

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

---

**Vergleich temporaler Eigenschaften von Komfort-  
lauten von Säuglingen mit einem lagerungsbe-  
dingten Plagiozephalus und Säuglingen ohne  
sichtbare Kopfasymmetrien**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg  
vorgelegt von  
Marie-Christine Kauffmann  
aus  
Bad Kreuznach

Würzburg, Dezember 2016

**Referentin:** Prof. Dr. K. Wermke

**Korreferent:** Priv.-Doz. Dr. T. Schweitzer

**Dekan:** Prof. Dr. M. Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:  
Die Promovendin ist Zahnärztin**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>14</b>
2.1 Studiendesign.....	14
2.2 Probandenauswahl.....	16
2.2.1 Plagiozephalusgruppe.....	17
2.2.1.1 Charakterisierungen der Plagiozephalusgruppe bezüglich anthropometrischer Daten.....	17
2.2.1.2 Beschreibung der Plagiozephalusgruppe anhand von Kopfasymmetrien (3D-Scan-Daten) .....	19
2.2.2 Kontrollgruppe .....	24
2.2.2.1 Charakterisierungen der Kontrollgruppe bezüglich anthropometrischer Daten.....	25
2.2.2.2 Beschreibungen der Kontrollgruppe anhand von Kopfasymmetrien (3D-Scan-Daten) .....	26
2.3 Zusätzliche Gruppenklassifizierung der gesamten Untersuchungsgruppe mittels „Moss-Index“ .....	29
2.4 Datenbasis (Komfortlaute).....	29
2.5 Datenaufbereitung .....	32
2.6 Datenanalyse und Analyse temporaler Eigenschaften .....	34
2.7 Statistische Analyse .....	39
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>41</b>
3.1 Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute.....	41
3.1.1 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen der gesamten Probandengruppe.....	41
3.1.2 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	43

3.1.3	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	45
3.1.4	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der einzelnen Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“.....	47
3.2	Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute .....	49
3.2.1	Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute der gesamten Probandengruppe.....	51
3.2.2	Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	52
3.2.3	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	54
3.2.4	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“.....	57
3.3	Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute .....	59
3.3.1	Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute der gesamten Probandengruppe.....	59
3.3.2	Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	61
3.3.3	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	63
3.3.4	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“.....	65
3.4	Analyse ausgewählter Rhythmuskategorien der Komfortlaute .....	67
3.4.1	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von 1S-Komfortlauten.....	68

3.4.2	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von 2S-Komfortlauten .....	71
3.4.3	Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von MS-Komfortlauten .....	75
3.5	Analyse der Segmentierungslängen in segmentierten Komfortlauten .....	77
3.5.1	Lautbasierte Analyse der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der gesamten Probandengruppe.....	78
3.5.2	Lautbasierte Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	79
3.5.3	Kindbasierte Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe.....	81
3.5.4	Kindbasierte Analyse der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“ .....	83
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>86</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>95</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>106</b>
	<b>Danksagung</b>	
	<b>Lebenslauf</b>	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung des Koordinatensystems zur Orientierung des 3D-Scans am Säuglingsschädel.	22
Abbildung 2	Darstellung des „Moss-Index“ ;	24
Abbildung 3	Schmalbandspektrogramm eines nicht segmentierten Komfortlautes (NS) eines Probanden aus der Plagiozephalusgruppe (PG) im Alter von 218 Tagen	33
Abbildung 4	Melodie- (blau) und Intensitätsverlauf (rot) des in Abbildung 3 dargestellten Komfortlautes (CDAP-System).	34
Abbildung 5	Beispiel eines nicht segmentierten Komfortlautes (NS) eines Säuglings der Plagiozephalusgruppe (PG) am 218. Lebenstag.	35
Abbildung 6	Beispiel eines vermessenen einmal segmentierten Komfortlautes (1S) eines Kindes der Kontrollgruppe am 176. Lebenstag.	36
Abbildung 7	Beispiel eines zweimal segmentierten Komfortlautes (2S) am 176. Lebenstag eines Kindes der Kontrollgruppe (KG)	38
Abbildung 8	Beispiel eines mehrfach segmentierten Komfortlautes (MS) am 207. Lebenstag eines Kindes der Kontrollgruppe (KG)	39
Abbildung 9	Histogramm der Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge beider Gruppen (KG und PG)	42
Abbildung 10	Histogramm der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe (KG)	44
Abbildung 11	Histogramm der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe (PG)	44
Abbildung 12	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge aller Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe (KG)	46
Abbildung 13	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge aller Komfortlaute der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe (PG)	46
Abbildung 14	Boxplot: Darstellung der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1	48
Abbildung 15	Kreisdiagramm über die Häufigkeiten der vier Kategorien aller Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	50
Abbildung 16	Kreisdiagramm über die Häufigkeiten der vier Kategorien aller Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	50

---

Abbildung 17	Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)	51
Abbildung 18	Histogramm der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	53
Abbildung 19	Histogramm der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	53
Abbildung 20	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	55
Abbildung 21	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	55
Abbildung 22	Histogramm der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG). Normalverteilungskurve eingezeichnet.	57
Abbildung 23	Histogramm der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG). Normalverteilungskurve eingezeichnet	57
Abbildung 24	Boxplot: Darstellung der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1	58
Abbildung 25	Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)	60
Abbildung 26	Histogramm der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	61
Abbildung 27	Histogramm der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	61
Abbildung 28	Histogramm der transformierten Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG) mit eingezeichneter Normalverteilungskurve.	63
Abbildung 29	Histogramm der transformierten Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG) mit eingezeichneter Normalverteilungskurve.	63

---

Abbildung 30	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	64
Abbildung 31	Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	64
Abbildung 32	Boxplot: Darstellung der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1	66
Abbildung 33	Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslänge von 1S-Komfortlauten aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalus (PG)	68
Abbildung 34	Boxplot der durchschnittlichen Vokalisationslänge der 1S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1	70
Abbildung 35	Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalusgruppe (PG)	72
Abbildung 36	Boxplot der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“	73
Abbildung 37	Streudiagramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“	75
Abbildung 38	Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalusgruppe (PG)	76
Abbildung 39	Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)	78
Abbildung 40	Histogramm der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	80
Abbildung 41	Histogramm der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)	80
Abbildung 42	Histogramm der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	82
Abbildung 43	Histogramm der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)	82



---

Abbildung 44	Boxplot: Darstellung der durchschnittlichen Segmentierungslängen segmentierter Komfortlauter aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1	84
Abbildung 45	Gestationsaltersabhängiges Geburtsgewicht der weiblichen Säuglinge der Kontroll- (gelb) und Plagiozephalusgruppe (grau), modifiziert nach Voigt. (Voigt et al. 1996)	106
Abbildung 46	Gestationsaltersabhängiges Geburtsgewicht der männlichen Säuglinge der Kontroll- (gelb) und Plagiozephalusgruppe (grau), modifiziert nach Voigt (Voigt et al. 1996).	107
Abbildung 47	Kopfumfang der weiblichen Säuglinge der Kontrollgruppe (gelb) und der Plagiozephalusgruppe (grau) zum Zeitpunkt der Geburt sowie zum Zeitpunkt T1, modifiziert nach Brandt (Brandt 1980)	108
Abbildung 48	Kopfumfang der männlichen Säuglinge der Kontrollgruppe (gelb) und der Plagiozephalusgruppe (grau) zum Zeitpunkt der Geburt sowie zum Zeitpunkt T1, modifiziert nach Brandt (Brandt 1980).	108

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Klassifikationsschema des lagerungsbedingten Plagiozephalus nach Argenta et al. (2004)	5
Tabelle 2	Klassifikationsschema des lagerungsbedingten Brachyzephalus nach Argenta et al. (2004)	5
Tabelle 3	Anthropometrische Daten der Plagiozephalusgruppe zum Zeitpunkt der Geburt	18
Tabelle 4	Alter zum Zeitpunkt der 3D-Scans (T1) sowie Kopfumfang zum Zeitpunkt der Geburt und 3D-Scan-Daten der Plagiozephalusgruppe	20
Tabelle 5	Anthropometrische Daten der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Geburt	26
Tabelle 6	Alter zum Zeitpunkt der 3D-Scans (T1), sowie Kopfumfang zum Zeitpunkt der Geburt und 3D-Scan-Daten der Kontrollgruppe	28
Tabelle 7	Gruppeneinteilung klassifiziert mittels „Moss-Index“	29
Tabelle 8	Alter bei Lautaufnahme und Anzahl der Komfortlaute (KL) der Plagiozephalusgruppe	31
Tabelle 9	Alter bei Lautaufnahme und Anzahl der Komfortlaute (KL) der Kontrollgruppe	31
Tabelle 10	Deskriptive Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute (N = 3740)	43
Tabelle 11	Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute in Millisekunden [ms]	45
Tabelle 12	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe und der Plagiozephalusgruppe	47
Tabelle 13	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung nach dem „Moss-Index“	49
Tabelle 14	Häufigkeitstabelle über die beobachteten Kategorien	51
Tabelle 15	Deskriptive Analyse der Vokalisationslänge der nicht segmentierten Komfortlaute (NS) (N = 3067)	52
Tabelle 16	Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute	53

Tabelle 17	Gruppenspezifische deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslänge der nicht segmentierten Komfortlaute	56
Tabelle 18	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung nach „Moss-Index“	59
Tabelle 19	Deskriptive Analyse der Vokalisationslänge segmentierter Komfortlaute	60
Tabelle 20	Gruppenspezifische (KG / PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute	62
Tabelle 21	Gruppenspezifische (KG / PG) deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Säuglinge	65
Tabelle 22	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung basierend auf dem „Moss-Index“.	67
Tabelle 23	Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 1S-Komfortlaute	69
Tabelle 24	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“.	71
Tabelle 25	Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute	73
Tabelle 26	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“.	74
Tabelle 27	Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute	76
Tabelle 28	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslänge der MS-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“	77
Tabelle 29	Deskriptive Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute	79
Tabelle 30	Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Segmentierungslänge der segmentierten Komfortlaute	81

---

Tabelle 31	Gruppenspezifische deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Säuglinge	83
Tabelle 32	Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung basierend auf dem „Moss-Index“	85

## Abkürzungsverzeichnis

1S	eine Segmentierung
2S	zwei Segmentierungen
3D	dreidimensional
AAP	American Academy of Pediatrics
AGA	appropriate for gestational age
BSID	Bayley Scales of Infant Development
CDAP	Cry Data Analysis Program
CFCW	Craniofaciales Centrum Würzburg
CVA	cranial vault asymmetry
ERP	event related potential
IZKF	Interdisziplinäres Forschungszentrum für Klinische Forschung der Universität Würzburg
KG	Kontrollgruppe
KL	Komfortlaute
LGA	large for gestational age
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
m	männlich
Max	Maximum
Med	Median
Min	Minimum
MMN	Mismatch Negativity
MS	mehrfach segmentiert
N	Anzahl
N	Nasion
NM	Mittelwert
NS	nicht segmentiert
PG	Plagiozephalusgruppe
SD	Standardabweichung
SGA	small for gestational age
SSW	Schwangerschaftswochen

T1	erster Untersuchungszeitpunkt (3D-Scan und Lautaufnahmen) im sechsten Lebensmonat
Tr/TL	Traguspunkt rechts / Traguspunkt links
vSSW	vollendete Schwangerschaftswochen
w	weiblich
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen

## 1 Einleitung

Alle Veränderungen im Wachstum des Viscero- sowie des Neurocraniums werden unter dem Überbegriff „kraniofaziale Fehlbildungen“ zusammengefasst. Anomalien bzw. Asymmetrien des Schädels können während des Wachstums des Viscero- und Neurocraniums sowohl durch genetische (interne) als auch durch externe Einflüsse zustande kommen.

Genetisch bedingte Schädelanomalien sind gekennzeichnet durch eine frühzeitige Verknöcherung (vor dem ersten Lebensjahr) einer bzw. mehrerer Schädelnähte (Kraniosynostose) (Cohen und MacLean 2000). Durch die Verknöcherung einer Schädelnaht entstehen, abhängig von der betroffenen Schädelnaht, typische Schädeldeformationen wie Trigonocephalus, Skaphocephalus und anteriorer Plagiocephalus (Cohen und MacLean 2000; Speltz et al. 2004). Das Auftreten mehrerer fusionierter Nähte innerhalb einer Kraniosynostose ist häufig syndromal bedingt. Kinder, die von einem solchen Syndrom betroffen sind (z. B.: Pfeiffer-, Muenke- und Apert-Syndrom), zeigen teilweise Auffälligkeiten in Form von ausgeprägten Lernschwächen und allgemeiner Entwicklungsverzögerung.

Davon abzugrenzen sind Schädelasymmetrien, die durch externe Einflüsse hervorgerufen werden und bei denen keine Kraniosynostose besteht. Eine symmetrische Abflachung des Hinterkopfes bezeichnet man als lagerungsbedingten Brachycephalus und eine einseitige Abflachung des Hinterkopfes als lagerungsbedingten Plagiocephalus. Allgemein kommt diese Deformation des Neurocraniums, teils mit Beteiligung des Viscerocraniums, durch eine sich wiederholende Krafteinwirkung (einseitige Lagerung des Säuglings) auf ein identisches Schädelareal zustande. Diese Krafteinwirkung kann den in den ersten Lebensmonaten leicht verformbaren Säuglingsschädel merklich verändern (Littlefield et al. 2002; Cavalier et al. 2011). Die häufigste Schädeldeformation im Säuglingsalter stellt der lagerungsbedingte Plagiocephalus dar (Kane et al. 1996b; Plank et al. 2006).

In der Fachliteratur variieren die Angaben zur Prävalenz des lagerungsbedingten Plagiozephalus. Laut Hutchison et al. (2004) liegt die Prävalenz des lagerungsbedingten Plagiozephalus bei gesunden Kindern zwischen 18 % und 19,7 %. Von Collett (2005) wird eine Prävalenz zwischen 1 % und 48 % beschrieben (Collett et al. 2005). Peitsch et al. geben zwischen der 6. Lebenswoche und dem 4. Lebensmonat eine Inzidenz von 16–19,7 % an (Peitsch et al. 2002).

Ein postnataler lagerungsbedingter Plagiozephalus ist nicht von Geburt an nachweisbar, sondern entwickelt sich definitionsgemäß erst im Zeitraum zwischen der 6. Lebenswoche und dem 4. Lebensmonat (Hutchison et al. 2004).

Ursachen des lagerungsbedingten Plagiozephalus können entweder intrauterine bzw. geburtsbedingte (Lagerung in utero und im Geburtskanal, Geburtstrauma) oder postnatal auftretende (neuromotorische Dysfunktionen, Schlafposition) Krafteinwirkungen sein (Clarren 1981).

