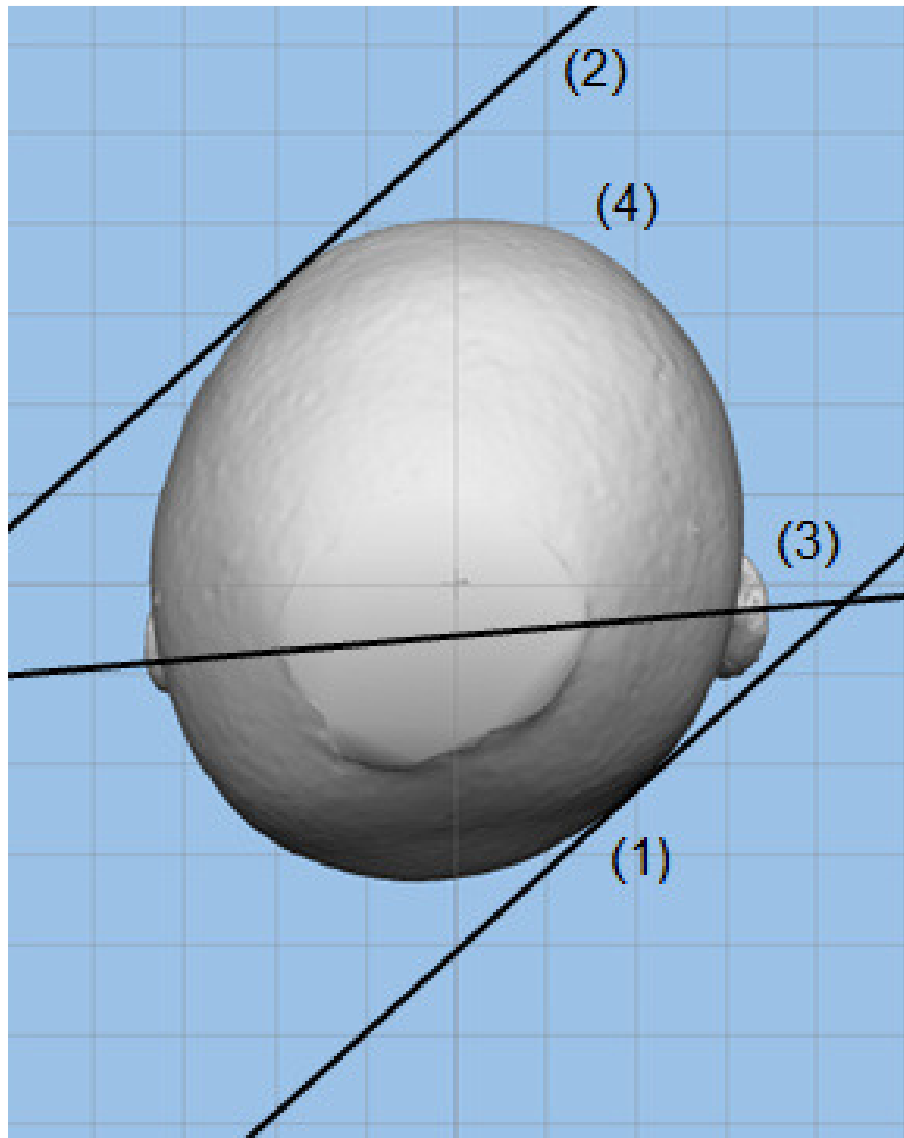


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines einseitigen lagebedingten Plagiocephalus mit (1) occipitaler Abflachung rechts, (2) frontaler Abflachung kontralateral, (3) „ear shift“ und (4) „frontal bossing“ (eigene Abbildung modifiziert nach Capone/ Bolthausen 2002; 3D-Scan freundlicherweise durch Mitarbeiter des CFCW zur Verfügung gestellt)

Netherway et al. (2006) stellten in einer 3D-Computertomografiestudie ebenfalls eine Verlagerung von Orbita und Maxilla in anteriorer-posteriorer Richtung mit gleichzeitiger Verkürzung des Jochbogens fest (vgl. auch Meyer-Marcotty et al. 2012).

Bleiben diese Asymmetrien unbehandelt, kann dies auch Folgen für das maxillomandibuläre System haben (Plank et al. 2006). Aus diesem Grund ist ein frühzeitiges Eingreifen auch im Hinblick auf kieferorthopädische Fehlstellungen gerechtfertigt. Das Phänomen des Lagerungsplagiocephalus sollte nicht nur als ein rein ästhetisches Problem gesehen werden.

Die Therapie erfolgt mittels Koporthesen, durch Umlagerungsversuche und zusätzliche Physiotherapie bzw. Osteopathie. Hier wird nicht weiter auf die unterschiedlichen Therapieansätze eingegangen, die ausführlich in der spezifischen Fachliteratur beschrieben sind (vgl. Moss 1997; Graham et al. 2005; Plank et al. 2006; van Vlimmeren et al. 2006; de Ribaupierre et al. 2007; Losee et al. 2007; Thompson et al. 2009; Katzel et al. 2010; Meyer-Marcotty et al. 2012; Shamji et al. 2012; Meyer-Marcotty et al. 2013).

1.2 Zusammenhang von viscerofazialen Asymmetrien mit orofazialen Funktionsstörungen

Viscerofaziale, morphologische Asymmetrien sind häufig mit orofazialen Funktionsstörungen verbunden, die zu Auffälligkeiten beim Sprechen führen. Sehr offensichtlich wird dies bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS). An dieser Stelle sei auf die bereits im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES; Leitung: Prof. Dr. K. Wermke) an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Würzburg zu diesem Thema durchgeführten Forschungen und erschienenen Publikationen verwiesen (z.B. Hauschildt 2006; Steck-Walter 2007; Kempf 2008; Birr 2009; Dirauf 2010; Wermke et al. 2010; Jurkutat 2011).

Kinder mit orofazialen Spaltbildungen können trotz intensiver interdisziplinärer Behandlungskonzepte eine eingeschränkte Sprech- und Sprachkompetenz zeigen. Sprech- und Sprachauffälligkeiten fallen nicht erst bei der eigentlichen Wortproduktion auf, sondern sind in Vorformen bereits in der vorsprachlichen Entwicklung erkennbar (Hauschildt 2006; Steck-Walter 2007; Wermke et al. 2007; Kempf 2008; Birr 2009, Wermke, Birr et al. 2010).

Obwohl anfänglich als harmlos bzw. rein kosmetisches Problem eingestuft, ist inzwischen ein Zusammenhang von Kraniosynostosen und einem erhöhtem Risiko für Entwicklungsverzögerungen belegt (Magge et al. 2002; Shipster et al. 2003). Dies wird auch in einigen Studien für den Lagerungsplagiocephalus postuliert. In den letzten Jahren wurden vermehrt Untersuchungen über den Zusammenhang dieser Kopfasymmetrie und Besonderheiten in der neuromotorisch-physiologischen Entwicklung durchgeführt. Dabei zeigte sich ein erhöhtes Risiko für Entwicklungsstörungen im Vergleich zu gesunden Kindern (vgl. Miller/ Clarren 2000; Panchal et al. 2001; Kordestani/ Panchal 2006; Speltz/ Collett 2010; Speltz et al. 2010; Collett et al. 2011; Korpilahti/ Saarinen/ Hukki 2012; Shamji et al. 2012; Collett et al. 2013).

Collett et al. (2005) stellten drei mögliche Theorien darüber auf, wie es zu diesen Entwicklungsstörungen bei Kindern mit lagebedingtem Plagiocephalus kommen könnte (vgl. Abbildung 2).

Nach der ersten Theorie sind äußere Kräfte die Ursache für die Asymmetrie. Daraus resultieren Verformungen des Gehirns mit entsprechenden Defiziten. Der zweite Theorieansatz erklärt diese Asymmetrie durch Bewegungseinschränkungen. Danach führt eine Schlafpositionierung auf dem Rücken zu einer limitierten motorischen Entwicklung. Diese Theorie wird gestützt durch die Studie von Kennedy et al. (2009), die zeigte, dass Säuglinge, die mehr Zeit in Bauchlage verbrachten, also mehr Bewegungsfreiheit hatten, bessere Werte in den angewendeten Testverfahren zur Einschätzung motorischer Teilleistungen erzielten.

Diesen möglichen Zusammenhang postulierten bereits frühere Autoren (z.B.: Davis et al. 1998). Auch Hutchison et al. (2009) assoziieren Auffälligkeiten bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus mit der Schlafposition, niedrigerem Aktivitätslevel und Muskeltonus sowie Dysfunktionen der Nackenmuskulatur.

Die beobachteten Auffälligkeiten betroffener Kinder lagen eher im grobmotorischen als feinmotorischen Bereich (Hutchison/ Stewart/ Mitchell

2009; Collett et al. 2011). Diese normalisieren sich aber häufig innerhalb des ersten Lebensjahres (Schertz et al. 2008).

Die dritte Theorie postuliert als mögliche Ursache das primäre Vorliegen einer Erkrankung des zentralen Nervensystems (ZNS) bei Geburt, was sekundär zu motorischen Defiziten führt, z.B. in Form von Torticollis und Hypo-/Hypertonie. Eine Ausbildung der Kopfasymmetrie wird damit begünstigt.

Collett et al. (2005) sehen die beiden letzten Theorien als plausibelste Erklärungen für die beobachteten Entwicklungsverzögerungen betroffener Kinder an. Demnach ist das Vorliegen eines Lagerungsplagiocephalus ein Indikator für mögliche Probleme in der neuromotorischen Entwicklung.

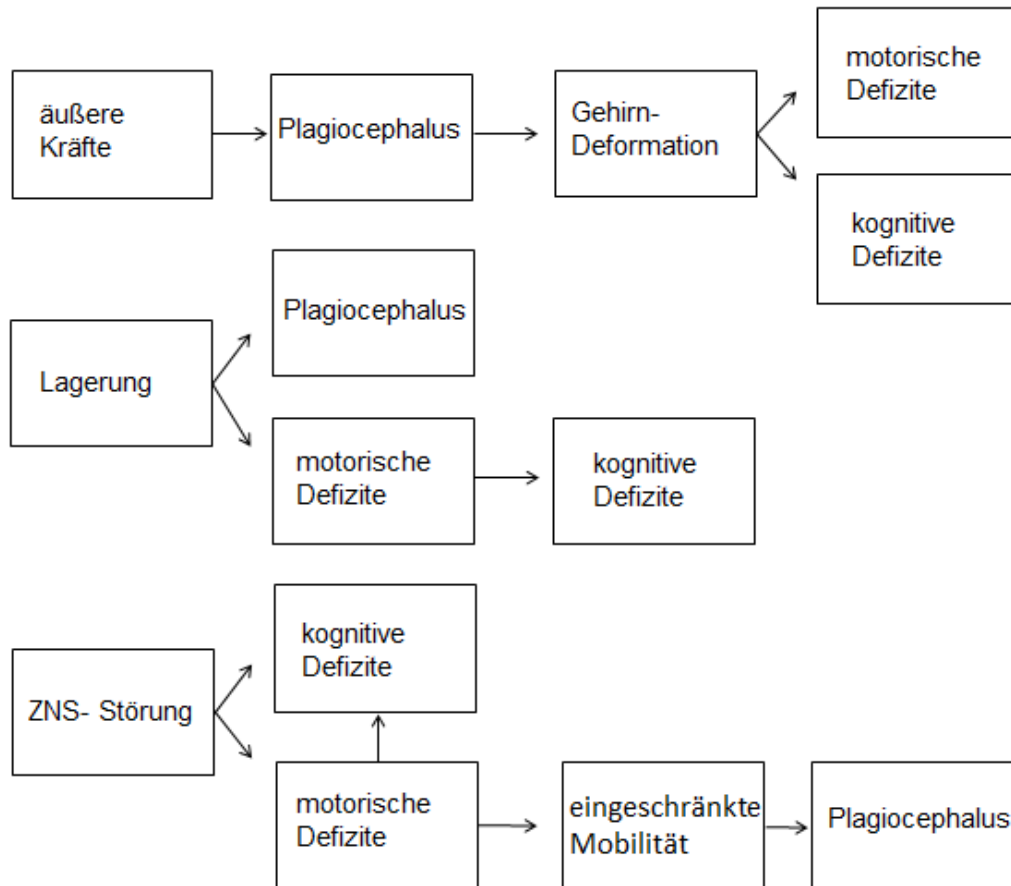


Abbildung 2: Mögliche Zusammenhänge zwischen der Entstehung eines Plagiocephalus und Entwicklungsstörungen (eigene Grafik nach: Collett et al. 2005)

In einer aktuelleren Studie von Speltz, Collette et al. (2010) wurden 235 Kinder mit Lagerungsplagiocephalus und eine Kontrollgruppe bestehend aus 237 Kindern anhand des Bayley Scales of Infant Development-III (BSID; Bayley 2006) auf motorische und kognitive Entwicklungsstörungen untersucht. Die Untersuchungen fanden im Alter von 7 Monaten statt und wurden im Alter von 18 und 36 Monaten wiederholt. Bei der Erstuntersuchung im vorsprachlichen Alter zeigten die Kinder mit bestehender Kopfasymmetrie niedrigere Testwerte als die Kontrollkinder. Dieser Unterschied fand sich auch bei der Folgeuntersuchung mit 1,5 Jahren (Collett, Starr et al. 2011). Die schlechteren Testergebnisse waren immer noch existent, besonders im kognitiven und speziell im sprachlichen Bereich. Im motorischen Bereich erzielten die Kinder mit Lagerungsplagiocephalus in der Rohwertskala durchschnittlich 10 Punkte weniger. Dabei waren grobmotorische Defizite auffälliger als feinmotorische. Eine weitere Kontrolle im Alter von 36 Monaten (Collett et al. 2013) bestätigte, dass Kinder mit Lagerungsplagiocephalus in allen durch den BSID-III Test erfassten Leistungsbereichen niedrigere Werte als die gleichaltrigen Kontrollkinder erzielten.

Zu ähnlichen Ergebnissen waren in einer früheren Studie bereits Miller und Clarren (2000) gelangt. Sie befragten in Telefoninterviews die Eltern von 63 Kindern im Grundschulalter, die bei Geburt mit Lagerungsplagiocephalus diagnostiziert wurden. Bei 39,7% dieser Kinder zeigten sich Hinweise auf Entwicklungsverzögerungen. Sie benötigten spezielle schulische Unterstützung bzw. Förderung in Form von Physio-, Sprach- und Beschäftigungstherapie. Als Kontrollkinder wurden - unabhängig vom Alter und Geschlecht - die gesunden Geschwister der teilnehmenden Kinder akquiriert (n=91). In dieser Gruppe zeigten nur 7,7% (n=7) der Kinder einen Bedarf an zusätzlicher Förderung.

Panchal et al. (2001) untersuchten mittels „Mental Development Index“ (MDI) und „Psychomotor Development Index“ (PDI) des BSID-II (Bayley 1993) 21 Säuglinge mit Kraniosynostose (Durchschnittsalter: 10,9 Monate) und 42 Säuglinge mit Plagiocephalus (Durchschnittsalter: 8,4 Monate) auf Verzögerungen in der kognitiven und psychomotorischen Entwicklung. Dabei

waren die Kinder mit Lagerungsplagiocephalus sogar auffälliger als die Kinder mit Kraniosynostosen.

Kordestani et al. (2006) kamen zu einem ähnlichen Resultat und erkannten eindeutige Verzögerungen sowohl in der mentalen als auch psychomotorischen Entwicklung bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus.

Die Studie von Korpilathi et al. (2012) geht speziell auf Sprachdefizite ein. Sie vergleicht Kinder mit Kraniosynostosen (n= 32) und Kinder mit Lagerungsplagiocephalus (n= 29). Im Durchschnitt waren die Kinder bei der Untersuchung 3 Jahre alt. Die Eltern erhielten einen Fragebogen zur frühen Sprachentwicklung. Motorische Fähigkeiten wurden in einem einstündigen klinischen Test untersucht. Zusätzlich beurteilte ein Sprachwissenschaftler die phonologische Entwicklung der Kinder und deren Fähigkeit ganze Sätze zu bilden anhand des „Reynell Development Language Scales III“ (RDLS, Kortesmaa et al. 2001) und des „Renfrew Naming Task“ (RNT; Renfrew 1995).

Insgesamt zeigten 49% aller untersuchten Kinder eine normale Sprachentwicklung, 30% wiesen leichte Entwicklungsdefizite und 21% starke Defizite in ihren sprachbezogenen Fähigkeiten auf. Kinder mit Sagittalnahtsynostose erzielten bessere Ergebnisse als Kinder mit anderen Nahtsynostosen. Im Vergleich zur finnischen Normalbevölkerung zeigte sich in der Studiengruppe ein dreimal höherer Anteil an Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen.

Shamji et al. (2012) fanden heraus, dass Kinder mit linksseitigem Plagiocephalus zweimal mehr Sprachauffälligkeiten zeigten als Kinder, die von der rechtseitigen Form betroffen waren.

Danach haben sich verschiedene Argumente dafür akkumuliert, dass ein Plagiocephalus mit einem erhöhten Risiko für eine Entwicklungsstörung im motorischen und sprachlichen Bereich verbunden ist. Nach Durchsicht der relevanten, aktuellen Literatur ist allerdings Folgendes anzumerken: Die

genannten Studien sind bezüglich ihres Designs sehr unterschiedlich. Probandenalter und -anzahl, Auswahlkriterien - und damit auch die Definition von Lagerungsplagiocephalus - sowie die durch die Testauswahl gesetzten Schwerpunkte der Leistungseinschätzung (BSID-, RDLS-III, RNT) differieren stark. Es gibt Studien mit Kontrollgruppen (z.B. Miller/ Clarren 2000; Speltz et al. 2010; Collett et al. 2011; Collett et al. 2013); andere vergleichen ihre Ergebnisse lediglich mit einer Normdatenbank (z.B. Panchal et al. 2001). Kinder mit Lagerungsplagiocephalus wurden mit Kontrollkindern oder Kindern mit Kraniosynostosen verglichen (z.B. Korpilahti/ Saarinen/ Hukki 2012). In der Gesamtheit führen diese methodischen Einschränkungen zu einer hohen Variabilität der Befunde und Messdaten sowie Einschränkungen bei der Vergleichbarkeit und Verallgemeinerung der Studienergebnisse. Damit bleibt die Frage nach Entwicklungsverzögerungen im Zusammenhang mit einem Lagerungsplagiocephalus unbeantwortet und ihre Beantwortung verlangt weitere Untersuchungen. Die vorliegende explorative Pilotstudie bei Säuglingen im vorsprachlichen Alter liefert dazu einen Beitrag.

Die vorliegende Dissertation hatte das Ziel, erstmalig, im vorsprachlichen Alter, nach potenziellen Unterschieden in sprech- und spracherwerbsrelevanten akustischen Merkmalen von Komfortvokalisationen zwischen Säuglingen mit und ohne Lagerungsplagiocephalus zu suchen. Dies erfolgte eingebettet in ein größeres interdisziplinäres Projekt (vgl. Kapitel 2.1), so dass der Untersuchungszeitraum des 5.- 7. Lebensmonates vorgegeben war. Anhand eines Vergleiches der akustischen Merkmale der Säuglingsvokalisationen sollten die vorsprachlichen Fähigkeiten bei der spontanen, intentionalen Produktion von Komfortlauten (Gurr- und Babbellaute) eingeschätzt werden, da sie wesentliche Voraussetzungen für die nachfolgende Sprachentwicklung liefern. Damit wird hier der Einfluss eines Lagerungsplagiocephalus auf die Sprachentwicklung erstmalig bereits im vorsprachlichen Stadium und unmittelbar zum Zeitpunkt eines bestehenden, unbehandelten Zustandes untersucht. Dieses Design minimiert den Einfluss zusätzlicher

Variabilitätsfaktoren auf die Einschätzung sprachrelevanter Leistungen, eine unvermeidbare methodische Limitation bei Sprachtests in einem späteren Alter.

1.3 Die Methode der Vorsprachlichen Diagnostik

Der Spracherwerb ist ein komplexer Prozess, an dem genetische und epigenetische Faktoren beteiligt sind. Der Spracherwerb im engeren Sinne setzt eine vorsprachliche „Trainingsphase“ voraus (Wermke/ Mende 1994; Wermke et al. 2002; Wermke 2009), die auf einem gerichteten Entwicklungsprogramm basiert. Durch die modulare Kombination und Modifikation des angeborenen Lautrepertoires werden immer komplexere Laute erzeugt (Wermke 2002). Auftretende Störungen in dieser „Trainingsphase“, z.B. durch hormonelle, neuronale oder anatomische Einflussfaktoren, haben Langzeitwirkungen auf die spätere Sprachentwicklung (Wermke/ Leising/ Stellzig-Eisenhauer 2007; Wermke et al. 2010).

Im ersten Lebensjahr ändern sich die Vokalisationen eines Säuglings in charakteristischer Weise. Die vorsprachliche Entwicklung wird in der Fachliteratur in unterschiedliche Entwicklungsphasen eingeteilt. Es ergibt sich dabei kein vollkommen einheitliches Bild, jedoch zeigen sich, je nach Autor, viele Parallelen und Überschneidungen (vgl. Stark 1980; Koopmans-van Beinum/ Van der Stelt 1986; Oller 2000). In dieser Arbeit wird die Einteilung nach Oller (2000) übernommen, die in vier Phasen gegliedert ist.

Die erste Phase, auch das Phonationsstadium genannt, reicht von der Geburt bis zum zweiten Lebensmonat. Charakteristisch für dieses Stadium sind „Cry“-Laute und Vokalisationen mit weichem Stimmeinsatz ohne intentionale Artikulationsstellungen. Nach Oller (2000) treten in der zweiten Phase, „Primitive Articulation Stage“ genannt, zwischen dem ersten und vierten Lebensmonat Übergangslaute auf. Diese repräsentieren den Übergang von Schrei- zu Nicht-Schrei-Lauten (Gurren) und werden immer noch vorwiegend laryngeal gebildet, d.h. der Vokaltrakt ist dabei relativ unbeweglich. In diesem

Zeitraum beginnt der „Descensus laryngis“, der zu einer Verlängerung des Vokaltraktes führt.

Neben den genannten Vokalisationstypen treten marginale (einfache) Babbellaute und „Raspberries“ (Lippenvibration /Spuckeblasen) etwa ab dem fünften Monat auf. Letztere sind für die dritte Phase, genannt „Expansion Stage“, charakteristisch. Fortgeschrittene Reifungsprozesse führen zu zahlreichen neuen Vokalisationstypen. Diese „Babbler“ besitzen einen primitiven Silbencharakter. Das Kind produziert vokal- und konsonantähnliche Laute mit offenem Mund und der Artikulationstätigkeit von Lippen und Zunge kombiniert mit Nasallauten mit geschlossenem Vokaltrakt. Stark (1980) bezeichnet diese Phase auch als „Spiel mit den Stimmöglichkeiten“.

Kanonisches Babbeln setzt etwa ab dem siebten Lebensmonat ein („Canonical Stage“), kann aber auch schon ab dem vierten Monat vereinzelt auftreten. Es ist durch eine bessere Kontrolle des Säuglings über Artikulation und Phonation bedingt und manifestiert sich in echten Sprachsilben in Form von Konsonant-Vokal-Verbindungen und Silbensequenzen.

Die gesprochene Sprache basiert auf kanonischen Silben der jeweiligen Zielsprache. Das Auftreten von kanonischen Babblern gilt als wichtiger Schritt in der sprachlichen Entwicklung (Oller et al. 1998) und ist einer der bisher am besten untersuchten vorsprachlichen Entwicklungsmarker (Oller 2000).

In der vorliegenden Arbeit werden Säuglinge im Alter von fünf bis sieben Monaten untersucht. Der Untersuchungszeitraum hängt mit dem Therapiebeginn (Helmtherapie) zusammen (vgl. Kapitel 2.1). Es werden Komfortvokalisationen vor Beginn der individuellen Helmtherapie untersucht. In diesem Alterszeitraum treten nach dem dargestellten vokalen Entwicklungsprogramm neben Gurr- und Übergangslauten bereits vermehrt sprachähnlichere Lautäußerungen, wie marginale Babblers und vereinzelt kanonische Babblers, auf. Diese Komfortvokalisationen sind Gegenstand der

vorliegenden Arbeit. Weinflaute der Säuglinge wurden nicht ausgewertet (vgl. Kapitel 2.4.1).

Die herkömmlichen vorsprachlichen Analysemethoden im Babylabor des ZVES beinhalten neben der Erfassung des Beginns und der Dauer der genannten vokalen Entwicklungsphasen und der objektiven Auswertung kanonischer Silbenmerkmale auch die quantitative Charakterisierung der stimmphysiologischen Kenngrößen. Dazu zählen vor allem die Grundfrequenz (F_0) und mit ihr im Zusammenhang stehende Größen.

Zwar gibt es bisher keine geeigneten Referenzwerte dieser Kenngrößen in Komfortvokalisationen für gesunde Säuglinge, aber zumindest einzelne Vergleiche zwischen gesunden Säuglingen und Säuglingen mit relevanten Dysfunktionen (vgl. u.a. Oller 2000; Hauschildt 2006; Lind 2007; Steck-Walter 2007; Denner 2008; Birr 2009; Fuamenya 2010).

Die Grundfrequenz und mit ihr im Zusammenhang stehende Größen (FM-Amplitude, Jitter, Perturbationsmaße) charakterisieren die sogenannte „Quelle“ bei der Lautproduktion. Sie stehen damit in unmittelbarem Zusammenhang mit den der Stimmproduktion zugrunde liegenden neurophysiologischen Mechanismen.

Ein unmittelbarer Zugang, um neurophysiologische Funktionsstörungen im Zusammenhang mit Schädelasymmetrien zu untersuchen, ist also die Analyse „quellennaher“ akustischer Größen. Das Gehirn arbeitet beim Sprechen an seiner Leistungsgrenze. Bereits bei der vorsprachlichen Lautproduktion muss eine respiratorisch-phonatorische Koordinationsleistung im Millisekundenbereich vollbracht werden (Lester 1978; Wermke 2002; Newman 2004). Daher ist es vor allem in der explorativen Pilotphase dieser Forschung äußerst sinnvoll, zunächst an die Quelle zu gehen und die sie charakterisierenden akustischen Eigenschaften anhand der Säuglingsvokalisationen zu untersuchen.

Dieser methodische Zugang hat in der klassischen Schreiforschung ihren Ursprung und rief in den 1960er Jahren eine eigene Forschungsrichtung - die Säuglingsschreidiagnostik - hervor (Wasz-Höckert et al. 1968; Koivisto et al. 1970; Michelsson 1971; Michelsson et al. 1982; Lester/ Boukydis 1985; Lester 1987; Corwin et al. 1992; Lester et al. 2002). Im Rahmen dieser Forschungen liefen viele vergleichende Studien zwischen medizinisch auffälligen und unauffälligen Säuglingen (u.a. Prechtel et al. 1969; Michelsson 1971; Lester 1976; Sirvio/ Michelsson 1976; Zeskind/ Lester 1981; Lester/ Boukydis 1985; Barr/ Green/ Hopkins 2000; LaGasse/ Neal/ Lester 2005). Diese lieferten Belege dafür, dass bestimmte Stoffwechselerkrankungen, chromosomale Aberrationen, Frühgeburtlichkeit, intrauterine Wachstumsretardierung und ZNS-Schädigungen zu charakteristischen Veränderungen der Grundfrequenz in den Schreien betroffener Säuglinge führen (vgl. Michelsson 1971; Michelsson/ Sirvio 1976; Michelsson/ Sirvio/ Wasz-Höckert 1977a; Michelsson/ Sirvio/ Wasz-Höckert 1977b; Hirschberg 1980; Hirschberg et al. 1995; Barr et al. 1996; Hirschberg 1999; Barr/ Green/ Hopkins 2000). Diese Auffälligkeiten sind unter anderem auf eine unreife Innervierung des Larynx und eine eingeschränkte neurophysiologische Kontrollfähigkeit zurückzuführen.

Die Schreianalyse kann deshalb als nicht invasives, andere Verfahren ergänzendes Diagnosemittel für neuromuskuläre-physiologische Dysfunktionen bzw. Störungen des ZNS bei Neugeborenen und jungen Säuglingen eingesetzt werden (Ostwald/ Phibbs/ Fox 1968; Wasz-Höckert et al. 1968; Prescott 1975; Golub/ Corwin 1982; Lester/ Boukydis 1985; Wasz-Höckert/ Michelsson/ Lind 1985; Wermke 1987; Michelsson/ Rinne/ Paajanen 1990; Mende/ Herzel/ Wermke 1990a; Mende et al. 1990b; LaGasse/ Neal/ Lester 2005). Als stabilste und am häufigsten verwendete Messgröße der Schreidiagnostik erwies sich dabei erwartungsgemäß die mittlere Grundfrequenz (F_0) und deren Variabilitätsparameter (Wasz-Höckert et al. 1968; Michelsson 1971; Michelsson/ Sirvio/ Wasz-Höckert 1977a; Wasz-Höckert/ Michelsson/ Lind 1985; Wermke 1987; Wermke et al. 1987).

Wermke und Kollegen zeigten anhand von systematischen Schreianalysen, dass die an der Lautproduktion beteiligten Strukturen und Mechanismen, insbesondere das laryngeale System, beim Säugling durch eine frühe Reife ausgezeichnet sind (Wermke 2002; Mampe et al. 2009; Wermke/ Mende 2011).

Die Anatomie des supralaryngealen Traktes beim Neugeborenen ähnelt eher der Anatomie von nicht-humanen Primaten als der von Erwachsenen (Lieberman/ Crelin 1971; Lieberman/ Crelin/ Klatt 1972; Bosma 1975; George 1978; Laitman/ Heimbuch/ Crelin 1978). Dies steht auch mit einer funktionellen Unreife des Vokaltraktes im Zusammenhang. Supralaryngeale Prozesse und damit Kenngrößen der Artikulation (Resonanzeigenschaften) gewinnen erst im Verlauf des 1. Lebensjahres zunehmend an Bedeutung.

Der Larynx beim Neugeborenen liegt noch zwischen dem 1. und 4. Halswirbel (HW), beim Erwachsenen zwischen dem 3. und 6. HW (Westhorpe 1987). Beim Säugling überragt die Epiglottis (Kehldeckel) den Zungengrund und befindet sich in direkter Nachbarschaft zum Velum (Gaumensegel) bzw. dem weichen Gaumen. Speisen und Flüssigkeiten gelangen seitlich am Kehlkopf vorbei in den Oesophagus. Gleichzeitiges Atmen durch die Nase und Schlucken wird so ermöglicht.

Erst ab dem 3. Lebensmonat kommt es zum Descensus laryngis und somit zur deutlichen Veränderung des supralaryngealen Traktes (vgl. Hast 1970; Wadie/ Adam/ Sasaki 2013). Ist der Vokaltrakt beim Neugeborenen noch bogenförmig bzw. fast gerade, zeigt sich nach dem Absinken des Larynx eine rechtwinklige adulte Form. Die Länge des Vokaltraktes beträgt beim Säugling zwischen 7 und 8 cm und verlängert sich beim Erwachsenen auf 15-18 cm (Vorperian et al. 2009), was zu veränderten Resonanzverhältnissen führt. Durch die Separation von Kehldeckel und Gaumensegel ergeben sich neue phonetischen Eigenschaften und veränderte Säuglingsschreie (Kent/ Murray 1982).

Durch das Wachstum der Mundhöhle und der damit verbundenen Platzzunahme kommt es zu feineren Zungenbewegungen und erhöhten

Modulations- und Vokalisationseigenschaften. Die Reifung neuromotorischer Strukturen ermöglicht differenzierte Bewegungen der Artikulatoren wie Lippen und Zunge, die für die Komfortvokalisationen der vorsprachlichen Phase und die spätere Sprache unerlässlich sind.

Somit ist festzuhalten, dass die unterschiedlichen Reifungs- und Umstrukturierungsprozesse von anatomischen und neuromuskulären Strukturen im vorsprachlichen Entwicklungsalter vielfältige Auswirkungen, entweder direkt oder indirekt, auf akustische Vokalisationseigenschaften und die frühe Sprachentwicklung haben.

Zusammenfassend ist zu betonen, dass vorsprachliche Auffälligkeiten weitgehende Auswirkungen auf die nachfolgende Sprachentwicklung haben können und dass „quellennahe“ akustische Parameter als Marker für die erreichte phonatorische Kontrollfähigkeit bzw. neurophysiologische Dysfunktionen dienen können. Folglich sollten sich auch mögliche mit einem Lagerungsplagiocephalus im Zusammenhang stehende neurophysiologische Defizite in frühen Vokalisationseigenschaften reflektieren.

1.4 Zielstellung

Die Arbeit hat das Ziel, akustische Eigenschaften spontan geäußerter Komfortvokalisationen (kein Weinen) von Säuglingen mit Lagerungsplagiocephalus zu untersuchen und zu charakterisieren sowie die Ergebnisse mit denen einer gleichaltrigen Kontrollgruppe (KG) zu vergleichen. Es werden unterschiedliche Grundfrequenzparameter, Laut- und Pausenlängen, spektrale Eigenschaften (subharmonische Strukturen und Rauschelemente) und Frequenzmodulationseigenschaften in Form des Melody-Complexity-Index (MCI) untersucht. Der potentiell indikative Charakter dieser „non-cry“ bzw. „comfort“ Lautäußerungen für mögliche neurophysiologische Störungen bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus wurde, soweit der Verfasserin der Dissertation bekannt, bisher nicht untersucht. Es handelt sich damit um eine explorative Pilotstudie. Die Möglichkeit dazu ergab sich durch die Einbettung in ein universitäres Forschungsprojekt an dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit der Julius-Maximilians-Universität Würzburg mit dem Thema „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Verlaufsanalyse bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus unter Berücksichtigung der vorsprachlichen und psychomotorischen Entwicklung“ (IZKF Projekt F-164).

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Das interdisziplinäre Projekt mit dem Titel „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ wird von Dr. Tilmann Schweitzer (Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Sektion für pädiatrische Neurochirurgie), Dr. Dr. Hartmut Böhm (Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie) und PD Dr. Philipp Meyer-Marcotty (Oberarzt an der Poliklinik für Kieferorthopädie) geleitet. Dieses CFCW-Projekt wird seit 2010 durch das Interdisziplinäre Zentrum für Klinische Forschung der Universität gefördert. Im Rahmen dieses Projektes werden Kopfform und Kopfwachstum von Säuglingen mit Hilfe der Stereophotogrammetrie untersucht (Meyer-Marcotty et al. 2013; Schweitzer et al. 2013). Es werden Form und Entwicklung von Kinderschädeln dreidimensional erfasst und durch geeignete anthropometrische Kenngrößen charakterisiert (Linz 2013). Zusätzlich werden die im Projekt betreuten Kinder mit einem Lagerungsplagiocephalus sowie eine geeignete Kontrollgruppe nicht nur hinsichtlich der morphologischen Veränderungen des Schädels untersucht.

Das Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie (Leitung: Prof. Dr. Kathleen Wermke) ist an diesem Längsschnittprojekt mit dem Teilprojekt „Erfassung der vorsprachlichen bzw. frühen sprachlichen Entwicklung bei Kindern mit und ohne Schädeldeformationen“ (im Weiteren hier kurz „Sprache“ genannt) beteiligt. In diesem Teilprojekt werden die vorsprachliche und frühe sprachliche Entwicklung untersucht, indem u.a. digital aufgezeichnete Vokalisationen der Säuglinge im Signalanalyselabor des ZVES spezifisch quantitativ ausgewertet werden (Vorsprachliche Diagnostik, Erhebung über standardisierte Elternfragebögen, Sprachtests).

Die vorliegende Arbeit erfolgte im Teilprojekt „Sprache“. Es handelt sich um eine explorative Pilotstudie zum vokalen Verhalten von Säuglingen im Alter von fünf bis sieben Monaten.

Es wurden die ersten konsekutiv rekrutierten 35 Kinder, die die Auswahlkriterien erfüllten (Tabelle 1), untersucht. Alle Kinder wurden von Kinderärzten oder Physiotherapeuten aufgrund auffälliger kraniofazialer Asymmetrie in das „Craniofaciale Centrum“ (CFCW) der Universitätsklinik Würzburg (<http://www.cfcw.ukw.de/>) überwiesen. Durch die behandelnden Ärzte des CFCW wurden die hier untersuchten Kinder gemäß klinischer Kriterien in die Gruppe „Plagiocephalus mit Helmtherapie“ (PMH) eingeordnet.

Von der Projektmitarbeiterin Frau Sandra Habel wurden 3D-Scans aller hier untersuchten Kinder erstellt, die Basis für die computerbasierte Generierung von 3D-Daten der Kopfform im CFCW-Projekt waren (vgl. Abbildung 54 im Anhang). „Die dreidimensionale Analyse erfolgte mittels 10 Variablen. Zur Differenzierung wurden die 10 Parameter in 6 wachstumsbezogene Variablen sowie 4 symmetriebezogene Variablen unterteilt. Die wachstumsbedingten Variablen waren: die Zirkumferenz des Kopfes, die maximale Breite, Länge und Höhe des Kopfes, das Verhältnis von maximaler Breite zur maximalen Länge (CI-Index) und die Breite des Kopfes auf Höhe der Schädelbasis. Als symmetriebezogene Variablen wurden folgende Parameter bestimmt: die 30° Diagonaldifferenz, der „ear shift“, und der anteriore und posteriore kraniale Asymmetrie-Index (ACAI bzw. PCAI)“ (Meyer-Marcotty et al. 2012; Seite 156). Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe (KG) aus 17 gesunden Kindern ohne sichtbare Kopfasymmetrie aus dem CFCW-Projekt untersucht.

In der vorliegenden Dissertation wurden die ersten rekrutierten Kinder der PMH-Gruppe - im folgenden Teil der Arbeit als Plagiogruppe (PG) bezeichnet - mit den ersten Probanden der Kontrollgruppe des CFCW-Projektes verglichen.

In Abbildung 3 ist dargestellt, wie die symmetriebezogenen Kopfdaten im Projekt aus dem 3D-Scan ermittelt werden. Für weitere Erläuterungen zur

Scan-Methode vgl. Meyer-Marcotty, Böhm et al. (2012) und Meyer-Marcotty, Böhm et al. (2013).