Pogliani et al. beschreiben in ihrer Publikation von 2011 eine Klassifikation der Risikofaktoren lagerungsbedingter Plagiozephalie. Die Empfehlung der Autoren ist es, die Risikofaktoren in drei Gruppen zu untergliedern. Pogliani et al. differenzieren nach „mütterlichen Risikofaktoren“, „prä- bzw. perinatalen Risikofaktoren“ und „postnatalen Risikofaktoren“ (Pogliani et al. 2011).

Bezüglich der „mütterlichen Risikofaktoren“ scheint die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines lagerungsbedingten Plagiozephalus mit dem sozioökonomischen Status der Mutter zu steigen (McKinney et al. 2009). Weitere „mütterliche Risikofaktoren“ für die Entstehung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus stellen Nikotin- und Koffeinkonsum während der Schwangerschaft dar (Habal et al. 2004).

Unter die „prä- bzw. perinatalen Risikofaktoren“ fällt z.B. das männliche Geschlecht. Das Risiko männlicher Säuglinge, einen lagerungsbedingten Plagiozephalus zu entwickeln, liegt im Verhältnis zu weiblichen Säuglingen bei 2 : 1 (Joganic et al. 2009; Hutchison et al. 2004; Joganic et al. 2009). Dies wird von van Vlimmeren (2007) auf einen größeren Kopfumfang der Jungen bei gleichzeitig



schnellerem Wachstum und geringerer Flexibilität der Schädelnähte des männlichen Säuglings zurückgeführt – ein Umstand, der in utero bzw. während der Geburt das Risiko eines späteren lagerungsbedingten Plagiozephalus erhöht (van Vlimmeren et al. 2007).

Zu weiteren Risikofaktoren dieser Kategorie zählen intrauterine Enge, Frühgeburt, Erstgeburt, verlängerte Geburtswehen bei sonst normal verlaufender Geburt, abnorme Kindslage, Mehrlingsgeburten (vor allem dizygote Zwillinge) und Torticollis (Pollack et al. 1997; Mulliken et al. 1999; Littlefield et al. 1999; Panchal et al. 2001; Bronfin 2001; Boere-Boonekamp und van der Linden-Kuiper 2001; Peitsch et al. 2002; Graham et al. 2005; Ribaupierre et al. 2007; McKinney et al. 2008; Hutchison et al. 2009, Collett et al. 2005, 2005; Ribaupierre et al. 2007; McKinney et al. 2008; Hutchison et al. 2009; Dörhage 2010).

Eine postnatale Bewegungseinschränkung aufgrund von muskulärer Hypotonie oder Halswirbelsäulen-Anomalien gilt als „postnataler Risikofaktor“ für die Ausbildung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus, während sich eine „tummy time“ von mehr als 5 Minuten pro Tag demgegenüber präventiv auszuwirken scheint (Collett et al. 2005; Dörhage 2010). Unter „tummy time“ wird die Liegezeit des Säuglings im wachen Zustand in Bauchlage verstanden.

Als Hauptrisikofaktor für die Entwicklung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus wird das vermehrte Schlafen in Rückenlage angesehen (Pogliani et al. 2011). Seit der Empfehlung der American Academy of Pediatrics (AAP 1992), gesunde Säuglinge in Rückenlage schlafen zu legen, um dem plötzlichen Kindstod vorzubeugen (American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS 1992), konnte ein Anstieg der Prävalenz des lagerungsbedingten Plagiozephalus beobachtet werden (Davis et al. 1998; Collett et al. 2005; Baeck und de Souza 2007; Starr et al. 2007; Cavalier et al. 2011). Unterstützt wird die Lagerung als Hauptrisikofaktor für die Bildung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus durch die Publikation von Moss (1997). In dieser wird postuliert, dass Säuglinge, die wiederholt dieselbe Liegeposition einnehmen,

eine laterale Abflachung des Hinterkopfes ausbilden können. Sekundär können Veränderungen des Viscerocraniums und der Schädelbasis, z. B. der „ear shift“, auftreten (Moss 1997).

Dörhage berichtet von einem Anstieg der Inzidenz des lagerungsbedingten Plagiozephalus von 1 : 300 (1979) auf 1 : 60 (1996) (Dörhage 2010). Trotz dieses Anstiegs der Inzidenz des lagerungsbedingten Plagiozephalus ist die Empfehlung zur Rückenlagerung der Säuglinge nach wie vor als sinnvoll einzustufen.

Argenta et al. veröffentlichten 2004 ein Klassifikationsschema, anhand dessen, basierend auf äußerlichen Veränderungen des Säuglingsschädels, sowohl der lagerungsbedingte Plagiozephalus als auch der Brachyzephalus eingeteilt werden können. Mittels visueller Untersuchung von vier unterschiedlichen Positionen (Betrachtung des Säuglingskopfes von vorne, hinten, mittig und von oben) wird die Kopfform des Säuglings beurteilt und in 5 Typen klassifiziert (Tabelle 1). Die Vorteile dieser Methode sind die mit 95 % hohe Reproduzierbarkeit, das nicht invasive Vorgehen und die Überprüfbarkeit des Behandlungserfolges sowohl für das medizinische Personal als auch für die Eltern (Argenta et al. 2004). Es bestehen jedoch die Nachteile der fehlenden Objektivität aufgrund der visuellen Beurteilung des Säuglingsschädels und aufgrund der Tatsache, dass dies eine aufeinander aufbauende Einteilung ist, die somit weniger Kombinationsmöglichkeiten in der Beurteilung zulässt.

**Tabelle 1 Klassifikationsschema des lagerungsbedingten Plagiozephalus nach Argenta et al. (2004)**

einseitige Abflachung des Os occipitale, Asymmetrie ist alleine beschränkt auf den Hinterkopf	<b>Typ 1</b>
wie Typ 1, zusätzlich eine gleichseitige Verschiebung der Schädelbasis und des Ohres („ear shift“) auf der betroffenen Seite nach ventral	<b>Typ 2</b>
wie Typ 2, zusätzlich eine Abflachung des Os frontale auf der kontralateralen Seite und „frontal bossing“ auf der ipsilateralen Seite des Os frontale	<b>Typ 3</b>
wie Typ 3, zusätzlich Gesichtsasymmetrie (mandibuläre bzw. maxilläre Deformation, Orbitalregion)	<b>Typ 4</b>
wie Typ 4, zusätzlich kompensatorische temporale Vorwölbung oder vertikales Wachstum des Hinterkopfes	<b>Typ 5</b>

Der Vollständigkeit halber wird in Tabelle 2 auch das Klassifikationsschema des Brachyzecephalus aufgeführt.

**Tabelle 2 Klassifikationsschema des lagerungsbedingten Brachyzecephalus nach Argenta et al. (2004)**

symmetrische Abflachung des Hinterkopfes	<b>Typ 1</b>
wie Typ 1, zusätzlich symmetrische Verbreiterung des Os occipitale	<b>Typ 2</b>
wie Typ 2, zusätzlich entweder vertikales Wachstum des Schädels oder Vorwölbung des Os temporale	<b>Typ 3</b>

Argenta et al. (2004) konnten beobachten, dass dieses Klassifikationsschema, bei erfolgreicher Therapie des lagerungsbedingten Plagiozephalus bzw. Brachyzecephalus, häufig in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen wird.

Die beschriebenen Veränderungen (siehe Tabelle 1) eines Säuglingsschädels mit lagerungsbedingtem Plagiozephalus erlauben diesen in einer zweidimensionalen Visualisierung als Parallelogramm zu beschreiben. Eine Veränderung kennzeichnet sich in einer Parallelverschiebung des Viscero- und Neurocraniums

(Collett et al. 2005; Netherway et al. 2006). Das Hauptmerkmal eines lagerungsbedingten Plagiozephalus (siehe Tabelle 1), die einseitige Abflachung des Hinterkopfes, kommt auf der rechten posterioren Schädelseite (60 %) häufiger zur Ausprägung als auf der linken posterioren Schädelseite (40 %). Die symmetrische Abflachung des Hinterhauptes (siehe Tabelle 2) ist mit 9 % insgesamt seltener vertreten als asymmetrische Kopfdeformationen (Mulliken et al. 1999). Die Typen der Kopfdeformation gehen fließend ineinander über. Dabei sind die Zusammenhänge der unterschiedlichen Kopfdeformationen als wichtiger zu bewerten als die Unterschiede (Meyer-Marcotty et al. 2014).

Die von Argenta et al. (2004) klassifizierten Deformationen eines lagerungsbedingten Plagiozephalus und die damit verbundenen Auswirkungen auf das Skelettwachstum und die Entwicklung des Viscero- und Neurocraniums konnten in ähnlicher Form auch von anderen Autoren gefunden werden (Kane et al. 1996; St. John et al. 2002; Netherway et al. 2006).

Moss schlug bereits 1997 eine quantitative Klassifikation des Plagiozephalus vor. Diese Klassifizierung erfolgte nicht anhand einer klinisch visuellen Beurteilung, sondern mittels Abmessung von Kopfmaßen. Ermittelt werden diese mit Hilfe eines Beckenzirkels. Moss bedient sich in seiner Klassifikation der Differenz zweier diagonal zueinander liegender Strecken des Säuglingsschädels (Differenz aus längerer und kürzerer Strecke). Dabei kommt die kürzere Diagonale auf der abgeflachten Schädelseite zum Liegen, die längere Diagonale auf der kontralateralen Schädelseite (Moss 1997). In der vorliegenden Arbeit wird die 30°-Diagonalen-Differenz von Loveday et al. als Messgrundlage verwendet, die im Weiteren als „Moss-Index“ bezeichnet wird (Loveday B. P. und de Chalain T. B. 1996). Dabei liegen die beiden von Moss beschriebenen Diagonalen in einem 30°-Winkel zueinander. Dieser Wert wird per 3D-Scan ermittelt. Im Kapitel 2.2.1.2, Abbildung 2 wird der „Moss-Index“ näher beschrieben.

Der lagerungsbedingte Plagiozephalus ist nach Ansicht einiger Autoren möglicherweise nicht nur ein rein ästhetisches Problem, sodass ein frühzeitiges Eingreifen indiziert ist (Plank et al. 2006). Meyer-Marcotty et al. (2012) gehen auf die

Therapie des lagerungsbedingten Plagiozephalus ein (Meyer-Marcotty et al. 2012).

Bezüglich der kraniofazialen Fehlbildungen in Form nicht syndromaler Kraniosynostosen konnte teilweise ein Zusammenhang zwischen diesen und neuromotorischen sowie sprachlichen Entwicklungsstörungen gefunden werden (Speltz et al. 1997; Magge et al. 2002; Shipster et al. 2003; Starr et al. 2007). Analog könnte ein solcher Zusammenhang auch bezüglich des lagerungsbedingten Plagiozephalus bestehen, sodass dies als Motivation für eine frühzeitige Therapie des lagerungsbedingten Plagiozephalus dienen könnte (Balan et al. 2002; Colett et al. 2011; Colett et al. 2013).

Neuromotorische und/oder sprachliche Entwicklungsstörungen wurden auch speziell für den lagerungsbedingten Plagiozephalus beschrieben. In ihrer Publikation vergleichen Balan et al. (2002) die Gehirnaktivität von Säuglingen mit einer asymmetrischen Kopfform mit der von Säuglingen, bei denen eine unauffällige Kopfform vorlag, im Alter von 11,1 bzw. 10,5 Monaten. Prä- oder perinatale Komplikationen oder ein auffälliges Neugeborenen-Hörscreening lagen nicht vor.

Die Probandengruppe umfasste zehn Säuglinge mit einem posterioren Plagiozephalus ohne betroffene Suturen, zwei mit einem posterioren Plagiozephalus mit Synostose der Lambda-Naht und drei mit einem anterioren Plagiozephalus mit unilateraler Coronalnahtsynostose. Verglichen wurde die Gehirnaktivität durch Messung von ERPs (event-related potentials; deutsch EKPs) während der Wahrnehmung auditiver Stimuli. Die Autoren der genannten Studie kamen zum Ergebnis, dass in der Probandengruppe signifikant kleinere Amplituden der obligaten P150- und N250-Peaks (diese stellen eine positive bzw. negative Welle im EKP 150 bzw. 250 ms nach dem auditiven Stimulus dar) gemessen wurden als bei den Säuglingen der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis wird dahingehend interpretiert, dass in diesem Alter Säuglinge mit Kopfasymmetrien eine abweichende kortikale Verarbeitung des Gehörten aufweisen. Die verkleinerten Amplituden können somit, nach Ansicht der Autoren, als Zeichen für eine auditive Verarbeitungsstörung gewertet werden, die wiederum das Ergebnis einer verzögerten oder gestörten Ausreifung der Hörbahn sein könnte.

Allerdings setzte sich die Probandengruppe, wie schon beschrieben, aus einer Mischgruppe von Säuglingen mit einer Schädelnahtsynostose sowie Säuglingen mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus zusammen (Balan et al. 2002). Ein gegensätzliches Ergebnis wurde in einer Studie von Hashim et al. (2014) erzielt. Hier konnten mit der gleichen Messmethode (ERPs) zur Überprüfung der Gehirnaktivität während der Wahrnehmung auditiver Stimuli keine Unterschiede in den Amplituden der P150-Peaks zwischen der Probandengruppe (mit lagerungsbedingten Plagiozephalie) und der Kontrollgruppe gemessen werden. Die negative Welle N250 wurde in dieser Studie als Messgröße nicht herangezogen.

Um die motorische und kognitive/sprachliche Entwicklung zu charakterisieren, wird in verschiedenen Studien eine Testung der Probanden mittels BAYLEY-Test (Bayley Scales of Infant Development II (BSID)) oder mittels Reynell Development Language Scale III verwendet (Kordestani und Panchal 2006; Korpilahti et al. 2012).

Kordestani und Panchal (2006) untersuchten Säuglinge mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus mit Hilfe des BAYLEY-Tests (Bayley Scales of Infant Development II (BSID)) und teilten diese, abhängig von ihrer motorischen und kognitiven Leistung, in vier Leistungslevel ein. Die untersuchte Kohorte von 110 Kindern (das durchschnittliche Alter der Säuglinge lag bei 8,3 Monaten) wurde mit einer standardisierten, dem Alter der Probanden entsprechenden Bayley-Population verglichen. Kein Säugling mit einem diagnostizierten lagerungsbedingten Plagiozephalus erreichte den höchsten Leistungslevel, jedoch 16,5 % der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied erwies sich als signifikant (Kordestani und Panchal 2006).

Allerdings zeigte sich nach Ausschluss zusätzlicher Risikofaktoren, wie z. B. Frühgeburtlichkeit, Alkohol- oder Drogenkonsum der Mutter, Zwillingsgewinnen, Intensivstationsaufenthalt nach Geburt und Gedeihstörung, kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mehr, sodass Säuglinge mit lagerungsbeding-

tem Plagiozephalus und ohne weitere Risikofaktoren hiernach kein erhöhtes Risiko für eine Entwicklungsstörung im Alter von 8 Monaten aufweisen (Kordestani und Panchal 2006).

Ob der ermittelte Entwicklungsstand im Säuglingsalter den Leistungsstand nach mehreren Jahren prädiziert, ist bisher nicht geklärt (Kordestani und Panchal 2006).

Hinweise diesbezüglich liefern Korpilahti et al. (2012). Mit Hilfe der Reynell Development Language Scale III testeten Korpilahti et al. (2012) die frühsprachliche Entwicklung von Säuglingen mit kraniofazialen Deformationen. Dabei zeigten 51 % der Probanden eine geringfügig bis ausgeprägte frühsprachliche Entwicklungsverzögerung im Alter von 3 Jahren. Allerdings bestand die Gruppe der 61 Probanden aus einer Mischgruppe von Säuglingen mit lagerungsbedingtem Plagiozephalus und Säuglingen mit einer Sagittalnahtsynostose (Korpilahti et al. 2012).

Neben einer sprachlichen Entwicklungsverzögerung wird auch eine motorische Entwicklungsverzögerung bei Säuglingen mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus diskutiert. Dabei konnte bislang nicht eindeutig geklärt werden, ob eine Bewegungseinschränkung Ursache oder Wirkung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus ist. Mehrere Autoren gehen auf eine eventuell vorliegende Verbindung zwischen einer Bewegungseinschränkung und dem Vorliegen eines lagerungsbedingten Plagiozephalus ein.

Colett et al. postulieren in ihrer Studie von 2005 drei Theorien zur Entstehung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus. Eine der Theorien erklärt die Entstehung eines lagerungsbedingten Plagiozephalus als Folge einer Bewegungseinschränkung, eine andere als externe Krafteinwirkung auf ein gleichbleibendes Schädelareal und die dritte als Folge von neuromuskulären Störungen des Säuglings.

Mehrere Autoren zeigen in ihren Publikationen, dass Säuglinge mit bevorzugter Schlafposition auf dem Rücken gehäuft motorische Entwicklungsverzögerungen aufweisen (Davis et al. 1998; Hutchison et al. 2009). Säuglinge, die mehr Zeit in

Bauchlage verbrachten und aufgrund dieser Lagerung eine größere Bewegungsfreiheit hatten, erzielten bei den verwendeten Testmethoden zur Bewertung der motorischen Entwicklung höhere Werte als Kinder, die vermehrt Zeit in Rückenlage verbrachten (Kennedy et al. 2009).

Fowler et al. (2008) fanden bei 49 Säuglingen mit einem lagerungsbedingtem Plagiozephalus im Vergleich zu einer Kontrollgruppe geringere Leistungen in Körperhaltung und Muskeltonus. Die Datenerhebung dieser Publikation wurde mit Hilfe eines Elternfragebogens durchgeführt (Fowler et al. 2008).

Motorische Defizite durch fehlende Bewegungsfreiheit, die durch bewusste Rückenlagerung beim Schlafen entsteht, können durch eine „tummy time“ von mehr als 5 Minuten pro Tag ausgeglichen werden (Collett et al. 2005; Dörhage 2010). Zusätzlich konnte beobachtet werden, dass eine ausreichende „tummy time“ dazu beiträgt, eventuell bestehende motorische Entwicklungsverzögerungen innerhalb eines Jahres aufzuholen (Collett et al. 2011).

Aus den bisher publizierten Studien kann nicht überzeugend geschlossen werden, dass lagerungsbedingte Plagiozephalien automatisch mit Entwicklungsstörungen einhergehen.

Die vorliegende Arbeit ist Bestandteil einer prospektiven Längsschnittstudie (siehe Kapitel 2.1), die motorische und kognitive Leistungen von Säuglingen innerhalb der ersten zwei Lebensjahre untersucht. In dieser Studie ist der erste Untersuchungszeitpunkt im Alter von 6 Monaten angesetzt.

Zu diesem Zeitpunkt konnten bei den Säuglingen der Probandengruppe der vorliegenden Studie ausgeprägte Kopfasymmetrien nachgewiesen werden. Nach Aufklärung der Eltern und deren Zustimmung zur Therapie wurde zur Korrektur der vorliegenden Kopfasymmetrien eine Kopforthese angefertigt und angepasst. Um den vorsprachlichen und motorischen Entwicklungsstand prätherapeutisch festzuhalten, wurde dieser vor dem erstmaligen Tragen der Kopforthese mittels



Analyse spontaner evozierter Komfortlaute und mittels Bayley Scale of Infant Development (BSID) bestimmt (siehe Kapitel 2.1).

Während sich weitere Arbeiten im CFCW-Gesamtprojekt (Craniofaciales Centrum Würzburg – ein Zusammenschluss der Mund-, Kiefer- und Plastischen Gesichtschirurgie, der Pädiatrischen Neurochirurgie und der Kieferorthopädie am Universitätsklinikum Würzburg) damit beschäftigen, die Veränderung vor und nach Abschluss einer Helmtherapie zu charakterisieren, werden in vorliegender Arbeit Teilaspekte der im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung & Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie (ZVES) vorgenommenen Lautanalysen der Komfortlaute dargestellt.

Vorangegangene Auswertungen waren auf Frequenz- und Artikulationseigenschaften der Komfortlaute im Alter von 6 Monaten gerichtet (Abels 2014; Günzel 2014; Welsch 2014; Brenner 2015).

In der vorliegenden Arbeit erfolgte erstmalig eine detaillierte Analyse temporaler Eigenschaften der aufgezeichneten Säuglingsvokalisationen. Dabei wurde untersucht, ob prätherapeutisch (vor Kopforthesentherapie) Unterschiede zwischen Säuglingen mit bzw. ohne ausgeprägte Kopfformasymmetrien bezüglich solcher Messgrößen bestehen, die die Zeitorganisation bei der Lautproduktion in diesem Alter beschreiben.

Temporale Größen haben sich als Biomarker für Sprachentwicklungsstörungen bewährt, insbesondere zur Identifikation von Risikokindern für eine spezifische Spracherwerbsstörung (Miller et al. 2001; Heim et al. 2011; Park et al. 2015).

Friedrich et al. (2004) und Friedrich und Friederici (2004) gehen in ihren Studien näher auf die Identifikation von Risikokindern ein.

Mit Hilfe von ERP-Daten, die mittels Elektroenzephalographie (EEG) gemessen werden, konnte gezeigt werden, dass Säuglinge bzw. Kleinkinder mit einem Risikofaktor für eine Spracherwerbsstörung veränderte Ergebnisse im Vergleich zu Probanden ohne einen solchen Risikofaktor aufweisen. Die negative ERP-Komponente MMN (Mismatch Negativity), die 150–250 ms nach einer Stimuluspräsentation auftritt, wenn der neue Stimulus im Vergleich zum vorher präsentierten

in Frequenz, Dauer oder Intensität abweicht, war bei Probanden mit einem Risiko für Spracherwerbsstörungen in der Peak-Latenz verlängert oder kaum nachweisbar (Friedrich et al. 2004; Friedrich und Friederici 2004).

Eine unauffällige Sprachentwicklung bedingt die Fähigkeit, schnelle akustische Signale (Hörereignisse) im sensorischen Cortex zu verarbeiten. Diese Fähigkeit scheint bei Kindern mit einer Spracherwerbsstörung eingeschränkt zu sein. Bereits im Alter von 4 Monaten besitzen Säuglinge die Fähigkeit, sehr schnell wechselnde Töne zu verarbeiten (Musacchia et al. 2013). Drei Monate alte Säuglinge zeigten bereits erstaunliche Leistungen beim Erkennen temporaler Sequenzen (Basirat et al. 2014).

Eine Reihe von fMRI- und NIRS-Studien haben inzwischen belegt, dass höhere Gehirnebenen, wie der dorsolaterale präfrontale Cortex und das Broca-Areal, an Lernprozessen bei jungen Säuglingen beteiligt sind (Basirat et al. 2014).

Eine neuere Arbeit von Háden et al. (2015) beschreibt, dass bereits Neugeborene in der Lage sind, zwischen Sprache und Musik, basierend auf zeitlichen (rhythmischen) Größen, zu unterscheiden (Háden et al. 2015).

Mit 6 Monaten besitzen Säuglinge eine Langzeiterinnerung für Tempi in der Musik (Háden et al. 2015).

Eine zentrale Zeitorganisation ist wichtig, um Sprache zu erlernen. Das Trennen der Silben ist wichtig, um einen gehörten Satz in die einzelnen Wörter zerlegen zu können. Ein vermuteter Grund für Spracherwerbsstörungen ist daher die fehlende Fähigkeit, schnelle und langsame auditive Reize kortikal voneinander zu unterscheiden und zu verarbeiten. Dies kann auch auftreten, obwohl eine normale Intelligenz vorliegt und der Entwicklungsstand altersgerecht ist (Friedrich et al. 2004).

Die dargestellten Ergebnisse vorausgegangener Studien lassen vermuten, dass sich über rhythmische und zeitliche Parameter in den frühen Stadien des Spracherwerbes eine sich später manifestierende Spracherwerbsstörung erkennen lässt.

Auch aufseiten der Produktion von Lauten spielen temporale Größen eine wichtige Rolle.

So konnten beispielsweise veränderte temporale Lauteigenschaften bei Säuglingen mit neurologischen Auffälligkeiten festgestellt werden (Karelitz und Fisichelli V. R. 1962; Fisichelli V. R. und Karelitz 1963). Verlängerte Vokalisationslängen wurden bei Säuglingen nachgewiesen, die einer Kokainexposition während der Schwangerschaft ausgesetzt waren bzw. ein Geburtsgewicht unter 2500 g aufwiesen (Michelsson 1971). Verkürzte Vokalisationslängen fanden sich bei Säuglingen mit einer starken Hyperbilirubinämie (Koivisto et al. 1970; Wasz-Höckert et al. 1971).

Der in dieser Arbeit gewählte Ansatz beruht auf der Annahme, dass sich neurologische Dysfunktionen unmittelbar in laryngeal erzeugten Lauteigenschaften reflektieren können. Die Bahnen und Zentren im Gehirn, die an der Lauterzeugung beteiligt sind, verlaufen durch viele „sensible“ Strukturen. Somit gilt die Lautproduktion als einer der komplexesten und effektivsten Reflektoren beteiligter hirneurophysiologischer Strukturen beim Säugling (Parmalee 1962; Wermke 1987). In der vorliegenden Arbeit wurden für die Analyse der temporalen Messgrößen nur Komfortlaute verwendet, die unter standardisierten Bedingungen im Rahmen des CFCW-Gesamtprojektes aufgenommen wurden (siehe Kapitel 2.1). Komfortlaute gelten als direkte Vorläufer für kanonisches Silbenbabbeln, dass wiederum als Vorläufer für die Wortproduktion gilt (Oller 2000).

Ob die Komfortlaute von Säuglingen, die einen Plagiozephalus aufweisen, sich in rhythmisch-zeitlichen Eigenschaften von den Komfortlauten von Säuglingen ohne einen lagerungsbedingten Plagiozephalus unterscheiden, soll daher die primäre Fragestellung dieser Arbeit sein.

## **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“ wurde von Priv.-Doz. Dr. Tilmann Schweitzer (Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Sektion für pädiatrische Neurochirurgie), Dr. Dr. Hartmut Böhm (Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie), Dr. Dr. Christian Linz (Facharzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie) und Prof. Dr. Philipp Meyer-Marcotty (ehemaliger Oberarzt der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg, jetzt an der Poliklinik für Kieferorthopädie in Göttingen tätig) initiiert bzw. geleitet. Gefördert wurde das Projekt von 2010 bis 2013 durch das Interdisziplinäre Forschungszentrum für Klinische Forschung (IZKF) des Universitätsklinikums Würzburg.

Die Ethik-Kommission der medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität Würzburg hat die IZKF-Studie (Studiennr. F-164) überprüft und zugelassen (Ethik-Nummer 143/09). Die Studie wird nach den Kriterien der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Von jedem Säugling, der als Proband am Projekt teilnimmt, liegt die Zustimmung der Eltern bzw. der Obsorgeberechtigten schriftlich vor.

Im Rahmen dieses Projektes werden mit Hilfe der Stereophotogrammetrie Kopfform und Kopfwachstum von Säuglingen untersucht (Meyer-Marcotty et al. 2012). In diesem klinischen Forschungsprojekt werden durch geeignete anthropometrische Kenngrößen Form und Entwicklung von Kinderschädeln dreidimensional erfasst und charakterisiert (Linz 2012). Zusätzlich werden die im Projekt betreuten Kinder mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus sowie eine geeignete Kontrollgruppe nicht nur hinsichtlich der morphologischen Veränderungen des Schädels, sondern auch im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) in Bezug auf die Sprachentwicklung 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 der Kinder untersucht, indem digital aufgezeichnete Vokalisationen der Säuglinge im Signalanalyselabor des ZVES spezifisch quantitativ ausgewertet werden (vorsprachliche Diagnostik, Erhebung über standardisierte Elternfragebögen, Sprachtests). Die vorliegende Arbeit untersucht im Rahmen des Teilprojektes „Sprache“ eventuelle Unterschiede in temporalen Eigenschaften von Komfortlauten von Säuglingen mit und ohne lagerungsbedingten Plagiozephalus im Alter von 6 Monaten. Die Zuordnung der Probanden in eine der beiden genannten Gruppen erfolgte durch die Ärzte im Gesamtprojekt CFCW (Kapitel 2.2: Probandenauswahl). Die Rekrutierung für das Teilprojekt „Sprache“ erfolgte konsekutiv.

Die im Weiteren verwendete Buchstabencodierung der Probanden erfolgte ohne Bezug auf die Namen der Säuglinge.

Die Lautaufnahmen wurden in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie in Würzburg in einem separaten Raum unter halbstandardisierten Bedingungen aufgenommen. Es wurden spontane Komfortlaute während einer spielerischen Interaktion mit dem Versuchsleiter bzw. der Mutter aufgezeichnet (ca. 30 min), um das jeweilig repräsentative Komfortlautrepertoire der Säuglinge zu erfassen. Zu den Komfortlauten zählen keine Übergangs- oder Lachlaute und keine rein vegetativ erzeugten Laute, sondern nur Laute, die während einer Kommunikationssituation geäußert wurden.