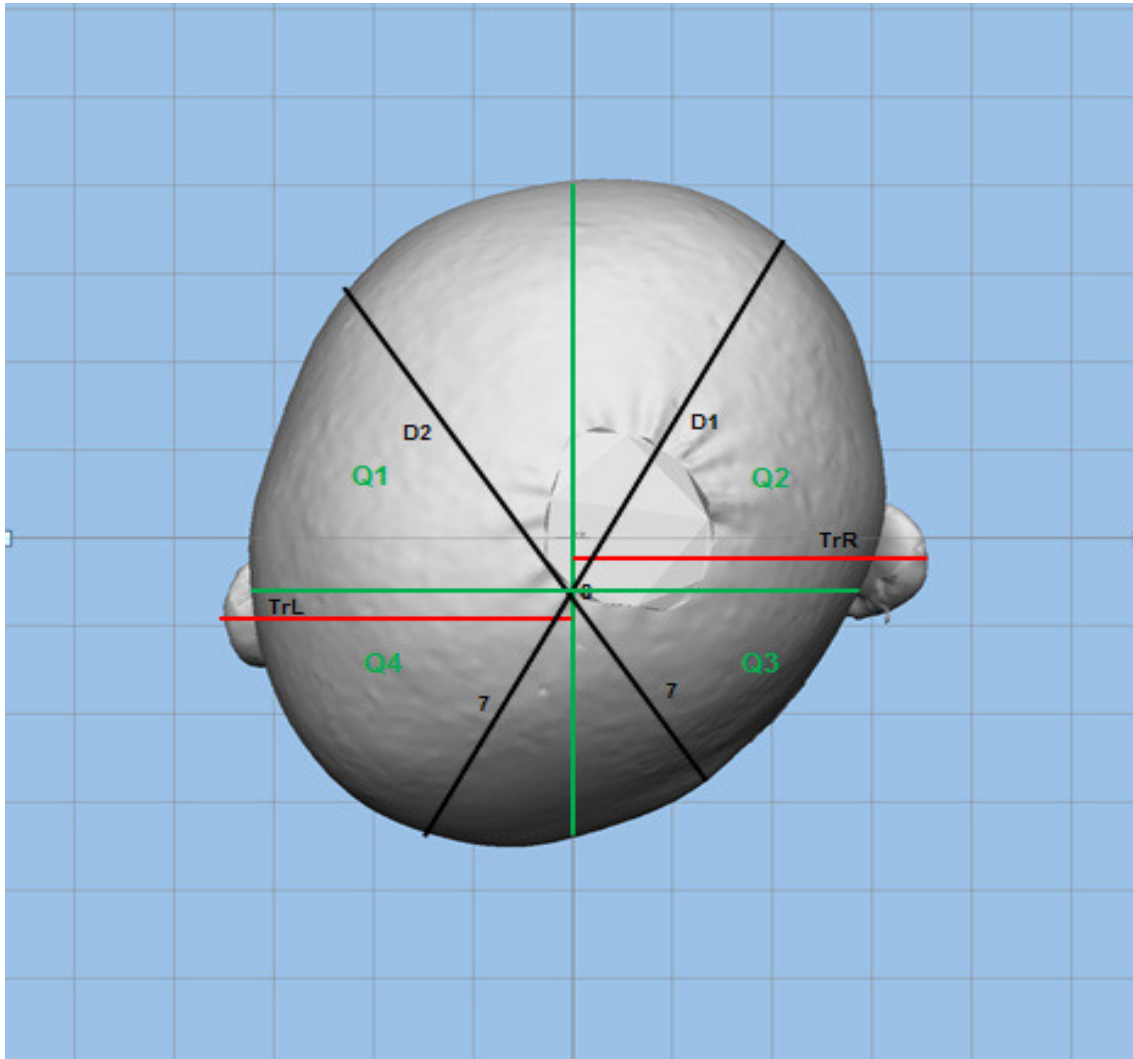


Abbildung 3: 3D-Scan Daten zur Ermittlung der symmetriebezogenen Variablen **Diagonaldifferenz (7):** Differenz zwischen der längsten Diagonalen von vorne links nach hinten rechts und der längsten Diagonalen von vorne rechts nach hinten links; **Ear shift (8):** Verschiebung der Traguspunkte rechts (TrR) und links (TrL) in der sagittalen Richtung; Werte zur Ermittlung von PCAI & ACAI: Volumen der vorderen linken Schädelhälfte (Q1), Volumen der vorderen rechten Schädelhälfte (Q2), Volumen der hinteren rechten Schädelhälfte (Q3), Volumen der hinteren linken Schädelhälfte (Q4) (eigene Grafik; nach: Meyer-Marcotty et al. 2012; 3D-Scan freundlicherweise durch Mitarbeiter des CFCW zur Verfügung gestellt)

Bei den Säuglingen der PG wurde durch visuelle Begutachtung, manuelle Erhebung anthropometrischer Daten und Auswertung von lichtoptischen 3D-Scans ein einseitiger lagerungsbedingter Plagiocephalus diagnostiziert. Eine Nahtsynostose wurde durch einen erfahrenen Neurochirurgen (Dr. med Tilmann Schweitzer) sowohl klinisch als auch sonographisch ausgeschlossen. Der 3D-Scan wurde ebenfalls bei den Säuglingen der KG angefertigt und ausgewertet.

Säuglinge mit Lagerungsplagiocephalus im CFCW-Gesamtprojekt wiesen gegenüber der KG-Säuglinge eine reduzierte maximale Kopflänge, eine vergrößerte Kopfhöhe und eine Verschiebung der Ohrachse auf. Zusätzlich lagen im Seitenvergleich asymmetrische anteriore und posteriore Volumina des Neurokraniums vor (Meyer-Marcotty et al. 2012). Für die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Probanden sind die entsprechenden Werte in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt.

Vor Therapiebeginn - im Alter von fünf bis sieben Monaten - wurden spontane Lautaufnahmen von allen Säuglingen gemacht (siehe Kapitel 2.3). Es kamen alle Kinder in Betracht, die sich im genannten Zeitraum vorstellten und den vorgegebenen Kriterien entsprachen, bzw. deren Eltern bereit waren, an der Studie teilzunehmen. Das relativ große Einzugsgebiet (Würzburg + ca. 150 km) und der mit den Aufnahmen verbundene zeitliche Aufwand für die Eltern erschwerten die Koordination der Lautaufnahmen durch die Doktorandin und Mitarbeiter am ZVES an der Poliklinik für Kieferorthopädie.

Alle Lautaufnahmen wurden im Signalanalyselabor des ZVES nach der dort etablierten Vorgehensweise bei der *Vorsprachlichen Diagnostik* ausgewertet (siehe Kapitel 2.4). Die Analyseparameter sind in Kapitel 2.4.6 charakterisiert.

Alle teilnehmenden Familien wurden umfangreich über Anliegen und Aufbau der Studie aufgeklärt. Die Eltern der KG erhielten eine Aufwandsentschädigung bei kontinuierlicher Teilnahme an allen Untersuchungen.

2.2 Probanden

Es wurden 18 der ersten im Gesamtprojekt rekrutierten Kinder (14 männlich, 4 weiblich) mit Lagerungsplagiocephalus, die die Auswahlkriterien erfüllten, untersucht. Das entspricht einem Geschlechterverhältnis von 3,5:1. Aus diesem Grund wird in der später folgenden Analyse auf eine geschlechtsspezifische Untersuchung verzichtet, da die Ergebnisse der PG generell durch die männlichen Probanden geprägt werden. Die auffällige ungleiche Geschlechterverteilung ist auch in der aktuellen Literatur beschrieben (vgl. z.B.: Peitsch et al. 2002; Hutchison et al. 2004; Joganic et al. 2009). Für die Auswahl der Probanden wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien gewählt.

Zusätzlich zur PG wurde eine KG, bestehend aus den ersten 17 rekrutierten Probanden (8 männlich, 9 weiblich), zusammengestellt. Es galten korrespondierende Auswahlkriterien (Tabelle 1). Nur Kind KG_BI erfüllte ein Kriterium nicht: Es lagen final weniger als 30 Laute vor. Da die Lauteigenschaften in ihren Verteilungseigenschaften jedoch nicht vom Gesamtkollektiv abwichen, wurde das Kind im Kontrollkollektiv belassen.

Drei Kinder wurden trotz geringfügiger Abweichungen im Aufnahmealter aufgenommen: KG_AX war bereits 211 Tage alt, PG_BK war zum Zeitpunkt der Aufnahmen 223 Tage alt und PG_CD erst 141 Tage. Bei den Kindern KG_AP und KG_BF wird im elterlichen Haushalt zusätzlich eine weitere Sprache gesprochen (KG_AP: polnisch; KG_BF: französisch). Mögliche Auffälligkeiten bei diesen Kindern werden im Diskussionsteil erneut aufgegriffen.

Tabelle 1: Probanden Auswahlkriterien

- Kontrollierte Schwangerschaft mit unauffälligem Verlauf
- Einlingsgeburten
- Gestationsalter zwischen 37+0 und 41+6 SSW
- APGAR 5' \geq 8
- Keine Fehlbildungen oder Hinweise auf neurologische Störungen (unauffällige neurologische Erstuntersuchung)
- Unauffälliges Neugeborenen-Hörscreening
- Möglichst Deutsch als Muttersprache
- Bereitschaft der Eltern zur Teilnahme an der gesamten Studie
- Alter zum Zeitpunkt der Lautaufnahme zwischen dem 150.-210. Tag
- Kein Beginn der Helmtherapie vor Lautaufnahme
- Mindestens 30 Laute (Komfortvokalisationen) pro Aufnahme

Tabelle 2: *Alter zum Zeitpunkt der Lautaufnahme und des 3D-Scans, sowie 3D-Daten, Gestationsalter und anthropometrische Daten für die Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Geburt¹*

Gruppe	Sex	Lautaufnahme [d]	3D Scan [d]	DD [cm]	ACAI [%]	PCAI [%]	vSSW [w]	GG [g]	GL [cm]	GKU [cm]	APGAR '5
KG_AA	w	171	171	0,4	0,2	8,6	38	3065	46	34	10
KG_AB	w	199	199	0,6	2,6	8,9	37	2940	48	33	10
KG_AC	w	201	209	0,9	5,7	7,2	40	3500	52	-99	10
KG_AF	w	187	205	0,2	7,3	3,1	39	2950	48	34	10
KG_AJ	m	174	189	0,4	0,5	4,6	37	3780	52	36	10
KG_AM	w	193	194	0,1	0,8	1,6	40	4035	51	36	10
KG_AN	m	207	207	0,2	1,0	1,8	39	3395	51	33	10
KG_AP	w	196	196	0,1	9,7	9,5	39	2645	46	32	10
KG_AQ	w	167	167	0,5	2,7	9,2	38	2680	48	-99	8
KG_AS	w	171	171	0,1	1,7	4,1	40	3660	51	36	10
KG_AU	m	193	185	0,6	6,2	19,9	41	3170	51	35	10
KG_AW	m	190	183	0,2	1,7	6,6	38	3085	49	36	10
KG_AX	w	211	211	0,0	2,4	2,1	39	2625	48	34	10
KG_BF	m	188	188	0,3	0,8	3,4	41	3850	52	-99	10
KG_BI	m	195	189	0,6	2,3	17,9	39	3420	51	34	10
KG_BL	m	195	195	0,2	3,5	0,4	37	3240	52	-99	10
KG_BN	m	186	186	0,4	2,4	14,0	38	2630	46	34	10

Erklärung:

DD: Diagonaldifferenzwert

ACAI: anteriorer cranialer Asymmetrie-Index

PCAI: posteriorer cranialer Asymmetrie-Index

vSSW: vollendete Schwangerschaftswoche

GG: Geburtsgewicht

GL: Körperlänge bei Geburt

GKU: Kopfumfang bei Geburt

¹ Die 3D-Scan-Daten wurden im Gesamtprojekt „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Verlaufsanalyse bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus unter Berücksichtigung der vorsprachlichen und psychomotorischen Entwicklung“ erhoben und mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Tabelle 3: *Alter zum Zeitpunkt der Lautaufnahme und des 3D-Scans, sowie 3D-Daten, Gestationsalter und anthropometrische Daten für die Plagiogruppe zum Zeitpunkt der Geburt²*

Gruppe	Sex	Lautaufnahme [d]	3D Scan [d]	DD [cm]	ACAI [%]	PCAI [%]	vSSW [w]	GG [g]	GL [cm]	GKU [cm]	APGAR '5
PG_AH	m	189	189	1,1	9,2	15,1	39	3350	51	36	10
PG_AI	m	181	172	1,7	9,7	26,0	38	3185	51	33	10
PG_AV	w	174	160	1,2	3,1	30,0	39	2690	49	34	8
PG_AZ	m	187	173	1,6	2,3	38,2	39	4115	54	35	10
PG_BA	m	202	188	0,9	7,7	10,3	41	3420	51	35	10
PG_BE	m	160	146	0,8	5,3	13,0	37	2550	50	33	10
PG_BH	m	184	170	1,3	4,0	25,7	38	2700	45	-99	10
PG_BK	m	223	223	0,8	1,3	23,9	40	3740	54	37	10
PG_BN	w	175	175	0,5	7,3	21,5	40	3290	52	32	10
PG_BO	m	181	167	0,8	1,5	23,3	39	3380	50	35	10
PG_BP	m	176	190	1,0	4,7	18,7	37	3750	51	37	9
PG_BQ	m	171	171	0,4	1,0	9,4	39	3865	53	37	10
PG_BR	m	204	212	0,6	2,1	18,2	41	3440	51	35	10
PG_BT	w	204	190	1,1	0,1	26,5	37	3530	51	34	10
PG_BU	m	180	170	1,2	6,9	18,5	39	3435	53	35	10
PG_BY	m	169	155	1,1	13,7	3,3	40	2940	50	35	10
PG_BZ	w	203	203	1,1	6,2	6,4	37	2425	47	34	10
PG_CD	m	141	127	1,9	2,8	45,6	37	2790	50	33	9

Erklärung:

DD: Diagonaldifferenzwert

ACAI: anteriorer cranialer Asymmetrie-Index

PCAI: posteriorer cranialer Asymmetrie-Index

vSSW: vollendete Schwangerschaftswoche

GG: Geburtsgewicht

GL: Körperlänge bei Geburt

GKU: Kopfumfang bei Geburt

² Die 3D-Scan-Daten wurden im Gesamtprojekt „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Verlaufsanalyse bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus unter Berücksichtigung der vorsprachlichen und psychomotorischen Entwicklung“ erhoben und mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Zur Beurteilung der somatischen Reife und um das Vorliegen intrauteriner Wachstumsstörungen zu identifizieren, wurden die Geburtsmaße der in dieser Dissertation untersuchten Probanden in Perzentilkurven (nach Brandt 1986; Voigt/ Schneider/ Jährig 1996) geschlechtsspezifisch eingezeichnet (vgl. Abbildung 4 bis Abbildung 9).

Die hier dargestellten Perzentilkurven entsprechen der 3., 10., 25., 50., 75., 90., und 97. Perzentile. Alle Neugeborenen, die unter der 10. Perzentile liegen, gelten als hypotroph. Neugeborene zwischen der 10. und 90. Perzentile gelten als eutroph, Neugeborene über der 90. Perzentile als hypertroph. Perzentilen basieren auf statistischen Erhebungen von Messwerten geeigneter Geburtskohorten für Geburtslänge, Gewicht und Kopfumfang und der daraus errechneten Normalverteilung. Durch diese Körpermaße verfügt man über objektive Referenzwerte für Wachstum und Entwicklung. Wachstumsprozesse und Wachstumsparameter sind gleichzeitig gute Indikatoren für potenzielle Entwicklungsstörungen (Hesse et al. 1997; Voigt et al. 2001; Hesse et al. 2010). Insbesondere die Veränderung des Kopfumfangs in den ersten zwei Monaten ist zur Beurteilung von möglichen Entwicklungsstörungen wichtig (Tal et al. 2012).

Der aus dem 3D-Scan ermittelte Kopfumfang im Untersuchungsalter wurde ebenfalls in die Perzentilkurven eingetragen (Abbildung 8 und Abbildung 9).

Wie anhand der Abbildung 4 bis Abbildung 9 erkennbar, liefert die Einordnung in die Perzentilenkurven sowohl für die PG als auch für die KG ein durchmisches Bild. In beiden Gruppen gibt es bezüglich der Geburtsmaße sowohl hypotrophe als auch hypertrophe Kinder. Dies belegt die Notwendigkeit der hier vorgenommenen somatischen Kategorisierung der Säuglinge. Besonders die Identifizierung der hypotrophen Kinder scheint interessant, da diese häufig eine intrauterine Wachstumsretardierung und damit Entwicklungsstörung aufweisen. Dies wirft die Frage auf, ob sich gerade diese Kinder in der Analyse als auffällig erweisen. Bei den Perzentilen für die Körperlänge liegen die Kinder KG_BN, KG_AA, KG_AP, KG_AX, KG_AF und

PG_BH unter der 10. Perzentile. Beim Kopfumfang waren dies KG_AN, KG_AP und PG_BN. Bei den Perzentilen für das Geburtsgewicht waren KG_BN, KG_AQ, KG_AX, KG_AP, PG_BZ, PG_AV, PG_BH und PG_BY hypotroph.

Bei den Probanden PG_BH, KG_AC, KG_AQ, KG_BF, KG_BL fehlten die Kopfumfangsdaten zum Zeitpunkt der Geburt in der Gesamtprojektdatenbank am CFCW und konnten deswegen nicht in die Kurven eingetragen werden.

In Tabelle 4 und Tabelle 5 ist der Entwicklungsverlauf des Kopfumfanges im Vergleich von T0 (Geburt) zu T1 (Alter zum Untersuchungszeitpunkt um den 6. Lebensmonat) aufgeführt. Die Werte zeigen, ob das individuelle Wachstum entlang der Perzentile verlief oder verzögert bzw. akzeleriert verlief. Die zwei zum Zeitpunkt T0 (KG_AP, PG_BN) hypotrophen Probanden zeigten zum Zeitpunkt T1 einen eutrophen Kopfumfang. Kind KG_AN blieb hypotroph (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5). Ebenfalls auffällig bezüglich des Kopfumfanges waren die Probanden KG_BI und PG_AI. Sie zeigten zum Zeitpunkt T0 einen eutrophen Kopfumfang; zum Zeitpunkt T1 lagen die Werte unterhalb der 10. Perzentile.

Keines der hier untersuchten Kinder hatte zum Untersuchungszeitpunkt mit der Helmtherapie begonnen. Zu berücksichtigen ist aber die Tatsache, dass bei einigen Kindern der PG Physiotherapie und/oder Osteopathie vor oder während des Untersuchungszeitraumes stattfand. Dies traf auf 83% aller Probanden der PG zu (15 Kinder). Davon hatten 50% (9 Kinder) Physiotherapie, 22% Osteopathie (4 Kinder) und 11% beides (2 Kinder). Lediglich bei 2 Kindern (11%) fand keine Therapie im Untersuchungszeitraum statt. Bei einem Kind (PG_BK) lagen keine Angaben in der Gesamtprojektdatenbank vor. Ob Physiotherapie oder Osteopathie einen Einfluss auf die untersuchten akustischen Eigenschaften hat, wird im Kapitel 3.5 überprüft.

Tabelle 4: Entwicklungsverlauf des Kopfumfangs der Kontrollgruppe von T0 zu T1

Kind	vSSW	KU Geburt [cm]	Perzentile T0	T1 [Monat]	KU T1-Scan[cm]	Perzentile T1	Perzentile im Verlauf
KG_AA	38	34	eutroph	5,7	42	eutroph	1
KG_AB	37	33	eutroph	6,6	44	eutroph	0
KG_AC	40	-99	k.A	7,0	44	eutroph	-
KG_AF	39	34	eutroph	6,8	44	eutroph	0
KG_AJ	37	36	hypertroph	6,3	47	hypertroph	0
KG_AM	40	36	hypertroph	6,5	44	eutroph	1
KG_AN	39	33	hypotroph	6,9	43	hypotroph	0
KG_AP	39	32	hypotroph	6,5	42	eutroph	2
KG_AQ	38	-99	k.A	5,6	42	eutroph	-
KG_AS	40	36	hypertroph	5,7	43	eutroph	1
KG_AU	41	35	eutroph	6,2	44	eutroph	0
KG_AW	38	36	hypertroph	6,1	45	eutroph	1
KG_AX	39	34	eutroph	7,0	44	eutroph	0
KG_BF	41	-99	k.A	6,3	44	eutroph	-
KG_BI	39	34	eutroph	6,3	42	hypotroph	1
KG_BL	37	-99	k.A	6,5	46	eutroph	-
KG_BN	38	34	eutroph	6,2	43	eutroph	1

Erklärung:

vSSW: vollendete Schwangerschaftswoche

KU: Kopfumfang

T0: bei Geburt

T1: Alter beim ersten 3D-Scan

0: auf Perzentile geblieben

1: von Perzentile gesunken

2: von Perzentile gestiegen

Tabelle 5: Entwicklungsverlauf des Kopfumfangs der Plagiogruppe von T0 zu T1

Kind	vSSW	KU Geburt [cm]	Perzentile T0	T1 [Monat]	KU T1-Scan[cm]	Perzentile T1	Perzentile im Verlauf
PG_AH	39	36	eutroph	6,3	45	eutroph	1
PG_AI	38	33	eutroph	5,7	42	hypotroph	1
PG_AV	39	34	eutroph	5,3	42	eutroph	0
PG_AZ	39	35	eutroph	5,8	43	eutroph	1
PG_BA	41	35	eutroph	6,3	44	eutroph	0
PG_BE	37	33	eutroph	4,9	43	eutroph	1
PG_BH	38	-99	k.A	5,7	44	eutroph	-
PG_BK	40	37	eutroph	7,4	45	eutroph	1
PG_BN	40	32	hypotroph	5,8	42	eutroph	2
PG_BO	39	35	eutroph	5,6	45	eutroph	2
PG_BP	37	37	hypertroph	6,3	44	eutroph	1
PG_BQ	39	37	hypertroph	5,7	43	eutroph	1
PG_BR	41	35	eutroph	7,1	46	eutroph	2
PG_BT	37	34	hypertroph	6,3	45	hypertroph	0
PG_BU	39	35	eutroph	5,7	43	eutroph	1
PG_BY	40	35	eutroph	5,2	42	eutroph	1
PG_BZ	37	34	hypertroph	6,8	45	eutroph	0
PG_CD	37	33	eutroph	4,2	43	eutroph	2

Erklärung:

vSSW: vollendete Schwangerschaftswoche

KU: Kopfumfang

T0: bei Geburt

T1: Alter beim ersten 3D-Scan

0: auf Perzentile geblieben

1: von Perzentile gesunken

2: von Perzentile gestiegen

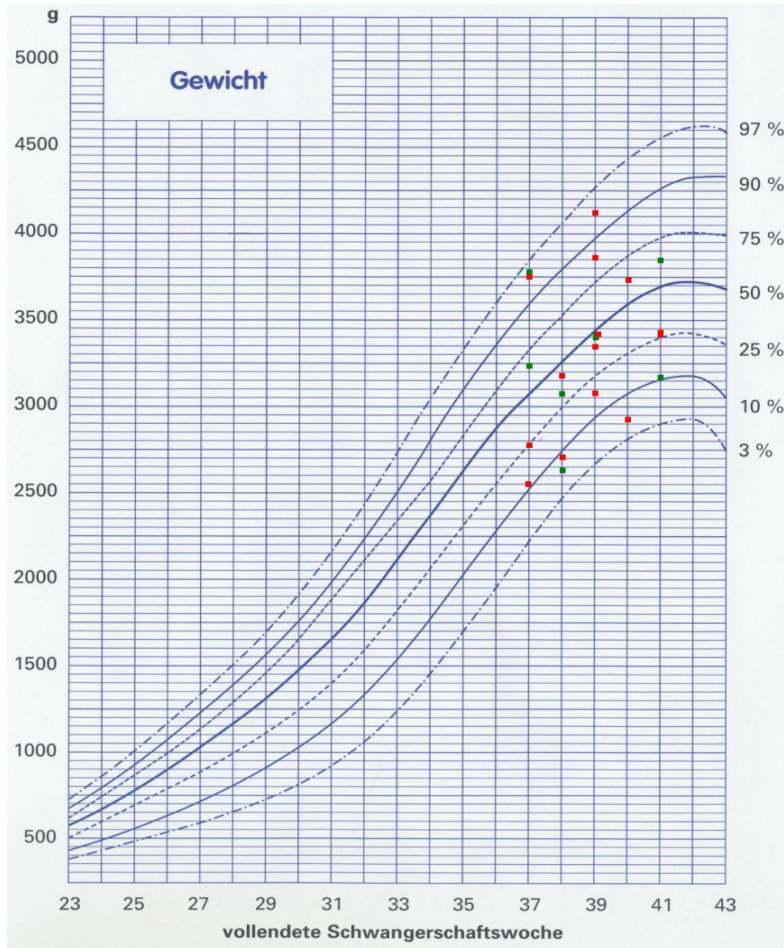


Abbildung 4: Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für das Geburtsgewicht
grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

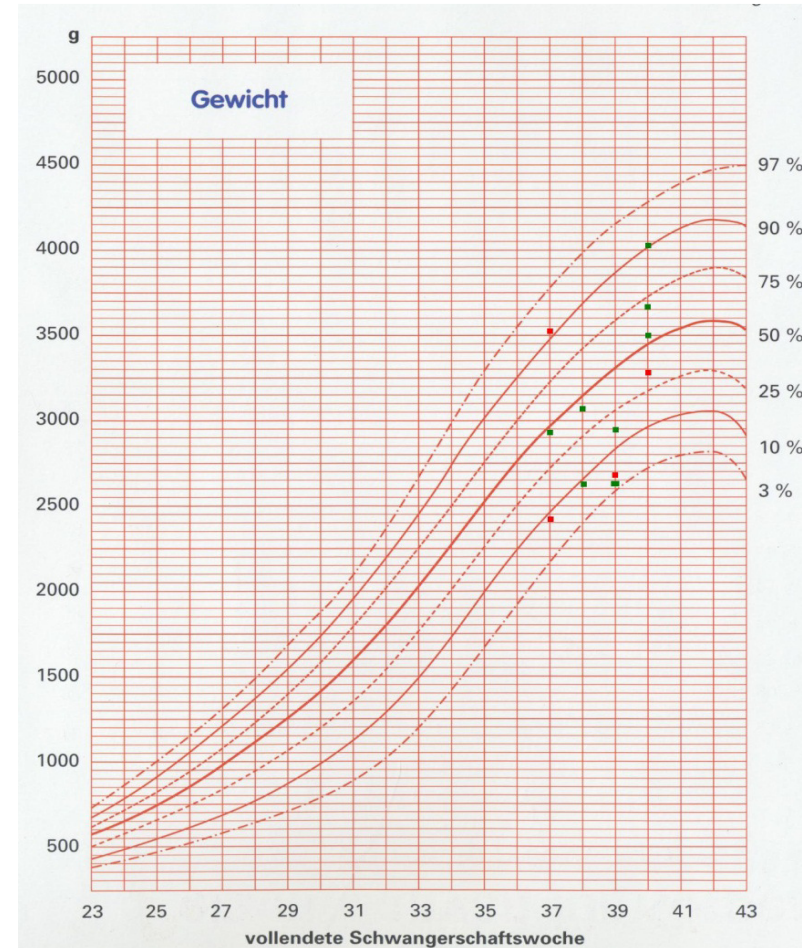


Abbildung 5: Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für das Geburtsgewicht
grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

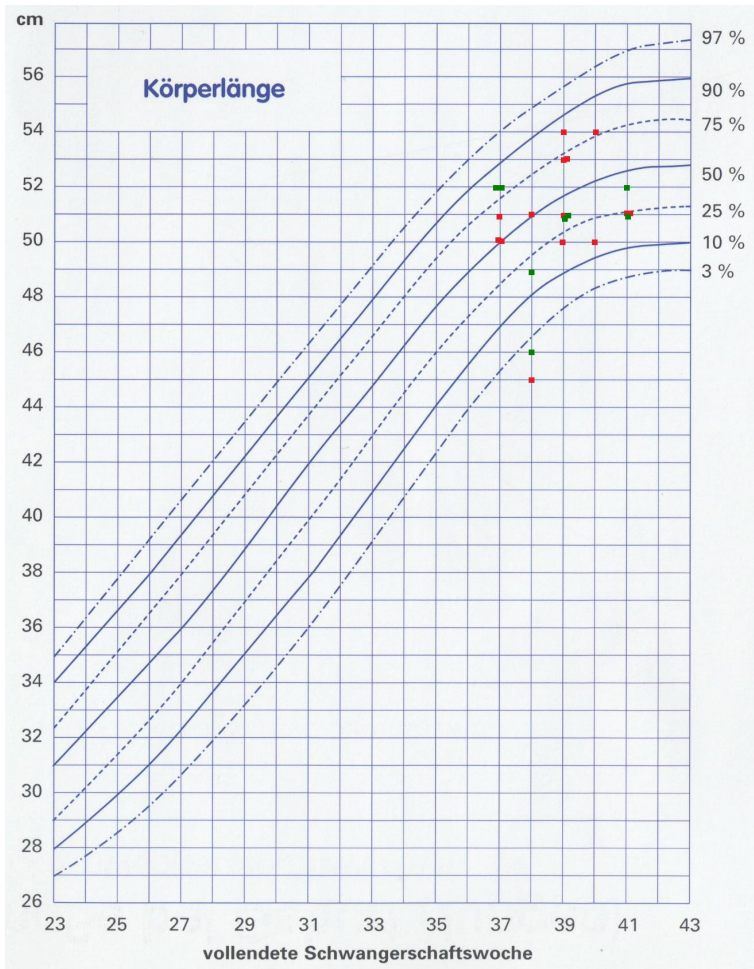


Abbildung 6: Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für die Geburtslänge
grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

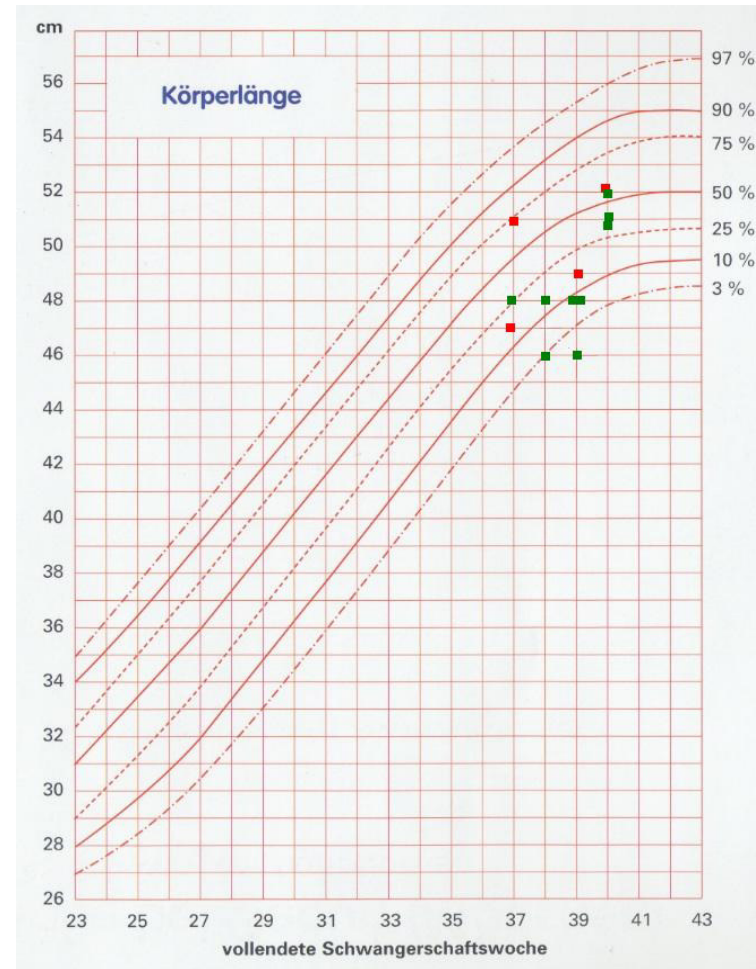


Abbildung 7: Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für die Geburtslänge
grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

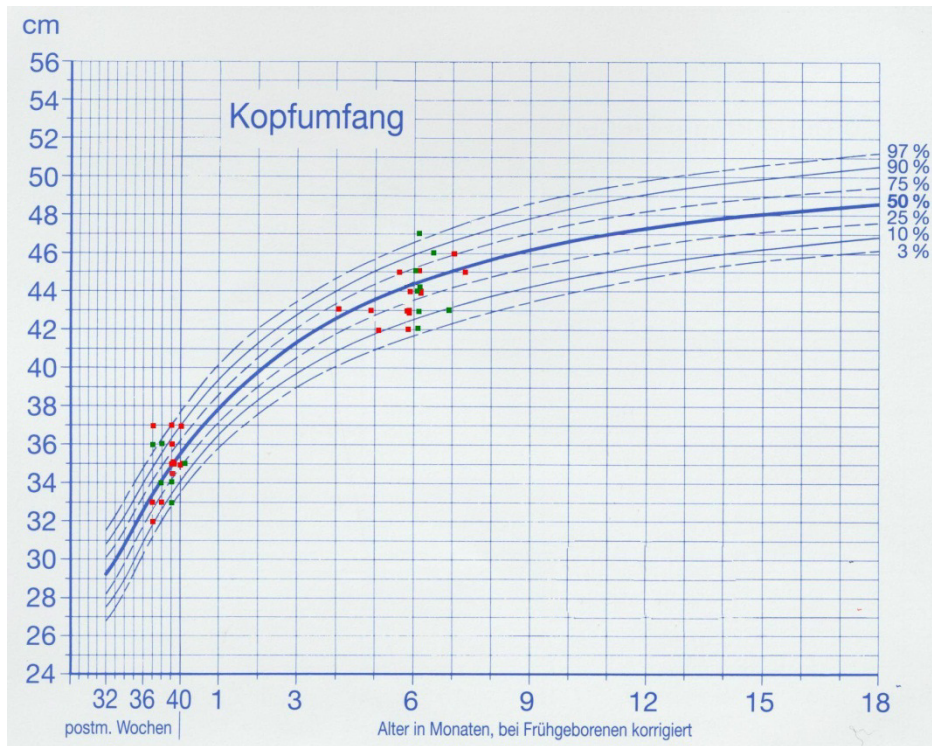


Abbildung 8: Verlauf der Lage der männlichen Probanden in den Perzentilkurven für den Kopfumfang (nach: Brandt 1986) zur Geburt und T1
Grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

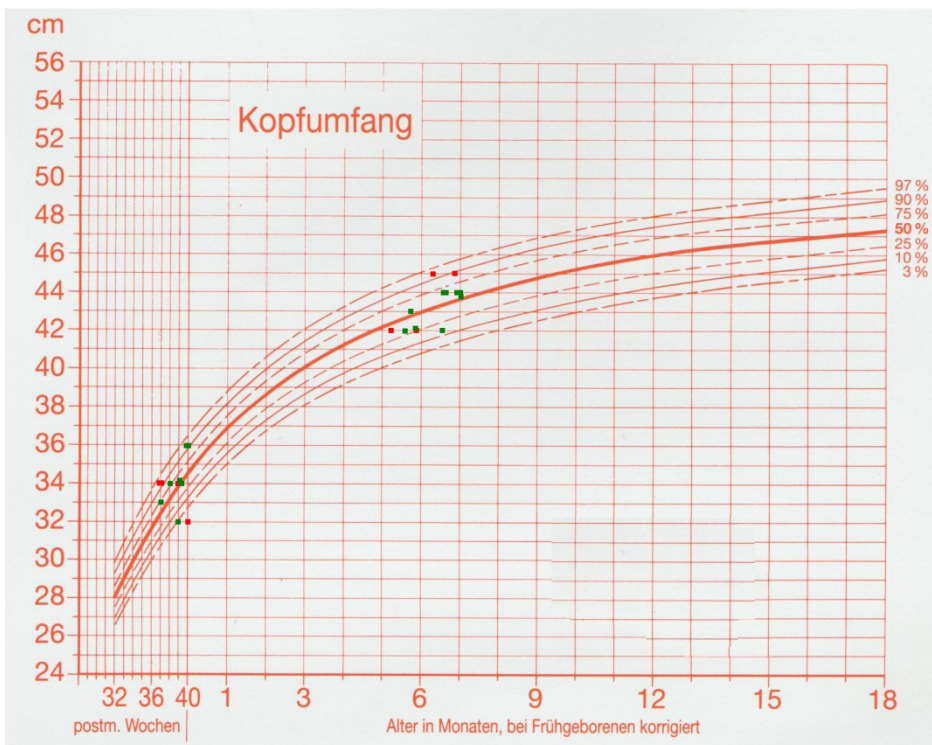


Abbildung 9: Verlauf der Lage der weiblichen Probanden in den Perzentilkurven für den Kopfumfang (nach: Brandt 1986) zur Geburt und T1
grün: Kontrollgruppe; rot: Plagiogruppe

In Tabelle 6 ist noch einmal zusammengestellt, bei welchen Probanden sich trotz sorgfältiger Vorauswahl nachträglich, bei wiederholter Kontrolle der Angaben, doch geringfügig Abweichungen von den in Tabelle 1 geforderten Kriterien ergaben. Dies betrifft im Wesentlichen das Aufnahmealter und die bei der Rekrutierung im CFCW-Gesamtprojekt nicht berücksichtigten intrauterinen Wachstumsretardierungen (Hypotrophie, SGA-Neugeborene). Bei der kindbasierten Analyse wurden diese Kinder besonders berücksichtigt. Es gab zum Zeitpunkt der Datenanalyse für vorliegende Untersuchung keine anderen Probanden im CFCW-Gesamtprojekt, die gegen die nicht ganz „optimalen“ hätten ausgetauscht werden können.

Tabelle 6: Besonderheiten einzelner Probanden

Proband	Kriterium der Besonderheit
KG_AA	Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
KG_AF	Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
KG_AN	Kopfumfang bei Geburt, unterhalb der 10. Perzentile Kopfumfang T1, unterhalb der 10. Perzentile
KG_AP	Kopfumfang bei Geburt, unterhalb der 10. Perzentile Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile bilingual (polnisch)
KG_AQ	Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
KG_AX	Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile zum Untersuchungszeitpunkt bereits 211 Tage alt
KG_BF	bilingual (französisch)
KG_BI	Kopfumfang T1 unterhalb der 10. Perzentile weniger als 30 Laute
KG_BN	Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
PG_AI	Kopfumfang T1, unterhalb der 10. Perzentile
PG_AV	Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
PG_BH	Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
PG_BN	Kopfumfang bei Geburt, unterhalb der 10. Perzentile
PG_BK	zum Untersuchungszeitpunkt bereits 223 Tage alt
PG_BY	Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
PG_BZ	Körpergewicht bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile
PG_CD	zum Untersuchungszeitpunkt erst 141 Tage alt

2.3 Aufzeichnen der Säuglingsvokalisationen

Im Rahmen des Projektes wurden die Lautaufnahmen von der Verfasserin der vorliegenden Arbeit selbst durchgeführt, bzw. wenn dies nicht möglich war, von anderen wissenschaftlichen Mitarbeitern am ZVES oder die CFCW-Mitarbeiterin Frau Sandra Habel erstellt. Dies geschah um den 6. Lebensmonat der Probanden und war in den Untersuchungsablauf des Gesamtprojektes parallel zu 3D-Scan und Voruntersuchung für eine spätere Helmtherapie eingebettet. Auf die Koordinierung der Lautaufnahmen (Alter der Kinder) hatte die Autorin vorliegender Arbeit daher nur bedingt Einfluss.