Die hier analysierten Komfortlautäußerungen der Probanden mussten gewisse Kriterien erfüllen:

- Sie repräsentieren spontane, während einer einzigen Expirationsphase geäußerte Vokalisationen.
- Komfortlaute wurden erst ab einer Länge von 20 ms in diese Studie einbezogen.
- Bei einer Pause von  $\geq 50$  ms wurde von einer rhythmischen Segmentierung eines Komfortlautes (phonatorische Pause zwischen zwei zu analysierenden Laut-Elementen, siehe Kapitel 2.6) ausgegangen.

## **2.2 Probandenauswahl**

Die Probanden für die vorliegende Arbeit stellten sich aufgrund eines kinderärztlichen Rates, eigener Motivation oder aus eigenem Interesse der Eltern, geweckt durch Informationsbroschüren zum Projekt in der interdisziplinären Sprechstunde im Zentrum für kraniofaziale Anomalien des Universitätsklinikums Würzburg (CFCW), vor.

Bei den Probanden der Plagiozephalusgruppe wurde nach ärztlich-klinischer Untersuchung und der Auswertung von lichtoptischen 3D-Scans während der interdisziplinären Sprechstunde im Zentrum für kraniofaziale Anomalien des Universitätsklinikums Würzburg ein einseitiger lagerungsbedingter Plagiozephalus diagnostiziert. Es wurden 33 konsekutiv rekrutierte Patienten in der vorliegenden Arbeit untersucht.

Zusätzlich konnten Probanden für die Kontrollgruppe (N = 33) mit Hilfe von Informationsbroschüren des CFCW, die das Projekt beschreiben und in Kinderarztpraxen auslagen, gewonnen werden (Meyer-Marcotty et al. 2012).

Probanden, die an dem CFCW-Gesamtprojekt teilnahmen, mussten folgende Einschlusskriterien erfüllen:

- Vorliegende schriftliche Einverständniserklärung der Eltern
- Unauffällige Schwangerschaft innerhalb eines kontrollierten Verlaufes

- Ausschluss eines Plagiozephalus aufgrund einer Schädelnahtsynostose durch einen Neurochirurgen (PD. Dr. med. Tilmann Schweitzer)
- Apgar-Werte fünf bzw. zehn Minuten postnatal  $\geq 8$
- Neugeborenen-Hörscreening unauffällig
- Keine neurologischen Auffälligkeiten
- Deutsch als vorherrschende Umgebungssprache des Kindes
- Vorliegen von mindestens einer Lautaufnahme (prätherapeutisch) um den sechsten Lebensmonat (180 Tage) mit  $\geq 24$  Komfortlauten

Die spezifischen Charakteristika der hier untersuchten Probanden der Kontroll- und Plagiozephalusgruppe sind im Folgenden beschrieben.

### **2.2.1 Plagiozephalusgruppe**

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Gruppe der Patienten, die aufgrund ihres lagebedingten Plagiozephalus eine Koporthese erhielten, mit PG abgekürzt. Die hier beschriebene vorsprachliche Untersuchung wurde vor Initiierung der Koporthesentherapie durchgeführt.

In der Plagiozephalusgruppe waren insgesamt 33 Patienten, davon waren 23 männlich und 10 weiblich. Dies entspricht einem Geschlechterverhältnis von 2,3 : 1. Das nicht ausgewogene Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Probanden ist darauf zurückzuführen, dass die Reihenfolge, in der die Probanden vorstellig wurden, für die Rekrutierung der Studie beibehalten wurde. Das Verhältnis entspricht Angaben aus der Literatur, nach denen lagebedingte Plagiozephalien gehäuft bei männlichen Säuglingen vorliegen (Hutchison et al. 2004; van Vlimmeren, L. A. et al. 2007; Joganic et al. 2009).

#### **2.2.1.1 Charakterisierungen der Plagiozephalusgruppe bezüglich anthropometrischer Daten**

In Tabelle 3 sind anthropometrische Daten der Plagiozephalusgruppe zum Zeitpunkt der Geburt sowie das Gestationsalter und die APGAR-Werte aufgeführt.

**Tabelle 3** Anthropometrische Daten der Plagiozephalusgruppe zum Zeitpunkt der Geburt

Probanden-Code	Geschlecht	Gestationsalter in vSSW	Geburtslänge [cm]	Geburtsgewicht [g]	Apgar - Score '5	Apgar - Score '10
AH	m	39	51	3350	10	10
AI	m	38	51	3185	10	10
AN	w	39	51	3255	9	10
AV	w	39	49	2690	8	10
AZ	m	39	54	4115	10	10
BA	m	41	51	3420	10	10
BE	m	37	50	2550	10	10
BH	m	38	45	2700	10	10
BK	m	40	54	3740	10	10
BN	w	40	52	3290	10	10
BO	m	39	50	3380	10	10
BP	m	37	51	3730	9	9
BQ	m	39	53	3865	10	10
BR	m	41	51	3440	10	10
BT	w	37	51	3530	10	10
BU	m	39	53	3435	10	10
BW	m	40	51	3020	8	9
BX	m	41	53	3580	10	10
BY	m	40	50	2940	10	10
BZ	w	37	47	2425	10	10
CA	m	41	50	3520	10	10
CB	m	40	48	3525	10	10
CC	m	40	54	3840	10	10
CD	m	37	50	2790	9	10
CE	m	39	51	3320	9	10
CF	w	41	50	3300	10	10
CG	w	41	51	3260	10	10
CH	m	37	51	3030	10	10
CI	w	41	52	3400	10	10
CJ	w	40	50	3170	10	10
CK	m	38	45	2995	9	10
CL	w	41	50	3285	10	10
CM	m	40	54	3570	9	9



Die 33 konsekutiv rekrutierten Patienten der Plagiozephalusgruppe sind termingerecht geboren. Im Durchschnitt betrug das Gestationsalter 39,3 SSW  $\pm$  1,4 SSW.

Um eventuell vorliegende intrauterine Wachstumsverzögerungen zu identifizieren, wurden die Geburtsmaße der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe in geschlechtsspezifische Perzentilen (Voigt et al. 1996) eingetragen (siehe Anhang, Abbildung 45 für weibliche Säuglinge; Abbildung 46 für männliche Säuglinge). SGA-Säuglinge („small for gestational age“) sind AV, BH, BW, BY und BZ in Bezug auf das gestationsaltersabhängige Geburtsgewicht, da sie diesbezüglich unterhalb der 10. Perzentile liegen. Säuglinge oberhalb der 90. Perzentile sind als LGA-Säuglinge („large for gestational age“) definiert. Dies traf für das Kind AZ zu. Alle weiteren Patienten dieser Studie konnten als AGA-Säuglinge („appropriate for gestational age“) eingestuft werden (siehe Anhang, Abbildung 45 und Abbildung 46).

### **2.2.1.2 Beschreibung der Plagiozephalusgruppe anhand von Kopfasymmetrien (3D-Scan-Daten)**

Die verwendeten metrischen Daten bezüglich der Kopfasymmetrie der Säuglinge basieren auf einer 3D-Bildgebung mit nachfolgender 3D-Analyse, die im CFCW-Projekt routinemäßig durchgeführt wird (Meyer-Marcotty et al. 2013).

Die 3D-Scan-Daten wurden der Autorin freundlicherweise im Rahmen des Gesamtprojektes „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ zur Verfügung gestellt.

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich, waren die Patienten zum hier relevanten Scan-Zeitpunkt T1 (6 Monate) im Durchschnitt 184  $\pm$  31 Tage alt (Minimum: 127 Tage bei Kind CD; Maximum: 232 Tage bei Kind AN).

**Tabelle 4** Alter zum Zeitpunkt der 3D-Scans (T1) sowie Kopfumfang zum Zeitpunkt der Geburt und 3D-Scan-Daten der Plagiozephalusgruppe

Probanden-Code	T1 Alter [d]	Kopfumfang bei Geburt [cm]	T1 Kopfumfang [cm]	T1 „Moss-Index“ [cm]
AH	189	36	45,1	1,1
AI	172	33	42,2	1,7
AN	232	k. A.	44,0	0,7
AV	160	34	41,7	1,2
AZ	173	35	43,4	1,6
BA	188	35	44,3	0,9
BE	146	33	42,6	0,8
BH	170	k. A.	44,3	1,3
BK	223	37	44,8	0,9
BN	175	32	42,4	0,5
BO	167	35	44,5	0,8
BP	190	37	44,1	1,0
BQ	171	37	43,4	0,4
BR	212	35	46,0	0,8
BT	190	34	44,7	1,1
BU	170	35	42,6	1,2
BW	169	35	43,0	1,8
BX	208	33	45,3	0,2
BY	155	35	41,9	1,1
BZ	203	34	44,8	1,1
CA	175	34	42,7	1,2
CB	205	k. A.	44,9	1,5
CC	198	36	45,0	0,9
CD	127	33	43,1	1,9
CE	188	36	44,0	2,3
CF	181	34	41,6	0,9
CG	165	34	42,5	1,4
CH	215	35	47,6	1,7
CI	184	34	43,2	0,4
CJ	154	36	42,5	1,6
CK	131	35	43,1	0,8
CL	166	34	43,5	1,0
CM	193	34	43,3	0,9

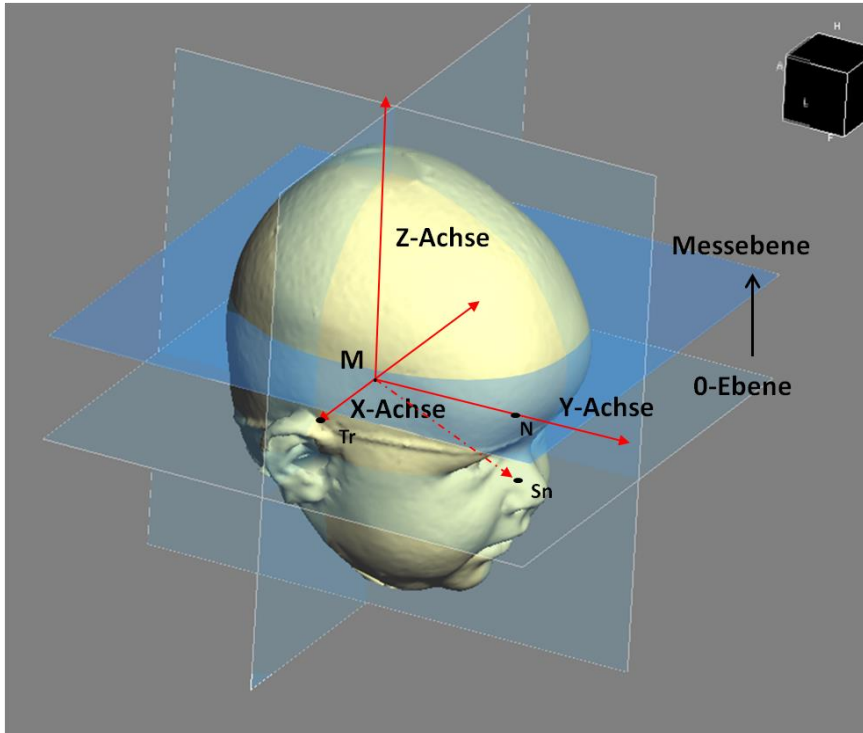
Für die Erstellung der 3D-Scan-Daten nimmt ein lichtoptischer Scanner (stereophotogrammetrisches Verfahren) ein 360°-Bild des kindlichen Kopfes auf. Später werden diese Datensätze mit einer speziellen 3D-Software bearbeitet. Für eine genauere Beschreibung der Entstehung der 3D-Scan-Datensätze siehe Meyer-Marcotty et al. (2012).

Die nachfolgenden Analyseschritte wurden für die hier untersuchten Probanden größtenteils von der Autorin der vorliegenden Arbeit selbst durchgeführt. Dafür wurden visuelle Punkte festgelegt, sodass der kindliche Kopf in ein definiertes Koordinatensystem eingebettet wurde. Zum einen wurde der Punkt Nasion (N) und zum anderen, jeweils beidseitig (rechts bzw. links am Ohr), die Traguspunkte (Tr/TI) markiert. Die Verbindungslinie zwischen beiden Traguspunkten bildet dabei die x-Achse, der Mittelpunkt der x-Achse wird als Punkt M definiert. Die y-Achse wird durch eine Verbindungslinie zwischen Punkt M und Punkt Nasion (N) gebildet. Die dritte Koordinatenachse (z-Achse) verläuft durch den Punkt M, ist senkrecht zur x- und y-Achse (siehe Abbildung 1).

Durch das so entstandene Koordinatensystem kann der Kopf des Säuglings dreidimensional ausgerichtet werden. Dies ermöglicht, den Kinderkopf anhand wachstums- sowie symmetriebezogener Variablen zu untersuchen.

Im Folgenden soll zunächst auf den wachstumsbezogenen Parameter „Kopfumfang“ eingegangen werden.

Für die Messung des Kopfumfanges wird eine 0-Ebene definiert, die durch die beiden Traguspunkte (Tr/TI) und den Punkt Nasion (N) gebildet wird. Parallel zu dieser Ebene wird auf Höhe der größten posterioren Auswölbung des Hinterkopfes (Messebene) der Kopfumfang gemessen. Dieser Messwert wird dann als Kopfumfang definiert (Meyer-Marcotty et al. 2012).



**Abbildung 1** Darstellung des Koordinatensystems zur Orientierung des 3D-Scans am Säuglingsschädel.  
 Die x-Achse befindet sich zwischen dem rechten und linken Traguspunkt (Tr/Tl). Die z-Achse wird im Punkt M (Mittelpunkt der x-Achse) senkrecht auf die x-Achse gebildet. Die y-Achse befindet sich zwischen den Punkten M und N (Nasion). Die 0-Ebene wird definiert durch die beiden Traguspunkte und den Punkt Nasion. Die Messebene liegt parallel zur 0-Ebene an der maximalen posterioren Ausdehnung des Os occipitale (Quelle: freundlicherweise von Prof. Dr. Meyer-Marcotty zur Verfügung gestellt).

Zum Scan-Zeitpunkt T1 lag der Kopfumfang der Patienten durchschnittlich bei  $43,7 \pm 1,4$  cm. Der kleinste Wert konnte mit 41,6 cm bei Kind CF gemessen werden, der größte Wert betrug 47,6 cm bei Kind CH (siehe Tabelle 4).

Um eventuell vorliegende Entwicklungsverzögerungen zu identifizieren, wurde der Kopfumfang der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe in geschlechtsspezifische Perzentilen eingetragen (Brandt 1980). Im Anhang ist in Abbildung 47 für weibliche Probanden und in Abbildung 48 für männliche Probanden der Entwicklungsverlauf des Kopfumfanges zwischen dem Zeitpunkt der Geburt und T1 (Untersuchungszeitpunkt im 6. Lebensmonat), basierend auf den Kurven nach Brandt (1980), dargestellt.

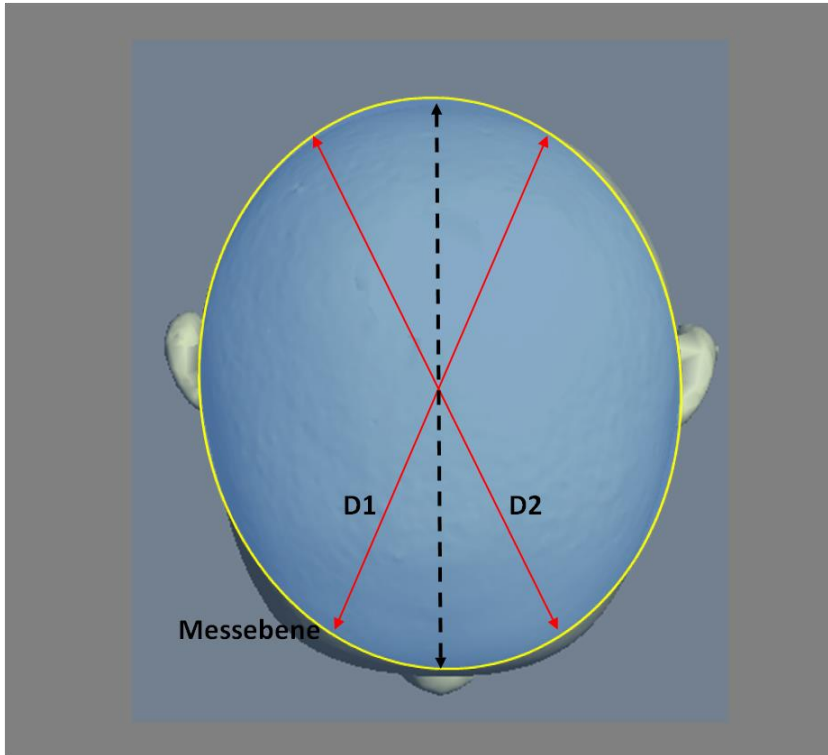
Zum Zeitpunkt der Geburt als hypotroph in Bezug auf den Kopfumfang stellten sich die Probanden AI, BN und BX dar. Lediglich beim Säugling AI konnte noch zum Zeitpunkt T1 ein hypotropher Kopfumfang gemessen werden. BN und BX zeigten zum Zeitpunkt T1 einen eutrophen Kopfumfang.

Ein hypertropher Kopfumfang über der 90. Perzentile konnte beim Säugling BP zum Zeitpunkt der Geburt gemessen werden. Zum Zeitpunkt T1 konnte ein eutropher Kopfumfang bei BP gemessen werden. Die Daten des Kopfumfanges der Säuglinge BH, CB und AN zum Zeitpunkt der Geburt lagen in der Datenbank am CFCW nicht vor.

Die symmetriebezogene Variable „Moss-Index“ ist eine weitere wichtige Messgröße. Hier ist zu erwähnen, dass der „Moss-Index“ auf der klassischen Moss-Index-Gruppeneinteilung basiert. Der klassische Moss-Index wird allerdings per Messzirkel am kindlichen Kopf bestimmt. Mit Hilfe des Messzirkels kann die längste bzw. kürzeste Strecke ermittelt werden.

Der „Moss-Index“ wird durch die Differenz zweier diagonal zueinander liegender Strecken gebildet. Diese entstehen in der Messebene jeweils durch einen 30°-Winkel zur y-Achse, sodass eine Differenz aus beiden Messstrecken (längere minus kürzere Strecke) den „Moss-Index“ ergibt (siehe Abbildung 2). Dies wurde von Loveday et al. (Loveday B. P. und de Chalain T. B. 1996) beschrieben.

Zum Scan-Zeitpunkt T1 betrug der „Moss-Index“ im Durchschnitt  $1,12 \pm 0,5$  cm. Der minimale Wert betrug 0,2 cm (beim Probanden BX), der maximale Wert beträgt bei Kind CE 2,3 cm (siehe Tabelle 4).



**Abbildung 2** Darstellung des „Moss-Index“. Gebildet aus der Differenz zwischen der längeren Diagonalen (D1) und der kürzeren Diagonalen (D2) in der Messebene (Quelle: freundlicherweise von Prof. Dr. Meyer-Marcotty zur Verfügung gestellt).

### 2.2.2 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe (KG) besteht aus 33 Säuglingen. Sie setzt sich aus 20 weiblichen und 13 männlichen Probanden zusammen.

Aufgrund der konsekutiven Rekrutierungsmethode kam es zu einem umgekehrten Geschlechterverhältnis im Vergleich zur Plagiozephalusgruppe.

Abweichungen von den im Kapitel 2.2 (Probandenauswahl) genannten Einschlusskriterien lagen bei Proband AX vor. Dieser war bei den Lautaufnahmen 211 Tage alt. Neben Deutsch wurde bei den Probanden AP und BF noch eine zweite Sprache im elterlichen Haushalt gesprochen (AP: polnisch; BF: französisch). Eine Frühgeburt lag bei den Probanden AT und BG vor (AT: 35. vSSW; BG: 34. vSSW). Abweichungen der Analyseergebnisse zum Zeitpunkt der Lautaufnahme durch die zweite gesprochene Sprache im elterlichen Haushalt oder

durch das Vorliegen einer Frühgeburt waren bei genannten Säuglingen im Vergleich zu den anderen Kindern der KG nicht zu erkennen.

### **2.2.2.1 Charakterisierungen der Kontrollgruppe bezüglich anthropometrischer Daten**

In Tabelle 5 sind anthropometrische Daten der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Geburt sowie das Gestationsalter und die APGAR-Werte aufgeführt.

Um eventuell vorliegende gestationsaltersspezifische Entwicklungsverzögerungen zu identifizieren, wurden die Geburtsmaße der Säuglinge der Kontrollgruppe in geschlechtsspezifische Perzentilen eingetragen (Voigt et al. 1996).

In der Kontrollgruppe befinden sich drei Frühgeborene: AT (35. vSSW), AV (37. vSSW) und BG (34. vSSW). Die drei Kinder sind AGA-Säuglinge („appropriate for gestational age“) bezüglich des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichtes. Bei Kind AJ handelt es sich um ein LGA-geborenes Kind („large for gestational age“). AP, AQ, AX und BN sind SGA-Probanden („small for gestational age“).

Das durchschnittliche Gestationsalter betrug  $39 \pm 1,7$  SSW.

Tabelle 5 Anthropometrische Daten der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Geburt

Probanden-Code	Geschlecht	Gestationsalter in vSSW	Geburtslänge [cm]	Geburtsgewicht [g]	Apgar-Score '5	Apgar-Score '10
AA	w	38	46	3065	10	10
AB	w	37	48	2940	10	10
AF	w	39	48	2950	10	10
AG	w	39	51	3870	10	10
AH	w	39	49	3130	10	10
AJ	m	37	52	3780	10	10
AM	w	40	51	4035	10	10
AN	m	39	51	3395	10	10
AP	w	39	46	2645	10	10
AQ	w	38	48	2680	8	10
AR	w	40	49	2345	10	10
AS	w	40	51	3660	10	10
AT	m	35	48	2660	9	9
AU	m	41	51	3170	10	10
AV	m	37	48	2850	10	10
AW	m	38	49	3085	10	10
AX	w	39	48	2625	10	10
BB	m	39	52	3660	10	10
BC	m	40	50	3890	10	10
BD	w	40	49	3470	9	9
BE	m	41	51	3500	10	10
BF	m	41	52	3850	10	10
BG	w	34	45	2410	10	10
BH	w	41	49	3260	9	10
BI	m	39	51	3420	10	10
BJ	w	40	48	3195	10	10
BK	w	39	50	3070	10	10
BL	m	37	52	3240	10	10
BM	w	38	47	2740	10	10
BN	m	38	46	2630	10	10
BR	w	40	51	3170	10	10
BS	w	42	54	3380	10	10
BT	w	40	52	4000	10	10

### 2.2.2.2 Beschreibungen der Kontrollgruppe anhand von Kopfasymmetrien (3D-Scan-Daten)

So, wie in Kapitel 2.2.1.2 beschrieben, wurden für die Kinder der Kontrollgruppe Vergleichsdaten mit Hilfe eines 3D-Scans ermittelt.



Zum Scan-Zeitpunkt T1 betrug das durchschnittliche Alter der Probanden  $180 \pm 30$  Tage (Minimum: 97 Tage bei Kind BS; Maximum: 212 Tage bei Kind AV).

Zwischen wachstums- und symmetriebezogenen Daten wurde, wie schon in der Plagiozephalusgruppe (siehe Kapitel 2.2.1.2), auch in der Kontrollgruppe unterschieden. Das nähere Vorgehen ist in Kapitel 2.2.1.2 beschrieben.

Die erste zu beschreibende wachstumsbezogene Variable ist der Kopfumfang. Dieser betrug im Mittel zum Scan-Zeitpunkt T1  $43,2 \pm 1,6$  cm (Minimum: 39,9 cm bei Kind BI; Maximum: 47,0 cm bei Kind AJ) (siehe Tabelle 6).

Um eventuell vorliegende Entwicklungsverzögerungen zu identifizieren, wurde der Kopfumfang der Säuglinge der Kontrollgruppe in geschlechtsspezifische Perzentilen eingetragen (Brandt 1980).

Im Anhang ist in Abbildung 47 für die weiblichen Probanden und in Abbildung 48 für die männlichen Probanden der Entwicklungsverlauf des Kopfumfanges, in den jeweiligen geschlechtsspezifischen Perzentilen, dargestellt.

Zum Zeitpunkt der Geburt zeigten die Säuglinge AN, AQ, AR und BH einen hypotrophen Kopfumfang, der sich zum Zeitpunkt T1 als eutroph darstellte. Lediglich der Säugling AR zeigte zu beiden Untersuchungszeitpunkten einen hypotrophen Kopfumfang. Zum Zeitpunkt der Geburt zeigten die Säuglinge AT, BI und BM einen eutrophen Kopfumfang, der sich zum Zeitpunkt T1 zu einem hypotrophen Kopfumfang verändert hatte.

Die Daten des Kopfumfanges der Säuglinge AQ, BF und BL zum Zeitpunkt der Geburt lagen in der Datenbank am CFCW nicht vor.

Der symmetriebezogene Parameter „Moss-Index“ lag zum Scan-Zeitpunkt T1 im Durchschnitt bei  $0,3 \pm 0,2$  cm (Minimum: 0,0 cm bei den Kindern BR, BB und AX; Maximum: 0,9 cm bei den Kindern AC und BA) (siehe Tabelle 6).

**Tabelle 6** Alter zum Zeitpunkt der 3D-Scans (T1) sowie Kopfumfang zum Zeitpunkt der Geburt und 3D-Scan-Daten der Kontrollgruppe

Probanden-Code	T1 Alter [d]	Kopfumfang bei Geburt [cm]	T1 Kopfumfang [cm]	T1 „Moss-Index“ [cm]
AA	171	34	42,1	0,4
AB	199	33	43,9	0,6
AF	209	34	44,3	0,2
AG	204	36	45,0	0,4
AH	195	34	42,2	0,4
AJ	189	36	47,0	0,4
AM	194	36	44,3	0,1
AN	207	33	43,3	0,2
AP	196	32	41,7	0,1
AQ	167	k. A.	42,0	0,5
AR	186	32	40,3	0,3
AS	171	36	42,5	0,1
AT	193	33	42,7	0,4
AU	187	35	44,2	0,6
AV	212	33	44,6	0,1
AW	183	36	45,0	0,2
AX	211	34	43,8	0,0
BB	149	35	45,1	0,0
BC	179	36	42,6	0,3
BD	108	35	41,0	0,6
BE	196	35	43,5	0,3
BF	188	k. A.	44,0	0,3
BG	183	33	41,8	0,2
BH	191	33	42,7	0,2
BI	100	34	39,9	0,8
BJ	184	34	43,8	0,8
BK	176	34	43,2	0,4
BL	195	k. A.	45,7	0,2
BM	186	33	41,3	0,2
BN	186	34	43,4	0,4
BR	121	34	40,6	0,0
BS	97	35	41,1	0,3
BT	173	37	43,3	0,2

### 2.3 Zusätzliche Gruppenklassifizierung der gesamten Untersuchungsgruppe mittels „Moss-Index“

Basierend auf dem „Moss-Index“ (3D-Scan-Daten) wurden die Säuglinge für eine zusätzliche Analyse, unabhängig von ihrer ursprünglichen Zugehörigkeit zur Kontroll- oder Plagiozephalusgruppe, in drei Gruppen eingeteilt, die dann bezüglich ihrer akustischen Komfortlauteigenschaften verglichen wurden. Beträgt der „Moss-Index“  $\leq 0,3$  cm, liegt eine symmetrische Kopfform vor (Gruppe 1). Gruppe 2 umfasst Probanden mit „Moss-Index“-Werten  $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm, was als moderater Plagiozephalus interpretiert wird. Ein schwerer Plagiozephalus liegt ab einem „Moss-Index“ von  $> 1,2$  cm vor (Gruppe 3) (Meyer-Marcotty et al. 2012). Tabelle 7 zeigt die Gruppenklassifizierung der hier untersuchten Probanden mittels „Moss-Index“.

**Tabelle 7** Gruppeneinteilung klassifiziert mittels „Moss-Index“

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gesamtsumme
<b>KG</b>	20	13	0	33
<b>PG</b>	1	22	10	33
<b>Gesamtsumme</b>	21	35	10	66

### 2.4 Datenbasis (Komfortlaute)

Die Komfortlautaufnahmen der PG-Patienten wurden im Durchschnitt mit einem Alter von 186 Tagen aufgezeichnet.

Bei dem Probanden CH aus der Plagiozephalusgruppe erfolgte die Komfortlautaufnahme im Alter von 227 Tagen. Proband CD war zum Zeitpunkt der Lautaufnahmen erst 141 Tage alt (siehe Tabelle 8: Plagiozephalusgruppe).

Die Komfortlautaufnahmen der Kontrollgruppe wurden durchschnittlich im Alter von 188 Tagen aufgezeichnet. Der Proband BB war mit einem Alter von 149 Tagen in dieser Gruppe der jüngste. Im Alter von 211 Tagen wurden die Komfortlautaufnahmen von Proband AX aufgenommen, der damit der älteste in dieser Gruppe war (Tabelle 9: Kontrollgruppe).