Im Durchschnitt waren die Probanden 186 Tage [d] alt (Standardabweichung: 16,3 [d]). Im Ergebnisteil (Kapitel 3.1.2, Abbildung 23, Abbildung 24) wird auf die relativ breite Spannweite der Lautaufnahmen und des 3-D Scanzeitpunktes noch einmal eingegangen.

Zu jeder Aufnahme wurde ein Aufnahmeprotokoll geführt, das näher auf Rahmenbedingungen eingeht, wie z.B. Datum, Uhrzeit, Bewegungen und Befindlichkeit des Kindes, Erkrankungen und Besonderheiten in der kindlichen Entwicklung.

Die Aufnahmen fanden in der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg in einem abgeschirmten und umgebungslautfreien Raum statt. Alle Vokalisationen wurden spontan während einer standardisierten Spielsituation mit einem Digitalrekorder vom Typ TASCAM DR-100 und einem Earthworks Mikrofon vom Typ TC20 mit einer Abtastfrequenz von 48 Kilohertz (kHz) und einer Dynamikbreite von 16 Bit aufgenommen. Es wurde manuell angesteuert. Dabei wurde das Mikrofon in einem Abstand von circa 15 cm vor den Mund des Kindes gehalten. Die Aufnahmedauer war dabei auf maximal 30 Minuten beschränkt. Ziel war es, mindestens 30, nach Aussage der Mutter, repräsentive Komfortvokalisationen aufzuzeichnen. Insgesamt wurden ca. 3000 Laute aufgenommen und einer computerbasierten Voranalyse unterzogen.

2.4 Datenanalyse

Ein kleiner Teil der hier ausgewerteten Aufnahmen lag bereits im ZVES-Labor in vorverarbeiteter Form vor, d.h. es existierten bereits WAV-Dateien und Frequenzspektrogramme mit zugehörigem Melodie- und Intensitätsdiagramm. Für die Mehrzahl der Rohdaten (Originalaufnahmen) hat die Autorin der vorliegenden Arbeit die komplette Archivierung und Voranalyse (siehe Kapitel 2.4.1) nach den vorgeschriebenen Routinen am ZVES selbst durchgeführt. Mit Hilfe des Sprachanalyseystems Computer Speech Laboratory 4400 (CSL) der Firma KAY/PENTAX (USA) wurden die Lutaufnahmen in den Computer eingelesen, abgehört, falls erforderlich verstärkt, Komfortlaute manuell segmentiert und pseudonymisiert in Form von Audiofiles für Einzelvokalisationen abgespeichert.

Für jeden einzelnen Komfortlaut wird mit dem CSL System im ZVES eine automatische instationäre Spektralanalyse mittels Fouriertransformation durchgeführt, Schmalbandspektrogramme berechnet und dargestellt; also Grundfrequenz und Harmonische (Obertöne) visualisiert. In Einzelfällen wurden die Frequenzspektren mit Hilfe der Software Praat, Version 5.0.34 (Boersma/Weenink 2009) von der Autorin zusätzlich erstellt. In der Abbildung 10 ist ein Ausgabefenster aus Praat zu sehen. Im unteren Fenster wird ein Schmalbandspektrogramm ausgegeben. Die unterste Linie stellt die Grundfrequenz, die darüberliegenden Linien stellen ihre Harmonischen dar. Die x-Achse gibt die Zeit in Sekunden (s) an und ist je nach Lautlänge variabel. Die y-Achse zeigt die Frequenz linear bis 4000 Hz. Der Verlauf der Grundfrequenz kann grob am Verlauf der höheren Harmonischen beurteilt werden. Der Verlauf der Grundfrequenz in der Zeit, die Melodie, wird durch die unterste Linie im Spektrogramm wiedergegeben. Spektrale Lauteigenschaften, wie z.B. Subharmonische, Rauschbanden und Frequenzsprünge, sind ebenfalls auswertbar. Die Intensität bzw. der Energiegehalt der einzelnen Frequenzbereiche wird durch eine Grauwertskala angegeben, wobei Schwarz für die höchste Energiedichte steht. Im oberen Fenster ist die korrespondierende Amplitude des Signals gegen die Zeit in Sekunden aufgetragen.

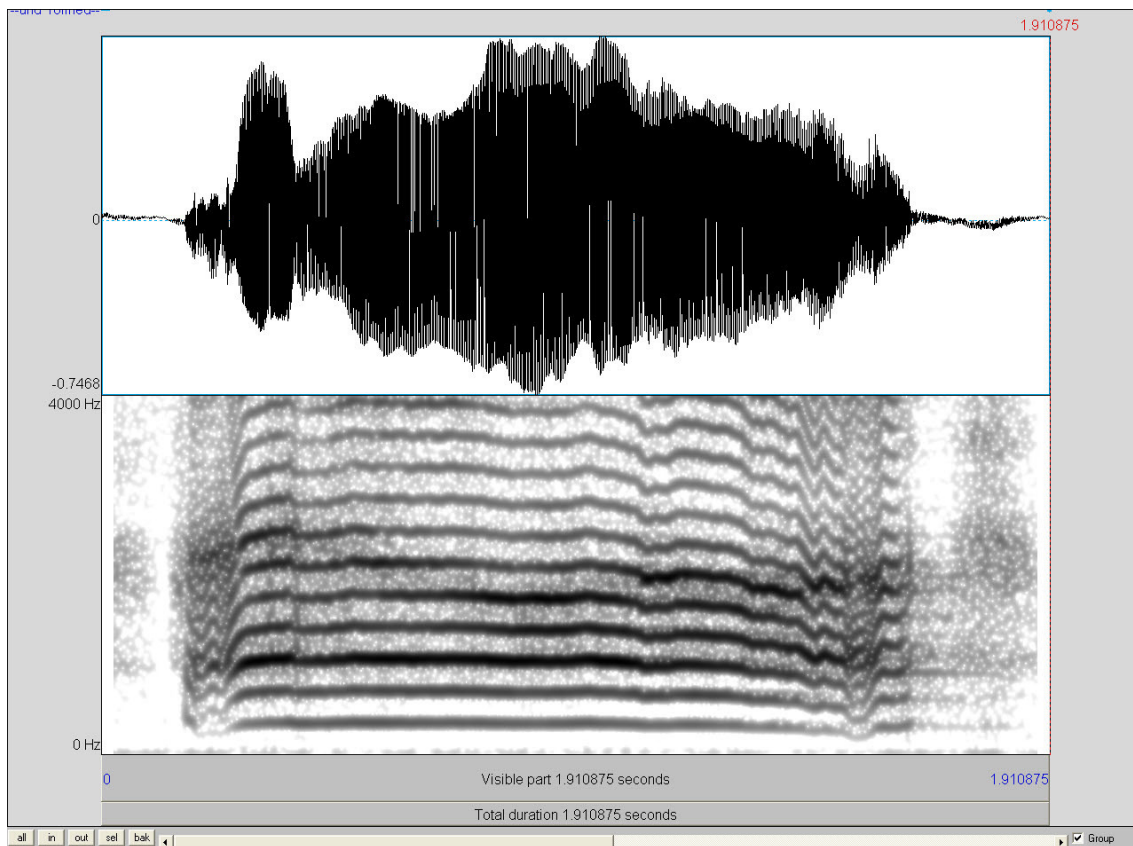


Abbildung 10: Schmalbandspektrogramm (PRAAT-System) eines Komfortlautes

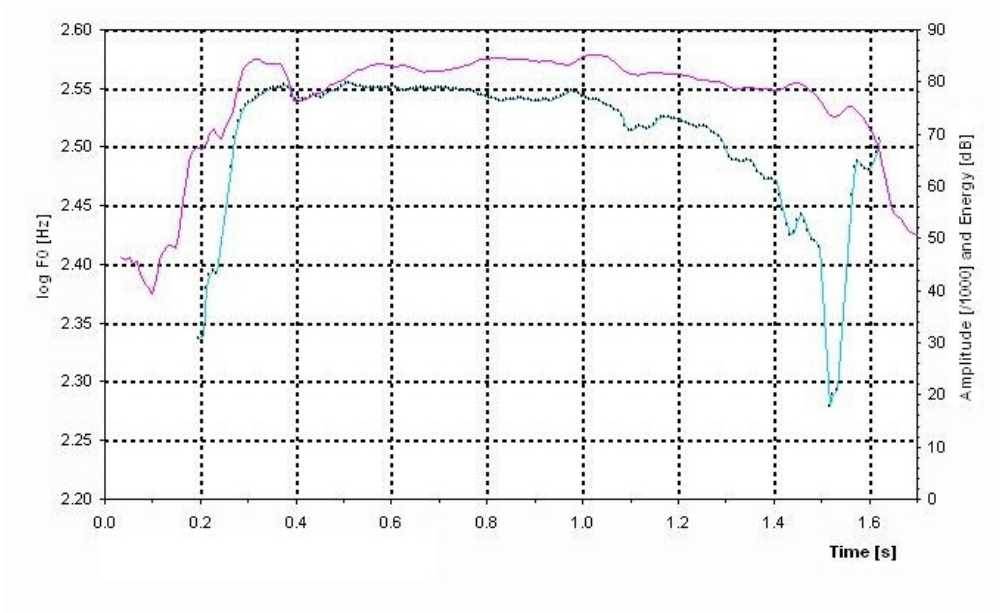


Abbildung 11: Melodie-/Intensitätsdiagramm (CDAP-System) des in Abbildung 10 dargestellten Komfortlautes
Der Melodieverlauf ist blau dargestellt, der Intensitätsverlauf lila.

Für die Grundfrequenz (F0)-Analyse wurde mittels Praat nach im ZVES entwickelten automatischen Routinen der Verlauf der Melodie berechnet und danach mit dem Programm CDAP (Cry-Data-Analysis-Program; „pw-project“) dargestellt und weiter analysiert. Die Verfasserin der vorliegenden Arbeit hat die Ergebnisse der F0-Analyse mittels Praat für jeden einzelnen Komfortlaut anhand der Spektren kontrolliert und gegebenenfalls interaktiv nachberechnet und korrigiert. Erst danach erfolgte die weitere Auswertung der Daten mit CDAP (siehe Kapitel 2.4.6).

In Abbildung 11 ist das Melodie- und Intensitätsdiagramm eines Komfortlautes dargestellt. Die x-Achse gibt die Zeit in Sekunden an, die y-Achse links zeigt den Logarithmus oder, je nach Einstellung, die Werte der Grundfrequenz linear. Die Melodie ist als blaue Linie dargestellt. Die y-Achse rechts zeigt den Intensitätsverlauf (lila Linie) in dB. Die Dezimalstellenmarkierung sowie die Skalenbezeichnung im Melodie-/Intensitätsdiagramm sind im CDAP-System nur in Englisch verfügbar.

2.4.1 Akustische Voranalyse

Alle Einzelvokalisationen pro Aufnahme jedes Kindes wurden zur Voranalyse im CDAP-Modul „Alben“ auditiv abgehört, die Frequenzspektren visuell beurteilt und mindestens 30 fortlaufende Einzelvokalisationen ab dem Einsetzen erster Komfortlautproduktionen pro Kind ausgewählt. Nicht berücksichtigt wurden Weinen, Lachen, zu leise oder übersteuerte Laute sowie Signale mit Nebengeräuschen. Die akustische Voranalyse erlaubte eine gezielte Auswahl charakteristischer Komfortlaute für die weitere Auswertung. So wurden insgesamt 1941 repräsentative Einzelvokalisationen für die weitere Analyse ausgewählt. Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die in der folgenden Analyse berücksichtigten Komfortlaute.

Tabelle 7: Anzahl der analysierten Vokalisationen pro Säugling und Gruppe

Code	Anzahl unsegmentierter Vokalisationen (UV)	Anzahl segmentierter Vokalisationen (SV)
PG_AH	33	3
PG_AI	63	7
PG_AV	61	11
PG_AZ	43	4
PG_BA	29	14
PG_BE	20	12
PG_BH	32	18
PG_BK	29	7
PG_BN	49	15
PG_BO	41	9
PG_BP	57	3
PG_BQ	33	14
PG_BR	54	11
PG_BT	73	13
PG_BU	50	2
PG_BY	27	5
PG_BZ	36	9
PG_CD	41	13
Gesamt PG	771	170
KG_AA	35	2
KG_AB	40	6
KG_AC	46	3
KG_AF	62	6
KG_AJ	52	13
KG_AM	109	12
KG_AN	61	21
KG_AP	55	6
KG_AQ	47	8
KG_AS	32	20
KG_AU	38	14
KG_AW	44	18
KG_AX	26	24
KG_BF	48	4
KG_BI	22	5
KG_BL	43	13
KG_BN	52	13
Gesamt KG	812	188
Gesamt KG+PG	1583	358
<u>GESAMT</u>		1941

2.4.2 Klassifizierung der Vokalisations- und Melodiestructur

Mit Hilfe des CDAP-Moduls „QSS“ erfolgte eine Klassifizierung aller 1941 Einzelvokalisationen nach spektralen und melodischen Eigenschaften. Das Grundprinzip dieser Klassifizierung wurde von Wermke (2002) erarbeitet. In der vorliegenden Dissertation wurde es vereinfacht angewendet, wie es auch für praktische klinische Zwecke am ZVES verwendet wird.

Zunächst erfolgte die Einteilung nach der Vokalisationsstruktur in zwei Hauptgruppen. Dazu wurden die Melodie-/Intensitätsdiagramme und die Frequenzspektren verwendet. Es wurde zwischen segmentierten Vokalisationen (SV) und unsegmentierten Vokalisationen (UV) unterschieden.

Unter einer Segmentierung versteht man eine Vokalisationspause innerhalb eines Komfortlautes, in der aber keine Inspiration stattfindet. Segmentierungen entstehen dadurch, dass die Schwingungen der Stimmlippen für kurze Zeit intentional angehalten werden (eine Art glottaler Stop). Sie können sowohl vollständig als auch unvollständig sein (siehe Abbildung 12 bis Abbildung 14).

Von einer vollständigen Segmentierung spricht man, wenn im Spektrogramm keine Harmonischen in der Segmentierungspause auszumachen sind. Ist akustisch zwar eine Segmentierung hörbar, aber sind im Pausenbereich Harmonische oder Rauschbanden sichtbar, spricht man von einer unvollständigen Segmentierung. Ist nur akustisch eine Pause zu hören, diese im Spektrogramm jedoch nicht sichtbar, handelt es sich um einen Segmentierungsansatz. Bei der Auswertung der Segmentierungen wurde in dieser Arbeit nicht zwischen unvollständigen und vollständigen Segmentierungen unterschieden.

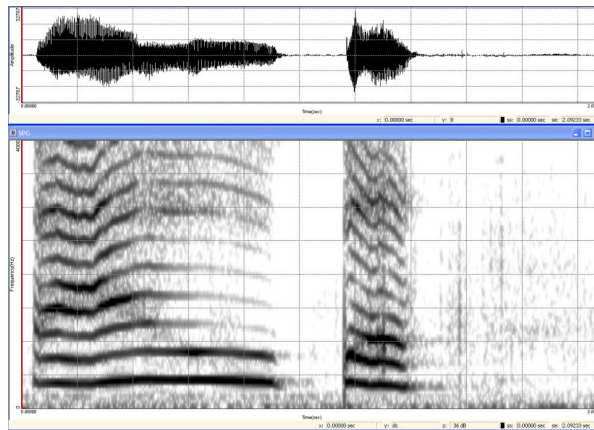


Abbildung 12: Beispiel für eine vollständige Segmentierung (CDAP) in einem zweisilbigen Komfortlaut am 207. Lebenstag eines Kindes der KG

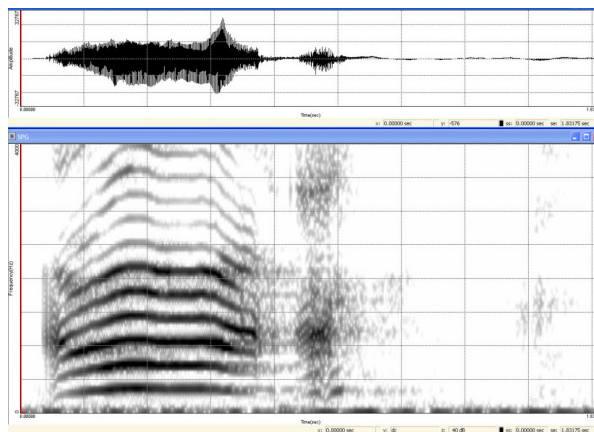


Abbildung 13: Beispiel für eine unvollständige Segmentierung (CDAP) in einem zweisilbigen Komfortlaut am 160. Lebenstag eines Kindes der PG

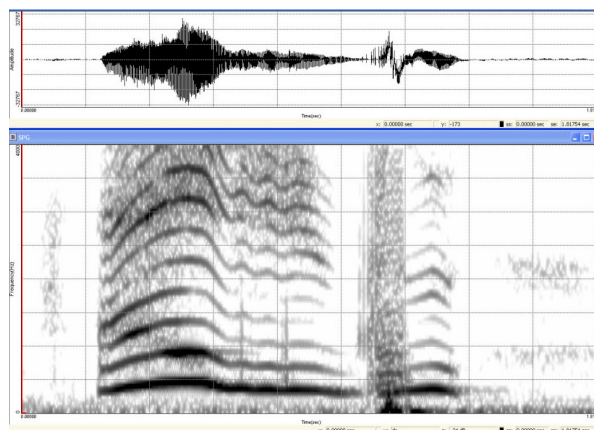


Abbildung 14: Beispiel für einen Segmentierungsansatz, der durch die Erzeugung eines konsonantischen Elements entsteht (CDAP) am 207. Lebenstag eines Kindes der KG

Für die Identifizierung einer Segmentierung innerhalb eines zielsprachlich geprägten Babbellautes, auch kanonischer Babblar genannt, wurde eine Mindestpausenlänge von 200 ms festgelegt. Für alle anderen Vokalisationstypen galt eine Mindestpausenlänge von 50 ms. Kriterium für eine Segmentierung war zusätzlich ein Intensitätsabfall von >9 dB an der Segmentierungsposition. In der vorliegenden Arbeit wurde die Anzahl der Segmentierungen nicht, wie im Vollsystem der *Vorsprachlichen Diagnostik* üblich, berücksichtigt, sondern alle segmentierten Vokalisationen in die Kategorie SV eingeordnet. Lag keine Segmentierung innerhalb der Einzelvokalisation vor, wurde sie in der Kategorie UV erfasst (siehe Tabelle 8). Dabei ist ein Melodiebogen durch einen Hub von mindestens drei Halbtönen und eine Länge von mehr als 150 ms definiert. Die spezifische Form und genaue Anzahl der Bögen wurde in dieser Arbeit nicht unterschieden (vgl. Wermke 2002; Lind 2007). Es wurde lediglich für eine Probandenuntergruppe von 20 Kindern bei der Strukturanalyse vermerkt, ob es sich um Einfach- oder Mehrfachbögen (MB) bei einer Vokalisation handelte, um so beispielhaft den Komplexitätsgehalt im Vokalisationsrepertoire (MCI) zu berechnen (siehe Kapitel 2.4.3). Ein zentraler Aspekt der *Vorsprachlichen Diagnostik* am ZVES ist die Erfassung der Komplexität der Frequenzmodulation von Einzelvokalisationen (Wermke/ Leising/ Stellzig-Eisenhauer 2007; Wermke/ Mende 2011). Dabei wird zwischen Vokalisationen mit einfacher Melodiestructur (einzelner auf- dann absteigender Melodiebogen) und komplexer Melodiestructur (Mehrfachbögen) unterschieden. Je höher der Anteil von Vokalisationen mit mehrböiger Melodie innerhalb eines repräsentativen Aufnahmeintervalls ist, desto weiter ist der Säugling in seiner vorsprachlichen Entwicklung.

Tabelle 8: Einteilung der Melodiestructuren

Übergeordnete Einteilung	Kategorie ZVES	Kategorie Dissertation	Beispiel
einfache Strukturen (ES)	UL	UV	Abbildung 10
komplexe Strukturen (KS)	MB	UV	Abbildung 18
	SL	SV	Abbildung 12

Erklärung: UL: unsegmentierte Laute; UV: unsegmentierte Vokalisationen; MB: Mehrfachbögen; SL: segmentierte Laute; SV: segmentierte Vokalisationen

2.4.3 Berechnung des MCI

Analog zu Wermke et al. (2007) wurde der im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie (<http://glad-study.cbs.mpg.de/>) entwickelte MCI für 20 ausgewählte Probanden (die sogenannte „High Contrast-Group“) berechnet. Diese Gruppe (10 PG und 10 KG) wurde von den ärztlichen Studienleitern zusammengestellt, wobei ein maximaler Kontrast bezüglich des Diagonaldifferenzwertes als Kriterium der Auswahl verwendet wurde.

Der MCI ist ein Maß für die von einem Säugling in den Melodiestrukturen erreichte Komplexität. Er ist definiert als der Quotient aus der Anzahl der komplexen Strukturen (KS) durch die Gesamtzahl der Laute eines Zeitraumes. Die Gesamtzahl setzt sich aus der Summe von komplexen und einfachen Strukturen (ES) zusammen. Zu den KS zählen Mehrfachbögen und Segmentierungen.

$$\text{MCI} = \frac{[\text{KS}]}{[\text{KS}] + [\text{ES}]}$$

Je höher der erreichte MCI ist, desto komplexer sind die Melodien. Ein hoher MCI korreliert mit der Reife und dem vorsprachlichen Entwicklungsstatus des Säuglings. Ein niedriger MCI kann ein erhöhtes Risiko für spätere Sprachverzögerung anzeigen (vgl. Wermke/ Leising/ Stellzig-Eisenhauer 2007; Wermke et al. 2010).

2.4.4 Auswertung spezifischer spektraler Merkmale

In der Strukturanalyse wurden neben den oben genannten Merkmalen weitere spektrale Merkmale (Rauschelemente und Subharmonische) ausgewertet. Phonatorische Rauschanteile in den Vokalisationen wurden nach ihrer zeitlichen Dauer und Lage beurteilt und folgenden Gruppen zugeordnet: 1. Rauschen am Rand: (RR) am Anfang und/oder Ende; 2. Rauschen Mitte: (RM) im zentralen Bereich; 3. Rauschen ganz (RG): überwiegend verrauschte Struktur (siehe Abbildung 15 bis Abbildung 17 und Tabelle 9). Laute, bei denen RG vorlag, wurden in der QSS Maske nicht weiter kategorisiert, d.h. nicht bezüglich ihrer Vokalisations- und Melodiestructur ausgewertet.

Rauschelemente sind häufig bei jungen Säuglingen ein Zeichen noch nicht ausgereifter laryngo-respiratorischer Kontrolle und nehmen mit dem Alter ab (vgl. Fuamenya 2010). Das gilt auch für ein weiteres spektrales Merkmal, das Auftreten von Subharmonischen (SH). Dieses Phänomen wurde auch anhand der Schmalbandspektrogramme (siehe Abbildung 10) erfasst.

Bei älteren Säuglingen unterscheidet man zwei Arten von Rauschphänomenen. Phonologische Rauschphänomene kommen durch eine laryngeale Kontrollinstabilität zustande. Supralaryngeal gebildete Rauschphänomene werden intentional erzeugt und entstehen durch das Engstellen des Vokaltraktes, um primitive konsonantische Elemente in die Vokalisation einzubauen. Bei der folgenden Auswertung wurden diese Unterschiede jedoch nicht berücksichtigt.

Tabelle 9: Anzahl spezifischer spektraler Elemente

Code	UV_SH	SV_SH	UV_RR	UV_RM	SV_RR	SV_RM
PG_AH	4	0	1	1	0	1
PG_AI	11	1	9	3	1	0
PG_AV	17	3	3	3	2	0
PG_AZ	16	1	3	2	0	0
PG_BA	5	2	1	0	2	3
PG_BE	3	1	0	1	0	2
PG_BH	1	3	7	1	8	0
PG_BK	3	2	1	2	0	2
PG_BN	3	1	4	2	3	4
PG_BO	9	1	1	1	0	2
PG_BP	15	0	4	0	0	0
PG_BQ	8	2	0	3	0	1
PG_BR	6	1	6	2	3	2
PG_BT	36	9	2	1	0	1
PG_BU	11	0	0	1	0	0
PG_BY	6	0	3	1	1	0
PG_BZ	0	0	0	0	0	3
PG_CD	2	0	3	0	2	0
Gesamt PG	156	27	48	24	22	21
KG_AA	6	0	0	0	0	0
KG_AB	2	1	0	1	1	0
KG_AC	17	1	7	8	0	1
KG_AF	3	0	2	0	2	1
KG_AJ	18	5	3	1	2	3
KG_AM	31	1	6	12	0	1
KG_AN	4	1	2	2	1	0
KG_AP	12	2	2	1	0	0
KG_AQ	17	3	5	4	2	0
KG_AS	9	3	4	1	5	1
KG_AU	1	3	2	0	1	1
KG_AW	1	2	9	1	9	0
KG_AX	7	6	0	2	10	9
KG_BF	5	0	5	0	1	0
KG_BI	0	0	0	0	0	0
KG_BL	19	6	9	4	1	0
KG_BN	3	0	3	5	0	2
Gesamt KG	155	34	59	42	35	19
Gesamt KG+PG	311	61	107	66	57	40

Erklärung:

UV_SH: subharmonische Elemente in den unsegmentierten Vokalisationen

SV_SH: subharmonische Elemente in den segmentierten Vokalisationen

UV_RR: Rauschen Rand bei den unsegmentierten Vokalisationen

UV_RM: Rauschen Mitte bei den unsegmentierten Vokalisationen

SV_RR: Rauschen Rand bei den segmentierten Vokalisationen

SV_RM: Rauschen Rand bei den segmentierten Vokalisationen

2 Material und Methoden

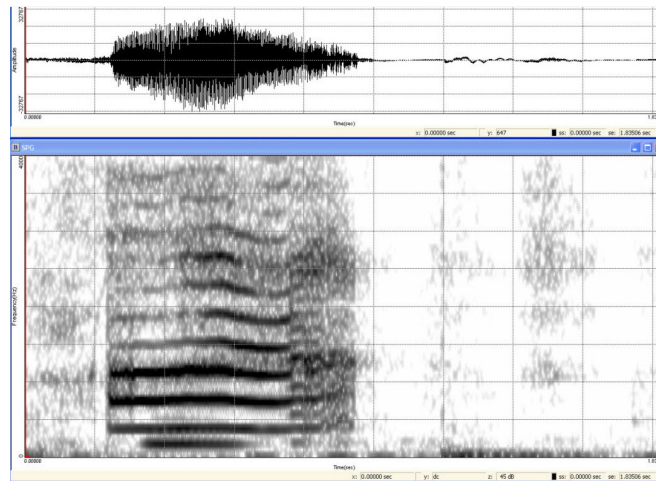


Abbildung 15: Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Rand (phonatorisch)

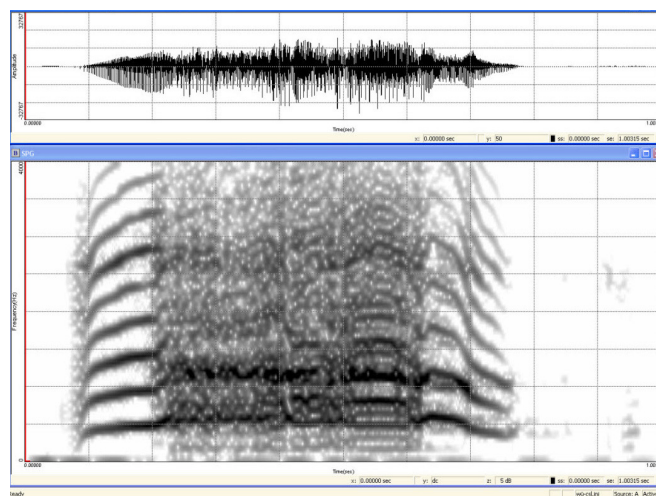


Abbildung 16: Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Mitte (phonatorisch)

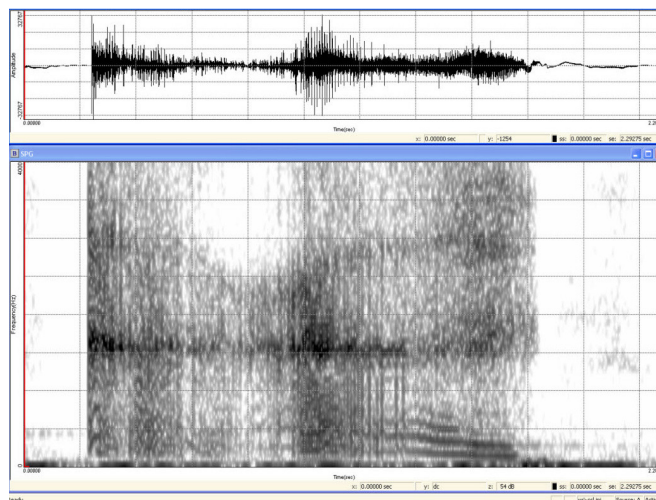


Abbildung 17: Beispiel für eine Vokalisation (CDAP) mit dem Phänomen Rauschen Ganz (artikulatorisch)

2.4.5 Quantitative Analyse melodischer und zeitlicher Parameter

Nach Bestimmung der spektralen und melodischen Struktureigenschaften jeder Einzelvokalisation wurden zusätzlich rhythmische und prosodische Eigenschaften, wie z.B. Vokalisationshub, Vokalisationslänge, Frequenzmaximum und Frequenzminimum und, wenn vorliegend, Pausenlänge vermessen. Die errechneten Melodien können „spikeartige Werte“ enthalten, die sich auf Algorithmus-Artefakte zurückführen lassen. Mit Hilfe eines Tiefpass-Filters wurde dieser Effekt vor der Vermessung eliminiert. Die Vermessung erfolgte interaktiv mit Hilfe manuell gesetzter Cursor am Vokalisationsanfang und -ende bzw. Pausenanfang und -ende bei segmentierten Strukturen.

Wenn An- und/oder Endwellen vor dem Melodiehauptbogen vorhanden waren, wurden diese separat vermessen, allerdings nicht bei Kurzlauten (<300 ms). Bei fehlender oder fehlerhafter Grundfrequenz, z.B. am Lautanfang aufgrund von Rauschelementen oder bei Auftreten von Subharmonischen, wurde nur die Lautlänge, durch Vermessung auf der Intensitätskurve, ermittelt. Es wurden insgesamt 941 Laute der PG und 1000 Laute der KG vermessen. Die Ergebnisse wurden automatisch in Excel-Dateien gespeichert. Die Abbildung 18 zeigt ein Beispiel für das Vermessen einer Vokalisation.

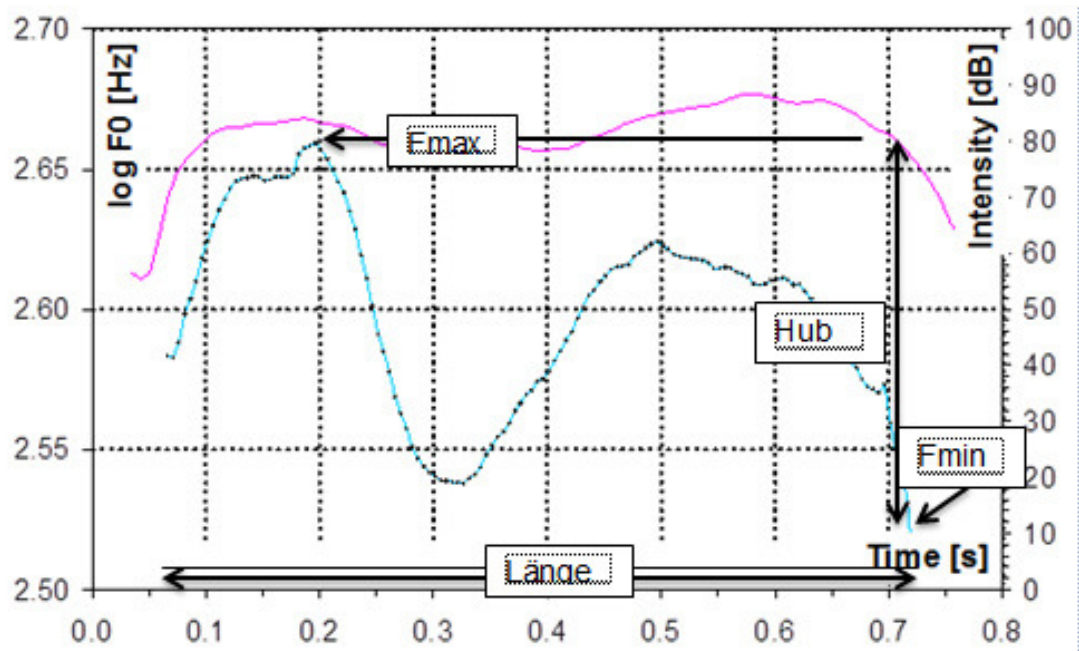
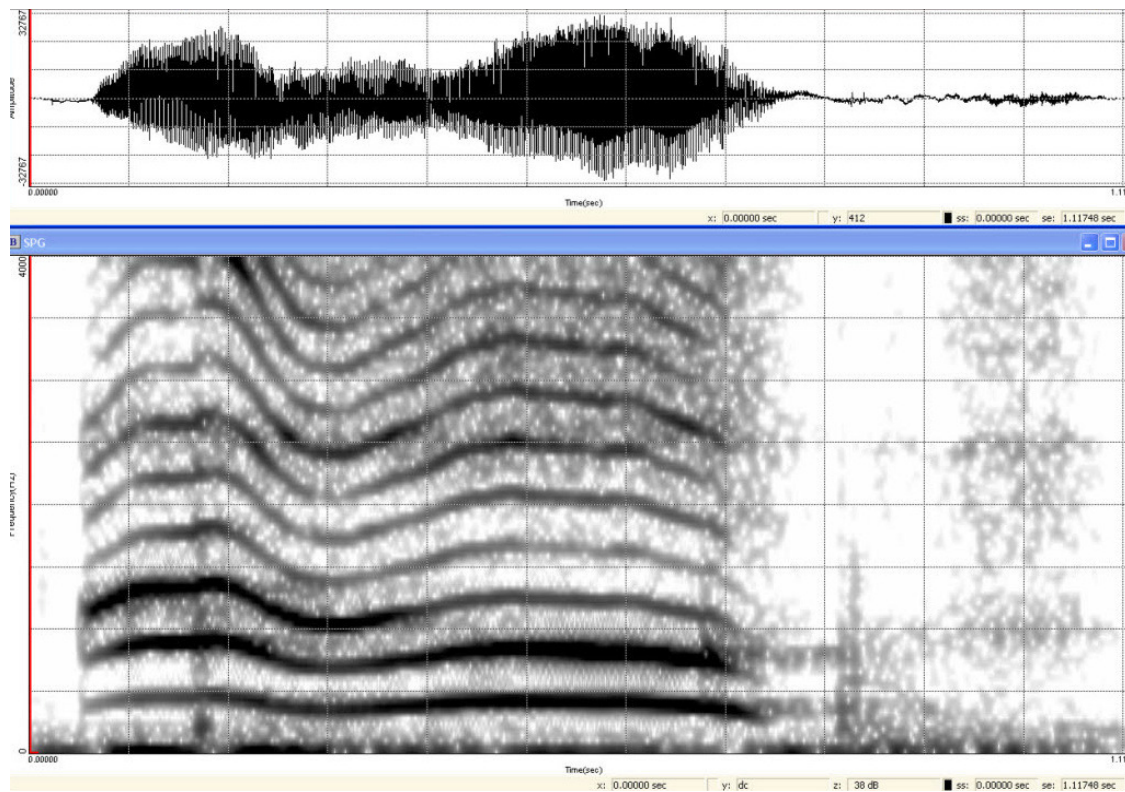


Abbildung 18: Beispiel für die Vermessung einer Komfortvokalisation (CDAP)

2.4.6 Untersuchte Parameter

Für die quantitative Charakterisierung der Vokalisations- und Melodieeigenschaften wurde mit Hilfe des CDAP-Moduls „EFA“ folgende Parameter pro Vokalisation ermittelt: die Maximal- und Minimalwerte der Grundfrequenz (F_{max} und F_{min} , [Hz]), der absolute Hub ($F_{max}-F_{min}$, [Hz]) sowie Vokalisations- und Pausenlänge.

Ebenfalls erfasst wurde der prozentuale Anteil von Rauschbanden und subharmonischen Elementen bezogen auf die Gesamtanzahl der Laute. Hierbei wurden nur die unsegmentierten Vokalisationen (UV) berücksichtigt, da nur bei 158 segmentierten Vokalisationen (SV) spektrale Merkmale vorlagen (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 10: *Zusammenstellung der in der vorliegenden Arbeit zur Analyse verwendeten Messgrößen*

Parameter	Erläuterung [Maßeinheiten]
F_{max}	höchster ermittelter Wert der Grundfrequenz [Hz]
F_{min}	niedrigster ermittelter Wert der Grundfrequenz [Hz]
F_{max}-F_{min}	Differenz zwischen Maximum und Minimum der Grundfrequenzwerte [Hz]
VL	Vokalisationslänge des analysierten Signals [ms]
Pause	Pausenlänge [ms]
MCI	Melody-Complexity-Index [dimensionslos]
SH	Anteil von Lauten mit subharmonischen Elementen [%]
RR	Anteil von verrauschten Lauten [%] des Typs „Rauschen Rand“
RM	Anteil von verrauschten Lauten [%] des Typs „Rauschen Mitte“

2.5 Statistische Verfahren

Mit Hilfe der Programme Microsoft Excel 2010 und SPSS 20.0 für Windows wurden die erhobenen und gemessenen Daten aufbereitet und statistisch ausgewertet. Aufgrund des Aufbaus der Untersuchung (eine Lautaufnahme pro Kind) und der beiden untersuchten Gruppen (KG und PG) wurde von unabhängigen Stichproben ausgegangen. Allerdings stellen die Vokalisationen einer Aufnahme abhängige Stichproben da.

Um bei dieser Datengrundlage möglichst tragfähige Ergebnisse zu erhalten, erfolgte die Auswertung sowohl lautbasiert, d.h. die Vokalisationen aller Kinder einer Gruppe wurden als Einheit betrachtet und miteinander verglichen, als auch auf Ebene der einzelnen Probanden (kindbasiert; Mittelung über die Vokalisationen eines Kindes, dann erst Gruppenmittelung), um zu testen, inwieweit die einzelnen Kinder den Gruppentrend widerspiegeln bzw. prägen.