Von den insgesamt 3740 hier analysierten Komfortlauten wurden in der Kontrollgruppe 1990 Komfortlaute ausgewertet. Damit wurden von jedem Probanden im Durchschnitt 57 verwendbare Komfortlaute aufgezeichnet.

In der Plagiozephalusgruppe wurden insgesamt 1750 Komfortlaute ausgewertet, das entspricht durchschnittlich 53 Komfortlauten pro Patient (siehe Tabelle 8: Plagiozephalusgruppe; Tabelle 9: Kontrollgruppe).

**Tabelle 8** Alter bei Lautaufnahme und Anzahl der Komfortlaute (KL) der Plagiozephalusgruppe

Proband	KL	Alter [d]
AH	36	189
AI	70	181
AN	76	218
AV	74	174
AZ	47	187
BA	43	202
BE	33	160
BH	52	184
BK	39	223
BN	64	175
BO	50	181
BP	60	176
BQ	47	171
BR	66	204
BT	86	204
BU	52	180
BW	56	177
BX	55	208
BY	32	169
BZ	45	203
CA	51	175
CB	56	209
CC	55	198
CD	53	141
CE	56	196
CF	59	184
CG	47	171
CH	49	227
CI	41	190
CJ	50	160
CK	49	145
CL	51	171
CM	50	207

**Tabelle 9** Alter bei Lautaufnahme und Anzahl der Komfortlaute (KL) der Kontrollgruppe

Proband	KL	Alter [d]
AA	38	171
AB	46	199
AF	68	187
AG	50	176
AH	51	180
AJ	65	174
AM	123	193
AN	84	207
AP	63	196
AQ	55	167
AR	49	193
AS	53	171
AT	57	207
AU	55	193
AV	51	212
AW	63	190
AX	52	211
BB	71	149
BC	70	209
BD	69	164
BE	42	196
BF	53	188
BG	68	183
BH	51	191
BI	27	195
BJ	51	184
BK	50	176
BL	56	195
BM	24	186
BN	66	186
BR	52	188
BS	51	187
BT	52	173

## 2.5 Datenaufbereitung

Die aufgezeichneten Rohdaten wurden im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) weiterverarbeitet. Ein Teil der hier analysierten Komfortlautaufnahmen lag schon in vorverarbeiteter Form vor. Für den Teil der Komfortlautaufnahmen, die nicht in vorverarbeiteter Form vorlagen, hat die Autorin der vorliegenden Arbeit die komplette Verarbeitung und Archivierung wie nachfolgend beschrieben durchgeführt.

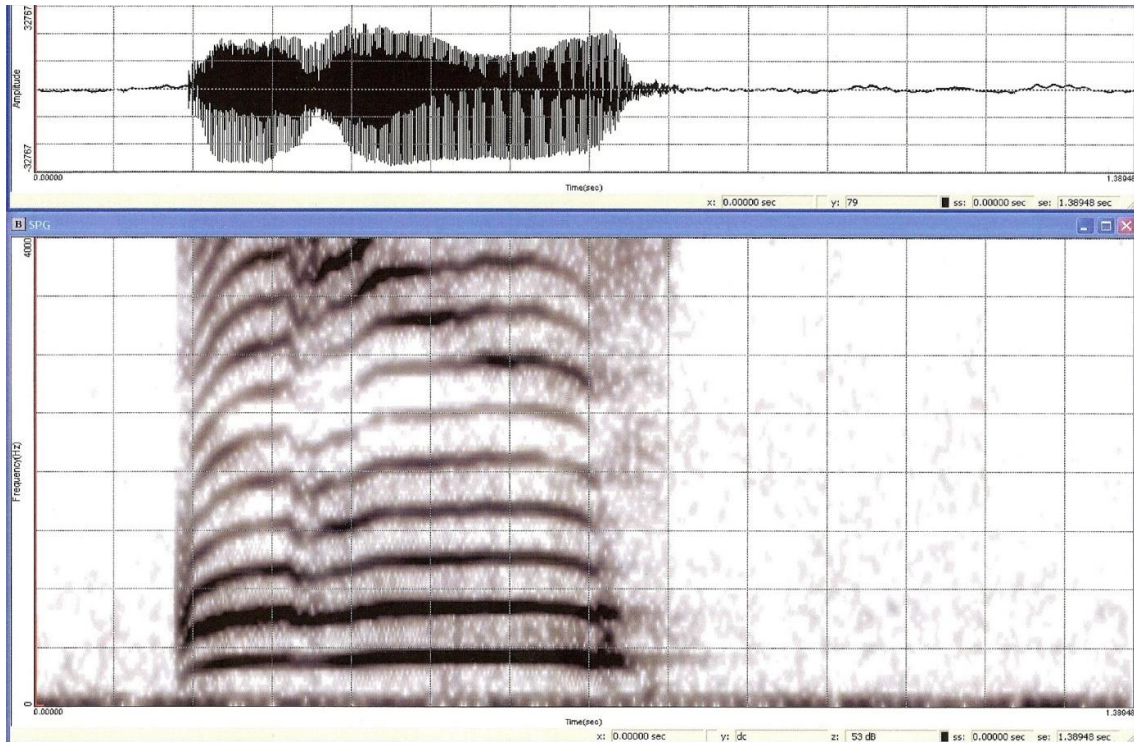
Um eine Analyse der Komfortlautaufnahmen möglich zu machen, werden die digitalen Signale mit Hilfe des Sprachanalyse-Systems Computer-Speech-Lab vom Typ CSL 4400 der Firma KAY/PENTAX (USA) eingelesen. Danach wird jeder Komfortlaut einer Aufnahme manuell in Einzelsignale segmentiert und pseudodynamisiert. Dabei wird ein Buchstabencode verwendet, der keinen Bezug zum Namen des Probanden hat. Aus den Einzelsignalen werden automatisch im Rahmen der ZVES-Routine Schmalbandspektrogramme errechnet.

Dabei ist auf der x-Achse die Zeit in Sekunden (s) und auf der y-Achse die Frequenz in Hertz (Hz) abzulesen (siehe unteres Fenster der Abbildung 3).

Somit können die Grundfrequenz und ihre Harmonischen (Serie von Frequenzlinien, die ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz darstellen) visualisiert werden. Mit Hilfe einer Grauwertskala wird die Energiedichte der einzelnen Frequenzbänder angegeben (Schwarz entspricht der höchsten Energiedichte).

Visuell sind spektrale Eigenschaften einer Vokalisation im Frequenzspektrogramm erkennbar. Wichtige spektrale Eigenschaften sind z. B. Subharmonische, Shifts (plötzliche Frequenzsprünge) oder Rauschbanden.

Im oberen Fenster der Abbildung 3 ist die dazugehörige Amplitude des Signals gegen die Zeit in Sekunden abgebildet.



**Abbildung 3** Schmalbandspektrogramm eines nicht segmentierten Komfortlautes (NS) eines Probanden aus der Plagiozephalusgruppe (PG) im Alter von 218 Tagen. Die unterste Linie stellt die Grundfrequenz dar, die darüber liegenden ihre Harmonischen.

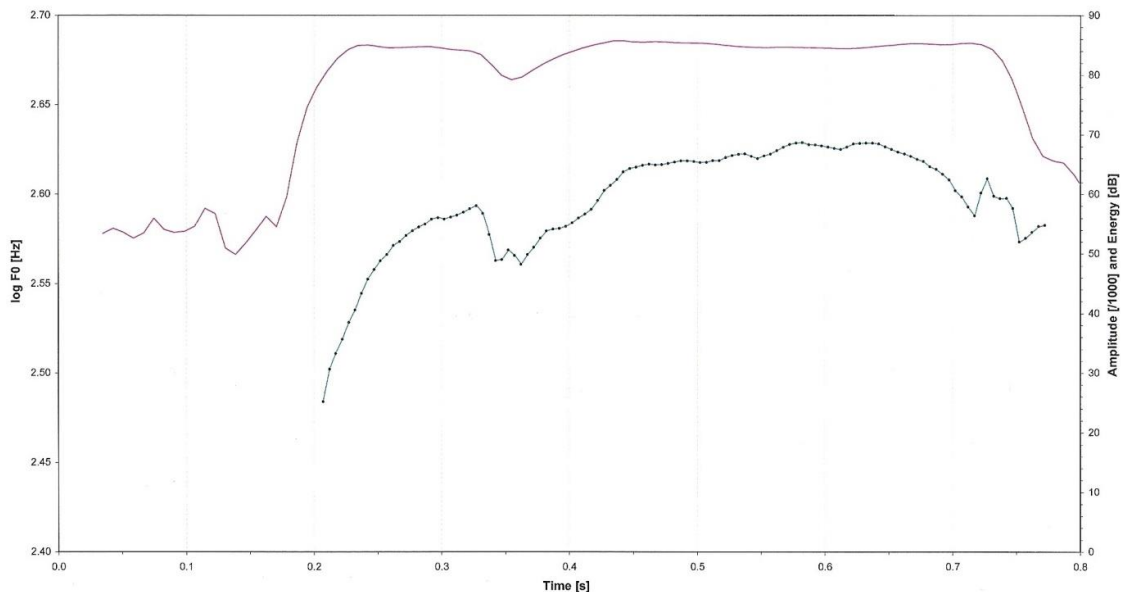
Nach der im ZVES entwickelten automatischen Routine wird für die Grundfrequenzanalyse mit dem Computerprogramm PRAAT (Boersma und Weenink 2014) der Verlauf der Melodie berechnet und mit dem Programm CDAP (Cry Data Analysis Program; „pw-project“) dargestellt bzw. weiter analysiert.

Für jeden Laut (Einzelsignal) wird eine Grundfrequenz-Analyse mittels PRAAT durchgeführt. Anschließend wird der automatisch ermittelte Verlauf nochmals für jeden Komfortlaut kontrolliert und bei Fehlern durch interaktive Einzelanalyse mit PRAAT korrigiert. Dadurch liegt eine hohe Zuverlässigkeit bei der  $F_0$ -Analyse vor. Eine weiterführende Analyse der Daten kann erst nach diesem Schritt mit dem Programm CDAP erfolgen (Kapitel 2.6).

## 2.6 Datenanalyse und Analyse temporaler Eigenschaften

Die weitere quantitative Datenanalyse erfolgte mit dem Analyse-Programm CDAP (Cry Data Analysis Program), das im ZVES-Labor routinemäßig eingesetzt wird.

Bei der Darstellung der einzelnen Komfortlaute im EFA-Modul des CDAP-Systems ist auf der x-Achse die Zeit in Sekunden aufgetragen, die linke y-Achse zeigt die lineare/logarithmische Frequenzskala (siehe Abbildung 4: Melodiediagramm). Auf der y-Achse rechts ist der Intensitätsverlauf (Energie) des kindlichen Komfortlautes in Dezibel ablesbar. Dieser ist als **rote Linie** im Diagramm dargestellt. Der Grundfrequenzverlauf (Melodie) ist im Melodiediagramm als eine **blaue Linie** visualisiert.

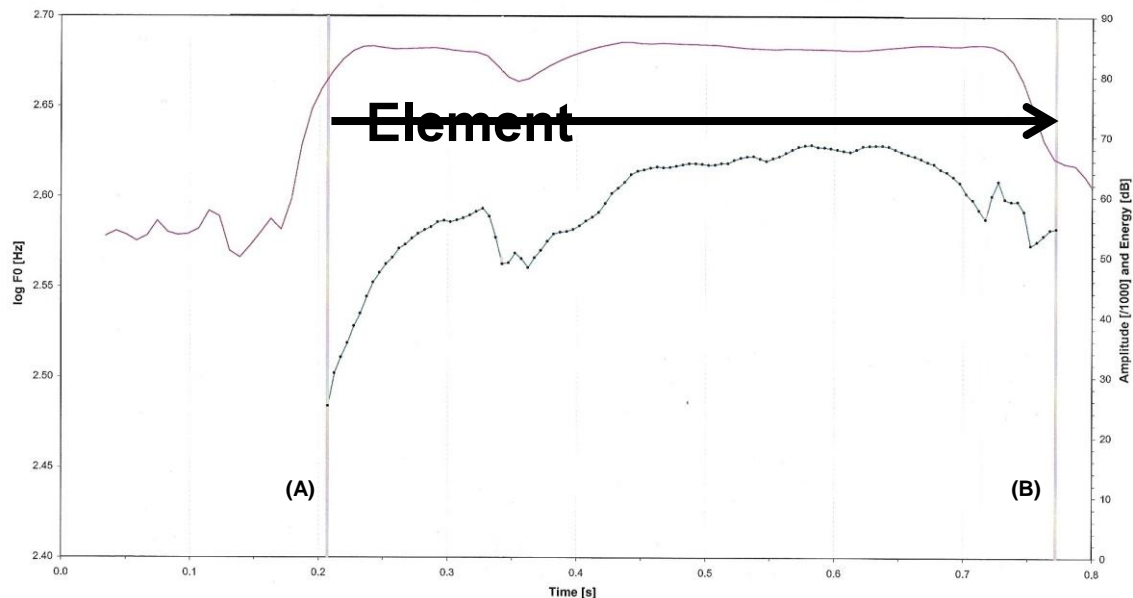


**Abbildung 4** Melodie- (**blau**) und Intensitätsverlauf (**rot**) des in Abbildung 3 dargestellten Komfortlautes (CDAP-System)

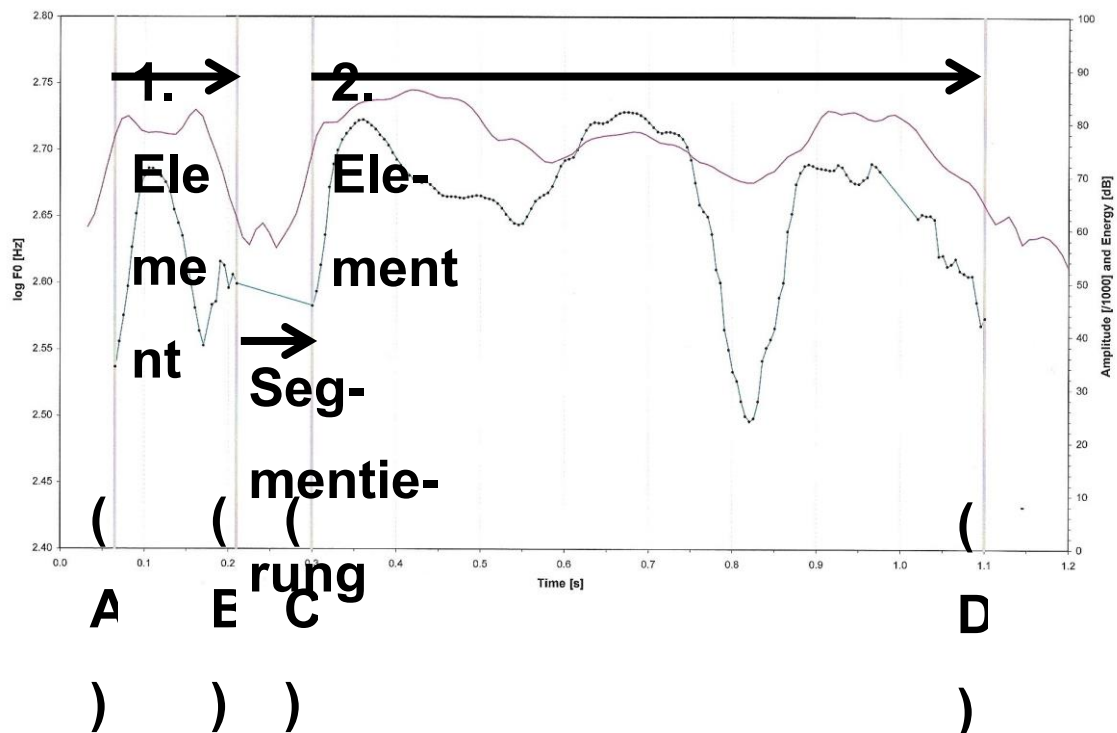
Mit Hilfe des Programms CDAP erfolgte die quantitative Analyse der Komfortlaute. Dabei wird mit Hilfe von manuell gesetzten Markierungen jeder Komfortlaut einzeln vermessen. Die erste Markierung zeigt den Anfang (A) des Komfortlautes an. Liegt keine Segmentierung des Komfortlautes vor, gibt die zweite Markierung das Ende (B) des Komfortlautes an (siehe Abbildung 5).



Eine Segmentierung der Melodie ( $F_0$ -Verlauf) liegt vor, wenn eine phonatorische Pause innerhalb des Lautes von mehr als 50 ms gemessen wurde, in der weder eine Inspiration noch eine Komfortlautäußerung akustisch wahrzunehmen sind. Einer vorliegenden Segmentierung geht immer ein Melodieelement voraus und ein weiteres schließt sich der Segmentierung an. Liegt eine Segmentierung vor, wird diese ebenfalls durch eine Anfangs- und Endmarkierung vermessen (siehe Abbildung 6). Das Programm CDAP ermittelt innerhalb der Markierungen (zwischen Anfangs- und Endmarkierung) die Länge der vermessenen Elemente und Segmentierungen. Die Werte der vermessenen Elemente werden im Unterprogramm BOMA (Bogenmaß) automatisch in Excel-Tabellen gespeichert.



**Abbildung 5** Beispiel eines nicht segmentierten Komfortlautes (NS) eines Säuglings der Plagiozephalusgruppe (PG) am 218. Lebenstag. (A) gibt die Anfangsmarkierung des Elements an. (B) gibt die Endmarkierung des Elements an.



**Abbildung 6** Beispiel eines vermessenen einmal segmentierten Komfortlautes (1S) eines Kindes der Kontrollgruppe am 176. Lebensstag  
 (A) gibt die Anfangsmarkierung des 1. Elements an  
 (B) gibt die Endmarkierung des 1. Elements sowie die Anfangsmarkierung der Segmentierung an  
 (C) gibt die Endmarkierung der Segmentierung sowie die Anfangsmarkierung des 2. Elementes an  
 (D) gibt die Endmarkierung des 2. Elementes an

Mittels der im Programm CDAP vorgenommenen Vermessungen konnte eine Kategorisierung der Komfortlaute vorgenommen werden. Die 3740 Komfortlaute konnten, abhängig von den vorliegenden Ergebnissen bezüglich der Segmentierungen, in 4 Kategorien unterteilt werden.

Die erste Kategorie bilden nicht segmentierte Komfortlaute (NS) (siehe Abbildung 5).

Die Komfortlaute, bei denen eine Segmentierung identifiziert und vermessen werden konnte, bilden die zweite Kategorie und werden als 1S bezeichnet (siehe Abbildung 6).

Komfortlaute, deren Melodie durch zwei Segmentierungen (2S) unterbrochen wird, werden in die dritte Kategorie eingeordnet (siehe Abbildung 7).

Aus Gründen der Vereinfachung wurden Komfortlaute, deren Melodie durch 3, 4 bzw. 5 Segmentierungen unterbrochen war, unter dem Begriff „mehrfach segmentiert“ (MS) zusammengefasst und bilden die vierte Kategorie (siehe Abbildung 8).

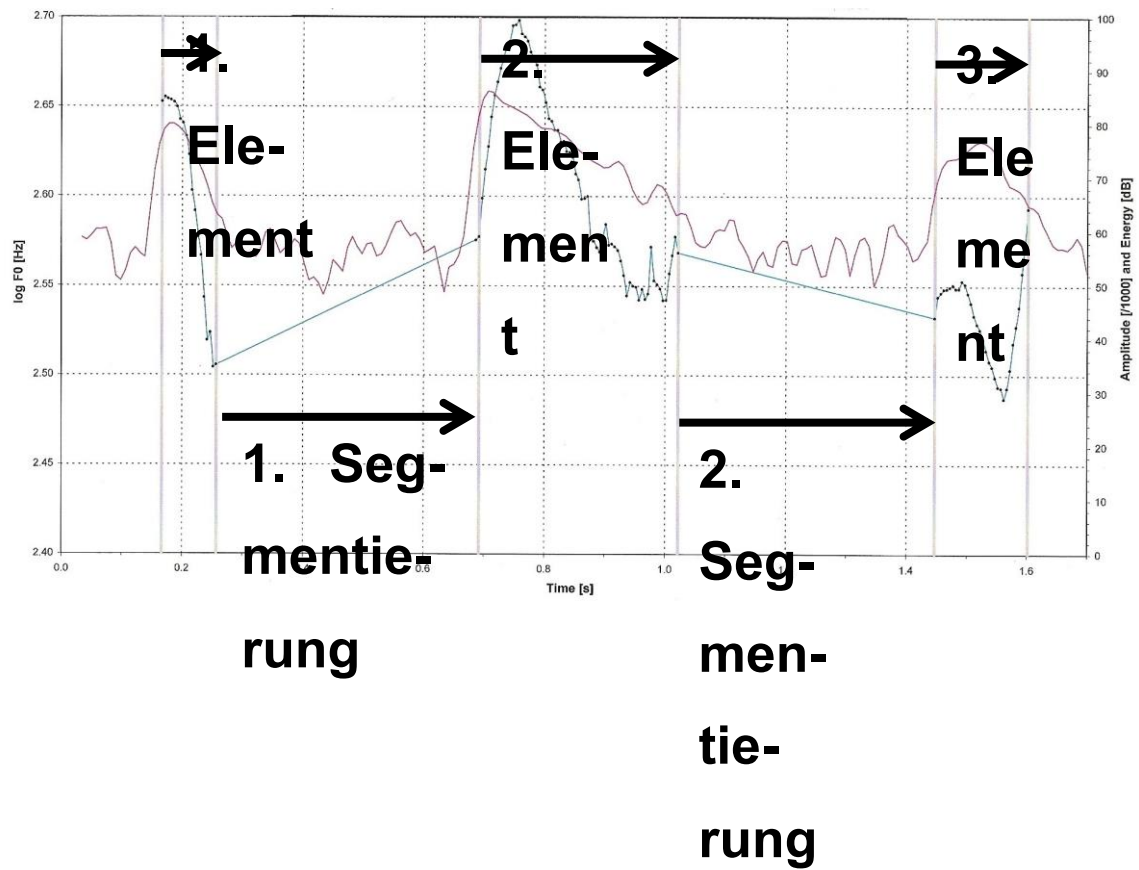


Abbildung 7 Beispiel eines zweimal segmentierten Komfortlautes (2S) am 176. Geburtstag eines Kindes der Kontrollgruppe (KG)

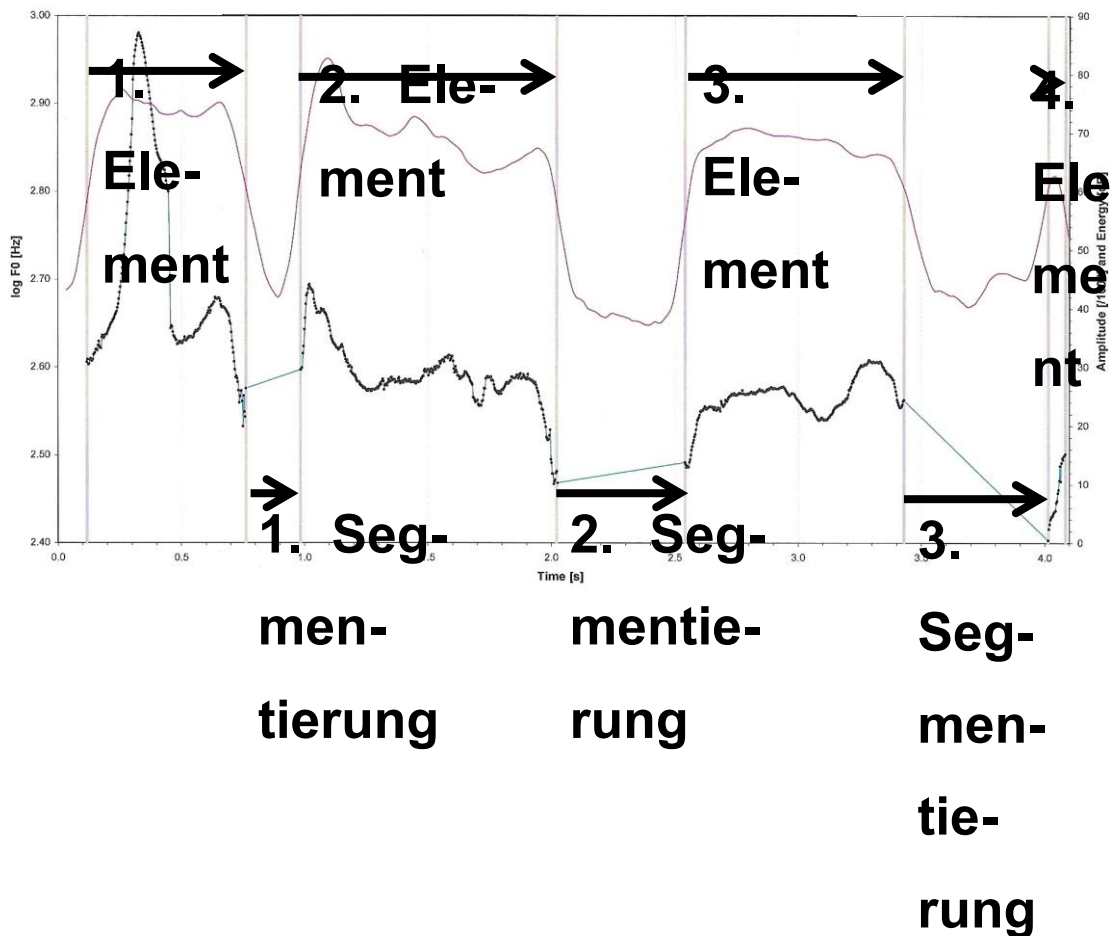


Abbildung 8 Beispiel eines mehrfach segmentierten Komfortlautes (MS) am 207. Lebenstag eines Kindes der Kontrollgruppe (KG)

## 2.7 Statistische Analyse

Die bei der Analyse bestimmten Vokalisationslängen und Segmentierungslängen wurden in Excel-Tabellen (Microsoft Excel Version 2007) gespeichert und nach entsprechender Aufbereitung für die statistische Auswertung zu SPSS (Superior Performing Software System Version 22.0) transferiert.

Die statistische Analyse von allen Komfortlauten erfolgte zunächst lautbasiert sowohl für die gesamte Gruppe als auch untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe. Individuelle Durchschnittswerte der Vokalisationslängen wurden von den Komfortlauten eines Säuglings gebildet und bezogen auf die Kategorien ( $N = 4$ ) der Komfortlaute (Kapitel 2.6), gruppenspezifisch (KG/PG) und nach dem „Moss-Index“ (Kapitel 2.3) analysiert.

Im Weiteren wird dieser Analyseschritt im Kapitel „kindbasierte Analyse“ beschrieben.

Bei den statistischen Analysen wurde zunächst auf eine Normalverteilung für jede Testgröße geprüft. Hierzu wurden der Test nach Shapiro-Wilk und zusätzlich Q-Q-Plots verwendet.

Konnte keine hinreichende Normalverteilung festgestellt werden, wurde für den Vergleich zweier unabhängiger Variablen (Gruppenvergleich zwischen Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe) der nicht parametrische Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Wenn mehr als zwei voneinander unabhängige Variablen nicht hinreichend normalverteilt vorlagen (z. B.: neue Gruppenaufteilung anhand des „Moss-Index“), wurde mittels des nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Tests analysiert.

Lag eine hinreichende Normalverteilung von zwei voneinander unabhängigen Variablen vor, konnte als parametrischer Test der t-Test, der die Mittelwertgleichheit testet, herangezogen werden (Vergleich der durchschnittlichen Werte der Vokalisationslängen der Kontrollgruppe mit den Werten der Plagiozephalusgruppe).

War eine hinreichende Normalverteilung der zu prüfenden Werte gegeben, folgte als parametrischer Test bei mehr als zwei voneinander unabhängigen Variablen die einfaktorielle Varianzanalyse (Vergleich der Vokalisationslängen der „Moss-Gruppen“).

Das Signifikanzniveau aller hier durchgeführten Tests wurde bei  $p = 0,05$  festgelegt.

Als grafische Darstellung für die Analyseschritte der gesamten Gruppe und für die gruppenspezifische Analyse wurden Histogramme und Boxplots gewählt.

### 3 Ergebnisse

Die Analyse temporaler Charakteristika der hier untersuchten spontan evozierten Komfortlaute von Säuglingen im Alter von 6 Monaten erfolgt auf verschiedenen Ebenen.

Zunächst werden die jeweiligen Vokalisationslängen aller Komfortlaute (N = 3740) objektiv analysiert. Anschließend werden mittels einer Subgruppenanalyse die Vokalisationslängen der gebildeten Kategorien (N = 4) analysiert (Kapitel 2.6) (siehe Tabelle 14).

Die Analyse der Subgruppen erfolgt sowohl laut- als auch kindbasiert. Laut- bzw. kindbasierte Analyseschritte werden zusätzlich gruppenspezifisch (separat für Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe) gemittelt über die Kinder dargestellt.