Bei der lautbasierten Analyse erfolgte die grafische Darstellung in Form von Balkendiagrammen und Boxplots. Die Boxplots sind so definiert, dass die obere Begrenzung die 75. Perzentile und die untere Begrenzung die 25. Perzentile repräsentiert. Dazwischen liegt der Interquartilbereich. Die äußeren Markierungen zeigen das Maximum und Minimum. Die mittlere Linie stellt den Medianwert dar. Mit einem Kreis werden Ausreißer gekennzeichnet, die zwischen 1,5 und 3 Boxlängen vom Maximum bzw. Minimum entfernt liegen. Extreme Werte, die mehr als drei Balkenlängen entfernt liegen, werden mit Sternchen markiert.

Für die weitere Analyse wurde jede Testgröße zunächst mit dem Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung (NV) geprüft. Bei einem Signifikanzniveau von $p > 0,05$ lag eine hinreichende NV vor und wurde mittels T-Test für zwei unabhängige Stichproben bzw. mittels der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) bei mehr als zwei Stichproben überprüft. Voraussetzung für die einfaktorielle Varianzanalyse sind unabhängige Stichproben, Varianzenhomogenität und NV. Der Test zur Varianzenhomogenität wird direkt bei der ANOVA durchgeführt (Levene-Test). Ist der p-Wert des Levene-Tests

kleiner als 0,05, wird die Voraussetzung der Varianzgleichheit in den Stichproben verworfen und auf einen bedingten Test ausgewichen: den Welch-Test. Der F-Test bei der ANOVA untersucht, ob generell zwischen den untersuchten Gruppen Unterschiede bestehen. Dabei ist jedoch nicht ersichtlich, welcher Unterschied zwischen den Gruppen signifikant ist. Auch hier liegt das Signifikanzniveau bei $<0,05$. Um herauszufinden, wo genau die Unterschiede zwischen den Faktorstufen liegen, führt man zusätzlich den Post-Hoc Test durch, z.B. nach Tukey HSD. So kann durch multiple Mittelwertsvergleiche nach signifikanten Unterschieden zwischen den einzelnen Faktorstufen gesucht werden.

Lag keine Normalverteilung vor, erfolgte die Signifikanzprüfung bei zwei unabhängigen Stichproben mittels Mann-Whitney-U Test bzw. mit dem Kruskal-Wallis Test für mehr als zwei Stichproben. Wenn nur eine der untersuchten Stichproben nicht normalverteilt war, wurden nicht-parametrische Tests angewendet. Zusätzlich zu den Boxplots wurden in einer Tabelle die deskriptiven Parameter angegeben.

Bei der Berechnung der Lautlängen (lautbasierte Analyse) wurde, wenn keine Normalverteilung vorlag, überprüft, ob die Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Werte eine Log-Normalverteilung ergab. Log-normalverteilte Daten können durch Logarithmieren zu annähernd normalverteilten Daten transformiert und somit die dementsprechenden statistischen Tests angewandt werden.

Zur kindbasierten Analyse wurden die Vokalisationen über die einzelnen Kinder gemittelt, so dass zum Schluss ein Wert pro Parameter und Kind vorlag. Die graphische Darstellung der kindbasierten Analyse erfolgte ebenfalls durch Boxplot-Diagramme. Die statistische Testung auf Normalverteilung und Signifikanzunterschiede erfolgte mit den gleichen Tests wie bei der lautbasierten Analyse. Das Signifikanzniveau lag auch hier bei 0,05.

Die Ergebnisse zum MCI und den spektralen Eigenschaften wurden nur kindbasiert betrachtet.

Im letzten Teil der Ergebnisse wurden zusätzlich zu vorausgegangenen Analysen Korrelationen der kindbasierten Daten durchgeführt, um eine mögliche Abhängigkeit der Stimmparameter, des MCI und der spektralen Eigenschaften mit Kopf- und Körpermaßen, Aufnahme- und Scanzeitpunkt, Geschlecht und erfolgter Physiotherapie bzw. Osteopathie zu erkennen. Die Korrelationen erfolgten bivariat, d.h. es wurde immer nur der Zusammenhang zwischen zwei Variablen mit dem Korrelationskoeffizienten nach Spearman untersucht. Für die angegebenen Korrelationskoeffizienten gilt: je höher der Wert, desto stärker der Zusammenhang.

3 Ergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 1941 Lautaufnahmen vor Beginn der Helmtherapie bei Säuglingen mit Lagerungsplagiocephalus analysiert und mit Lautaufnahmen unauffälliger Säuglinge im gleichen Alter verglichen. Aus insgesamt 3000 Lauten wurden die Einzelvokalisationen von 17 Kontrollkindern (KG) und 18 Kindern mit Lagerungsplagiocephalus (PG) signalanalytisch untersucht. Die Ergebnisse zu beiden untersuchten Gruppen werden, wie in Kapitel 2.5 begründet, zuerst lautbasiert (Kapitel 3.2), dann kindbasiert (Kapitel 3.3) berichtet.

In Kapitel 3.4 wird für eine zusätzliche, spezifische Analyse eine neue Gruppeneinteilungen eingeführt, erläutert und die Vokalisationen kindbasiert analysiert.

3.1 Charakterisierung und Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen bezüglich der Kopfasymmetrie (3D-Daten), der Altersverteilung bei der Datenerhebung und der somatischen Daten zum Untersuchungszeitpunkt

Im folgenden Kapitel werden die Gruppen zur Charakterisierung von Unterschieden in der Kopfasymmetrie anhand des Diagonaldifferenzwertes (DD) verglichen. Die Verteilungseigenschaften sowie deskriptive statistische Kenngrößen werden dargestellt bzw. berichtet. Lautaufnahme- und Scanzeitpunkt werden ebenfalls vergleichend untersucht. Die Untersuchungsgruppen wurden auch bezüglich potenzieller signifikanter Unterschiede in den somatischen Daten zur Geburt (Gewicht, Körperlänge, Kopfumfang) sowie des Gestationsalters untersucht. Diese Ergebnisse sind in Kapitel 3.1.3 dargestellt.

3.1.1 Analyse des Diagonaldifferenzwertes

Der Diagonaldifferenzwert (DD) ist ein wesentliches Kriterium zur Diagnose einer Kopfasymmetrie. Er basiert auf den Kategorien (Handmessmethode) von Moss (1997). Er wurde für alle Probanden im CFCW-Gesamtprojekt mit Hilfe des 3D-Scans ermittelt. Abbildung 19 zeigt die Verteilung der DD-Werte über

das hier untersuchte Gesamtkollektiv. Die Ergebnisse der gruppenspezifischen deskriptiven Analyse sind in Tabelle 11 berichtet. Der Mittelwert für den DD beider Gruppen liegt bei 0,7 cm ($\pm 0,5$ cm, siehe Tabelle 11).

In Abbildung 19 sind die in der Literatur am häufigsten verwendeten Unterteilungen bezüglich des Schweregrades der Asymmetrie eingezeichnet. Nach dieser Einteilung liegt bei Kindern mit einem DD von weniger als 0,3 cm kein Plagiocephalus vor. Bei einem Wert zwischen 0,3 cm und 1,2 cm spricht man von einem leichten Plagiocephalus. Einen Asymmetriewert von mehr als 1,2 cm bezeichnet man als schwere Form (nach Moss 1997; Mortenson/Steinbok 2006). Auf diese in der Literatur verwendete Einteilung bzgl. des Ausprägungsgrades der Kopfasymmetrie wird in Kapitel 3.4.1 spezifisch noch einmal eingegangen.

Bei der DD-Häufigkeitsverteilung (vgl. Abbildung 19) fällt auf, dass die meisten Kinder ($n=21$) in dem Bereich von 0,3 bis 1,2 cm liegen. Es gibt nur 6 Kinder mit einem stark ausgeprägtem Plagiocephalus, legt man die Einteilung von Moss (1997) und Mortenson et al. (2006) zu Grunde.

In Abbildung 21 und Abbildung 22 ist die Verteilung der Diagonaldifferenzwerte getrennt für die Kontrollgruppe und die Plagiogruppe erfasst. Der erkennbare Gruppenunterschied bezüglich des DD ist statistisch signifikant (T-Test: p-Wert: 0,001). Beim „Ausreißer“ in Abbildung 20 handelt es sich um Kind PG_CD mit einem DD von 1,9 cm.

Tabelle 11: Deskriptive Analyse des Diagonaldifferenzwertes [cm]

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	17	,3	,3	,3	,0	,9	ja
PG	18	1,1	,4	1,1	,4	1,9	ja
Gesamt	35	,7	,5	,6	,0	1,9	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

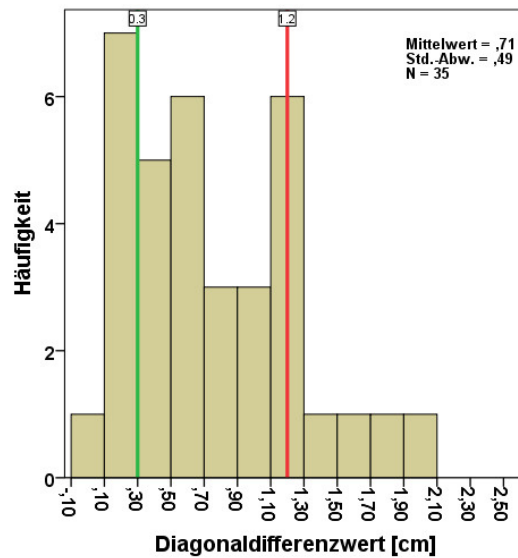


Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes aller Probanden
 Die grüne Vertikallinie (0,3 cm) und die rote Vertikallinie (1,2cm) symbolisieren die nach Moss (1997) und Mortenson (2006) festgelegten Richtwerte zur Klassifizierung des Plagiocephalus

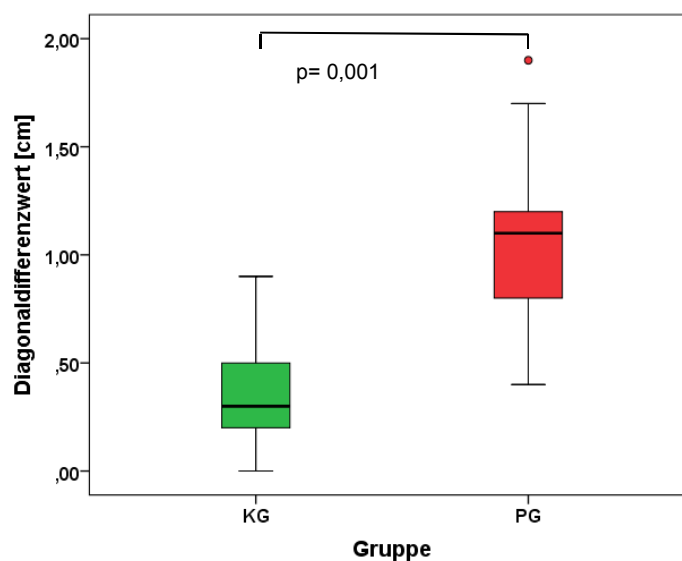


Abbildung 20: Boxplot-Diagramm – Diagonaldifferenzwert im Gruppenvergleich

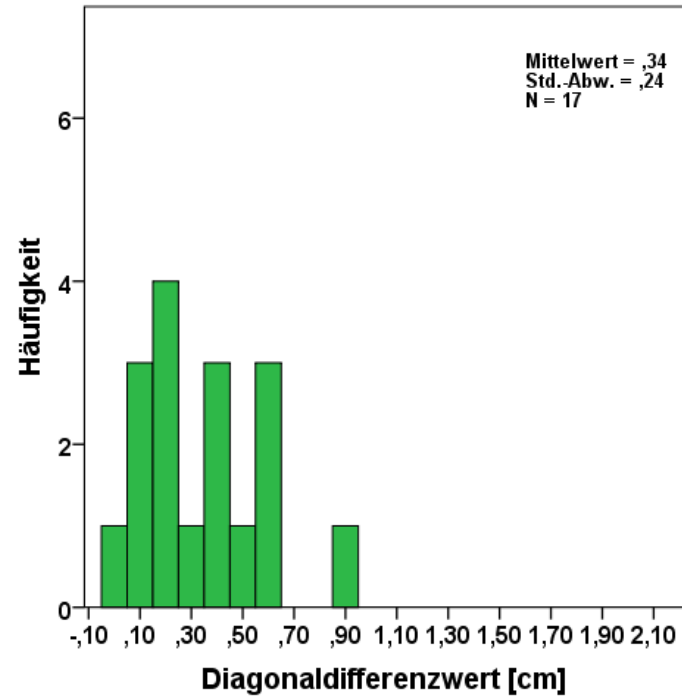


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes der KG

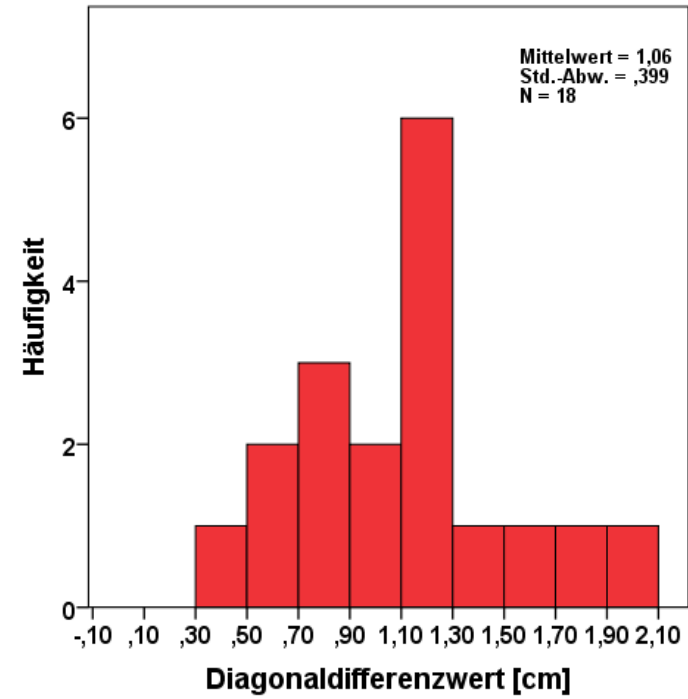


Abbildung 22: Häufigkeitsverteilung des Diagonaldifferenzwertes der PG

3.1.2 Vergleich der Altersverteilung der Probanden bei der Vokalisationsaufzeichnung und bei dem 3D-Scan

In der vorliegenden Arbeit wurden Gemeinsamkeiten und potenzielle Unterschiede in ausgewählten akustischen Eigenschaften spontan erzeugter Vokalisationen von Säuglingen mit und ohne Lagerungsplagiocephalus untersucht. Da sich Vokalisationseigenschaften im ersten Lebensjahr relativ schnell verändern, ist das Tagesalter des untersuchten Kindes der Bezugspunkt bei der *Vorsprachlichen Diagnostik*. Wie in Abbildung 23, Abbildung 24 und Tabelle 12 zu sehen, unterscheidet sich die Tagesalterverteilung für Lautaufnahmen und 3D-Scan geringfügig. Es war nicht immer möglich, Lautaufnahme und 3-D Scan terminlich parallel zu realisieren. Insgesamt erfolgten die Lautaufzeichnungen in einem Altersbereich, der hinreichend nah am Altersbereich der Erhebung der Asymmetriedaten des Kopfes lag. Sowohl die Daten zur Lautaufnahme als auch zum Scanzeitpunkt sind normalverteilt (Lautaufnahme: Shapiro-Wilk: $p = 0,853$; Scanzeitpunkt: $p = 0,476$). Die Daten zur Lautaufnahme unterscheiden sich im Gruppenvergleich nicht signifikant (T-Test, $p = 275$), bei den Daten zum Scanzeitpunkt liegt allerdings ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen vor (T-Test, $p = 0,035$).

Tabelle 12: *Deskriptive Analyse der Zeitpunkte der Lautaufnahme und des 3D-Scan [d]*

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	V_date	17	189,7	12,7	193,0	167	211	ja
	Scan_date	17	190,9	13,3	189,0	167	211	ja
PG	V_date	18	183,6	19,0	181,0	141	223	ja
	Scan_date	18	176,7	23,2	172,5	127	223	ja
Gesamt	V_date	35	186,5	16,3	187,0	141	223	ja
	Scan_date	35	183,6	20,1	188,0	127	223	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

V_date: Tag der Lautaufnahme

Scan_date: Tag des 3D-Scans

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

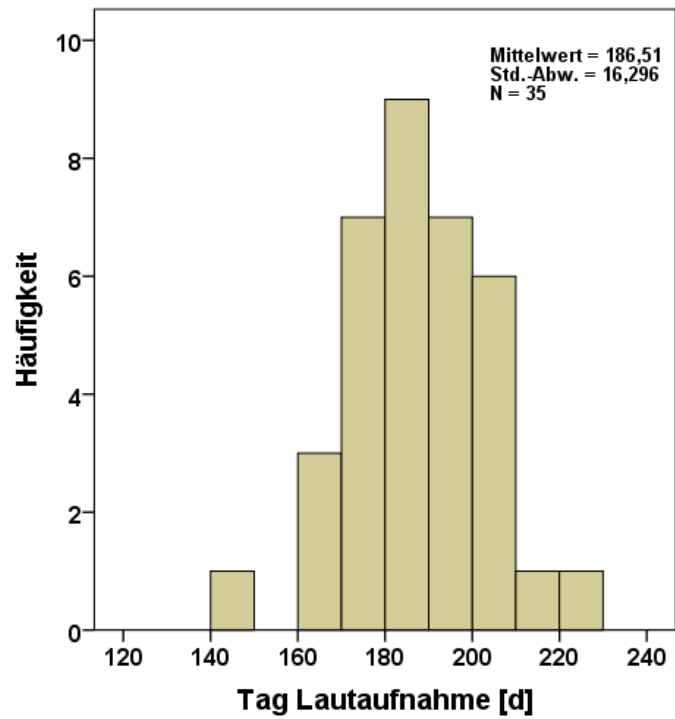


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung des Alters zum Zeitpunkt der Lautaufnahme

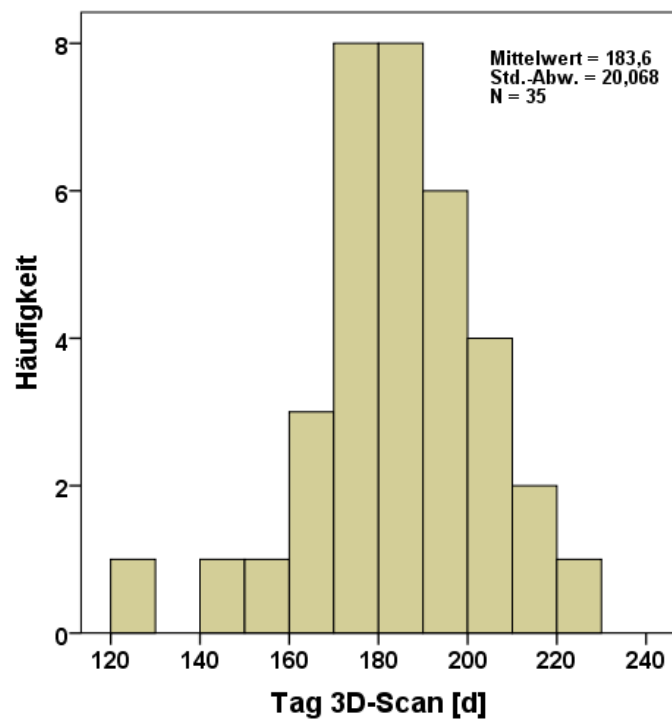


Abbildung 24: Häufigkeitsverteilung des Alters zum Zeitpunkt des 3D-Scans

3.1.3 Gruppencharakteristik bezüglich Gestationsalter und somatischer Maße zur Geburt

Somatische Daten (Kopfumfang, Geburtsgewicht, Körperlänge) sind objektive Größen zur Beurteilung des Entwicklungsstatus und der Reife des Neugeborenen. Sie werden in Deutschland standardisiert in den Geburtskliniken erhoben und im einheitlichen Perinataldatenbogen dokumentiert. Die vom Gestationsalter abhängige Einordnung in Perzentilkurven ist bereits in Kapitel 2.2 aufgezeigt, basierend auf Normwerten für Geburten in Deutschland (Brandt 1986; Voigt/ Schneider/ Jährig 1996; Voigt et al. 2001). In der Tabelle 13 sind zusätzlich die Ergebnisse der deskriptiven Analyse berichtet. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt: Geburtsalter: T-Test, $p= 0,785$; Geburtsgewicht: T-Test, $p= 0,804$; Geburtskörperlänge: Mann-Whitney-U-Test, $p= 0,232$; Kopfumfang bei Geburt: T-Test, $p= 0,749$).

Tabelle 13: Deskriptive Analyse der Geburtsmaße

	Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
GA [vSSW]	KG	17	38	1,2	39	37	41	ja
	PG	18	38	1,3	39	37	41	ja
	Gesamt	35	38	1,3	39	37	41	ja
GG[g]	KG	17	3215	449,9	3170	2625	4035	ja
	PG	18	3255	480,2	3365	2425	4115	ja
	Gesamt	35	3236	459,3	3290	2425	4115	ja
GL[cm]	KG	17	49	2,3	51	46	52	nein
	PG	18	50	2,2	51	45	54	ja
	Gesamt	35	50	2,3	51	45	54	nein
GKU [cm]	KG	13	34	1,3	34	32	36	ja
	PG	17	34	1,6	34	32	37	ja
	Gesamt	30	34	1,4	34	32	37	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

GA: Alter bei Geburt

GG: Gewicht bei Geburt

GL: Körperlänge bei Geburt

GKU: Kopfumfang bei Geburt

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

3.2 Lautbasierte Analyse der Vokalisationseigenschaften

In diesem Teil der Ergebnisdarstellung werden für alle Laute die gewählten Parameter (vgl. Tabelle 10) hinsichtlich ihrer Verteilungseigenschaften betrachtet und dann im Gruppenvergleich ausgewertet. Die Kategorie der unsegmentierten Vokalisationen (UV) enthält auch Kurzlaute (KL) unter 300 ms, wenn es sich dabei um Komfortvokalisationen handelte (vegetative Kurzlaute wurden ausgeschlossen).

3.2.1 Untersuchung der Maxima, Minima und des absoluten Hubes der Grundfrequenz (lautbasiert)

In diesem Kapitel werden lautbasiert das Maximum (F_{max}) und das Minimum (F_{min}) der Grundfrequenz pro Einzelvokalisation und die absoluten Hübe (FM-Amplitude) der Vokalisationsmelodie analysiert. Die Auswertung erfolgt unter Ausschluss von vorkommenden An-und/oder Endwellen, da diese Ein- und Ausschwingvorgänge reflektieren, die für die eigentliche Vokalisation hier nicht von Bedeutung sind. Es wurde zwischen segmentierten und unsegmentierten Vokalisationen unterschieden (siehe Kapitel 2.4.2).

Maximalwerte der unsegmentierten Vokalisationen (UV)

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der deskriptiven Analyse für beide Gruppen bezüglich der gemessenen Maxima der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen dargestellt. Die F_{max} -Werte sind nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk: KG, $p=0,001$; PG, $p=0,001$). Die Mittelwerte der F_0 -Maximalwerte unterscheiden sich um ca. 13 Hz zwischen den beiden Gruppen. Die mittleren F_{max} -Werte liegen für die KG bei 480,8 Hz (± 197 Hz) und für die PG bei 468,2 Hz (± 256 Hz). Nach Durchführung des nicht-parametrischen Mann-Whitney-U Tests zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (p -Wert=0,001). In Abbildung 26 ist außerdem zu erkennen, dass vermehrt Ausreißer (F_{max} bis 3758,30 Hz) nach oben in der PG bestehen.

Minimalwerte der unsegmentierten Vokalisationen (UV)

Beim Vergleich von Fmin zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Es liegt keine Normalverteilung vor; der Mann-Whitney U-Test für unabhängige Stichproben ergibt einen p-Wert von 0,001. Die Mittelwerte der KG liegen bei 323,1 (\pm 118 Hz) und die der PG bei 302 Hz (\pm 104 Hz; siehe Tabelle 14).

Absoluter Hub (Fmax- Fmin) der unsegmentierten Vokalisationen (UV)

Die Frequenzmodulations-Amplitude (FM-Amplitude) wurde hier durch die Differenz zwischen Grundfrequenzmaximum und -minimum (absoluter Hub) berechnet. Auch bei den absoluten Hübten liegt keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: KG: $p= 0,001$; PG: $p= 0,001$). Wie aus Tabelle 16 ersichtlich, haben die Kinder mit Lagerungsplagiocephalus im Durchschnitt nur minimal größere absolute Hübe (ca. 12 Hz) als die Kinder der KG. Die Medianwerte sind erstaunlich ähnlich (KG: 124,4 Hz; PG: 122,6 Hz). Die Hubeigenschaften zwischen den beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test, $p= 0,897$).

Tabelle 14 Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Maxima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	812	480,8	197,1	427,4	236,6	2031,8	Nein
PG	771	468,2	256,0	413,7	169,3	3758,3	Nein
Gesamt	1583	474,6	227,7	422,3	169,3	3758,3	Nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

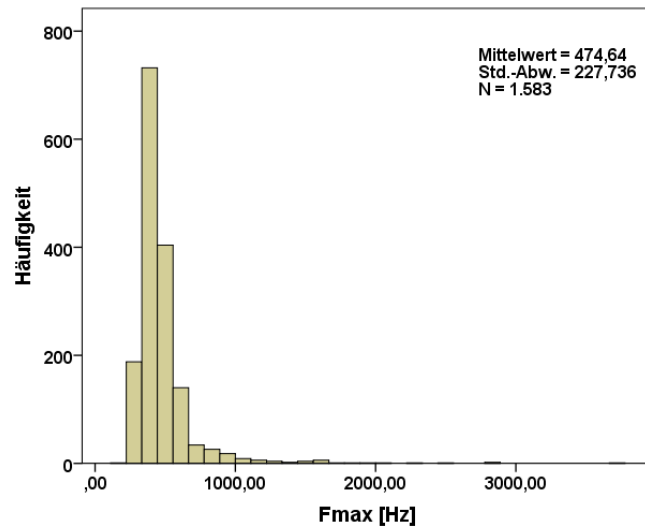


Abbildung 25: Verteilungseigenschaften von Fmax für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen

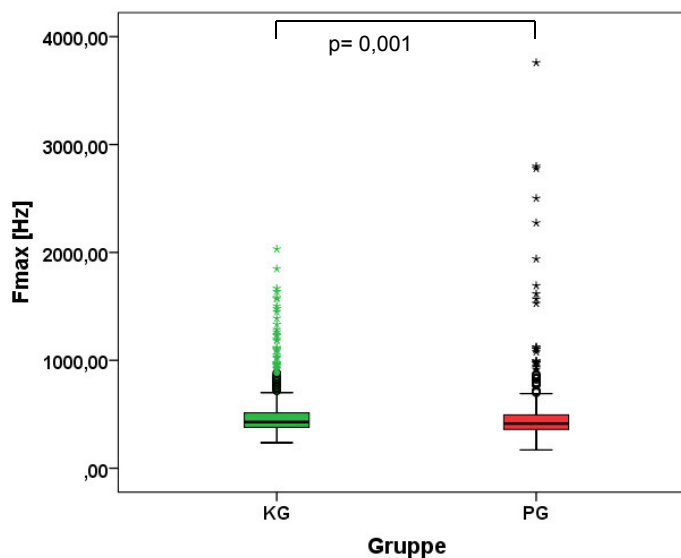


Abbildung 26: Boxplot-Diagramm - Fmax für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich

Tabelle 15: Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Minima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	812	323,1	117,7	316,7	51,4	1382,0	nein
PG	771	302,3	104,7	294,6	29,9	1683,5	nein
Gesamt	1583	313,0	112,0	304,9	29,9	1683,5	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

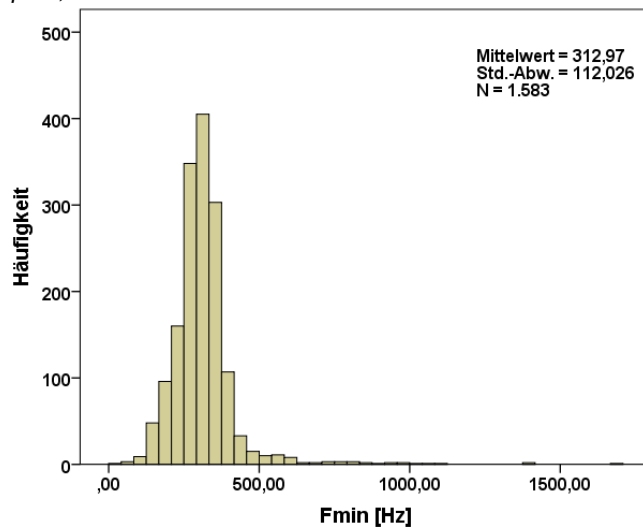


Abbildung 27: Verteilungseigenschaften von Fmin für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen

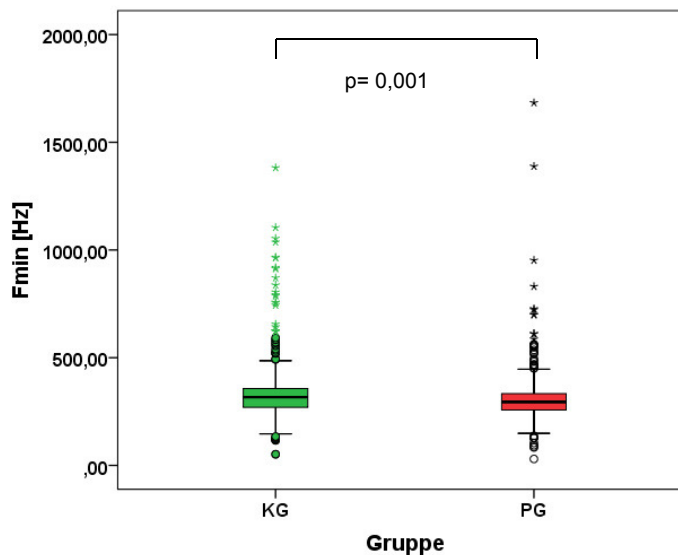


Abbildung 28: Boxplot-Diagramm - Fmin für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich

Tabelle 16: *Deskriptive Analyse der absoluten Höhe [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen*

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	812	157,7	150,0	124,4	7,6	1667,7	Nein
PG	771	165,9	224,1	122,6	9,2	3453,0	Nein
Gesamt	1583	161,7	189,7	122,8	7,6	3453,0	Nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

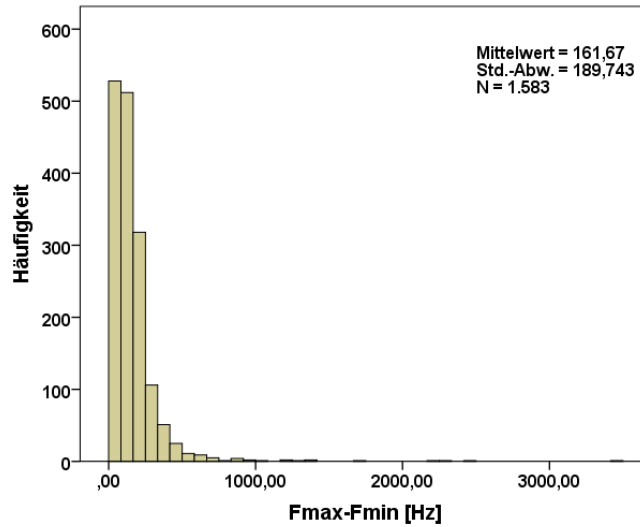


Abbildung 29: *Verteilungseigenschaften von Fmax-Fmin für die unsegmentierten Vokalisationen beider Gruppen*

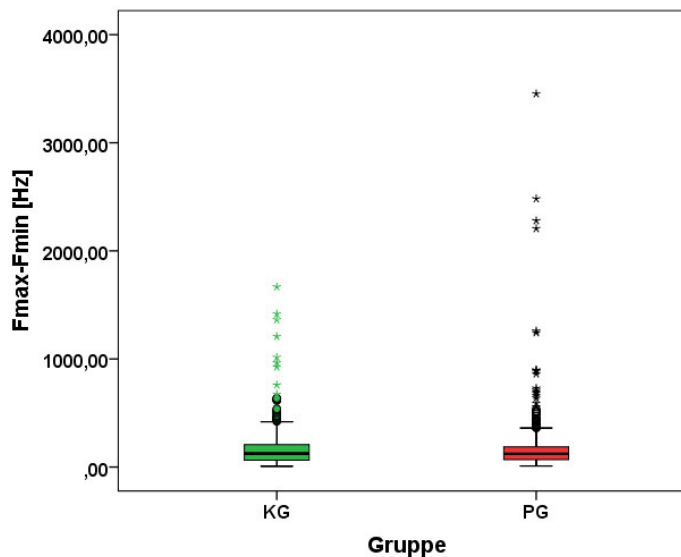


Abbildung 30: *Boxplot-Diagramm - Fmax-Fmin für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich*

Maxima, Minima und absolute Hübe für die segmentierten Vokalisationen (SV)

In gleicher Weise wie für die unsegmentierten Vokalisationen wurden die Grundfrequenzeigenschaften auch für die segmentierten Vokalisationen analysiert. Tabelle 17 zeigt zusammengefasst die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Maxima, Minima und der absoluten Hübe für die segmentierten Vokalisationen.

Die statistische Analyse ergab für alle untersuchten Parameter keine Normalverteilung. Somit erfolgt die Signifikanzuberprufung mittels Mann-Whitney U-Test für unabhängige Stichproben. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich aller Parameter für die segmentierten Vokalisationen (Mann-Whitney-U-Test: Fmax, $p= 0,76$; Fmin, $p= 0,739$; Fmax-Fmin, $p= 0,408$). Es liegt kein Unterschied zwischen den Vokalisationseigenschaften der untersuchten Gruppen vor. Auf die graphische Darstellung der Verteilungseigenschaften und der Boxplot-Diagramme wird an dieser Stelle verzichtet.

Tabelle 17: *Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der segmentierten Vokalisationen; ohne An- und Endwellen*

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	Fmax	188	497,4	234,1	427,7	254,8	1792,0	nein
	Fmin	188	342,4	165,3	301,3	79,6	1480,9	nein
	Fmax-Fmin	188	155,1	112,5	125,9	21,4	705,1	nein
PG	Fmax	169	490,1	220,5	430,1	259,7	1744,7	nein
	Fmin	169	336,3	129,2	309,1	156,6	973,4	nein
	Fmax-Fmin	169	153,7	126,0	124,2	19,2	777,3	nein
Gesamt	Fmax	357	493,9	227,5	427,8	254,8	1792,0	nein
	Fmin	357	339,5	149,1	303,7	79,6	1480,9	nein
	Fmax-Fmin	357	154,4	118,9	124,6	19,2	777,3	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

3.2.2 Unterschiede in den Vokalisationslängen (lautbasiert)

Bei der Berechnung der Vokalisationslängen wird, wenn keine Normalverteilung vorliegt, durch logarithmische Transformation getestet, ob die Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Werte eine log-Normalverteilung ergibt. Liegen dann normalverteilte Daten vor, können aufgrund der Verteilungseigenschaft die arithmetischen Mittelwerte der log-Werte und für die statistischen Tests ein T-Test für unabhängige Stichproben verwendet werden.

Vokalisationslängen der unsegmentierten Vokalisationen

Im ersten Auswertungsschritt werden die Verteilungseigenschaften der gemessenen Vokalisationslängen für die UV untersucht, d.h. die Melodielänge entspricht der Lautlänge. An- und Endwellen werden zuerst mit in die Lautlänge einbezogen, später werden die Melodielängen noch einmal ohne An- und Endwellen (AE) betrachtet. Abbildung 31 zeigt die Verteilung der Vokalisationslänge für alle Vokalisationen ohne Aufteilung nach Gruppen. Dabei zeigen sich Extremwerte von minimal 26 ms (Messgrenze 5 ms) und maximal 5250 ms (Tabelle 18). Es gibt tatsächlich „echte“ Komfortvokalisationen dieser kurzen Dauer. Der Mittelwert liegt bei 683 ms (\pm 552 ms). Im Vergleich zwischen den beiden Gruppen unterscheiden sich die Mittelwerte der Vokalisationslängen um 44 ms. Es liegt keine hinreichende Normalverteilung für die Lautlängen vor (Shapiro-Wilk Test: KG und PG beide $p= 0,001$). Die rechtsschiefe Verteilung (Abbildung 31) lässt auf eine log-Normalverteilung schließen, die Annahme fällt jedoch bei genauer Untersuchung negativ aus (Shapiro-Wilk Test: KG: $p= 0,007$, PG: $p= 0,001$). Bei der Durchführung des Mann-Whitney-U Tests ergibt sich ein p -Wert von 0,086; somit existiert kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Bei der Analyse der logarithmierten Lautlänge der Vokalisationen ohne Ein- und Ausschwingungsvorgänge zeigt sich eine Normalverteilung für die Lautlängen der KG (Shapiro-Wilk Test: $p= 0,114$), jedoch nicht für die PG (Shapiro-Wilk Test: $p= 0,002$). Bei der Durchführung des U-Test nach Mann Whitney zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den untersuchten Gruppen (p -Wert: $p= 0,072$). Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse sind in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 18: Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	log-NV*
KG	812	661,5	544,2	510	26,3	5250,0	nein
PG	771	705,3	558,8	580	35,0	5193,0	nein
Gesamt	1583	682,8	551,6	540	26,3	5250,0	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

log-NV: Normalverteilung der logarithmierten Werte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

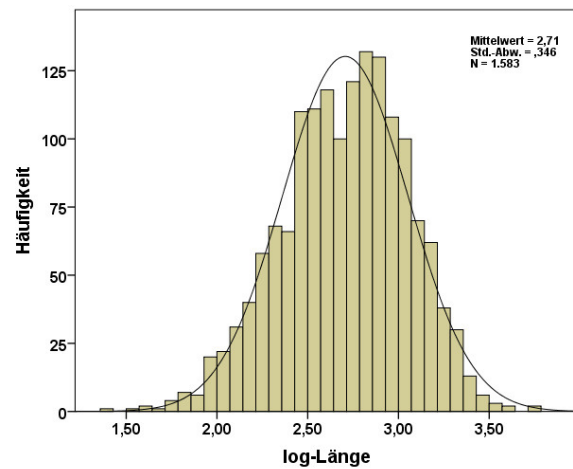
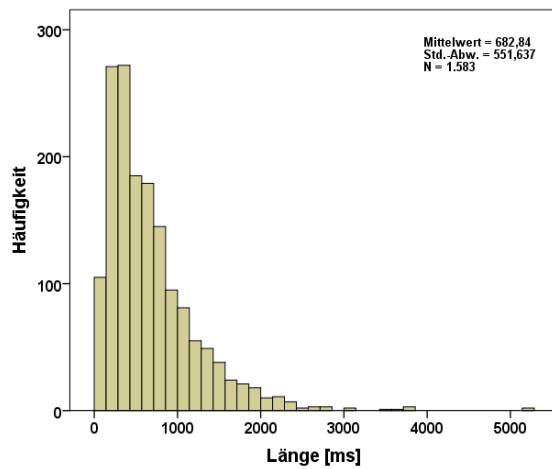


Abbildung 31: Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen beider Gruppen

Abbildung 32: log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen beider Gruppen

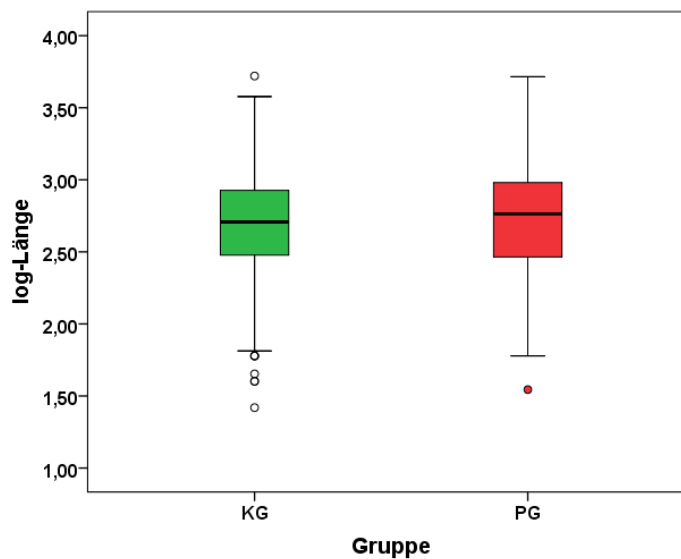


Abbildung 33: Boxplot-Diagramm - log-Lautlängen für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich

Tabelle 19: Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	log-NV*
KG	812	637,8	535,1	480	26,3	5105,0	ja
PG	771	680,1	546,7	545	35,0	5193,0	nein
Gesamt	1583	658,4	541,0	510	26,3	5193,0	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

log-NV: Normalverteilung der logarithmierten Werte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

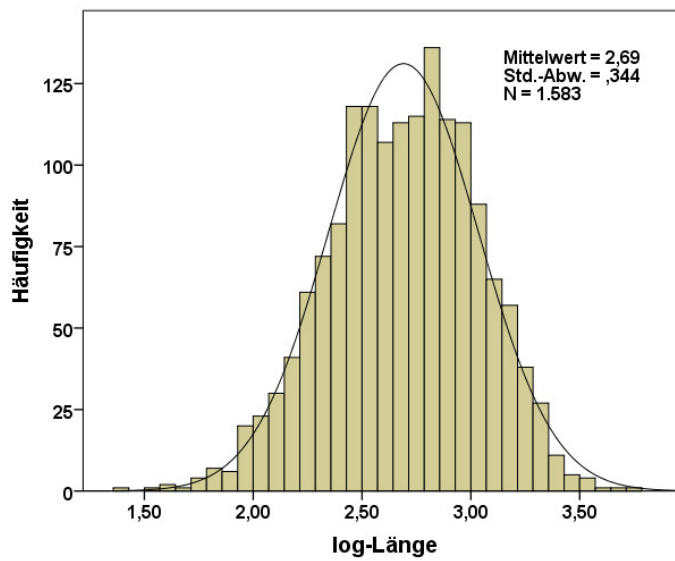


Abbildung 34: log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die unsegmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen beider Gruppen

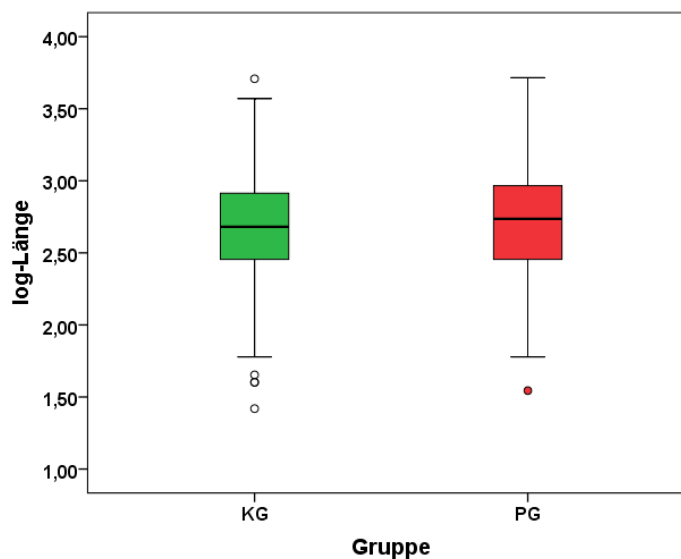


Abbildung 35: Boxplot-Diagramm – log-Lautlängen für unsegmentierte Vokalisationen ohne An- und Endwellen im Gruppenvergleich

Vokalisationslängen der segmentierten Vokalisationen

Die Vokalisationen des Strukturtypes SV bestehen aus aufeinanderfolgenden, durch Pausen segmentierte Bögen (Kapitel 2.4.2). Die Vokalisationslänge ergibt sich aus der Länge von Bögen und Pausen. Bei der Häufigkeitsverteilung der SV liegt eine log-Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: KG: $p= 0,126$; PG: $p= 0,574$). Die KG zeigt im Untersuchungszeitraum bei den SV, bezogen auf die Lautlänge, einen Mittelwert von $1388 \text{ ms} \pm 862 \text{ ms}$ (vgl. Tabelle 20). Die PG zeigt einen Wert von $1300,52 \text{ ms} (\pm 777 \text{ ms})$. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant (T-Test: $p\text{-Wert}= 0,054$).

Auch die Analyse der Lautlängen (Tabelle 21) unter Ausschluss der AE ergibt kein signifikantes Ergebnis ($p\text{-Wert}= 0,051$). Es liegt eine log-Normalverteilung vor (KG: $p= 0,126$; PG: $p= 0,640$). Auf die graphische Darstellung wird verzichtet.

Tabelle 20: Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der segmentierten Vokalisationen mit An- und Endwellen

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	log-NV*
KG	188	1387,6	862,0	1220,0	293	4391	ja
PG	169	1300,5	776,5	1102,5	210	4365	ja
Gesamt	357	1387,6	825,6	1175,0	210	4391	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

log-NV: Normalverteilung der logarithmierten Werte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

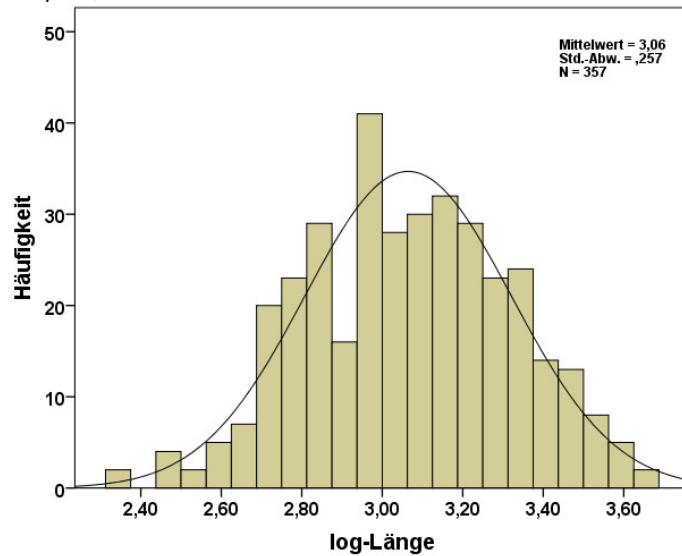


Abbildung 36: log-Verteilungseigenschaften der Lautlängen für die segmentierten Vokalisationen beider Gruppen

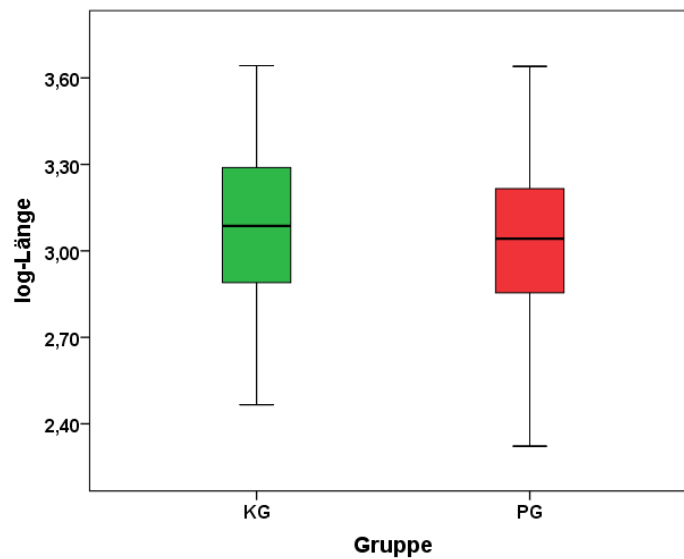


Abbildung 37: Boxplot-Diagramm – log-Lautlängen für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich

Tabelle 21: *Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der segmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen*

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	log-NV*
KG	188	1451,1	852,9	1197,50	293	4391	ja
PG	169	1284,6	765,2	1100,00	210	4238	ja
Gesamt	357	1372,3	815,7	1160,00	210	4391	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

log-NV: Normalverteilung der logarithmierten Werte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

3.2.3 Analyse der Segmentierungspausen (lautbasiert)

Ein weiteres wichtiges Merkmal der Zeitorganisation der Lautproduktion ist die Dauer der Pause (Segmentierung) zwischen den Melodieelementen (siehe Kapitel 2.4.2). Beim Vergleich der arithmetischen Mittelwerte der Segmentierungspausen (siehe Tabelle 22) sind diese bei der PG ca. 24 ms kürzer als bei der KG. Es liegt eine log-Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: KG: $p = 0,39$, PG: $p = 0,27$) vor. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p = 0,101$).

Tabelle 22: Deskriptive Analyse der Segmentierungspausen [ms]

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	log-NV*
KG	188	382,7	291,0	295,7	70,0	1728,0	ja
PG	169	358,2	307,4	247,5	56,3	1960,0	ja
Gesamt	357	371,1	298,7	276,0	56,3	1960,0	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

log-NV: Normalverteilung der logarithmierten Werte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

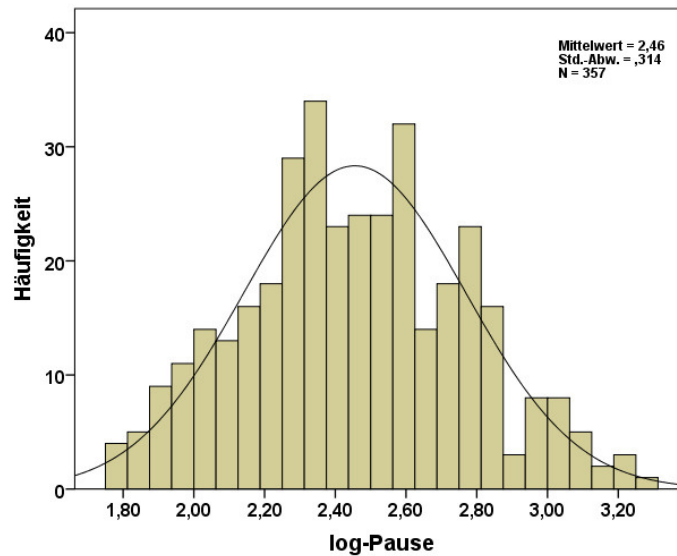


Abbildung 38: log-Verteilungseigenschaften der Pausenlängen für die Vokalisationen beider Gruppen

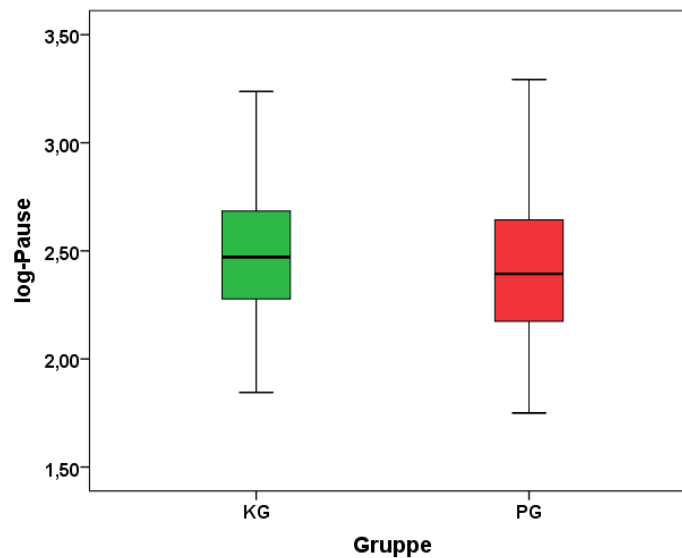


Abbildung 39: Boxplot-Diagramm - log-Pausenlängen für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich

3.3 Kindbasierte Analyse der Vokalisationseigenschaften

Nach der lautbasierten Auswertung im Gruppenvergleich erfolgt in diesem Kapitel die kindbasierte Analyse, d.h. eine Mittelung der Messgrößen über alle Vokalisationen einzelner Kinder vor dem Gruppenvergleich. Zusätzlich werden in Kapitel 3.3.5 spektrale Eigenschaften wie Rauschbanden und subharmonische Elemente sowie für eine Untergruppe der MCI (Kapitel 3.3.4) behandelt.

3.3.1 Untersuchung der Maxima, Minima und des absoluten Hubes der Grundfrequenz (kindbasiert)

Maximalwerte der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Im Gegensatz zur lautbasierten Untersuchung zeigt sich hier kein signifikanter Unterschied bezüglich der F₀-Maximalwerte zwischen den beiden Gruppen. Der Mann-Whitney U Test ergibt einen p-Wert von 0,935. Wie aus Abbildung 40 ersichtlich, zeigen zwei Kinder der KG „Ausreißer“ nach oben. Es handelt sich um KG_AB (°) und KG_AX (*). Kind AB zeigt einen Maximalwert von 684,1 Hz und liegt somit ungefähr 200 Hz über dem Gruppenmittelwert von 486,1 Hz. Kind KG_AX weicht mit einem F_{max}-Wert von 834,4 Hz sogar um ca. 350 Hz vom Mittelwert ab. Dieses Kind zeigte bei der Geburt bezüglich der Körperlänge und des Körpergewichts hypotrophe Werte (vgl. Tabelle 6).

Tendenziell liegt der Gruppenmittelwert der KG etwa 20 Hz über dem der PG. Die Medianwerte sind faktisch identisch. Bei der Betrachtung der Maxima unter dem Ausschluss von Kurzlauten zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney U Test: p-Wert= 0,66).

Tabelle 23: Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Maxima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	17	486,1	118,8	455,1	343,3	834,35	nein
PG	18	468,2	66,0	456,3	355,3	590,97	ja
Gesamt	35	476,9	94,3	455,1	343,3	834,35	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

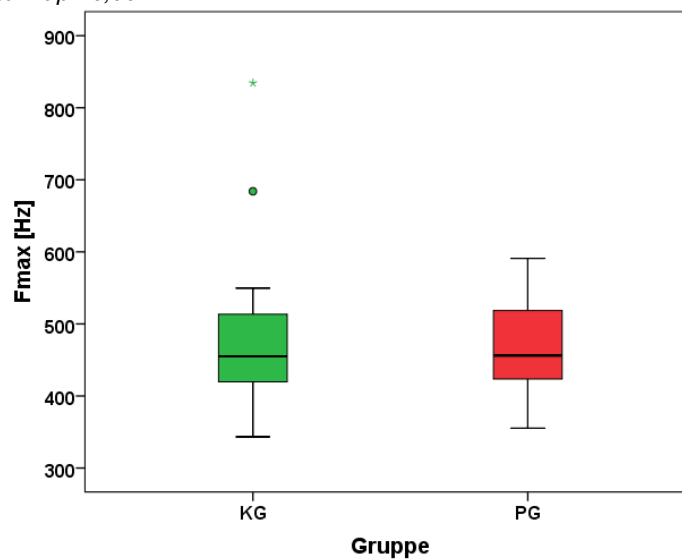


Abbildung 40: Boxplot-Diagramm – Fmax für unsegmentierte Vokalisationen pro Kind im Gruppenvergleich

Minimalwerte der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Auch bei Fmin ist im kindbasierten Gruppenvergleich kein signifikanter Unterschied zwischen der KG und PG (Mann-Whitney U Test: p-Wert= 0,424) zu erkennen. Kind KG_AX zeigt, wie auch schon bei den Fmax-Werten, einen wertmäßigen Ausreißer nach oben (588 Hz). Der Gruppen-Mittelwert liegt bei der KG auch hier ca. 20 Hz über dem Mittelwert der PG (Tabelle 24), die Medianwerte unterscheiden sich um ca. 16 Hz. Auch ohne Berücksichtigung von Kurzlauten unter 300 ms ist kein signifikanter Unterschied zu erkennen (Mann-Whitney U Test: p-Wert= 0,443).

Tabelle 24: Deskriptive Analyse der Grundfrequenz Minima [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	17	325,5	84,4	323,1	229,5	588,1	nein
PG	18	304,1	27,6	307,2	245,6	357,7	ja
Gesamt	35	314,5	62,0	314,6	229,5	588,1	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

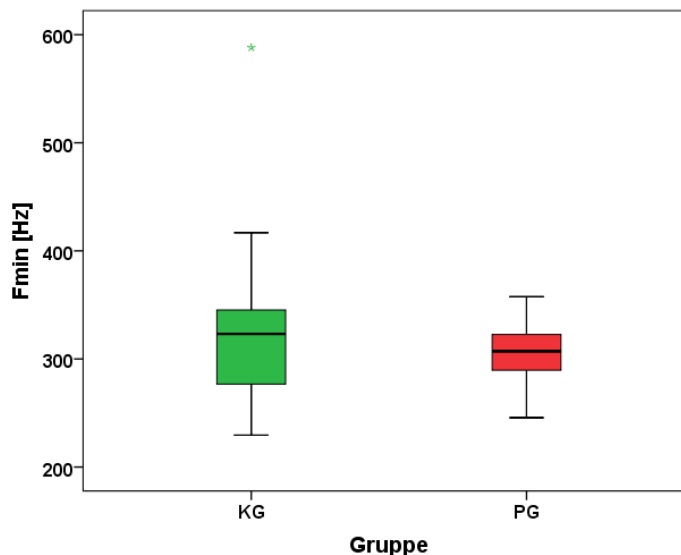


Abbildung 41: Boxplot-Diagramm - Fmin für unsegmentierte Vokalisationen pro Kind im Gruppenvergleich

Absoluter Hub (Fmax-Fmin) der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Bei den Hubeigenschaften liegt ebenfalls kein signifikanter Gruppenunterschied vor (T-Test: p-Wert= 0,848, siehe Tabelle 25). Auf die graphische Darstellung wird deswegen verzichtet. Auch ohne Einschluss von Kurzlauten änderte sich das Ergebnis nicht (p-Wert= 0,437).

Tabelle 25: Deskriptive Analyse des absoluten Hubs [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	Fmax-Fmin	17	160,5	56,7	152,9	66,5	267,2	ja
	Fmax-Fmin oKL	17	173,7	55,2	164,0	77,6	282,1	ja
PG	Fmax-Fmin	18	164,2	54,6	155,4	77,9	295,9	ja
	Fmax-Fmin oKL	18	189,2	61,2	188,5	86,7	318,9	ja
Gesamt	Fmax-Fmin	35	162,4	54,8	152,9	66,5	295,9	ja
	Fmax-Fmin oKL	35	181,7	58,0	172,0	77,6	318,9	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

oKL: ohne Einschluss von Kurzlauten (<300 ms)

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

Maxima, Minima und absolute Hübe für die segmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Tabelle 26 zeigt übersichtlich die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Maxima, Minima und der absoluten Hübe für die segmentierten Laute, wiederum ohne Berücksichtigung von An- und Endwellen. Auch hier wird auf die graphische Darstellung verzichtet. Wie aus Tabelle 26 ersichtlich, werden potenzielle Mittelwertunterschiede bei allen untersuchten Variablen mit dem Mann-Whitney-U Test untersucht, da keine hinreichenden Normalverteilungen der Daten vorlagen. Aus den p-Werten ist ersichtlich, dass kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen besteht (Mann-Whitney-U Test: Fmax, p-Wert= 0,935; Fmin, p-Wert= 0,961; Fmax-Fmin, p-Wert= 0,590). Der Medianwert für Fmax beider Gruppen ist faktisch identisch (470 Hz). Das Ergebnis bei Einschluss der An- und Endwellen, also Berücksichtigung der Ein- und Ausschwingvorgänge, fällt ähnlich aus (kein signifikanter Gruppenunterschied).

Tabelle 26: Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der segmentierten Vokalisationen ohne An- und Endwellen (kindbasiert)

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*	
KG	Fmax	17	506,6	152,2	470,8	329,9	1000,6	nein
	Fmin	17	344,1	93,0	314,9	249,7	589,5	nein
	Fmax-Fmin	17	502,8	76,8	458,8	332,9	1000,6	nein
PG	Fmax	18	483,8	83,1	470,3	369,1	647,5	ja
	Fmin	18	327,4	49,1	324,2	247,9	427,2	ja
	Fmax-Fmin	18	480,4	58,5	467,2	369,1	634,4	nein
Gesamt	Fmax	35	494,9	120,3	470,8	329,9	1000,6	nein
	Fmin	35	335,5	73,1	321,7	247,9	589,5	nein
	Fmax-Fmin	35	491,3	67,1	464,4	332,9	1000,6	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

3.3.2 Unterschiede in den Vokalisationslängen (kindbasiert)

Unsegmentierte Vokalisationen

Wie auch schon bei der lautbasierten Analyse der mittleren Vokalisationslänge erfolgte eine gesonderte Betrachtung der Lautlänge mit und ohne An- und Endwellen. Dabei ergab die Durchführung des Shapiro-Wilk Tests eine hinreichende Normalverteilung der Daten für beide Fälle (mit AE: KG, p-Wert= 0,157; PG, p-Wert= 0,99; ohne AE: KG, p-Wert= 0,184; PG, p-Wert= 1,0). Bei der folgenden Analyse (T-Test) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (mit AE: p-Wert= 0,986; ohne AE: p-Wert= 0,986). Auf eine gesonderte graphische Darstellung bei nicht signifikantem Ergebnis, bezogen auf die Vermessung mit bzw. ohne AE, wird im Folgenden verzichtet. Auffällig ist der extreme Wert des Kindes KG_BI mit einer Lautlänge von 1376 ms (Tabelle 27). Das Kind KG_BI zeigt zum Zeitpunkt T1 einen hypotrophen Kopfumfang (vgl. Tabelle 6).

Statistisch ergab sich auch bei Ausschluss von KL (< 300 ms) kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (p-Wert= 0,369).

3 Ergebnisse

In Tabelle 27 sind die Ergebnisse der deskriptiven Analyse berichtet. Abbildung 42 zeigt das Boxplot-Diagramm mit den Gruppenunterschieden für die mittleren Lautlängen pro Kind.

Tabelle 27: Deskriptive Analyse der Lautlängen der unsegmentierten Vokalisationen mit und ohne An- und Endwellen [ms] (kindbasiert)

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	VLMaE	17	670,2	279,6	546,0	324,8	1372,6	ja
	VLoAE	17	693,3	283,9	581,2	350,8	1376,7	ja
PG	VLMaE	18	671,6	196,7	661,5	289,2	1084,5	ja
	VLoAE	18	694,7	203,2	689,0	297,4	1124,6	ja
Gesamt	VLMaE	35	671,0	236,9	636,6	289,2	1372,6	ja
	VLoAE	35	694,0	242,0	677,9	297,4	1376,7	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

VL: mittlere Vokalisationslänge

mAE: mit Einschluss von An- und Endwellen

oAE: ohne Einschluss von An- und Endwellen

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

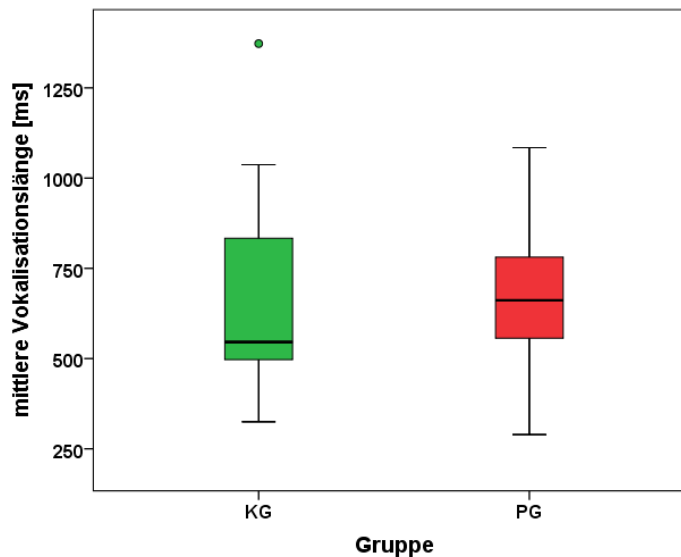


Abbildung 42: Boxplot-Diagramm - Lautlänge für unsegmentierte Vokalisationen mit An- und Endwellen pro Kind im Gruppenvergleich

Segmentierte Vokalisationen

Die Daten sind normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: KG, p-Wert= 0,47; PG, p-Wert= 0,65). Bei der Testung mittels T-Test zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (p-Wert= 0,646). Auch ohne AE ist kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen (T-Test: p-Wert= 0,597).

Tabelle 28. Deskriptive Analyse der Lautlängen der segmentierten Vokalisationen mit und ohne An- und Endwellen [ms] (kindbasiert)

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	VLmAE	17	1387,8	351,35	1302,1	905,84	2182,9	ja
	VLoAE	17	1376,4	345,82	1295,5	905,84	2161,0	ja
PG	VLmAE	18	1330,3	379,76	1279,9	646,72	1965,0	ja
	VLoAE	18	1311,2	375,68	1268,4	629,18	1890,0	ja
Gesamt	VLmAE	35	1358,2	362,01	1302,1	646,72	2182,9	ja
	VLoAE	35	1342,9	357,68	1293,3	629,18	2161,00	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

VL: mittlere Vokalisationslänge

mAE: mit Einschluss von An- und Endwellen

oAE: ohne Einschluss von An- und Endwellen

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

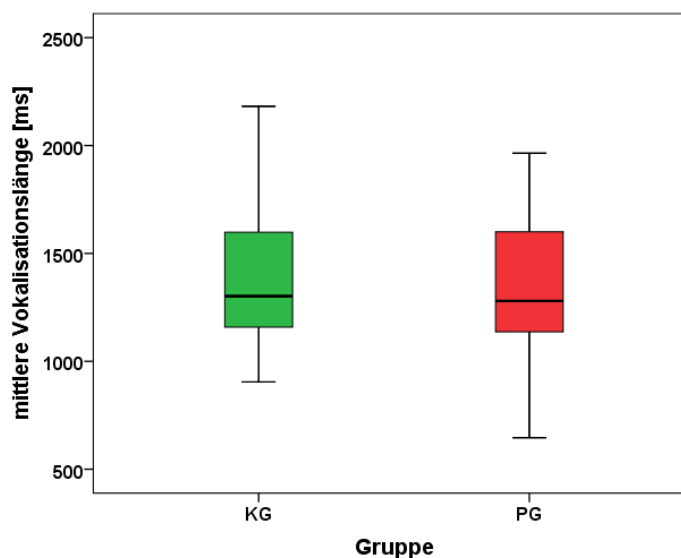


Abbildung 43: Boxplot-Diagramm - Lautlänge für segmentierte Vokalisationen mit An- und Endwellen pro Kind im Gruppenvergleich

3.3.3 Analyse der Segmentierungspausen (kindbasiert)

Auch bei den Segmentierungspausen ist kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen (T-Test: p-Wert= 0,571). Es liegen normalverteilte Daten vor. Abweichungen zeigen nur Kinder der KG. Positiv weichen ab: KG_AW und KG_AF. Negative Abweichungen vom Mittelwert zeigen KG_AA und KG_AB. Betrachtet man die Pausenmittelwerte, zeigt die KG tendenziell um ca. 25 ms längere Pausenlängen, im Median um ca. 64 ms.

Tabelle 29: Deskriptive Analyse der Segmentierungspausen [ms]

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	17	352,6	114,4	373,2	152	569	ja
PG	18	327,6	142,1	309,3	112	630	ja
Gesamt	35	339,7	128,1	327,0	112	630	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

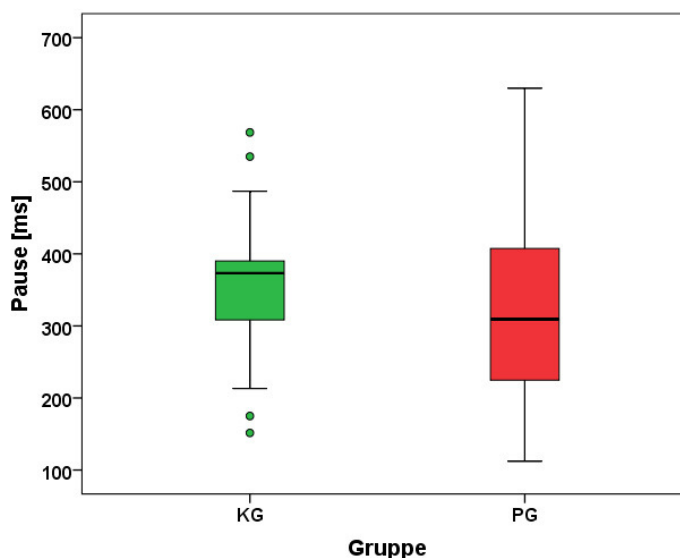


Abbildung 44: Boxplot-Diagramm – Pausenlängen pro Kind im Gruppenvergleich

3.3.4 Subgruppentest: Untersuchung des MCI

Der MCI (siehe Kapitel 2.4.3) wird im Ergebnis der Melodiestrukturanalyse aus allen Vokalisationen eines Kindes ermittelt und anschließend über die Kinder der KG bzw. PG gemittelt. Diese Analyse wurde nur beispielhaft für eine Untergruppe von 20 Kindern durchgeführt. Dieser Analyseschritt wurde ergänzend aufgenommen, da sich im Rahmen dieser Pilotanalyse zeigen sollte, ob dem MCI als wesentliche Größe innerhalb der *Vorsprachlichen Diagnostik* auch zur Differenzierung der hier untersuchten Probandengruppen zukünftig eine stärkere Beachtung geschenkt werden sollte. Dazu wurde eine sogenannte „High Contrast-Group“ von einem der Studienleiter (PD Dr. med. dent. Philipp Meyer-Marcotty) zusammengestellt und zur Analyse vorgegeben. Die Daten sind normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: KG, p-Wert= 0,479; PG, p-Wert= 0,239). Die Unterschiede zwischen den Kindern der Sub-KG und Sub-PG sind bezüglich der Kopfasymmetrie (DD) besonders hoch (T-Test: p-Wert= 0,001; Tabelle 30; vgl auch dazu Abbildung 20).

Tabelle 30: Deskriptive Analyse des Diagonaldifferenzwertes [cm] (Subgruppe: High Contrast-Group)

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	10	,2	,1	,2	,0	,4	ja
PG	10	1,3	,3	1,2	,8	1,9	ja
Gesamt	20	,7	,6	,6	,0	1,9	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

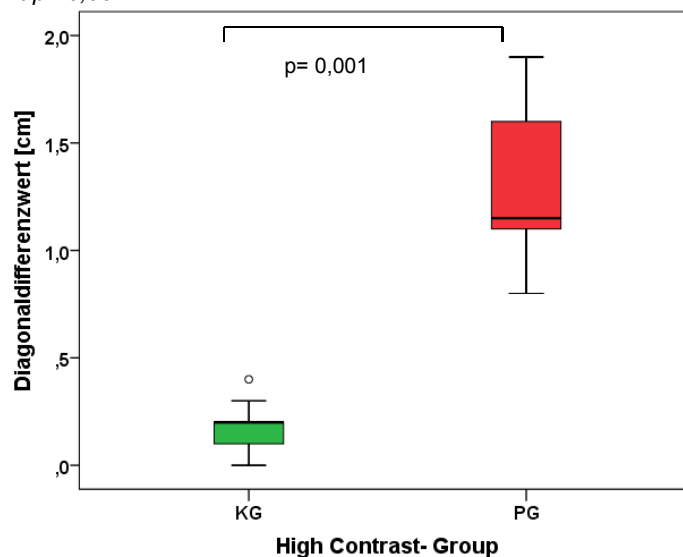


Abbildung 45: Boxplot-Diagramm – Diagonaldifferenzwert im Subgruppenvergleich (High Contrast- Group)

Bei den MCI-Daten handelt es sich um normalverteilte Stichproben, daher kann der T-Test für die Mittelwertsunterschiede bei unabhängigen Stichproben angewendet werden. Es ergibt sich kein Unterschied zwischen den Gruppen (p -Wert= 0,991). Wie aus Tabelle 31 ersichtlich, liegen die Gruppenmittelwerte nur um 0,01 auseinander. Der Median unterscheidet sich um 0,06. Die Ausreißer sind KG_AF (Körperlänge bei Geburt; unterhalb der 10. Perzentile) mit einem sehr niedrigen (0,17) und PG_BE (0,92) mit einem sehr hohen MCI (Abbildung 46).

Tabelle 31: Deskriptive Analyse des MCI- Subgruppentest

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	10	,57	,21	,54	,17	,91	ja
PG	10	,58	,17	,60	,33	,92	ja
Gesamt	20	,57	,19	,56	,17	,92	ja

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

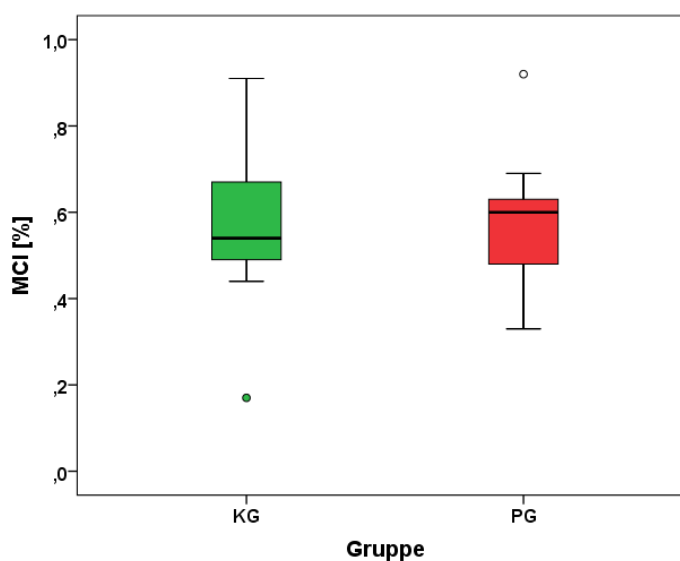


Abbildung 46: Boxplot-Diagramm – Melodiekomplexität zum Untersuchungszeitpunkt pro Kind im Subgruppenvergleich

3.3.5 Untersuchung der Auftrittshäufigkeit phonatorischer Rauschphänomene und Subharmonischer

Bei der Untersuchung dieser spektralen Merkmale wurden alle 35 Kinder einbezogen. Es wurden sowohl Rauschphänomene vom Typ „Mitte“ (RM) und Typ „Rand“ (RR) (siehe Kapitel 2.4.4) als auch das Auftreten von Subharmonischen (SH) für die unsegmentierten Vokalisationen (UV) untersucht. Bei den segmentierten Vokalisationen (SV) lag eine zu geringe Fallzahl vor (vgl. Tabelle 9). Diese werden deshalb bei der Analyse nicht berücksichtigt, da eine Datenzusammenfügung der beiden Vokalisationsarten Maskierungseffekte mitsichbringen könnte. Alle ermittelten Ergebnisse stellen prozentuale Anteile dar. Es wird die prozentuale Auftrittshäufigkeit von Rauschphänomenen bzw. von Subharmonischen bezogen auf alle Vokalisationen eines Kindes ermittelt und dann über die Gruppen gemittelt. Wie aus Tabelle 32 ersichtlich, sind SH die am häufigsten auftretenden spektralen Elemente in beiden Gruppen mit insgesamt jeweils ca. 18%. Lediglich bei den SH-Werten lag eine hinreichende Normalverteilung vor, und es konnten entsprechend parametrische Tests (T-Test) für den Signifikanztest verwendet werden. Dabei ergab sich ein p-Wert von 0,984 und damit kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Auch bei den Rauschelementen zeigte sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U Test: RR, p-Wert= 0,684; RM, p-Wert= 0,909). Die zwei Ausreißer nach oben in Abbildung 47 sind PG_BT bei den SH und PG_BH (Körperlänge bei Geburt: unterhalb der 10. Perzentile; Körpergewicht bei Geburt: unterhalb der 10. Perzentile) bei RR.

Tabelle 32: Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeit von Rausch- und subharmonischen Phänomenen [%] der unsegmentierten Vokalisationen (kindbasiert)

Gruppe		N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
KG	SH	17	18,3	14,7	17,1	0	44	ja
	RR	17	7,2	6,8	5,5	0	21	ja
	RM	17	4,6	5,1	2,5	0	17	nein
PG	SH	18	18,3	12,4	17,4	0	49	ja
	RR	18	6,0	5,8	4,2	0	22	nein
	RM	18	3,3	2,5	3,4	0	9	nein
Gesamt	SH	35	18,3	13,4	17,2	0	49	ja
	RR	35	6,6	6,2	5,3	0	22	nein
	RM	35	3,9	4,00	3,1	0	17	nein

Erklärung:

KG: Kontrollgruppe

PG: Plagiocephalus-Gruppe mit Helmtherapie

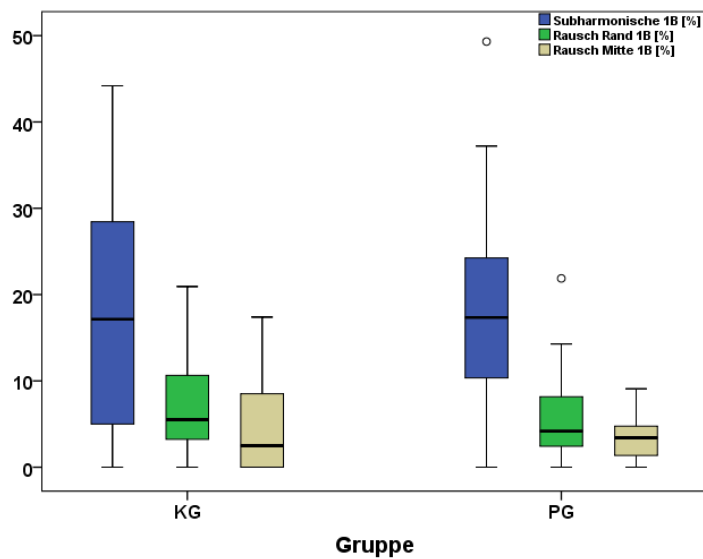
NV: Normalverteilung

SH: Subharmonische

RR: Rauschen Rand

RM: Rauschen Mitte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$



**Abbildung 47: Boxplot-Diagramm – Gruppenvergleich der spektralen Eigenschaften SH, RR, RM
blau= Subharmonische, grün= Rauschen Rand, beige= Rauschen Mitte**

3.4 Analyse der Vokalisationseigenschaften bei veränderter Gruppeneinteilung

Die Zuordnung der Säuglinge in die Gruppe Lagerungsplagiocephalus basiert im klinischen Alltag auf den Erfahrungen der behandelnden Ärzte. Welche Konstellationen der objektiven Messparameter, basierend auf den mit Hilfe des lichtoptischen 3D-Scans erhobenen Werten, die ärztliche Entscheidung am besten reflektieren, ist bisher umstritten. Daher wurde durch Variation der vorgegebenen Zuordnung der Kinder zu entweder KG oder PG abschließend untersucht, inwieweit eine Variation der Zuordnung zu signifikanten Unterschieden in den Vokalisationseigenschaften führt. Da es sich hier um eine rein explorative Pilotstudie handelt, scheint dies sinnvoll und für nachfolgende Arbeiten hilfreich.

Im folgenden Kapitel wird eine neue Gruppeneinteilung eingeführt. Diese basiert lediglich auf dem Diagonaldifferenzwert (DD). So ergibt sich, dass z.B. Kinder mit großem DD, wie etwa Kind KG_AC (DD= 0,9), die ärztlicherseits der KG zugeordnet wurden, in eine neue Gruppe eingeordnet werden und quasi als „Plagiokind ohne Helmtherapie“ behandelt werden.

Die Untersuchung erfolgte nur kindbasiert. Kurzlaute wurden von der Analyse ausgeschlossen.

3.4.1 Gruppeneinteilung nach Literatur

Wie schon in Kapitel 3.1.1 beschrieben, wird in der Fachliteratur (vgl. Moss 1997; Mortenson/ Steinbok 2006) der Diagonaldifferenzwert (DD) verwendet, um Kinder mit Lagerungsplagiocephalus zu differenzieren. Die Probanden wurden probeweise nach den in der Literatur genannten Einteilungen neu gruppiert. Dabei ergeben sich drei neue Gruppen: (1) DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien (Lit_1); (2) DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus (Lit_2); (3) DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus (Lit_3). Tabelle 33 zeigt die neue Gruppeneinteilung für die hier untersuchten Probanden.

3 Ergebnisse

Hinsichtlich der Diagonaldifferenz sind die Daten nicht alle normalverteilt. Es erfolgte die Signifikanzprüfung mittels Kruskal-Wallis-Test für unabhängige Stichproben. Dies ergibt einen p-Wert von 0,001, d.h. bezüglich der Kenngröße DD bestehen signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Dies weiter zu untersuchen ist hier nicht wesentlich. Wichtig ist, ob sich die Vokalisationseigenschaften der Kinder dieser drei Gruppen unterscheiden.

Tabelle 33: *Deskriptive Analyse der neue Gruppeneinteilung nach Literatur basierend auf der Diagonaldifferenz [cm]*

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*
Lit_1	9	,2	,1	,2	,0	,3	ja
Lit_2	20	,7	,3	,7	,4	1,1	nein
Lit_3	6	1,5	,3	1,4	1,2	1,9	ja
Gesamt	35	,7	,5	,6	,0	1,9	nein

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

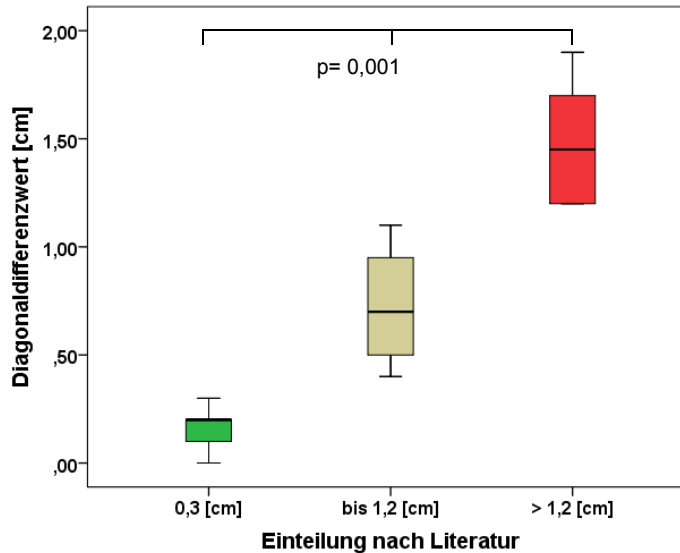


Abbildung 48: *Neue Gruppeneinteilung unter Verwendung der Kriterien aus der Literatur (vgl. Moss 1997; Mortenson/ Steinbok 2006)*

3.4.2 Analyse der Vokalisationseigenschaft nach neuer Gruppeneinteilung (Literatureinteilung)

Alle in Kapitel 2.4.6 aufgeführten Messgrößen (Variablen) werden auf ihre Verteilungseigenschaften (normalverteilt/nicht normalverteilt) und auf mögliche signifikante Unterschiede untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 34 bis Tabelle 39 übersichtlich und mit den jeweiligen dazugehörigen p-Werten dargestellt. Um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, sind die Tabellen sowohl nach segmentierten/unsegmentierten Vokalisationen, dem MCI sowie der Auftrittshäufigkeit der Rausch- und SH-Phänomene gegliedert. Für alle Untersuchungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Deshalb werden nur einige Boxplot-Diagramme aufgezeigt, in denen tendenzielle Unterschiede zwischen den Gruppen erkennbar sind.

Die Kinder der Gruppe Lit_1 (grün; Ausreißer KG_AX) zeigen für Fmax (UV) einen Median von 427 Hz, für Lit_2 (beige; Ausreißer KG_AB) ist der Median für Fmax 459 Hz. Für die Probanden mit schwerem Plagiocephalus der Gruppe Lit_3 (rot) liegt der Median bei 482 Hz. Man erkennt also einen positiven Zusammenhang zwischen größer werdendem Medianwert für Fmax und dem DD (vgl. Abbildung 49). Vergleicht man die Mittelwerte untereinander, ist dieser Trend nicht ersichtlich (Tabelle 34).

Abbildung 50 zeigt die Verteilungseigenschaften des absoluten Hubs für die drei Gruppen. Hier ist ebenfalls kein inhaltlich relevanter Unterschied zwischen den Gruppen auszumachen.

Tabelle 34: Deskriptive Analyse der Maxima, Minima und des absoluten Hubes [Hz] der unsegmentierten Vokalisationen für die „Literaturgruppe“

Literaturgruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*		
Lit_1	Fmax	9	485,0	145,4	426,8	343,3	834,4	nein	
	Fmin	9	322,0	109,3	306,6	229,5	588,1	nein	
	Fmax-Fmin	9	163,1	59,0	164,8	66,5	246,2	ja	
Lit_2	Fmax	20	474,6	70,8	459,4	385,7	684,1	nein	
	Fmin	20	313,0	38,3	317,2	232,8	416,8	ja	
	Fmax-Fmin	20	161,6	55,0	148,7	87,8	295,9	ja	
Lit_3	Fmax	6	472,6	86,3	482,2	355,3	561,8	ja	
	Fmin	6	308,4	36,5	311,8	258,4	357,7	ja	
	Fmax-Fmin	6	164,2	58,2	169,0	77,9	228,4	ja	
Gesamt	Fmax	35	476,9	94,3	455,1	343,3	834,4	nein	0,870
	Fmin	35	314,5	62,0	314,6	229,5	588,1	nein	0,724
	Fmax-Fmin	35	162,4	54,8	152,9	66,5	295,9	ja	0,994

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

**ANOVA bzw. Kruskal-Wallis: das Signifikanzniveau ist 0,05

Tabelle 35: Deskriptive Analyse der Lautlängen [ms] der unsegmentierten Vokalisationen für die „Literaturgruppe“

Literaturgruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*		
Lit_1	VLmAE	9	699,5	249,0	719,2	352,2	1064,8	ja	
	VLoAE	9	677,2	237,5	700,8	348,3	1037,1	ja	
Lit_2	VLmAE	20	668,5	255,9	613,8	297,4	1376,7	ja	
	VLoAE	20	647,5	253,2	596,6	289,2	1372,6	ja	
Lit_3	VLmAE	6	770,9	201,5	727,7	594,8	1124,6	ja	
	VLoAE	6	739,8	199,3	690,2	568,2	1084,5	ja	
Gesamt	VLmAE	35	694,0	242,0	677,9	297,4	1376,7	ja	0,67
	VLoAE	35	671,0	236,9	636,6	289,2	1372,6	ja	0,71

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

VL: mittlere Vokalisationslänge

mAE: mit Einschluss von An- und Endwellen

oAE: ohne Einschluss von An- und Endwellen

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

**ANOVA bzw. Kruskal-Wallis : das Signifikanzniveau ist 0,05

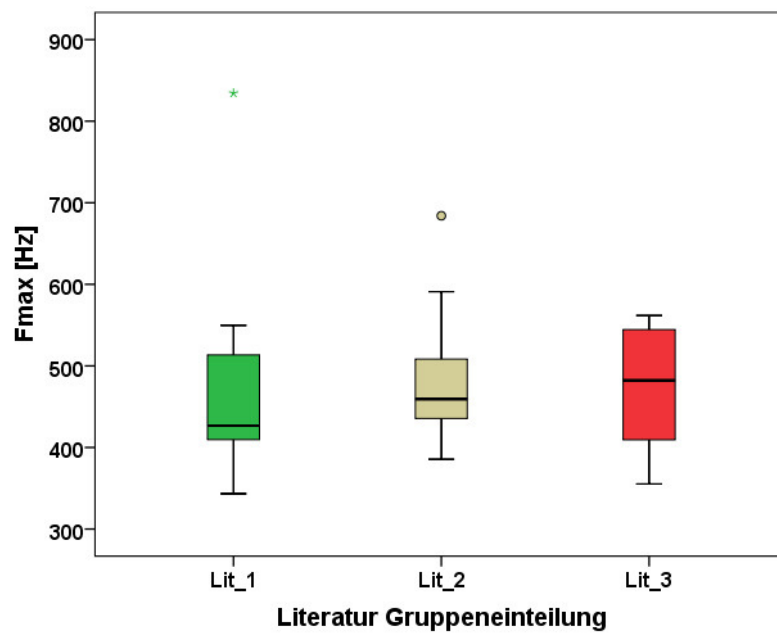


Abbildung 49: Boxplot-Diagramm - Fmax für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung

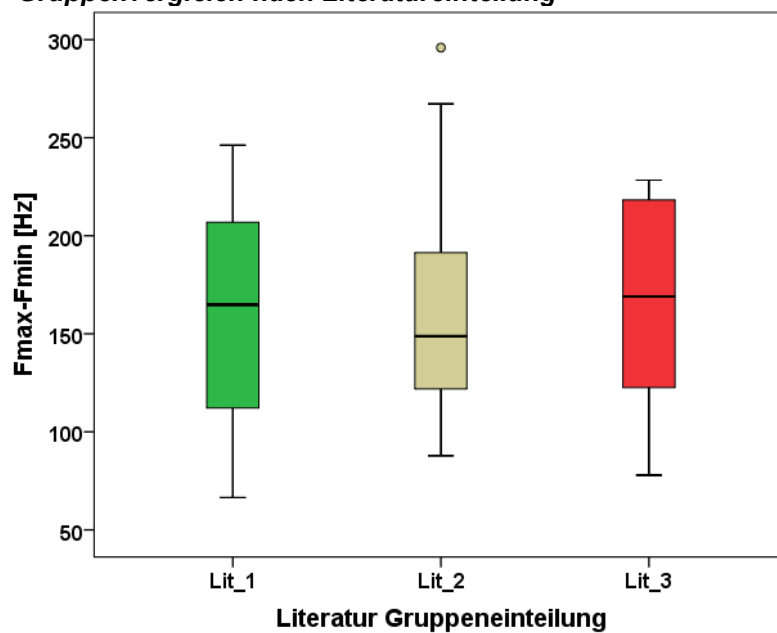


Abbildung 50: Boxplot-Diagramm – absoluter Hub für unsegmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung

Bei den segmentierten Vokalisationen (SV) werden zunächst die Segmentierungspausen untersucht. Abbildung 51 zeigt eine tendenziell immer kürzer werdende mittlere Pausenlänge mit Zunahme des Ausprägungsgrades des Plagiocephalus. Vergleicht man die Kinder ohne Asymmetrie (Lit_1) mit den Kindern, bei denen eine schwere Form der Asymmetrie vorliegt, stellt man einen Unterschied von 137 ms zwischen den Gruppenmittelwerten fest. Die beiden Ausreißer sind KG_AW (oberer Wert) und KG_AF (unterer Wert).

Ein umgekehrter Trend findet sich beim absoluten Hub. Sowohl der Median als auch der Mittelwert nehmen von Lit_1 zu Lit_3 zu (Tabelle 36, Abbildung 52). Alle weiteren Ergebnisse sind in Tabelle 36 und Tabelle 37 dargestellt.

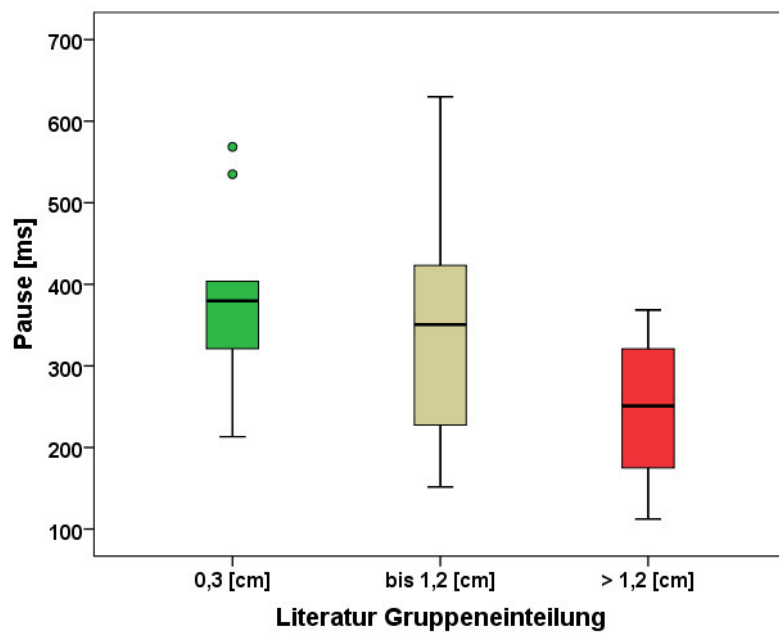


Abbildung 51: Boxplot-Diagramm – mittlere Pausenlänge für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung

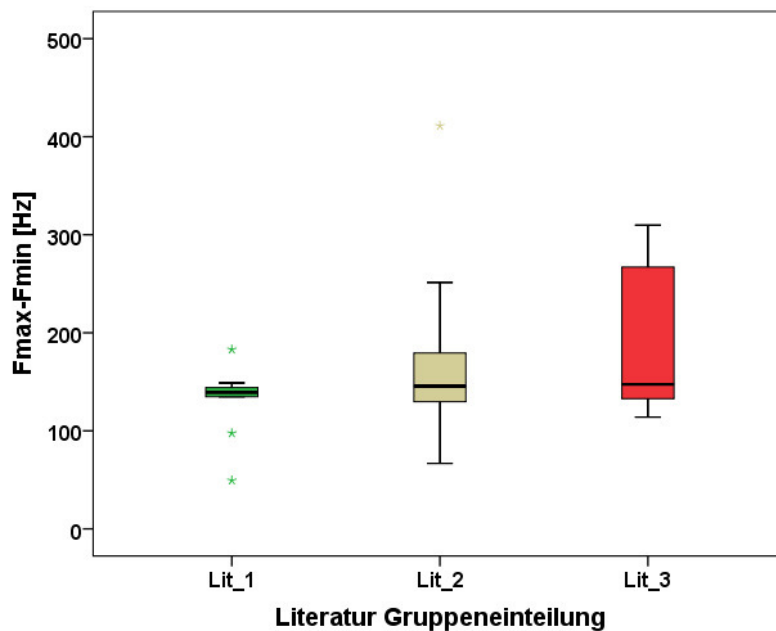


Abbildung 52: Boxplot-Diagramm – absoluter Hub für segmentierte Vokalisationen im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung

Tabelle 36: Zusammengefasste deskriptive Analyse der Maxima, Minima und absoluten Hübe [Hz] der Grundfrequenz der segmentierten Vokalisationen ohne AE nach neuer Gruppeneinteilung

Literaturgruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*		
Lit_1	Fmax	9	453,8	108,4	412,9	329,9	666,8	nein	
	Fmin	9	323,0	87,2	287,1	249,7	483,8	nein	
	Fmax-Fmin	9	130,8	37,4	139,3	49,4	183,0	ja	
Lit_2	Fmax	20	513,0	132,2	487,5	369,1	1000,6	nein	
	Fmin	20	348,9	72,1	333,4	252,9	589,5	nein	
	Fmax-Fmin	20	164,1	71,3	145,6	66,7	411,1	nein	
Lit_3	Fmax	6	496,3	94,0	493,2	392,2	637,8	ja	
	Fmin	6	309,9	51,3	304,3	247,9	370,9	ja	
	Fmax-Fmin	6	186,4	81,2	147,4	114,0	309,8	ja	
Gesamt	Fmax	35	494,9	120,3	470,8	329,9	1000,6	nein	p-Wert**
	Fmin	35	335,6	73,1	321,7	247,9	589,5	nein	0,283
	Fmax-Fmin	35	159,4	67,1	141,0	49,4	411,1	nein	0,198
									0,533

Tabelle 37: Deskriptive Analyse der Lautlängen und Segmentierungspausen [ms] der segmentierten Laute nach neuer Gruppeneinteilung

Literaturgruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*		
Lit_1	VLoAE	9	1360,43	337,74	1295,49	991,67	2159,99	nein	
	VLmAE	9	1372,57	342,94	1302,06	996,67	2181,86	nein	
	Pause	9	382,97	111,47	379,75	213,12	568,53	ja	
Lit_2	VLoAE	20	1343,67	392,78	1302,59	629,18	1876,54	ja	
	VLmAE	20	1358,49	393,18	1311,23	645,72	1913,85	ja	
	Pause	20	348,24	134,19	350,66	151,53	629,89	ja	
Lit_3	VLoAE	6	1313,74	315,67	1264,66	930,89	1890,00	ja	
	VLmAE	6	1335,70	338,44	1271,63	949,29	1965,00	ja	
	Pause	6	246,41	95,78	250,91	112,31	368,43	ja	
Gesamt	VLoAE	35	1342,85	357,68	1293,26	629,18	2159,99	nein	p-Wert**
	VLmAE	35	1358,21	362,01	1302,06	645,72	2181,86	nein	0,985
	Pause	35	339,72	128,10	327,01	112,31	629,89	ja	0,991
									0,115

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

VL: mittlere Vokalisationslänge

mAE: mit Einschluss von An- und Endwellen

oAE: ohne Einschluss von An- und Endwellen

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

**ANOVA bzw. Kruskal-Wallis : das Signifikanzniveau ist 0,05

Bei der Subgruppe von 10 Probanden für die MCI-Berechnung fallen 9 Kinder in die KG und 11 Kinder in die zwei Plagiogruppen (vgl. Tabelle 38). Beim MCI zeigt sich im Vergleich zur alten Gruppeneinteilung (vgl. Tabelle 31), in der kein signifikanter Unterschied zwischen KG und PG bestand, die deutliche Tendenz einer Verminderung des MCI bei stark ausgeprägtem Plagiocephalus. Die Gruppen Lit_1 und Lit_2 besitzen einen ähnlichen MCI (vgl. Tabelle 38). Statistisch signifikant sind die Unterschiede nicht. Betrachtet man jedoch die MCI-Verteilung in Abbildung 53 unter Berücksichtigung des Referenzwertes (0,6) für eine altersadäquate Vokalisationsleistung, dann wird deutlich, dass die Kinder der Lit_3 Gruppe unter diesem Wert liegen. Inwieweit dies tatsächlich ein Hinweis auf bestehende Zusammenhänge sein könnte, kann mit dem vorliegenden Datensatz nicht weitergehend untersucht werden.

Bezüglich der Auftrittshäufigkeit der Rausch und SH-Phänomene sind keine inhaltlich interpretierbaren Tendenzen zu erkennen (vgl. Tabelle 39). Es gibt auch keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede.

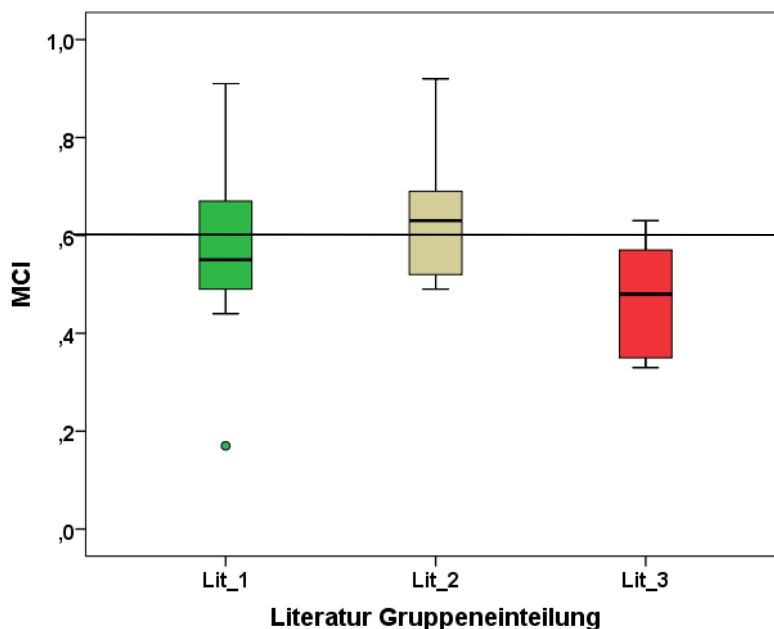


Abbildung 53: Boxplot-Diagramm – MCI im Gruppenvergleich nach Literatureinteilung
Die eingezeichnete Orientierungslinie bei 0,6 repräsentiert den Referenzwert für Säuglinge mit unauffälliger Sprachentwicklung (Wermke/ Mende 2011, Seite 635)

3 Ergebnisse

Tabelle 38: Deskriptive Analyse des MCI nach neuer Gruppeneinteilung

Gruppe	N	MW	STD	Median	Min	Max	NV*	
Lit_1	9	,58	,22	,55	,17	,91	ja	
Lit_2	6	,65	,15	,63	,49	,92	ja	
Lit_3	5	,47	,13	,48	,33	,63	ja	p-Wert**
Gesamt	20	,57	,19	,56	,17	,92	ja	0,312

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

**ANOVA bzw. Kruskal-Wallis : das Signifikanzniveau ist 0,05

Tabelle 39: Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeit [%] der spektralen Rausch-/SH-Merkmale

Literaturgruppe		N	MW	Std	Median	Min	Max	NV *	
Lit_1	SH	9	19,29	14,078	21,82	2	44	ja	
	RR	9	8,88	7,711	5,50	0	21	ja	
	RM	9	4,32	4,138	3,13	0	11	ja	
Lit_2	SH	20	17,71	13,728	16,07	0	49	ja	
	RR	20	4,76	4,562	3,45	0	15	ja	
	RM	20	3,96	4,469	2,77	0	17	ja	
Lit_3	SH	6	18,76	13,211	19,73	3	37	ja	
	RR	6	9,23	7,720	7,15	0	22	ja	
	RM	6	3,24	1,958	3,89	0	5	ja	p-Wert**
Gesamt	SH	35	18,30	13,346	17,24	0	49	ja	0,956
	RR	35	6,59	6,243	5,26	0	22	ja	0,134
	RM	35	3,93	3,985	3,13	0	17	ja	0,881

Erklärung:

Lit_1: DD: 0-0,3 cm, keine Asymmetrien

Lit_2: DD: >0,3-1,2 cm, leichter Plagiocephalus

Lit_3: DD: >1,2 cm, schwerer Plagiocephalus

NV: Normalverteilung

SH: Subharmonische

RR: Rauschen Rand

RM: Rauschen Mitte

* Shapiro-Wilk Test mit $p > 0,05$

**ANOVA bzw. Kruskal-Wallis : das Signifikanzniveau ist 0,05

3.5 Korrelationsanalysen

Nach Durchführung aller in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen statistischen Analysen sollen zum Abschluss des Ergebniskapitels mögliche relevante externe Faktoren (z.B. Alter zur Lautaufnahme/zum 3D-Scan, Geschlecht, Gestationsalter, somatische Daten, Physiotherapie), die die kindbasierte Analyse beeinflussen könnten, durch bivariate Korrelationsanalysen auf Hinweise für mögliche Abhängigkeiten untersucht werden. Die Korrelationsanalyse erfolgte nach Spearman, da die meisten Untersuchungsparameter nicht normalverteilt waren (siehe Tabelle 40 im Anhang). Alle dazugehörigen Tabellen finden sich im Anhang (Tabelle 41, Tabelle 42, Tabelle 43).

Bei Ermittlung des Spearman-Korrelationskoeffizienten für die anthropometrischen Daten ergibt sich hinsichtlich einer möglichen Abhängigkeit der untersuchten Vokalisationseigenschaften von Gestationsalter, Geburtsgewicht, Kopfumfang und Körperlänge eine Korrelation auf dem 0,05 Signifikanzniveau zwischen Geburtsgewicht und dem Minimum der Grundfrequenz bei den segmentierten Komfortvokalisationen (-0,455, siehe Tabelle 41) und ebenfalls für die Körperlänge bei Geburt und Fmin (-0,401; vgl. Tabelle 41). Bei den unsegmentierten Vokalisationen ist der Kopfumfang bei Geburt und die Vokalisationslänge (mit und ohne An- und Endwellen, vgl. Tabelle 42) auf dem 0,01 Niveau signifikant (mit AE: 0,371; ohne AE: 0,368).

Bei der Untersuchung phonatorischer Rauschphänomene und Subharmonischen (Tabelle 43) zeigen sich Korrelationen auf dem 0,01 Signifikanzniveau lediglich bei den subharmonischen Elementen (SH und GG: 0,381; SH und GL: 0,357).

Auffällig ist auch die signifikante Korrelation einer physiotherapeutischen Behandlung und dem DD-Wert bei den anthropometrischen Maßen (s. Tabelle 41 im Anhang). Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht Gegenstand vorliegender Arbeit.

4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, anhand der Analyse ausgewählter akustischer Eigenschaften von Komfortvokalisationen eines Probandenkollektivs, bestehend aus Säuglingen mit diagnostiziertem Lagerungsplagiocephalus und einer gleichaltrigen Kontrollgruppe, zu untersuchen, ob zwischen den beiden Gruppen Unterschiede in der vorsprachlichen Entwicklung bestehen. Existierende Unterschiede könnten Hinweise auf mögliche neuropsychologische Störungen im Zusammenhang mit dem Auftreten eines Lagerungsplagiocephalus liefern, die Langzeitfolgen für die kognitive, insbesondere sprachliche Entwicklung haben könnten. Die theoretische Begründung für diesen Ansatz ist bereits in der Einleitung ausgeführt (Kapitel 1.2 und 1.3).

Ein Vergleich der Ergebnisse der hier durchgeführten Studie mit ähnlichen Studien ist nicht möglich, da es bisher keine weiteren Studien gibt, die vorsprachliche Lautäußerungen bei Kindern mit Lagerungsplagiocephalus in vergleichbarer quantitativer Weise untersucht haben. Die nachfolgende Diskussion kann daher nur an einigen Stellen Bezug zur relevanten Literatur nehmen. Sie zielt daher primär darauf ab, die Untersuchungsergebnisse versuchsweise zu interpretieren. Die geringe Stichprobe, fehlende Referenzdaten sowie der Pioniercharakter der Arbeit begründen, warum alle aufgestellten Vermutungen lediglich Hypothesencharakter haben und einer Verifizierung durch nachfolgende Studien eines größeren Probandenkollektivs bedürfen.

Wie bereits in der Einleitung ausgeführt (vgl. Kapitel 1.2), wird von einigen Wissenschaftlern ein Zusammenhang zwischen dem Vorliegen eines Lagerungsplagiocephalus und dem späteren Auftreten von Entwicklungsstörungen angenommen. Die Mehrzahl der wissenschaftlichen Studien zu Kindern mit Lagerungsplagiocephalus hat sich auf die neuromotorische Entwicklung konzentriert. Entwicklungsstörungen wurden jedoch bei Kinder mit Lagerungsplagiocephalus sowohl im motorischen als auch im kognitiven Bereich beobachtet (Miller/ Clarren 2000; Panchal et al.

2001; Kordestani/ Panchal 2006). Die Auffälligkeiten sind dabei eher grobmotischer als feinmotorischer Art (Hutchison/ Stewart/ Mitchell 2009; Collett et al. 2011) und nehmen mit dem Alter ab (Collett et al. 2011; Hutchison/ Stewart/ Mitchell 2011; Collett et al. 2013). Generell gelten Kinder mit Lagerungsplagiocephalus als weniger aktiv (Hutchison, Thompson et al. 2003) und weisen einen geringeren Muskeltonus auf (Fowler et al. 2008).

Betrachtet man den engen Zusammenhang von motorischer und kognitiver sprachlicher Entwicklung (vgl. Iverson 2010), lag es nahe, auch Untersuchungen zu spracherwerbsrelevanten vorsprachlichen Fähigkeiten bei diesen Kinder durchzuführen. Unterschiede in der späteren Sprachkompetenz fanden unter anderem Korpilahti, Saarinen et al. (2012) und Shamji et al. (2012). Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass dabei ältere Kinder mit unterschiedlichen Verfahren untersucht wurden (Korpilathi: Probanden ca. 3 Jahre; Testung mittels RDLS-III und RNT; Shamji: Probanden zwischen 6 und 9 Jahren, Eltern erhielten Fragebögen mit unterschiedlichen Fragen zur Entwicklung/ schulischen Problemen etc.).

Nach unseren Recherchen ist die Analyse der Grundfrequenz und mit ihr im Zusammenhang stehender Größen bei Säuglingen mit Lagerungsplagiocephalus, wie hier durchgeführt, die erste ihrer Art. Die hier untersuchten akustischen Kenngrößen sind Grundlage für die sogenannten prosodischen (melodisch-rhythmischen) Eigenschaften der Sprache. Der Spracherwerb bei Kindern beginnt sowohl perzeptiv als auch produktiv mit der Prosodieentwicklung. Insofern erschien es sinnvoll, zunächst mit diesen basalen Größen zu beginnen, bevor spezifischere Analysen durchgeführt werden. Die hier untersuchten Lauteigenschaften reflektieren zudem die „Quelle“ der Lautproduktion am Larynx. Sie reflektieren also unmittelbar die neurophysiologischen Mechanismen, die der Lautproduktion zugrunde liegen. Die Schnelligkeit der Prozesse limitieren die Kompensationsmöglichkeiten, so dass sich zerebrale Dysfunktionen unmittelbar in den „Quellenparametern“ reflektieren (Wermke 2002).

Eine Kombination der Ergebnisse der Lautanalysen mit anderen, allgemeinen Entwicklungstests (z.B. Bailey Testung) sollte ein nächster Schritt zur Beantwortung der Frage nach potenziellen Entwicklungseinflüssen eines Lageplagiocephalus sein. Dies könnte helfen, die Kinder zu identifizieren, die tatsächlich eine spezielle Förderung und intensive Betreuung benötigen. Nur so können individuell optimierte Behandlungen erfolgen und geeignete therapeutische Maßnahmen entwickelt und evaluiert werden.

4.1 Diskussion der Lautanalyse

Die Grundfrequenz (F0) und mit ihr im Zusammenhang stehende Größen besitzen in den ersten Lebensmonaten indikativen Charakter, da die Fähigkeit einer stabilen respiratorisch-laryngealen Koordination als eine der ersten lauterzeugungsrelevanten Regelleistungen entwickelt ist (siehe Übersicht in Barr/ Green/ Hopkins 2000).

Vor allem in der medizinischen Säuglingsschreiforschung gibt es zahlreiche Belege für die Bedeutung der Grundfrequenz und ihres Variationsbereiches für die Diagnose neurophysiologischer Störungen (Wasz-Höckert et al. 1968; Michelsson 1971; Michelsson/ Sirvio 1976; Wasz-Höckert/ Michelsson/ Lind 1985; Wermke 1987; Mende et al. 1990b; Michelsson/ Michelsson 1999). Aber auch bei älteren Säuglingen, Kindern und Erwachsenen spielt die Variabilität der Grundfrequenz eine wesentliche Rolle in der phonatorischen Diagnostik (vgl. z.B. Boltezar/ Burger/ Zargi 1997; Campisi et al. 2000; Zelcer et al. 2002). In der vorliegenden Arbeit wurden der minimale und maximale Grundfrequenzwert pro Einzelvokalisation ermittelt und vergleichend untersucht. Die Differenz zwischen beiden Werten ergab den Frequenzhub und ist ein Maß für den Variationsbereich der Grundfrequenz (Melodie) innerhalb einzelner Komfortlaute.

4.1.1 Grundfrequenz: Maxima, Minima, absoluter Hub

Eine Erhöhung der mittleren F0 und Instabilitäten im Melodieverlauf, also eine erhöhte Kurzzeitvariabilität, deuten auf eine Dysfunktion der der Lautproduktion zugrunde liegenden Mechanismen (Wasz-Höckert et al. 1968; Koivisto et al. 1970; Michelsson 1971; Lester 1987; Corwin et al. 1992; Wermke 2002; LaGasse/ Neal/ Lester 2005). Daher wurde in der vorliegenden Arbeit zunächst untersucht, ob es trotz medizinisch strenger Auswahlkriterien (Tabelle 1), Unterschiede in Fmax, Fmin und dem absoluten Hub der Komfortvokalisationen zwischen den Probandengruppen gibt.

Es wurden zwei Untersuchungsansätze gewählt: (1) Die Vokalisationen wurden unabhängig davon, von welchem Kind sie erzeugt wurden, entweder der

Gruppe der KG (Laute von KG-Säuglingen) oder der Gruppe der PG (Laute von PG-Säuglingen) zugeordnet (lautbasierte Analyse). (2) Alle Vokalisationen eines Kindes wurden zunächst separat analysiert und danach daraus Mittelwerte für alle Messgrößen pro Kind errechnet, bevor eine Gruppenmittelung für KG bzw. PG erfolgte (kindbasierte Analyse). Dieses Vorgehen erhöht die Aussagekraft der Befunde.

Wie bereits im Ergebnisteil beschrieben, weist die KG bei der lautbasierten Analyse der segmentierten Vokalisationen einen ca. 13 Hz höheren Mittelwert für die Fmax-Werte auf (siehe Kapitel 3.2.1). Auch wenn der Unterschied nur minimal ist, so war das Ergebnis aufgrund der großen Fallzahl statistisch signifikant. Bei der kindbasierten Analyse wurde kein signifikanter Gruppenunterschied gefunden. Gleiches gilt für die Untersuchungen der minimalen Grundfrequenzwerte (Fmin). Das bedeutet, dass es nach den hier durchgeführten Analysen keinen Hinweis auf inhaltlich relevante Unterschiede in der maximalen und minimalen F0 der Komfortvokalisationen zwischen beiden Gruppen im Alter von 5 – 7 Lebensmonaten gibt.

Die signifikanten Mittelwertunterschiede von 13 Hz (Fmax) bzw. 20 Hz (Fmin) bei lautbasierter Analyse (Kapitel 3.2.1) können nicht als gruppendifferenzierende Größen bezüglich einer klinischen Relevanz gewertet werden, da die Mittelwertsunterschiede zu gering sind, um eine Interpretation im Sinne einer neurophysiologischen Dysfunktion laryngealer Mechanismen zu erlauben. Dazu sind die Variationsbereiche der Messgrößen zu groß. Außerdem sind die Werte der KG höher als die der PG. Das spricht ebenfalls gegen einen inhaltlich relevanten Unterschied im Sinne einer neurophysiologischen Dysfunktion. In dem Fall wären höhere Werte bei der PG zu erwarten. Die höheren Werte bei der KG könnten andeuten, dass zumindest einige Säuglinge in ihrer vorsprachlichen Entwicklung akzeleriert sind und dadurch schon die typischen „Kopfregerübungen“ (hochfrequente Quieklaute) machen. Dies wird gegenwertig gerade am ZVES im Rahmen des CFCW-Projektes in einer anderen Dissertation untersucht.

Auch die Verteilungseigenschaften von Fmax und Fmin belegen die große Ähnlichkeit zwischen den beiden Gruppen bezüglich dieser Kenngrößen ihrer Komfortvokalisationen.

Es ist nicht der Unterschied, sondern vor allem die Ähnlichkeit zwischen den Verteilungseigenschaften und Größenordnungen von Fmax und Fmin beider Gruppen, die wesentliches Ergebnis der vorliegenden Untersuchung sind. Dies bestätigte sich auch bei der beispielhaft vorgenommenen Variation der Gruppeneinteilung (siehe Kapitel 3.4). Basierend auf den objektiven Asymmetriegrößen, die im 3D-Scan ermittelt wurden, fanden sich keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede. Gerade bei der stark asymmetrischen Gruppe Lit_3 (Kapitel 3.4.2) wären bei vorhandenen neurophysiologischen Dysfunktionen der der Lautproduktion zugrunde liegenden Mechanismen deutliche Abweichungen in den Vokalisationseigenschaften zu erwarten gewesen. Es fanden sich bei den hier untersuchten Probanden keine Hinweise auf Unterschiede in den Grundfrequenzeigenschaften von Komfortvokalisationen.

Die Interpretation nicht vorhandener Gruppenunterschiede wird durch die Ergebnisse der F0-Hübe gestützt. Die Verteilung der Hubdaten sind zwischen den Gruppen erstaunlich ähnlich. Im Hinblick auf den mittleren Gesamthub sind bei der PG geringfügig höhere Hübe als bei der KG aufgetreten. Es zeigte sich bei allen Untersuchungen zum Gesamthub kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Bei der lautbasierten Analyse unterscheidet sich der Hub sowohl bei den unsegmentierten Komfortvokalisationen (UV) als auch bei den segmentierten (SV) nur um wenige Hertz (UV: ca. 10 Hz, SV: ca 2 Hz). Diese Tendenz zieht sich stabil durch alle Analysen. Nur bei bei den SV unter der Literaturgruppeneinteilung, die auf dem herkömmlich verwendeten Diagonaldifferenzwert basiert (Kapitel 3.4.1), zeigt sich ein minimaler Anstieg des Hubes von Lit_1 (130 Hz) zu Lit_3 (186 Hz). Dies ist auch aus Abbildung 52 gut ersichtlich. Inwieweit dies entwicklungsdiagnostisch relevant sein könnte, muss durch nachfolgende Untersuchungen geprüft werden.

Diese auf üblichen Werten basierende Klassifizierungsvariante (Diagnoaldifferenzwert) war sinnvoll, da sie zusätzlich zeigt, dass es bei den hier untersuchten Probanden keine nachweisbaren Unterschiede in den Grundfrequenzeigenschaften der Vokalisationen gibt. Bezüglich der laryngealen, neurophysiologischen Anregungs- und Regelprozesse unterscheiden sich zumindestens die hier untersuchten Säuglinge mit und ohne Lagerungsplagiocephalus nicht. Die nachfolgende Helmtherapie, so würde man schließen, dient damit allein einer Verbesserung der Symmetrieverhältnisse des Kopfes und erleichtert die motorische Beweglichkeit.

Trotz einer für die Sprachentwicklung bekannten hohen interindividuellen Variabilität sind die ermittelten Vokalisationseigenschaften erstaunlich stabil. Dies deutet auf vergleichbare Entwicklungsstadien aller Probanden hin.

Keiner der hier untersuchten Säuglinge mit Lagerungsplagiocephalus ist damit aus der Perspektive der *Vorsprachlichen Diagnostik* mit einem erhöhten Risiko bezüglich einer neurophysiologischen Dysfunktion behaftet. Sowohl bei der PG als auch bei der KG kann von einer intakten laryngealen Regelkapazität und einem altersadäquaten Entwicklungsstatus ausgegangen werden. Die beiden Gruppen unterscheiden sich nicht.

Einschränkend muss man anführen, dass die hier untersuchten Größen nur relativ langsame Vorgänge reflektieren. Es wäre in weiterführenden Arbeiten zu prüfen, ob auch bei der Kurzzeitvariabilität von F0 keine Gruppenunterschiede nachweisbar sind. Bei schnelleren Prozessen sind Kompensationsmechanismen weniger effektiv. Auch leichtere Regelstörungen würden sich manifestieren. Diese Kurzzeitvariabilität von F0 sollte bei zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden (Mende/ Herzel/ Wermke 1990a; Titze/ Baken/ Herzel 1993).

4.1.2 Zeitliche Parameter

Neben der Grundfrequenz sind auch Größen, die die zeitliche Organisation der Lautproduktion reflektieren, geeignete Indikatoren zur Identifikation laryngealer Regelstörungen und damit neurophysiologischer Dysfunktionen. Daher erfolgte in einem weiteren Schritt die Vermessung der Laut- und Pausenlängen der Vokalisationen aller Probanden. Ziel war es, auf diese Weise auch spezifischer nach möglichen Unterschieden zwischen den Gruppen zu suchen, die in den rhythmischen Eigenschaften liegen. Der Zeitstruktur von Vokalisationen wird eine hohe Relevanz bei der Beurteilung der hirneurophysiologischen Reife für die sprachrelevante Entwicklung beigemessen (vgl. u.a. Benasich/ Tallal 2002).

Michelsson (1971) untersuchte Kinder mit einem Geburtsgewicht unter 2500 g und stellte verlängerte Vokalisationen fest. Neugeborene mit Kokainexposition zeigten nach Lester et al. (1991) ebenfalls verlängerte Vokalisationen. Kürzere Vokalisationen im Vergleich zu „normalen“ Säuglingen lagen bei Kindern mit Hyperbilirubinämie vor (Koivisto et al. 1970; Wasz-Hockert et al. 1971).

Bei am ZVES durchgeführten Studien wurden ähnliche Beobachtungen bei Säuglingen mit orofazialen Spalten, familiärer Disposition für spezifische Spracherwerbsstörung und „Small for Gestational Age“ (SGA)- Neugeborenen gefunden (Steck-Walter 2007; Denner 2008; Risse 2010). Durchgängig wurden hier durchschnittlich längere Vokalisationen im Vergleich zu Kontrollgruppen gemessen.

Nach Oller 2000 weisen spracherwerbsgestörte Kinder eine veränderte Rhythmusstruktur auf. Längere Bögen und Segmentierungspausen reflektieren eine veränderte bzw. gestörte zentrale Zeitorganisation. Steck-Walter (2007) vermutet einen Zusammenhang von verlängerten Vokalisationen bei LKGS-Kindern und dem verzögerten Einsetzen von kanonischen Babblern. (Oller et al. 1998) sieht darin wiederum einen möglichen Indikator für Störungen in der Entwicklung von Sprache, Sprechen und Lesevermögen.

Zu den temporalen Prozessen zählen auch die Segmentierungsprozesse in den Komfortvokalisationen. Intentionale Segmentierungen sind wichtige Bausteine

für den späteren Sprech- und Spracherwerb. Sie sind Voraussetzung für die Erzeugung von Babbellauten bzw. der Produktion von Silben. Segmentierungen erfolgen durch intentionales kurzzeitiges und ein- oder mehrmaliges Innehalten der Phonation innerhalb einer Ausatemungsphase. Diese Leistung stellt eine hohe Anforderung an die respiro- laryngeale Koordination dar (Wermke/ Mende 2011).

Bei der hier durchgeführten Analyse zeigten die Kinder mit Lagerungsplagiocephalus durchgängig - sowohl kind- (ca. 25 ms) als auch lautbasiert (ca. 24 ms) - minimal kürzere Segmentierungspausen. Diese Ergebnisse waren jedoch nicht signifikant, d.h. es konnten keine Gruppenunterschiede gefunden werden. Das bestätigte sich ebenfalls bei der „neuen“ Einteilung nach Literaturangaben (siehe Kapitel 3.4.1), nach der die Länge der Segmentierungspausen von Lit_1 zu Lit_3 abnahm (Lit_1: 382 ms; Lit_2: 348 ms; Lit_3: 246 ms). Dies ist ein interessantes Ergebnis, da eine längere intentionale Pause innerhalb einer Vokalisation mit nachfolgend wieder einsetzender Melodie eine hohe vokale Regelleistung voraussetzt. Diese ist essentiell um Silbensequenzen zu erzeugen. Es wird empfohlen, auch dieser Kenngröße bei nachfolgenden Untersuchungen eine besondere Beachtung zu schenken.

Die Untersuchung der Länge der unsegmentierten Vokalisationen (UV) zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei den lautbasierten Analysen zeigte die PG tendenziell längere Vokalisationen (ca. 40 ms) als die KG. Dies wurde in der kindbasierten Analyse jedoch nicht bestätigt. Der Gruppenmittelwert der PG lag unter dem der KG. Lediglich der Median der PG war im Gruppenvergleich höher. Bei der Einteilung nach „Literaturangaben“ war die Lautlänge der Kinder mit Lagerungsplagiocephalus ca. 70 ms länger im Vergleich der Gruppen Lit_1 mit Lit_3.

Bei den segmentierten Komfortvokalisationen (SV) zeigte die PG sowohl bei der lautbasierten (KG: 1387 ms; PG: 1300 ms) als auch bei der kindbasierten Analyse (KG: 1387 ms, PG: 1330 ms) minimal kürzere Lautlängen. Noch deutlicher war dieser Befund, wenn man die Ein- und Ausschwingprozesse

nicht berücksichtigte (Vermessung ohne An- und Endwellen). Es gab keine signifikanten Gruppenunterschiede. Auch hier wurde versucht, durch stärkere Kontrastierung der Asymmetriebefunde einen möglichen Hinweis auf potentielle Unterschiede in den Vokalisationslängen zu finden. Es wurde die in Kapitel 3.4.2 eingeführte Gruppeneinteilung verwendet. Bei der Einteilung nach „Literaturangaben“ wurden die Laute von Lit_1 (ohne AE: 1360 ms, mit AE 1372 ms) zu Lit_3 (ohne AE: 1313 ms, mit AE 1335 ms) kürzer.

Aus den genannten Ergebnissen lässt sich keine schlüssige Erklärung ziehen. Nicht ein Ergebnis war signifikant. Somit muss bisher davon ausgegangen werden, dass kein Unterschied zwischen den hier untersuchten Gruppen besteht.

4.1.3 Frequenzmodulationsfähigkeit: MCI- Auswertung

Sind in der frühkindlichen Entwicklung anfänglich noch einfache Melodiestrukturen vorherrschend, werden mit zunehmendem Alter häufiger komplexere Melodien erzeugt (Wermke 2002; Wermke/ Mende 2011). Diese Entwicklung folgt dem „Prinzip der modularen Komposition von Komplexität“ und dem „Prinzip der Wiederholung und Spezialisierung“, allgemein Evolutionsprinzipien (Mende/ Wermke 1992).

Die angeborenen einfachen Melodiebausteine entsprechen zuerst sogenannten Protomodulen, die durch kontinuierliche Weiterentwicklung, Modifizierung und Stabilisierung durch die Lauterzeugung in den ersten Lebensmonaten zu fertigen Bausteinen - den Modulen - ausreifen (Wermke 2002). Durch Aneinanderreihung und Kombination der unterschiedlichen „Bausteine“ kommt es zur Zunahme der Komplexität. Dabei darf jedoch nicht von einem kontinuierlichem Prozess ausgegangen werden. Vor dem Erreichen einer neuen neurophysiologischen Entwicklungsstufe (Reife) kommt es häufig zu sogenannten „Regressionsphasen“ mit einem scheinbaren Rückfall in unreifere vokale Strukturmuster. Dies spiegelt die Reorganisation des Gehirns im Zuge der vorsprachlichen Reifungsmechanismen wider (Wermke/ Mende 1992; Wermke/ Mende 1994).

Durch diese Entwicklungszusammenhänge stellt die Melodiekomplexität (gemessen im MCI) einen Marker für den vokalen Reifestatus und die Funktion der der Lautproduktion zugrunde liegender neurophysiologischen Mechanismen dar.

Bei regulärer Entwicklung bewirkt die zunehmende Komplexität einen höheren MCI; eine von Wermke et. al (2007) im Rahmen der GLaD-Studie entwickelte Maßzahl zwischen 0 und 1, die die Entwicklung der Komplexität in den vorsprachlichen Melodien quantitativ erfasst.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Melodiestructuren in einer bezüglich der Kopfasymmetrie stark variierenden Probandengruppe („High contrast- Group“) untersucht. Sie bestand aus 20 Probanden, jeweils 10 der KG und 10 der PG (vgl. Kapitel 2.4.3). Unterschiede im MCI, d.h. in der Komplexität der Komfortvokalisationen, würden auf Reifeunterschiede der vorsprachlichen Entwicklung deuten.

In der Untersuchung zeigte sich kein signifikanter Gruppenunterschied. Der MCI differierte lediglich um 0,01 (KG: 0,57; PG: 0,58), d.h. der MCI ist faktisch identisch. Die Probanden beider Gruppen sind gleich entwickelt. Der Minimalwert von 0,17 trat in der Kontrollgruppe auf. Es handelte sich um Kind KG_AF. Bei diesem Kind lagen keine Besonderheiten beim Gestationsalter zur Geburt, bei den APGAR-Werten, den Kopfmaßen oder der eingegangenen Lautanzahl auf. Die Körperlänge bei Geburt lag allerdings unterhalb der 10. Perzentile (vgl. Tabelle 6).

Bei der PG lag der geringste Wert bei 0,33 (PG_BU). Die Maximalwerte in den jeweiligen Gruppen sind gleich (KG_BL: 0,91; KG_BE: 0,92).

Bei der „Literaturgruppeneinteilung“ zeigte sich der höchste MCI für die Gruppe Lit_2, die Kinder mit einer leichten Form einer Kopfasymmetrie einschließt. Der Wert in Lit_1 wurde durch das Kind KG_AF nach unten gedrückt, d.h. inhaltlich scheint es keinen Unterschied zwischen den Probanden von Lit_1 und Lit_2 zu geben. Vergleicht man Lit_2 mit Lit_3, so wurde ein Unterschied von 0,11

deutlich (Lit_1: 0,58; Lit_3: 0,47). Diese erkennbare Tendenz könnte ein Hinweis darauf sein, dass zumindest einige der Kinder mit ausgeprägtem Lagerungsplagiocephalus weniger Komfortvokalisationen mit komplexer Melodie äußern als die Kinder der KG. Dies müsste in nachfolgenden Untersuchungen an einer größeren Stichprobe getestet werden. Sollte sich dieser Hinweis bestätigen, würde das bedeuten, dass ein stark ausgeprägter Lagerungsplagiocephalus Einfluss auf die neurophysiologischen Mechanismen der laryngealen Lautproduktion hat und damit auch auf die Vorläufermechanismen für die spätere Sprache.

Methodisch muss man an dieser Stelle den relativ hohen Variationsbereich im Alter der Säuglinge bei den Komfortvokalisationen, die für MCI-Berechnungen benutzt werden, beachten, denn die vorsprachliche Entwicklung vollzieht sich im ersten Jahr außerordentlich schnell. Geringe Altersunterschiede bei der Lautaufnahme können sich maßgeblich auf den MCI auswirken. Somit kann diese hier durchgeführte Pilotstudie nicht weitergehend interpretiert werden. In zukünftigen Studien wäre es sinnvoll, bereits im Alter von 2 Monaten (Wermke/ Leising/ Stellzig-Eisenhauer 2007) erstmalig bei Kinder mit Lagerungsplagiocephalus den MCI zu bestimmen und dessen Veränderung unter Therapie in geringen Abständen zu überprüfen. Das ist zwar zeitaufwendig, birgt aber die Chance zur Entwicklung eines aussagekräftigen Biomarkers für die Identifikation von Risikokindern für die kognitive instabile sprachliche Entwicklung.

Die Annahme des MCI als potenziellen Risikomarker wird im Ergebnis der Subgruppenanalyse gestützt und es wird empfohlen, diesen stärker in den Fokus nachfolgender Untersuchungen ähnlicher Art zu stellen.

4.1.4 Auftreten von Instabilitäten in Form von phonatorischen Rauschphänomenen und Subharmonischen

In den frühen Säuglingslauten (Weinen) zeigen sich Unreife und Dysfunktionen der laryngealen Lautproduktion zugrunde liegenden neurophysiologischen Mechanismen häufig in Form von phonatorischen Rauschphänomenen und Subharmonischen zwischen der Grundfrequenz und den Obertönen (Mende/ Herzel/ Wermke 1990a). Daher treten diese Phänomene anfänglich auch bei gesunden Kindern auf (Kent/ Murray 1982; Robb 2003), werden aber, bedingt durch die Reifung und bessere Koordination des laryngealen und respiratorischen Systems, mit zunehmendem Alter weniger (Mende/ Herzel/ Wermke 1990a; Fuamenya 2010).

Für Säuglinge mit Lagerungsplagiocephalus wurden diese Phänomene bisher nicht untersucht bzw. beschrieben. Die durchgeführten Untersuchungen haben damit auch hier wiederum Pioniercharakter.

In allen Analysevarianten (kindbasiert, Literaturgruppeneinteilung) zeigten sich zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Auftretens von Subharmonischen und Rauschphänomenen keine signifikanten Unterschiede.

Ein übermäßig hoher Anteil an Rauschphänomenen bzw. subharmonischen Elementen war nicht zu erwarten, da Kinder mit schweren neurologischen Störungen bereits bei der Probandenauswahl ausgeschlossen wurden. Auch hier sei wieder auf die geringe Anzahl an Probanden und die dadurch eingeschränkte Interpretation der Befunde hingewiesen.

4.2 Methodenkritische Diskussion

In der Literatur wird zur Klassifikation eines Lagerungsplagiocephalus vermehrt der Diagonaldifferenzwert (DD, auch 30° Diagonaldifferenz genannt) eingesetzt. Dieser basiert auf den Kategorien der Handmessmethode wie auch von anderen Autoren verwendet (vgl. Moss 1997; Mortenson/ Steinbok 2006). In vorliegender Untersuchung wurden die Probanden durch klinische Diagnostik und Auswertung des 3D-Scans den beiden Gruppen zugeordnet. Diese Zuordnung korrelierte nicht immer mit den objektiven 3D-Scanmaßen. So hatten z.B. Probanden der KG Werte (Wert DD über 0,3), die normalerweise nach Moss (1997) und Mortenson et al. (2006) allein eine Zuordnung in die PG bewirkt hätten. Ein Kind der Kontrollgruppe (KG_AC) weist sogar einen Asymmetriewert (DD) von 0,9 auf. Auch innerhalb der Plagiogruppe reicht das Spektrum der Kopfasymmetriewerte von 0,3 bis 1,9. Das führt zu einer Streuung innerhalb der Plagiogruppe.

Diese Variabilität kann unmittelbar Einfluss auf die Ergebnisse der hier durchgeführten Analysen haben und sollte in weiteren Untersuchungen zu diesem Thema vermieden werden. Der Ansatz zur Probandenauswahl („High Contrast-Group“), wie bei der Auswertung der Frequenzmodulationsfähigkeit in Form des MCI erfolgt, wäre vorzuziehen.

Es wurde versucht, diesen methodischen Mangel explorativ durch die „High Contrast-Group“ und eine variierte Gruppenbildung in Anlehnung an die gängige Fachliteratur (siehe Kapitel 3.4.1) zu umgehen. Zwar zeigten sich auch hier keine signifikanten Ergebnisse; es ließen sich aber Tendenzen finden; z.B. die Tendenz zu einem höheren Fmax- Wert (vgl. Abbildung 49), einer kürzeren Intra-Vokalisations-Pausenlänge und einem niedrigerem MCI (Abbildung 53) innerhalb der Plagiogruppe, denen in nachfolgenden Untersuchungen spezifisch nachgegangen werden sollte. Welche objektiven Kopfmaße die größte Übereinstimmung mit der subjektiven klinischen Diagnostik haben, ist bisher nur unzureichend geklärt.

Der Diagonaldifferenzwert sowie PCAI und ACAI scheinen geeignete Kandidaten zu sein (Meyer-Marcotty et al. 2012). Die Ermittlung der Kopfdaten mittels 3-D Scan (vgl. Meyer-Marcotty et al. 2012; Meyer-Marcotty et al. 2013) erwies sich nach Durchsicht der Literatur als geeignetste Methode.

Methodische Probleme (Ermittlung und Beurteilung der Asymmetrie, unterschiedliche anatomische Messpunkte und Messverfahren) zeigen sich auch bei anderen Studien (vgl. Argenta/ David/ Thompson 2004; Mortenson/ Steinbok 2006; Netherway et al. 2006; Atmosukarto et al. 2010).

Ein zweiter wesentlicher methodischer Kritikpunkt ist der teilweise variable Zeitpunkt des 3D-Scans sowie der dadurch entstandene Altersunterschied der Probanden einer Gruppe. Um diese Variabilität „auszugleichen“, wäre eine um ein Vielfaches höhere Probandenzahl erforderlich gewesen, da geeignete Korrekturfaktoren für bestehende Altersunterschiede bisher nicht vorliegen.

Auch die bei den Probanden vorliegende Altersspanne von 82 Tagen (zwischen dem 141. und 223. Tag) ist in dieser Arbeit zu weit gefasst; vor allem wenn man den rasanten Verlauf der vorsprachliche Entwicklung in den ersten Monaten betrachtet. Nach Oller (2000) befindet sich Kind PG_CD im Alter von 141 Tagen (5. Lebensmonat) in der „Expansion Stage“ und produziert vermehrt Übergangslaute und marginale Babblers. Kind PG_BK wäre mit 223 Tagen (8. Lebensmonat) allerdings schon der „Canonical Stage“ zuzuordnen. Diese Variation hat direkten Einfluss auf den MCI und die anderen Vokalisationseigenschaften, da sich die Säuglinge in verschiedenen Entwicklungsstufen befinden.

In nachfolgenden Studien sollten die Datenerhebungen parallel stattfinden. Liegen Scan- und Lautaufnahme zu weit auseinander, kann das ebenfalls zur Verfälschung der Daten führen.

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, wurden die anthropometrischen Daten aller Probanden geschlechtsspezifisch in die Perzentilkurven nach Voigt und Brandt eingetragen. Dabei waren folgende Kinder auffällig (hypotroph): KG_BN,

KG_AA, KG_AP, KG_AX, KG_AF, PG_BH (GKL unter der 10. Perzentile), KG_AN, KG_AP, PG_BN (KU T0 unter der 10. Perzentile), KG_BI, PG_AI (KU T1 unter der 10. Perzentile), KG_BN, KG_AQ, KG_AX, KG_AP, PG_BZ, PG_AV, PG_BH und PG_BY (GG unter der 10. Perzentile). Dies deutet auf eine intrauterine Wachstumsretardierung hin, die einen zusätzlichen Variabilitätsfaktor in die hier vorgenommene Untersuchung bringt.

Zwei Säuglinge (KG_AP und KG_BF) wachsen bilingual auf, auch dies ist ein Variabilitätsfaktor, der zukünftig vermieden werden sollte (vgl. Mampe et al. 2009).

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden akustische Eigenschaften von Komfortvokalisationen von Säuglingen im Alter von fünf bis sieben Monaten mit und ohne einseitigem lagebedingtem Plagiocephalus untersucht. Alle hier untersuchten Probanden wurden aus dem Projekt „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ am Uniklinikum Würzburg rekrutiert. Das Projekt stand unter der Leitung von Dr. Tilmann Schweitzer (Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Sektion für pädiatrische Neurochirurgie), Dr. Dr. Hartmut Böhm (Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie) und PD Dr. Philipp Meyer-Marcotty (Oberarzt an der Poliklinik für Kieferorthopädie). Im Rahmen der klinischen Pilotstudie wurden Form und Entwicklung von Kinderschädeln mittels eines non-invasiven 3D-Scans erfasst (Linz 2013; Meyer-Marcotty et al. 2013).

Die lagebedingte einseitige Abflachung des Hinterkopfes aufgrund von externen Kräften ist die am häufigsten auftretende Kopfasymmetrie im Säuglingsalter. In den letzten Jahren wurde in unterschiedlichen Studien eine erhöhte Prävalenz für das Auftreten des Krankheitsbildes gefunden (Clarren 1981; Bruneteau/ Mulliken 1992; Peitsch et al. 2002) und ein erhöhtes Risiko für Entwicklungsstörungen bzw. Besonderheiten in der neuromotorischen-physiologischen Entwicklung betroffener Säuglinge beschrieben (vgl. Miller/ Clarren 2000; Panchal et al. 2001; Kordestani/ Panchal 2006; Speltz/ Collett 2010; Speltz et al. 2010; Collett et al. 2011; Korpilahti/ Saarinen/ Hukki 2012; Shamji et al. 2012; Collett et al. 2013). Dennoch bleibt unklar ob und wenn ja in welchem Maße ein lagebedingter Plagiocephalus mit einer Entwicklungsverzögerung verbunden bzw. Ursache dieser ist.

Diese Dissertation erfolgte im Teilprojekt „Sprache“ des oben genannten CFCW-Gesamtprojektes (siehe Kapitel 2.1) am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie. Ziel war es, akustische Eigenschaften spontan geäußerter

Komfortvokalisationen der oben genannten Probanden vergleichend quantitativ zu untersuchen und zu charakterisieren. Es wurden unterschiedliche Grundfrequenzparameter, Laut- und Pausenlängen, spektrale Eigenschaften (subharmonische Strukturen und Rauschelemente) und Frequenzmodulationseigenschaften in Form des Melody-Complexity-Index (MCI) untersucht.

Hinter der Zielstellung stand der potenziell indikative Charakter der hier analysierten akustischen Kenngrößen für die vokalen Regelleistungen an der „Quelle“ der Phonation. Soweit der Verfasserin vorliegender Dissertation bekannt, ist dies die erste Anwendung der *Vorsprachlichen Diagnostik* auf Säuglinge mit lagebedingtem einseitigem Plagiocephalus.

Es wurden ca. 3000 Vokalisationen von 18 konsekutiv rekrutierten Säuglingen mit Lagerungsplagiocephalus (Alter: $183,6 \pm 19$) und von 17 Kontrollkindern (Alter: $189,7 \pm 12,7$) aus dem Gesamtprojekt aufgenommen, nach den vorgeschriebenen Routinen am ZVES digital aufbereitet und einer akustischen Voranalyse unterzogen. Es wurden nur Komfortvokalisationen ausgewählt; Weinen und Schreie wurden ausgeschlossen.

Mit Hilfe verschiedener Analysesysteme, die im ZVES-Labor implementiert sind, konnten nach einer Vorverarbeitung der Rohdaten spektrale, melodische und rhythmische Eigenschaften von insgesamt 1941 repräsentativen Einzelvokalisationen analysiert werden. Die Analyse erfolgte sowohl laut- als auch kindbasiert.

In einem weiteren Untersuchungsschritt wurden alle akustischen Messgrößen vergleichend in drei Asymmetriegruppen, denen die Probanden in Anlehnung an die Fachliteratur (Moss 1997; Mortenson/ Steinbok 2006) zugeordnet wurden, analysiert. Diese Untersuchung bestätigte die vorher ermittelten Ergebnisse, die auf der klinischen Einteilung der Probanden in zwei Gruppen (Plagiocephalusgruppe mit erforderlicher Helmtherapie und Kontrollgruppe) basierten.

Im letzten Teil der Ergebnisse wurden zusätzlich zu vorausgegangenen Analysen Korrelationen der kindbasierten Daten durchgeführt, um eine mögliche Abhängigkeit der Stimmparameter, des MCI, und der spektralen Eigenschaften mit Kopf- und Körpermaßen, Aufnahme- und Scanzeitpunkt, Geschlecht und erfolgter Physiotherapie bzw. Osteopathie zu erkennen.

Es zeigten sich keine inhaltlich relevanten signifikanten Gruppenunterschiede in den akustischen Eigenschaften der Komfortvokalisationen. Die Werte der „Plagio“- und Kontrollgruppe verhielten sich eher wie ein Gesamtkollektiv.

Es konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt und somit keine Hinweise auf neurophysiologische Dysfunktionen der der Phonation zugrunde liegenden Mechanismen gefunden werden. Es zeigten sich lediglich möglicherweise wichtige Tendenzen, aus denen Empfehlungen für weiterführende Untersuchungen abgeleitet wurden.

6 Literaturverzeichnis

- American Academy of Pediatrics.** Task Force on Infant Positioning and SIDS. (1992). *Pediatrics*. 89(6, part 1): 1120-1126.
- Argenta, L., David, L. und Thompson, J. (2004).** Clinical classification of positional plagiocephaly. *J Craniofac Surg* 15(3): 368-372.
- Argenta, L.C., David, L.R., Wilson, J.A. und Bell, W.O. (1996).** An increase in infant cranial deformity with supine sleeping position. *J Craniofac Surg* 7(1): 5-11.
- Atmosukarto, I., Shapiro, L.G., Starr, J.R., Heike, C.L., Collett, B., Cunningham, M.L. und Speltz, M.L. (2010).** Three-dimensional head shape quantification for infants with and without deformational plagiocephaly. *Cleft Palate Craniofac J* 47(4): 368-377.
- Barr, R.G., Chen, S., Hopkins, B. und Westra, T. (1996).** Crying patterns in preterm infants. *Dev Med Child Neurol* 38(4): 345-355.
- Barr, R.G., Green, J.A. und Hopkins, B. (2000).** Crying as a sign, a symptom and a signal: Clinical, emotional and developmental aspects of Infant and Toddler Crying. *Clinics in Developmental Medicine*, No. 152, London, Mac Keith Press.
- Baum, J.D. und Searls, D. (1971).** Head shape and size of pre-term low-birthweight infants. *Dev Med Child Neurol* 13(5): 576-581.
- Bayley, N. (1993).** Bayley Scales of Infant Development, 2nd ed. San Antonio, TX: Psychological Corp.
- Bayley, N. (2006).** Bayley Scales of Infant and Toddler Development, 3rd ed. San Antonio, TX: Psychological Corp.
- Benasich, A.A. und Tallal, P. (2002).** Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behav Brain Res* 136(1): 31-49.
- Birr, M. (2009).** Melodiekomplexität- ein geeigneter Frühindikator potentieller Sprachentwicklungsstörungen bei Säuglingen mit orofazialen Spalten? Melodiestrukturanalysen in Lautäußerungen der ersten zwölf Lebenswochen. *Dissertationsschrift*. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Boere-Boonekamp, M.M. und van der Linden-Kuiper, L.L. (2001).** Positional preference: prevalence in infants and follow-up after two years. *Pediatrics* 107(2): 339-343.
- Boersma, P. und Weenink, D. (2009).** Doing phonetics by computer. Version 5.1.05. Retrieved from www.praat.org.
- Boltezar, I.H., Burger, Z.R. und Zargi, M. (1997).** Instability of voice in adolescence: pathologic condition or normal developmental variation? *J Pediatr* 130(2): 185-190.
- Bosma, J.F. (1975).** Anatomic and physiologic development of the speech apparatus. Tower, D.B. (ed): *The Nervous System*, New York: Raven Press 3: 469-481.
- Brandt, I. (1986).** Developmental Biology, prenatal growth. *Human Growth*. Plenum Press, New York, Falkner, F., Tanner, J.M. (Hrsg.). Bd. 1: *Der Kinderarzt* 10, 185-188 u. 713-718 (1979) u. 1911, 1943-1951 (1980).
- Bruneteau, R.J. und Mulliken, J.B. (1992).** Frontal plagiocephaly: synostotic, compensational, or deformational. *Plast Reconstr Surg* 89(1): 21-31; discussion 32-23.
- Campisi, P., Tewfik, T.L., Pelland-Blais, E., Husein, M. und Sadeghi, N. (2000).** MultiDimensional Voice Program analysis in children with vocal cord nodules. *J Otolaryngol* 29(5): 302-308.

- Capone, M.A. und Bolthausen, E. (2002).** Plagiocephalus: Prävention und Therapie. *Paediatrica* 13(4): 24-27.
- Clarren, S.K. (1981).** Plagiocephaly and torticollis: etiology, natural history, and helmet treatment. *J Pediatr* 98(1): 92-95.
- Cohen, M.M.J. und MacLean, R. (2000).** Epidemiology of craniosynostosis: Diagnosis, Evaluation and Management Oxford University Press: 112-118.
- Collett, B., Breiger, D., King, D., Cunningham, M. und Speltz, M. (2005).** Neurodevelopmental implications of "deformational" plagiocephaly. *J Dev Behav Pediatr* 26(5): 379-389.
- Collett, B.R., Gray, K.E., Starr, J.R., Heike, C.L., Cunningham, M.L. und Speltz, M.L. (2013).** Development at age 36 months in children with deformational plagiocephaly. *Pediatrics* 131(1): 109-115.
- Collett, B.R., Starr, J.R., Kartin, D., Heike, C.L., Berg, J., Cunningham, M.L. und Speltz, M.L. (2011).** Development in toddlers with and without deformational plagiocephaly. *Arch Pediatr Adolesc Med* 165(7): 653-658.
- Corwin, M.J., Lester, B.M., Sepkoski, C., McLaughlin, S., Kayne, H. und Golub, H.L. (1992).** Effects of in utero cocaine exposure on newborn acoustical cry characteristics. *Pediatrics* 89(6 Pt 2): 1199-1203.
- Davis, B.E., Moon, R.Y., Sachs, H.C. und Ottolini, M.C. (1998).** Effects of sleep position on infant motor development. *Pediatrics* 102(5): 1135-1140.
- de Ribaupierre, S., Vernet, O., Rilliet, B., Cavin, B., Kalina, D. und Leyvraz, P. (2007).** Posterior positional plagiocephaly treated with cranial remodeling orthosis. *Swiss Med Wkly* 137(25-26): 368-372.
- Denner, M.B. (2008).** Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften vorsprachlicher Laute von Säuglingen mit einer familiären Disposition für eine spezifische Spracherwerbsstörung. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Dirauf, S. (2010).** Strukturmerkmale der Melodie und des Rhythmus in vorsprachlichen Lautäußerungen—Eine Untersuchung von Säuglingslauten orofazialer Spaltträger der 13. bis zur 25. Lebenswoche. Dissertationsschrift, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Dörhage, K. (2010).** Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie. *Manuelle Medizin* 48: 125-134.
- Dunn, P.M. (1976).** Congenital postural deformities. *Br Med Bull* 32(1): 71-76.
- Ehrenfeld, M., Schwenzer, N. und Bacher, M. (2002).** Lippen- Kiefer- Gaumen-Spalten und Gesichtspalten. In: Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (eds.), *Spezielle Chirurgie. Zahn- Mund- Kiefer- Heilkunde. Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung*: 195-233.
- Ellenbogen, R.G., Gruss, J.S. und Cunningham, M.L. (2000).** Update on craniofacial surgery: the differential diagnosis of lambdoid synostosis/posterior plagiocephaly. *Clin Neurosurg* 47: 303-318.
- Fowler, E.A., Becker, D.B., Pilgram, T.K., Noetzel, M., Epstein, J. und Kane, A.A. (2008).** Neurologic findings in infants with deformational plagiocephaly. *J Child Neurol* 23(7): 742-747.
- Fuamenya, N.A. (2010).** Quantitative Analyse von subharmonischen und Geräuschphänomenen in Vokalisationen junger Säuglinge: Vergleich von Säuglingen mit und ohne orofaziale Spaltbildungen. Dissertationsschrift, Julius-Maximilians Universität Würzburg.
- Gattinger, B. und Obwegeser, J. (2002).** Chirurgische Kieferorthopädie und kraniofaziale Fehlbildungschirurgie. In: Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (eds.),

- Spezielle Chirurgie. Zahn- Mund- Kiefer- Heilkunde. Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung.
- George, S.L. (1978).** A longitudinal and cross-sectional analysis of the growth of the postnatal cranial base angle. *Am J Phys Anthropol* 49(2): 171-178.
- Golub, H.L. und Corwin, M.J. (1982).** Infant cry: a clue to diagnosis. *Pediatrics* 69(2): 197-201.
- Graham, J.M., Jr., Gomez, M., Halberg, A., Earl, D.L., Kreutzman, J.T., Cui, J. und Guo, X. (2005).** Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy. *J Pediatr* 146(2): 258-262.
- Hast, M.H. (1970).** The developmental anatomy of the larynx. *Otolaryngol Clin North Am* 3(3): 413-438.
- Hauschildt, S. (2006).** Akustische Eigenschaften von Säuglingslauten bei eingesetzter versus nicht eingesetzter Oberkieferplatte – ein Beitrag zur Untersuchung des Einflusses der kieferorthopädischen Frühbehandlung auf die vorsprachliche Entwicklung von Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Hesse, V., Jaeger, U., Vogel, H., Kromeyer, K., Zellner, K., Bernhardt, I., Hofmann, A. und Deichl, A. (1997).** Wachstumsdaten deutscher Kinder von Geburt bis zu 18 Jahren. *Sozialpädiatrie* 19: 20-22.
- Hesse, V., Schnabel, O., Judis, E., Belouli, P., Hinkel, J., Cammann, H. und Weissenborn, J. (2010).** Aktuelle Körpermaße 0-6 jähriger deutscher Kinder. Berliner Longitudinalstudie (BLS) 2001-2009. *Mschr. Kinderheilk* 158 1027-1028.
- Heubrock, D., Lex, B. und Petermann, F. (2005).** Neuropsychologische Störungen beim Apert- und beim Crouzon-Syndrom. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 153(1): 55-62.
- Hirschberg, J. (1980).** Acoustic analysis of pathological cries, stridors and coughing sounds in infancy. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2(4): 287-300.
- Hirschberg, J. (1999).** Dysphonia in infants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 49(1): 293-296.
- Hirschberg, J., Dejonckere, P.H., Hirano, M., Mori, K., Schultz-Coulon, H.J. und Vrticka, K. (1995).** Voice disorders in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 32: 109-125.
- Hukki, J., Saarinen, P. und Kangasniemi, M. (2008).** Single suture craniosynostosis: diagnosis and imaging. *Front Oral Biol* 12: 79-90.
- Hutchison, B.L., Hutchison, L.A., Thompson, J.M. und Mitchell, E.A. (2004).** Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study. *Pediatrics* 114(4): 970-980.
- Hutchison, B.L., Stewart, A.W. und Mitchell, E.A. (2009).** Characteristics, head shape measurements and developmental delay in 287 consecutive infants attending a plagiocephaly clinic. *Acta Paediatr* 98(9): 1494-1499.
- Hutchison, B.L., Stewart, A.W. und Mitchell, E.A. (2011).** Deformational plagiocephaly: a follow-up of head shape, parental concern and neurodevelopment at ages 3 and 4 years. *Arch Dis Child* 96(1): 85-90.
- Hutchison, B.L., Thompson, J.M. und Mitchell, E.A. (2003).** Determinants of nonsynostotic plagiocephaly: a case-control study. *Pediatrics* 112(4): e316.
- Iverson, J.M. (2010).** Developing language in a developing body: the relationship between motor development and language development. *J Child Lang* 37(2): 229-261.

- Joganic, J.L., Lynch, J.M., Littlefield, T.R. und Verrelli, B.C. (2009).** Risk factors associated with deformational plagiocephaly. *Pediatrics* 124(6): 1126-1133.
- Jurkutat, A. (2011).** Sprachentwicklungsstörungen bei Kindern mit orofazialen Spalten. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Kane, A.A., Lo, L.J., Vannier, M.W. und Marsh, J.L. (1996).** Mandibular dysmorphology in unicoronal synostosis and plagiocephaly without synostosis. *Cleft Palate Craniofac J* 33(5): 418-423.
- Kane, A.A., Mitchell, L.E., Craven, K.P. und Marsh, J.L. (1996).** Observations on a recent increase in plagiocephaly without synostosis. *Pediatrics* 97(6 Pt 1): 877-885.
- Katzel, E., Koltz, P.F., Sbitany, H. und Giroto, J. (2010).** Treatment of Plagiocephaly With Helmet Molding Therapy: Do Actual Results Mimic Perception? *The Cleft Palate-Craniofacial Journal* 48(2): 205-209.
- Kempf, A. (2008).** Untersuchung des Beginns artikulatorischer Vorgänge in den Lautproduktionen von Säuglingen mit orofazialen Spalten. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Kennedy, E., Majnemer, A., Farmer, J.P., Barr, R.G. und Platt, R.W. (2009).** Motor development of infants with positional plagiocephaly. *Phys Occup Ther Pediatr* 29(3): 222-235.
- Kent, R.D. und Murray, A.D. (1982).** Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. *J Acoust Soc Am* 72(2): 353-365.
- Koivisto, M., Wasz-Hockert, O., Vuorenkoski, V., Partanen, T. und Lind, J. (1970).** Cry studies in neonatal hyperbilirubinemia. *Acta Paediatr Scand Suppl* 206: Suppl 206:226+.
- Koopmans-van Beinum, F.J. und Van der Stelt, J.M. (1986).** Early stages of speech movements. In: Lindblom B, Zetterström R (Hrsg.): *Precursors of Early Speech*, Stockton Press, New York: 37-50.
- Kordestani, R.K. und Panchal, J. (2006).** Neurodevelopment delays in children with deformational plagiocephaly. *Plast Reconstr Surg* 118(3): 808-809; author reply 809-810.
- Korpilahti, P., Saarinen, P. und Hukki, J. (2012).** Deficient language acquisition in children with single suture craniosynostosis and deformational posterior plagiocephaly. *Childs Nerv Syst* 28(3): 419-425.
- Korteesmaa, M., Heimonen, K., Merikoski, H., Warma, M.-L. und Varpela, V. (2001).** Finnish version of Reynell Developmental Language Scales III. *Psykologien Kustannus*, Helsinki.
- LaGasse, L.L., Neal, A.R. und Lester, B.M. (2005).** Assessment of infant cry: acoustic cry analysis and parental perception. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 11(1): 83-93.
- Laitman, J.T., Heimbuch, R.C. und Crelin, E.S. (1978).** Developmental change in a basicranial line and its relationship to the upper respiratory system in living primates. *Am J Anat* 152(4): 467-482.
- Lester, B.M. (1976).** Spectrum analysis of the cry sounds of well-nourished and malnourished infants. *Child Dev* 47(1): 237-241.
- Lester, B.M. (1978).** The Organization of Crying in the Neonate. *Journal of pediatric psychology* 3(3): 122-130.
- Lester, B.M. (1987).** Developmental outcome prediction from acoustic cry analysis in term and preterm infants. *Pediatrics* 80(4): 529-534.
- Lester, B.M. und Boukydis, C.F.Z. (1985).** *Infant crying. Theoretical and Research Perspectives*. New York, Plenum Press.

- Lester, B.M., Corwin, M.J., Sepkoski, C., Seifer, R., Peucker, M., McLaughlin, S. und Golub, H.L. (1991).** Neurobehavioral syndromes in cocaine-exposed newborn infants. *Child Dev* 62(4): 694-705.
- Lester, B.M., Tronick, E.Z., LaGasse, L., Seifer, R., Bauer, C.R., Shankaran, S., Bada, H.S., Wright, L.L., Smeriglio, V.L., Lu, J., Finnegan, L.P. und Maza, P.L. (2002).** The maternal lifestyle study: effects of substance exposure during pregnancy on neurodevelopmental outcome in 1-month-old infants. *Pediatrics* 110(6): 1182-1192.
- Lieberman, P. und Crelin, E.S. (1971).** On the speech of Neanderthal man. *Linguistic Inquiry*. 2: 203-222.
- Lieberman, P., Crelin, E.S. und Klatt, D.H. (1972).** Phonetic Ability and Related Anatomy of the Newborn and Adult Human, Neanderthal Man, and the Chimpanzee. *American Anthropologist* 74(3): 287-307.
- Lind, K. (2007).** Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften von Säuglingsschreien. Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Linz, C. (2013).** Daten der ersten Kindervorsorgeuntersuchung (U1), Quantifizierung des einseitigen lagerungsbedingten Plagiocephalus und Evaluation der Therapie mit individueller Kopforthese mittels Stereophotogrammetrie. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Lo, L.J., Marsh, J.L., Pilgram, T.K. und Vannier, M.W. (1996).** Plagiocephaly: differential diagnosis based on endocranial morphology. *Plast Reconstr Surg* 97(2): 282-291.
- Losee, J.E., Mason, A.C., Dudas, J., Hua, L.B. und Mooney, M.P. (2007).** Nonsynostotic occipital plagiocephaly: factors impacting onset, treatment, and outcomes. *Plast Reconstr Surg* 119(6): 1866-1873.
- Magge, S.N., Westerveld, M., Pruzinsky, T. und Persing, J.A. (2002).** Long-term neuropsychological effects of sagittal craniosynostosis on child development. *J Craniofac Surg* 13(1): 99-104.
- Mampe, B., Friederici, A.D., Christophe, A. und Wermke, K. (2009).** Newborns' cry melody is shaped by their native language. *Curr Biol* 19(23): 1994-1997.
- McKinney, C.M., Cunningham, M.L., Holt, V.L., Leroux, B. und Starr, J.R. (2008).** Characteristics of 2733 cases diagnosed with deformational plagiocephaly and changes in risk factors over time. *Cleft Palate Craniofac J* 45(2): 208-216.
- Mende, W., Herzel, H.P. und Wermke, K. (1990a).** Bifurcation and chaos in newborn infant cries. *Physics Letters A* 145 (8-9): 418-424.
- Mende, W. und Wermke, K. (1992).** Über die Strategie der Komposition komplexer Laute aus einfachen Schrei- und Nichtschreilaute während der frühen Sprachontogenese. *Wissenschaftliche Zeitschrift HUB, R. Medizin* 41 (2): 32-33.
- Mende, W., Wermke, K., Schindler, S., Wilzopolski, K. und Hoeck, S. (1990b).** Variability of the cry melody and the melody spectrum as indicators for certain CNS disorders. *Early Child Development and Care* 65: 95-107
- Metelmann, H.R. und Ehrenfeld, M. (2002).** Angeborene, erworbene und ätiologisch unklare Knochenerkrankungen. In: Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (eds.), *Spezielle Chirurgie. Zahn- Mund- Kiefer- Heilkunde. Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung*: 183-194.
- Meyer-Marcotty, P., Böhm, H., Linz, C., Kochel, J., Blecher, C., Keil, N., Stellzig-Eisenhauer, A. und Schweitzer, T. (2014).** Spectrum of positional deformities

- Is there a real difference between plagiocephaly and brachycephaly? *J Craniomaxillofac Surg*, doi: 10.1016/j.jcms.2014.01.026.
- Meyer-Marcotty, P., Böhm, H., Linz, C., Kochel, J., Stellzig-Eisenhauer, A. und Schweitzer, T. (2013).** Three-dimensional analysis of cranial growth from 6 to 12 months of age. *The European Journal of Orthodontics*.
- Meyer-Marcotty, P., Böhm, H., Linz, C., Kunz, F., Keil, N., Stellzig-Eisenhauer, A. und Schweitzer, T. (2012).** Head orthosis therapy in infants with unilateral positional plagiocephaly: an interdisciplinary approach to broadening the range of orthodontic treatment. *J Orofac Orthop* 73(2): 151-165.
- Michelsson, K. (1971).** Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants. *Acta Paediatr Scand Suppl* 216: 1-45.
- Michelsson, K. und Michelsson, O. (1999).** Phonation in the newborn, infant cry. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 49 Suppl 1: 297-301.
- Michelsson, K., Raes, J., Thodén, C.J. und Wasz-Höckert, O. (1982).** Sound spectrographic cry analysis in neonatal diagnostics. An evaluative study. *Journal of Phonetics* 10: 79-88.
- Michelsson, K., Rinne, A. und Paajanen, S. (1990).** Crying, feeding and sleeping patterns in 1 to 12-month-old infants. *Child Care Health Dev* 16(2): 99-111.
- Michelsson, K. und Sirvio, P. (1976).** Cry analysis in congenital hypothyroidism. *Folia Phoniatr. Basel* 28(1): 40-47.
- Michelsson, K., Sirvio, P. und Wasz-Höckert, O. (1977a).** Pain cry in full-term asphyxiated newborn infants correlated with late findings. *Acta Paediatr Scand* 66(5): 611-616.
- Michelsson, K., Sirvio, P. und Wasz-Höckert, O. (1977b).** Sound spectrographic cry analysis of infants with bacterial meningitis. *Dev Med Child Neurol* 19(3): 309-315.
- Miller, R.I. und Clarren, S.K. (2000).** Long-term developmental outcomes in patients with deformational plagiocephaly. *Pediatrics* 105(2): E26.
- Mortenson, P.A. und Steinbok, P. (2006).** Quantifying positional plagiocephaly: reliability and validity of anthropometric measurements. *J Craniofac Surg* 17(3): 413-419.
- Moss, S.D. (1997).** Nonsurgical, nonorthotic treatment of occipital plagiocephaly: what is the natural history of the misshapen neonatal head? *J Neurosurg* 87(5): 667-670.
- Muenke, M., Kress, W., Collmann, H. und Solomon, B.D., Eds. (2011).** *Craniosynostoses: Molecular Genetics, Principles of Diagnosis, and Treatment.* Monogr Hum Genet. Basel, Karger.
- Mulliken, J.B., Vander Woude, D.L., Hansen, M., LaBrie, R.A. und Scott, R.M. (1999).** Analysis of posterior plagiocephaly: deformational versus synostotic. *Plast Reconstr Surg* 103(2): 371-380.
- Netherway, D.J., Abbott, A.H., Gulamhuseinwala, N., McGlaughlin, K.L., Anderson, P.J., Townsend, G.C. und David, D.J. (2006).** Three-dimensional computed tomography cephalometry of plagiocephaly: asymmetry and shape analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 43(2): 201-210.
- Newman, J.D. (2004).** Infant crying and colic: What lies beneath. *Behavioral and Brain Sciences* 27: 470-471.
- Oller, D.K. (2000).** *The emergence of the speech capacity.* Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Oller, D.K., Eilers, R.E., Neal, A.R. und Cobo-Lewis, A.B. (1998). Late onset canonical babbling: a possible early marker of abnormal development. *Am J Ment Retard* 103(3): 249-263.
- Ostwald, P.F., Phibbs, R. und Fox, S. (1968). Diagnostic use of infant cry. *Biol Neonat* 13(1): 68-82.
- Panchal, J., Amirshaybani, H., Gurwitsch, R., Cook, V., Francel, P., Neas, B. und Levine, N. (2001). Neurodevelopment in children with single-suture craniosynostosis and plagiocephaly without synostosis. *Plast Reconstr Surg* 108(6): 1492-1498; discussion 1499-1500.
- Patton, M.A., Goodship, J., Hayward, R. und Lansdown, R. (1988). Intellectual development in Apert's syndrome: a long term follow up of 29 patients. *J Med Genet* 25(3): 164-167.
- Peitsch, W.K., Keefer, C.H., LaBrie, R.A. und Mulliken, J.B. (2002). Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns. *Pediatrics* 110(6): e72.
- Plank, L.H., Giavedoni, B., Lombardo, J.R., Geil, M.D. und Reisner, A. (2006). Comparison of infant head shape changes in deformational plagiocephaly following treatment with a cranial remolding orthosis using a noninvasive laser shape digitizer. *J Craniofac Surg* 17(6): 1084-1091.
- Pollack, I.F., Losken, H.W. und Fasick, P. (1997). Diagnosis and management of posterior plagiocephaly. *Pediatrics* 99(2): 180-185.
- Prechtel, H.F., Theorell, K., Gramsbergen, A. und Lind, J. (1969). A statistical analysis of cry patterns in normal and abnormal newborn infants. *Dev Med Child Neurol* 11(2): 142-152.
- Prescott, R. (1975). Infant cry sound; developmental features. *J Acoust Soc Am* 57(5): 1186-1191.
- Renfrew, C.E. (1995). *Word Finding Vocabulary Test*, 4th edn. Specmark, Bicester.
- Renier, D., Arnaud, E., Cinalli, G., Sebag, G., Zerah, M. und Marchac, D. (1996). Prognosis for mental function in Apert's syndrome. *J Neurosurg* 85(1): 66-72.
- Risse, K. (2010). *Schreieigenschaften SGA-Neugeborener in den ersten beiden Lebenswochen*. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Robb, M.P. (2003). Bifurcations and chaos in the cries of full-term and preterm infants. *Folia Phoniatr Logop* 55(5): 233-240.
- Robinson, S. und Proctor, M. (2009). Diagnosis and management of deformational plagiocephaly. *J Neurosurg Pediatr* 3(4): 284-295.
- Schertz, M., Zuk, L., Zin, S., Nadam, L., Schwartz, D. und Bienkowski, R.S. (2008). Motor and cognitive development at one-year follow-up in infants with torticollis. *Early Hum Dev* 84(1): 9-14.
- Schweitzer, T., Böhm, H., Linz, C., Jager, B., Gerstl, L., Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Ernestus, R.I., Krauss, J. und Meyer-Marcotty, P. (2013). Three-dimensional analysis of positional plagiocephaly before and after molding helmet therapy in comparison to normal head growth. *Childs Nerv System*.
- Shamji, M.F., Fric-Shamji, E.C., Merchant, P. und Vassilyadi, M. (2012). Cosmetic and cognitive outcomes of positional plagiocephaly treatment. *Clin Invest Med* 35(5): 266.
- Shipster, C., Hearst, D., Somerville, A., Stackhouse, J., Hayward, R. und Wade, A. (2003). Speech, language, and cognitive development in children with isolated sagittal synostosis. *Dev Med Child Neurol* 45(1): 34-43.
- Sirvio, P. und Michelsson, K. (1976). Sound-spectrographic cry analysis of normal and abnormal newborn infants. A review and a recommendation for standardization of the cry characteristics. *Folia Phoniatr (Basel)* 28(3): 161-173.

- Speltz, M.L. und Collett, B.R. (2010).** Deformational plagiocephaly delays motor skill development in 6-month-old infants. *J Pediatr* 157(3): 514-515.
- Speltz, M.L., Collett, B.R., Stott-Miller, M., Starr, J.R., Heike, C., Wolfram-Aduan, A.M., King, D. und Cunningham, M.L. (2010).** Case-control study of neurodevelopment in deformational plagiocephaly. *Pediatrics* 125(3): 537-542.
- Speltz, M.L., Endriga, M.C. und Mouradian, W.E. (1997).** Presurgical and postsurgical mental and psychomotor development of infants with sagittal synostosis. *Cleft Palate Craniofac J* 34(5): 374-379.
- Speltz, M.L., Kapp-Simon, K.A., Cunningham, M., Marsh, J. und Dawson, G. (2004).** Single-suture craniosynostosis: a review of neurobehavioral research and theory. *J Pediatr Psychol* 29(8): 651-668.
- St John, D., Mulliken, J.B., Kaban, L.B. und Padwa, B.L. (2002).** Anthropometric analysis of mandibular asymmetry in infants with deformational posterior plagiocephaly. *J Oral Maxillofac Surg* 60(8): 873-877.
- Stark, R.E. (1980).** Stages of speech development in the first year of life. In *Child Phonology: Production 1*: 73-92.
- Starr, J.R., Kapp-Simon, K.A., Cloonan, Y.K., Collett, B.R., Cradock, M.M., Buono, L., Cunningham, M.L. und Speltz, M.L. (2007).** Presurgical and postsurgical assessment of the neurodevelopment of infants with single-suture craniosynostosis: comparison with controls. *J Neurosurg* 107(2 Suppl): 103-110.
- Steck-Walter, S.M. (2007).** Quantitative Strukturanalyse vorsprachlicher Vokalisationen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im zweiten Lebenshalbjahr bei kieferorthopädischer Frühbehandlung. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Tal, G., Cohen, A., Habib, S. und Tirosh, E. (2012).** Decreased head circumference velocity as related to developmental deficit in infancy. *Pediatr Neurol* 47(5): 341-344.
- Thompson, J.T., David, L.R., Wood, B., Argenta, A., Simpson, J. und Argenta, L.C. (2009).** Outcome Analysis of Helmet Therapy for Positional Plagiocephaly Using a Three-Dimensional Surface Scanning Laser. *Journal of Craniofacial Surgery* 20(2): 362-365.
- Titze, I.R., Baken, R.J. und Herzel, H.P. (1993).** Evidence of chaos in vocal fold vibration. . In: Titze I.R., (ed.) *Vocal Fold Physiology: Frontiers in Basic Science*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc.
- Turk, A.E., McCarthy, J.G., Thorne, C.H. und Wisoff, J.H. (1996).** The "back to sleep campaign" and deformational plagiocephaly: is there cause for concern? *J Craniofac Surg* 7(1): 12-18.
- Ursitti, F., Fadda, T., Papetti, L., Pagnoni, M., Nicita, F., Iannetti, G. und Spalice, A. (2011).** Evaluation and management of nonsyndromic craniosynostosis. *Acta Paediatr* 100(9): 1185-1194.
- van Vlimmeren, L.A., Helders, P.J., van Adrichem, L.N. und Engelbert, R.H. (2006).** Torticollis and plagiocephaly in infancy: therapeutic strategies. *Pediatr Rehabil* 9(1): 40-46.
- Virchow, R. (1851).** Über den Cretinismus namentlich in Franken, und über pathologische Schädelformen. *Verh Phys Med Ges Würzburg*. 230- 271.
- Voigt, M., Friese, K., Pawlowski, P., Schneider, R.W., P. und Wermke, K. (2001).** Analyse des Neugeborenenkollektivs der Jahre 1995-1997 der Bundesrepublik Deutschland, 6. Mitteilung: Unterschiede in der Geburtsgewichtsklassifikation in den einzelnen Bundesländern unter Zugrundelegung einer einheitlichen Normwertkurve für Deutschland (unter Berücksichtigung anthropometrischer

- Merkmale der Mütter). Analyse des Neugeborenenkollektivs der Bundesrepublik Deutschland. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 61(3): 700-706.
- Voigt, M., Schneider, K.T.M. und Jährig, K. (1996).** Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland, Teil 1: Neue Perzentilwerte für die Körpermaße von Neugeborenen. *Geburtsh.u.Frauenheik.* 56: 550-558.
- Vorperian, H.K., Wang, S., Chung, M.K., Schimek, E.M., Durtschi, R.B., Kent, R.D., Ziegert, A.J. und Gentry, L.R. (2009).** Anatomic development of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: an imaging study. *J Acoust Soc Am* 125(3): 1666-1678.
- Wadie, M., Adam, S.I. und Sasaki, C.T. (2013).** Development, Anatomy and Physiology of the Larynx. In: *Principles of Deglutition: A Multidisciplinary Text for Swallowing and its Disorders.* Shaker, R., Belafsky, P.C., Postma, G.N. und Easterling, C.(eds.), New York, Springer New York: 175-197.
- Wasz-Höckert, O., Koivisto, M., Vuorenkoski, V., Partanen, T.J. und Lind, J. (1971).** Spectrographic analysis of pain cry in hyperbilirubinemia. *Biol Neonate* 17(3): 260-271.
- Wasz-Höckert, O., Lind, J., Vuorenkoski, V., Partanen, T. und Valanne, E.H. (1968).** *The Infant Cry. A Spectrographic and Auditory Analysis.*, Heinemann, London.
- Wasz-Höckert, O., Michelsson, K. und Lind, J. (1985).** Twenty-Five Years of Scandinavian Cry Research. *Infant Crying.* Lester, B.M. und Zachariah Boukydis, C.F. (eds.), Springer US: 83-104.
- Watson, G.H. (1971).** Relation between side of plagiocephaly, dislocation of hip, scoliosis, bat ears, and sternomastoid tumours. *Arch Dis Child* 46(246): 203-210.
- Wermke, K. (1987).** Begründung und Nachweis der Eignung des Säuglingsschreies als Indikator für zentralnervöse Funktionsstörungen des Neugeborenen -Fallstudien unter Einsatz eines speziellen Computerverfahrens. Dissertationsschrift. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Wermke, K. (2002).** Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten. Habilitationsschrift. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Wermke, K. (2009).** Musical elements in human infants' cries: In the beginning is the melody. *Musicae Scientiae, Special issue 2009-2010.* 151-175.
- Wermke, K., Birr, M., Voelter, C., Shehata-Dieler, W., Jurkutat, A., Wermke, P. und Stellzig-Eisenhauer, A. (2010).** Cry melody in 2-months-old infants with and without clefts. *Cleft Palate Craniofac J.*
- Wermke, K., Leising, D. und Stellzig-Eisenhauer, A. (2007).** Relation of melody complexity in infants' cries to language outcome in the second year of life: a longitudinal study. *Clin Linguist Phon* 21(11-12): 961-973.
- Wermke, K. und Mende, W. (1992).** Sprache beginnt mit dem ersten Schrei. *Spectrum der Wissenschaft:* 115-118.
- Wermke, K. und Mende, W. (1994).** Ontogenetic development of infant cry- and noncry vocalization as early stages of speech abilities. In Aulanko R, Korpijaakko-Huuttka AM, eds. *Proceedings of the Third congress of the International Clinical Phonetics and Linguistics Association.* Helsinki/ Finland: Publications of the Department of Phonetics University of Helsinki. 181-189.
- Wermke, K. und Mende, W. (2011).** From emotion to notion. The importance of melody In Decety J. and Cacioppo, J. (eds.), *Handbook of Social Neuroscience.* Oxford University Press: 624-648.

- Wermke, K., Mende, W., Grauel, L., Wilzopolski, K., Schmucker, U. und Schröder, G. (1987).** The significance and determination of pitch in Newborn cries and the melody spectrum as a measure of fundamental frequency variability. In: Kirkland J (editor) Cry report- Special Issue 1987. Massey University Press, Palmerston North, N.Z.
- Wermke, K., Mende, W., Manfredi, C. und Brusciaglioni, P. (2002).** Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Med Eng Phys* 24(7-8): 501-514.
- Westhorpe, R.N. (1987).** The position of the larynx in children and its relationship to the ease of intubation. *Anaesth Intensive Care* 15(4): 384-388.
- Zelcer, S., Henri, C., Tewfik, T.L. und Mazer, B. (2002).** Multidimensional voice program analysis (MDVP) and the diagnosis of pediatric vocal cord dysfunction. *Ann Allergy Asthma Immunol* 88(6): 601-608.
- Zeskind, P.S. und Lester, B.M. (1981).** Analysis of cry features in newborns with differential fetal growth. *Child Dev* 52(1): 207-212.

7 Anhang



Abbildung 54: Positionierung des Säuglings beim 3D-Scan

Tabelle 40: Verteilungseigenschaften der Untersuchungsparameter

Untersuchungsparameter	Normalverteilung
Geschlecht	nein
Tag des 3D-Scans	ja
Tag der Lautaufnahme	ja
Diagonaldifferenzwert	ja
APGAR	ja
Alter bei Geburt	ja
Gewicht bei Geburt	ja
Körperlänge bei Geburt	nein
Kopfumfang bei Geburt	ja
Physiotherapie	nein
Fmax_UV	nein
Fmin_UV	nein
Fmax-Fmin_UV	ja
Fmax_SV	nein
Fmin_SV	nein
Fmax-Fmin_SV	nein
Lautlänge UV mit AE	ja
Lautlänge UV ohne AE	ja
Lautlänge SV mit AE	ja
Lautlänge SV ohne AE	ja
Pause	ja
MCI (Subgruppentest)	ja
Subharmonische	ja
Rauschen Rand	nein
Rauschen Mitte	nein

Tabelle 41: Korrelation nach Spearman: Maxima, Minima und Hub der Grundfrequenz (kindbasiert)

	G	Scan	LA	DD	APGAR	GA	GG	GL	GKU	Physio	Fmax UV	Fmin UV	Hub UV	Fmax SV	Fmin SV	Hub SV
G																
Korrelationskoeffizient	1,000	,217	,094	-,297	,132	-,009	-,255	-,367*	-,345	-,151	,111	,310	-,053	,322	,299	,275
Sig. (2-seitig)	.	,211	,592	,083	,450	,959	,140	,030	,062	,393	,525	,070	,764	,059	,081	,110
Scan																
Korrelationskoeffizient	,217	1,000	,856**	-,387*	-,093	,119	,196	,131	,075	-,254	-,033	,170	-,147	,031	,193	-,177
Sig. (2-seitig)	,211	.	,000	,022	,593	,496	,259	,455	,692	,147	,853	,330	,400	,860	,266	,310
LA																
Korrelationskoeffizient	,094	,856**	1,000	-,194	,119	,220	,116	,091	-,002	-,184	,034	,211	-,084	,185	,307	-,079
Sig. (2-seitig)	,592	,000	.	,264	,496	,204	,506	,604	,991	,297	,846	,223	,630	,288	,073	,653
DD																
Korrelationskoeffizient	-,297	-,387*	-,194	1,000	-,119	-,157	-,033	,106	-,067	,644**	-,039	,009	-,096	,175	,107	,113
Sig. (2-seitig)	,083	,022	,264	.	,495	,367	,851	,546	,725	,000	,824	,959	,583	,315	,540	,520
APGAR																
Korrelationskoeffizient	,132	-,093	,119	-,119	1,000	,259	-,204	-,052	-,294	-,316	,221	,221	,051	,272	,204	,238
Sig. (2-seitig)	,450	,593	,496	,495	.	,133	,240	,767	,115	,068	,203	,203	,771	,114	,240	,169
GA																
Korrelationskoeffizient	-,009	,119	,220	-,157	,259	1,000	,335*	,342*	,263	-,132	,287	,209	,135	,145	,130	,019
Sig. (2-seitig)	,959	,496	,204	,367	,133	.	,049	,044	,160	,456	,094	,228	,440	,407	,457	,916
GG																
Korrelationskoeffizient	-,255	,196	,116	-,033	-,204	,335*	1,000	,820**	,666**	,142	,061	-,163	,223	-,331	-,455**	-,138
Sig. (2-seitig)	,140	,259	,506	,851	,240	,049	.	,000	,000	,424	,727	,349	,197	,052	,006	,430
GL																
Korrelationskoeffizient	-,367*	,131	,091	,106	-,052	,342*	,820**	1,000	,468**	,283	,048	-,119	,182	-,279	-,401*	-,106
Sig. (2-seitig)	,030	,455	,604	,546	,767	,044	,000	.	,009	,104	,784	,495	,295	,104	,017	,543
GKU																
Korrelationskoeffizient	-,345	,075	-,002	-,067	-,294	,263	,666**	,468**	1,000	,028	,125	-,063	,250	-,229	-,346	,060
Sig. (2-seitig)	,062	,692	,991	,725	,115	,160	,000	,009	.	,885	,511	,739	,183	,223	,061	,751
Physio																
Korrelationskoeffizient	-,151	-,254	-,184	,644**	-,316	-,132	,142	,283	,028	1,000	-,053	-,141	,004	-,028	-,086	-,033
Sig. (2-seitig)	,393	,147	,297	,000	,068	,456	,424	,104	,885	.	,764	,425	,981	,873	,627	,854

G: Geschlecht; Scan: Tag des 3D-Scans; LA: Tag der Lautaufnahme; DD: Diagonaldifferenzwert

APGAR: Punkteschema, mit dem sich der klinische Zustand von Neugeborenen standardisiert beurteilen lässt

GA: Alter bei Geburt; GG: Gewicht bei Geburt; GL: Körperlänge bei Geburt; GKU: Kopfumfang bei Geburt

Fmax_UV: Maximum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmin_UV: Minimum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Hub_UV: Hub der der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmax_SV: Maximum der für die segmentierten Vokalisationen

Fmin_SV: Minimum der Grundfrequenz für die segmentierten Vokalisationen

Hub_SV: Hub der der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Physio: erfolgte Physiotherapie und/oder Osteopathie

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig). ** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 42: Korrelation nach Spearman: Vokalisations- und Pausenlängen (kindbasiert)

	G	Scan	LA	DD	APGAR	GA	GG	GL	GKU	Physio	VLmAE UV	VLoAE UV	VLmAE SV	VLoAE SV	Pause	
G	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	1,000 ,217 ,211	,094 ,592 ,592	-,297 ,083 ,083	,132 ,450 ,450	-,009 ,959 ,959	-,255 ,140 ,140	-,367* ,030 ,030	-,345 ,062 ,062	-,151 ,393 ,393	-,234 ,176 ,176	-,240 ,165 ,165	-,217 ,211 ,211	-,222 ,199 ,199	,061 ,726 ,726	
Scan	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,217 ,211	1,000 ,856** ,000	-,387* ,022 ,022	-,093 ,593 ,593	,119 ,496 ,496	,196 ,259 ,259	,131 ,455 ,455	,075 ,692 ,692	-,254 ,147 ,147	,091 ,603 ,603	,093 ,596 ,596	,086 ,625 ,625	,092 ,600 ,600	,050 ,777 ,777	
LA	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,094 ,592	,856** ,000	1,000 ,194 ,264	-,119 ,496 ,496	,220 ,204 ,204	,116 ,506 ,506	,091 ,604 ,604	-,002 ,991 ,991	-,184 ,297 ,297	,142 ,416 ,416	,137 ,433 ,433	,160 ,358 ,358	,167 ,338 ,338	-,094 ,592 ,592	
DD	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,297 ,083	-,387* ,022	1,000 ,194 ,264	1,000 ,119 ,495	-,157 ,367 ,367	-,033 ,851 ,851	,106 ,546 ,546	-,067 ,725 ,725	,644** ,000 ,000	,146 ,403 ,403	,140 ,422 ,422	-,013 ,939 ,939	-,025 ,885 ,885	-,345* ,042 ,042	
APGAR	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,132 ,450	-,093 ,593	,119 ,496 ,496	1,000 ,259 ,495	-,204 ,133 ,133	-,204 ,240 ,240	-,052 ,767 ,767	-,294 ,115 ,115	-,316 ,068 ,068	-,051 ,771 ,771	-,051 ,771 ,771	-,102 ,560 ,560	-,102 ,560 ,560	,136 ,436 ,436	
GA	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,009 ,959	,119 ,496	,220 ,204 ,204	-,157 ,367 ,367	,259 ,133 ,133	1,000 ,335* ,049	,342* ,044 ,044	,263 ,160 ,160	-,132 ,456 ,456	-,106 ,544 ,544	-,100 ,567 ,567	,109 ,534 ,534	,114 ,516 ,516	,098 ,574 ,574	
GG	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,255 ,140	,196 ,259	,116 ,506 ,506	-,033 ,851 ,851	-,204 ,240 ,240	1,000 ,335* ,049	,820** ,000 ,000	,666** ,000 ,000	,142 ,424 ,424	,279 ,105 ,105	,285 ,097 ,097	,221 ,202 ,202	,217 ,210 ,210	-,157 ,368 ,368	
GL	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,367* ,030	,131 ,455	,091 ,604 ,604	,106 ,546 ,546	-,052 ,767 ,767	,342* ,044 ,044	,820** ,000 ,000	,468** ,009 ,009	,283 ,104 ,104	,313 ,067 ,067	,328 ,054 ,054	,244 ,159 ,159	,242 ,161 ,161	-,103 ,556 ,556	
GKU	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,345 ,062	,075 ,692	-,002 ,991	-,067 ,725	-,294 ,115	,263 ,160	,666** ,000	,468** ,009	1,000 ,028	,028 ,885	,371* ,044	,368* ,045	,360 ,051	,349 ,058	,132 ,487
Physio	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,151 ,393	-,254 ,147	-,184 ,297	,644** ,000	-,316 ,068	-,132 ,456	,142 ,424	,283 ,104	1,000 ,885	,076 ,668	,072 ,687	,047 ,793	,030 ,865	-,120 ,499	

G: Geschlecht; Scan: Tag des 3D-Scans; LA: Tag der Lautaufnahme; DD: Diagonaldifferenzwert

APGAR: Punkteschema, mit dem sich der klinische Zustand von Neugeborenen standardisiert beurteilen lässt

GA: Alter bei Geburt; GG: Gewicht bei Geburt; GL: Körperlänge bei Geburt; GKU: Kopfumfang bei Geburt

Fmax_UV: Maximum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmin_UV: Minimum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Hub_UV: Hub der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmax_SV: Maximum der Grundfrequenz für die segmentierten Vokalisationen

Fmin_SV: Minimum der Grundfrequenz für die segmentierten Vokalisationen

Hub_SV: Hub der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Physio: erfolgte Physiotherapie und/oder Osteopathie

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig). ** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle 43: Korrelation nach Spearman: MCI, SH, RR, RM (kindbasiert)

		G	Scan	LA	DD	APGAR	GA	GG	GL	GKU	Physio	MCI	SH	RR	RM
G	Korrelationskoeffizient	1,000	,217	,094	-,297	,132	-,009	-,255	-,367*	-,345	-,151	,055	,214	-,165	,080
	Sig. (2-seitig)	.	,211	,592	,083	,450	,959	,140	,030	,062	,393	,819	,218	,344	,649
Scan	Korrelationskoeffizient	,217	1,000	,856**	-,387*	-,093	,119	,196	,131	,075	-,254	-,046	-,059	-,110	,023
	Sig. (2-seitig)	,211	.	,000	,022	,593	,496	,259	,455	,692	,147	,847	,736	,530	,894
LA	Korrelationskoeffizient	,094	,856**	1,000	-,194	,119	,220	,116	,091	-,002	-,184	,112	-,142	-,152	-,010
	Sig. (2-seitig)	,592	,000	.	,264	,496	,204	,506	,604	,991	,297	,640	,417	,382	,953
DD	Korrelationskoeffizient	-,297	-,387*	-,194	1,000	-,119	-,157	-,033	,106	-,067	,644**	-,247	-,030	,036	-,136
	Sig. (2-seitig)	,083	,022	,264	.	,495	,367	,851	,546	,725	,000	,294	,864	,836	,438
APGAR	Korrelationskoeffizient	,132	-,093	,119	-,119	1,000	,259	-,204	-,052	-,294	-,316	.	-,119	-,085	,223
	Sig. (2-seitig)	,450	,593	,496	,495	.	,133	,240	,767	,115	,068	.	,496	,626	,199
GA	Korrelationskoeffizient	-,009	,119	,220	-,157	,259	1,000	,335*	,342*	,263	-,132	-,423	-,060	,121	,071
	Sig. (2-seitig)	,959	,496	,204	,367	,133	.	,049	,044	,160	,456	,063	,734	,489	,684
GG	Korrelationskoeffizient	-,255	,196	,116	-,033	-,204	,335*	1,000	,820**	,666**	,142	-,248	,381*	,120	,007
	Sig. (2-seitig)	,140	,259	,506	,851	,240	,049	.	,000	,000	,424	,292	,024	,493	,969
GL	Korrelationskoeffizient	-,367*	,131	,091	,106	-,052	,342*	,820**	1,000	,468**	,283	-,129	,357*	,117	,175
	Sig. (2-seitig)	,030	,455	,604	,546	,767	,044	,000	.	,009	,104	,589	,035	,502	,314
GKU	Korrelationskoeffizient	-,345	,075	-,002	-,067	-,294	,263	,666**	,468**	1,000	,028	,204	,305	,166	,080
	Sig. (2-seitig)	,062	,692	,991	,725	,115	,160	,000	,009	.	,885	,432	,102	,382	,674
Physio	Korrelationskoeffizient	-,151	-,254	-,184	,644**	-,316	-,132	,142	,283	,028	1,000	-,017	,074	-,120	-,049
	Sig. (2-seitig)	,393	,147	,297	,000	,068	,456	,424	,104	,885	.	,944	,679	,500	,783

G: Geschlecht; Scan: Tag des 3D-Scans; LA: Tag der Lautaufnahme; DD: Diagonaldifferenzwert

APGAR: Punkteschema, mit dem sich der klinische Zustand von Neugeborenen standardisiert beurteilen lässt

GA: Alter bei Geburt; GG: Gewicht bei Geburt; GL: Körperlänge bei Geburt; GKU: Kopfumfang bei Geburt

Fmax_UV: Maximum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmin_UV: Minimum der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Hub_UV: Hub der der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Fmax_SV: Maximum der Grundfrequenz für die segmentierten Vokalisationen

Fmin_SV: Minimum der Grundfrequenz für die segmentierten Vokalisationen

Hub_SV: Hub der der Grundfrequenz für die unsegmentierten Vokalisationen

Physio: erfolgte Physiotherapie und/oder Osteopathie

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig). ** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

8 Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer für die Möglichkeit der Mitarbeit im CFCW-Projekt im Rahmen einer Dissertation am ZVES bedanken.

Mein aufrichtiger, herzlicher Dank gilt Frau Professor Dr. Kathleen Wermke, Leiterin des Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, für die einzigartige fachliche Betreuung, den enormen zeitlichen Aufwand und persönlichen Einsatz. Danke für Ihre Motivation, Direktheit, Hilfsbereitschaft, konstruktive Kritik, Unterstützung und Ehrlichkeit.

Die Durchführung dieser Arbeit war nur möglich durch ihre Einbettung in die Untersuchungen des Forschungsprojektes „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ am Cranio-Facialen-Centrum Würzburg. Ganz herzlich danke ich den Projektleitern PD Dr. Phillip Meyer-Marcotty, Dr. Tilmann Schweitzer und Dr. Dr. Hartmut Böhm für die Möglichkeit am Projekt mitzuwirken und die Erlaubnis zur Verwendung der Daten aus ihren anthropometrischen Untersuchungen, für die Auswahl der Probanden und für die gute wissenschaftliche Zusammenarbeit. Weiterer Dank gebührt Frau Sandra Habel für ihr organisatorisches Talent, ihren großen persönlichen Einsatz, ihre Unterstützung bei den Lautaufnahmen und Ihre freundliche und hilfsbereite Art.

Herrn Peter Wermke danke ich für die Möglichkeit, das von ihm entwickelte Programm „Cry-Data-Analyses-Program“ für die Auswertung der Vokalisationen nutzen zu dürfen, für seine Programmeinweisungen und Unterstützung bei den Datenauswertungen, seine zahlreichen Hilfestellungen bei formalen „Computerproblemen“ und für seine Geduld. Er hat wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

8 Danksagung

Darüberhinaus bedanke ich mich bei dem Doktorandenteam des ZVES, insbesondere bei Henrike, Lisa Carolin, Annette und Marie für die gute Zusammenarbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Kindern und deren engagierten Eltern, die an dieser Studie teilgenommen haben.

Ich danke meinen Freunden für die unvergessliche Zeit in Würzburg.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern für ihre Unterstützung, Motivation und Ausdauer bei der Korrektur dieser Arbeit.

9 Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name	Hanna Günzel
Geburtsdatum	24.08.1986
Geburtsort	Soest
Nationalität	Deutsch
Eltern	Ingrid Günzel Manfred Günzel

Schulische Laufbahn

1993 bis 2006	Grundschule und Gymnasium; Abschluss Abitur
---------------	--

Akademische Laufbahn

Okt. 2006 bis Feb. 2007	Studium: International Business Studies; Universität Paderborn
-------------------------	---

März 2007 bis Juni 2012	Studium: Zahnmedizin; Universität Würzburg Physikum Oktober 2009 Staatsexamen Juni 2012
-------------------------	--

Berufliche Laufbahn

August 2012	Erteilung der zahnärztlichen Approbation
-------------	---

seit Januar 2013	Assistenz Zahnärztin in Köln
------------------	------------------------------

Köln, den 12.04.2014