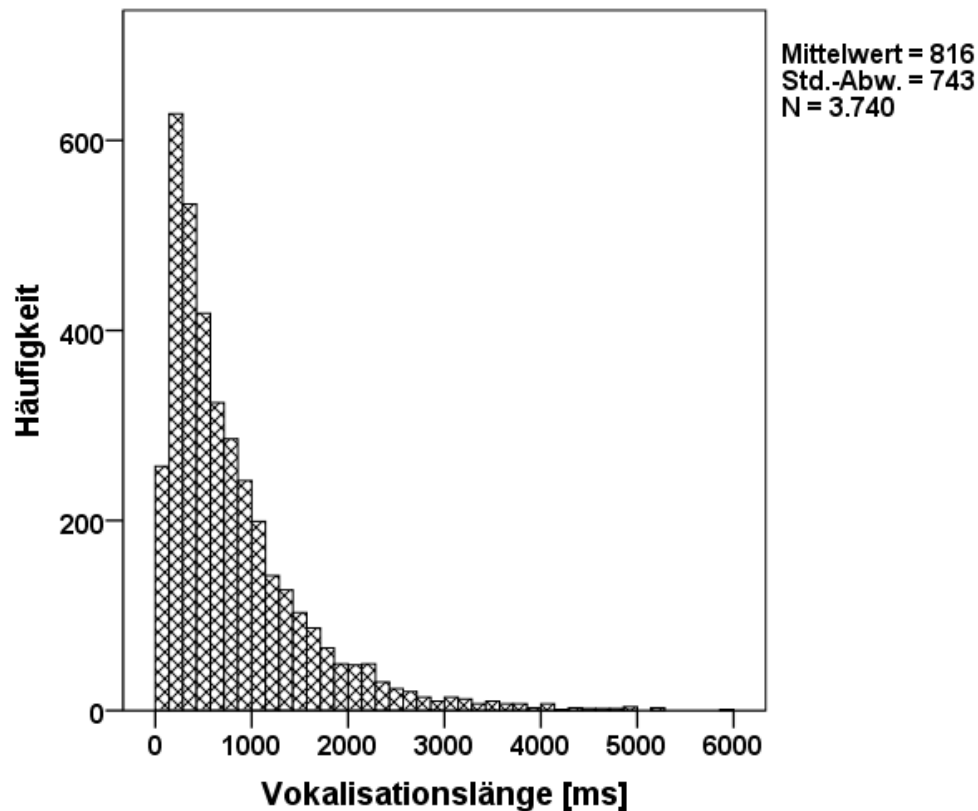
Die Analyseschritte der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute werden analog zu der Analyse der Vokalisationslängen der Komfortlaute durchgeführt.

#### 3.1 Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute (N = 3740) dargestellt. Dabei werden die gebildeten Kategorien nicht berücksichtigt. Diese Analyse wird lautbasiert und kindbasiert durchgeführt.

##### 3.1.1 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen der gesamten Probandengruppe

Die Vokalisationslängen der Komfortlaute (N = 3740) sind bezüglich der Verteilungseigenschaften im Histogramm (Abbildung 9) dargestellt. Es wird ersichtlich, dass der Variationsbereich der Vokalisationslängen zwischen 26 ms und 5884 ms liegt (Messgenauigkeit:  $\pm 5$  ms).



**Abbildung 9** Histogramm der Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge beider Gruppen (KG und PG)

Der Modalwert der Verteilung beträgt 285 ms. Es kommen  $N = 179$  Komfortlaute vor, die länger als 2300 ms sind.

Eine logarithmische Transformation der Werte der Vokalisationslängen aller Komfortlaute ( $N = 3740$ ) erzielt keine hinreichende Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test:  $p < 0,001$ ).

Die deskriptive Analyse (Tabelle 10) liefert eine mittlere Vokalisationslänge aller Komfortlaute der gesamten Probanden-Kohorte von 816 ms ( $\pm 743$  ms).

In 50 % der hier analysierten Fälle liegt die Vokalisationslänge der Komfortlaute zwischen 300 ms und 1083 ms.



Tabelle 10 Deskriptive Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute (N = 3740)

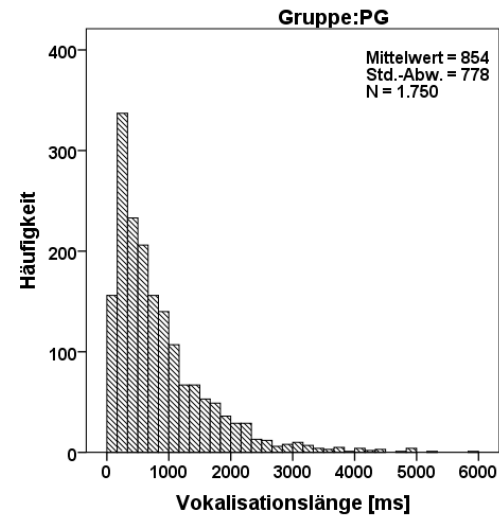
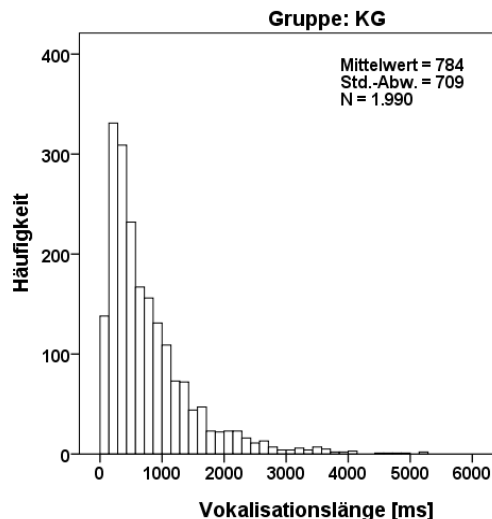
	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>gesamte Gruppe</b>	3740	816	743	590	26	5884	300	1083

Erklärung: N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung;  
Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

### 3.1.2 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe

Nachdem im vorherigen Kapitel die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen aller Komfortlaute (N = 3740) analysiert worden sind, werden hier die gruppenspezifischen (Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe) Analyseergebnisse dargestellt.

Die gruppenspezifischen Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen der Komfortlaute sind in den beiden folgenden Histogrammen dargestellt (Abbildung 10: Kontrollgruppe; Abbildung 11: Plagiozephalusgruppe).



**Abbildung 10** Histogramm der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe (KG)

**Abbildung 11** Histogramm der Vokalisationslängen aller Komfortlaute der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe (PG)

Die Variationsbreite der Vokalisationslängen der Komfortlaute ( $N = 1990$ ) liegt in der Kontrollgruppe zwischen 26 ms und 5273 ms, in der Plagiozephalusgruppe ( $N = 1750$ ) zwischen 30 ms und 5884 ms (Messgenauigkeit:  $\pm 5$  ms). Der Modalwert der Verteilung beträgt 285 ms (PG: 195 ms). In der Kontrollgruppe sind nur wenige Komfortlaute ( $N = 88$ ) mit einer Vokalisationslänge größer als 2300 ms vertreten (PG:  $N = 91$ ).

Mit Hilfe der deskriptiven Analyse wird in der Kontrollgruppe eine mittlere Vokalisationslänge der Komfortlaute von 784 ms ( $\pm 709$  ms) errechnet, in der Plagiozephalusgruppe liegt diese bei 854 ms ( $\pm 778$  ms).

Während in der Kontrollgruppe 50 % der Vokalisationslängen aller Komfortlaute Werte zwischen 300 ms und 1046 ms annehmen, liegen 50 % aller Werte der Plagiozephalusgruppe zwischen 300 ms und 1140 ms (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 11 Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute in Millisekunden [ms]**

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	1990	784	709	560	26	5273	300	1046
<b>PG</b>	1750	854	778	615	30	5884	300	1140

**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

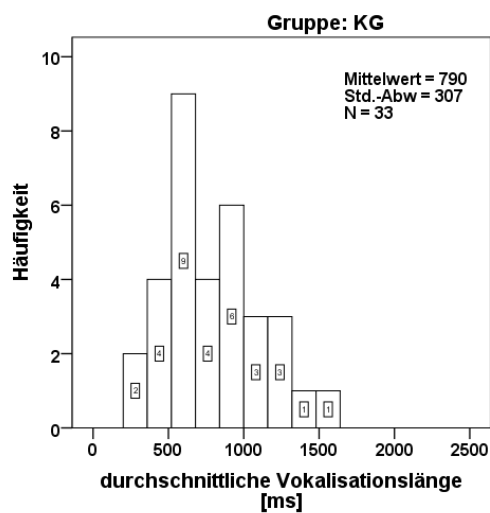
Mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests kann gezeigt werden, dass die Verteilung der Vokalisationslängen weder in der Kontrollgruppe noch in der Plagiozephalusgruppe hinreichend normalverteilt ist ( $p < 0,001$ ). In Abbildung 10 (Kontrollgruppe) und Abbildung 11 (Plagiozephalusgruppe) wird dies durch die rechtsschiefe Verteilung der Werte deutlich.

Auch durch eine gruppenspezifische logarithmische Transformation der Werte kann keine hinreichende Normalverteilung erreicht werden (Shapiro-Wilk-Test:  $p < 0,001$ ).

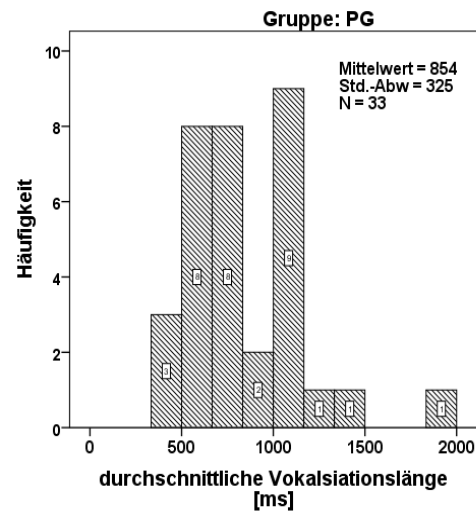
### **3.1.3 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen aller Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe**

Nachdem die durchschnittliche Vokalisationslänge jedes Säuglings errechnet worden ist, kann ein möglicherweise bestehender Gruppenunterschied zwischen beiden Gruppen, basierend auf den „kindbasierten Durchschnittswerten“, untersucht werden.

Die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen sind in Abbildung 12 (Kontrollgruppe) und in Abbildung 13 (Plagiozephalusgruppe) aufgezeigt.



**Abbildung 12** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge aller Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 13** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge aller Komfortlaute der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe (PG)

Wie mit Hilfe der deskriptiven Analyse (Tabelle 12) gezeigt werden kann, liegt die interindividuelle Variationsbreite der durchschnittlichen Vokalisationslängen der Komfortlaute in der Kontrollgruppe zwischen 212 ms und 1499 ms und zwischen 363 ms und 1964 ms in der Plagiozephalusgruppe. Der Modalwert der Verteilung liegt in der Kontrollgruppe bei 212 ms (PG: 363 ms).

Nur jeweils zwei Säuglinge sowohl der Kontroll- als auch der Plagiozephalusgruppe erzeugen Komfortlaute mit einer durchschnittlichen Vokalisationslänge von > 1300 ms.

Für die Kontrollgruppe wird eine durchschnittliche mittlere Vokalisationslänge der Komfortlaute von 790 ms ( $\pm$  307 ms) errechnet. In der Plagiozephalusgruppe liegt diese bei 854 ms ( $\pm$  325 ms). 50 % der Säuglinge der Kontrollgruppe weisen eine durchschnittliche Vokalisationslänge ihrer Komfortlaute zwischen 573 ms und 1001 ms auf. 50 % der Säuglinge der Plagiozephalusgruppe haben durchschnittliche Vokalisationslängen zwischen 583 ms und 1095 ms (siehe Tabelle 12).

**Tabelle 12** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der Komfortlaute der Säuglinge der Kontrollgruppe und der Plagiozephalusgruppe

	N	MW [ms]	SW [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	33	790	307	710	212	1499	573	1001
<b>PG</b>	33	854	325	788	363	1964	583	1095

Erklärung: **KG** = Kontrollgruppe; **PG** = Plagiozephalusgruppe; **N** = Anzahl der Probanden; **NW** = Mittelwert; **SD** = Standardabweichung; **Med** = Median; **Min** = Minimum; **Max** = Maximum

Der Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk zeigt, dass die Werte der Kontrollgruppe mit  $p = 0,6$  hinreichend normalverteilt sind. Für die Werte der Plagiozephalusgruppe liegt keine Normalverteilung vor ( $p = 0,009$ ). Auch durch eine Transformation der Werte kann keine hinreichende Normalverteilung erzielt werden. Eine Testung auf Gruppenunterschiede mittels Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass der Unterschied der durchschnittlichen Vokalisationslängen statistisch nicht signifikant ist ( $p = 0,52$ ).

### 3.1.4 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der einzelnen Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“

Wie in Kapitel 2.3 begründet und erläutert, wird zusätzlich eine Analyse basierend auf einer anderen Gruppenbildung durchgeführt. Dafür ist die ursprüngliche Gruppenzugehörigkeit zur Kontrollgruppe oder Plagiozephalusgruppe nicht relevant, allein der „Moss-Index“ bestimmt die Zuordnung der Säuglinge in folgende drei Gruppen:

Beträgt der „Moss-Index“  $\leq 0,3$  cm, liegt eine symmetrische Kopfform vor (Gruppe 1), ein „Moss-Index“  $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm wird als moderater Plagiozephalus interpretiert (Gruppe 2), ein schwerer Plagiozephalus liegt bei einem „Moss-Index“ von  $> 1,2$  cm vor (Gruppe 3).

Die durchschnittlichen Vokalisationslängen der Komfortlaute der drei nach dem „Moss-Index“ gebildeten Gruppen sind bezüglich der Verteilungseigenschaften im Boxplot-Diagramm (Abbildung 14) dargestellt. Die deskriptive Analyse wird in Tabelle 13 dargestellt.

Der Variationsbereich der durchschnittlichen Dauer der Komfortlaute liegt in Gruppe 1 zwischen 212 ms und 1346 ms (Messgenauigkeit:  $\pm 5$  ms). In Gruppe 2 liegt er zwischen 348 ms und 1499 ms und in Gruppe 3 zwischen 454 ms und 1964 ms.

Mittels des Shapiro-Wilk-Tests kann zum Zeitpunkt T1 eine hinreichende Normalverteilung in allen drei Gruppen nur mittels logarithmischer Transformation der Werte erzielt werden (Gruppe 1:  $p = 0,185$ ; Gruppe 2:  $p = 0,326$ ; Gruppe 3:  $p = 0,614$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse, die für die Testung auf Gruppenunterschiede herangezogen wird, zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den durch „Moss-Index“ gebildeten Gruppen ( $p = 0,83$ ).

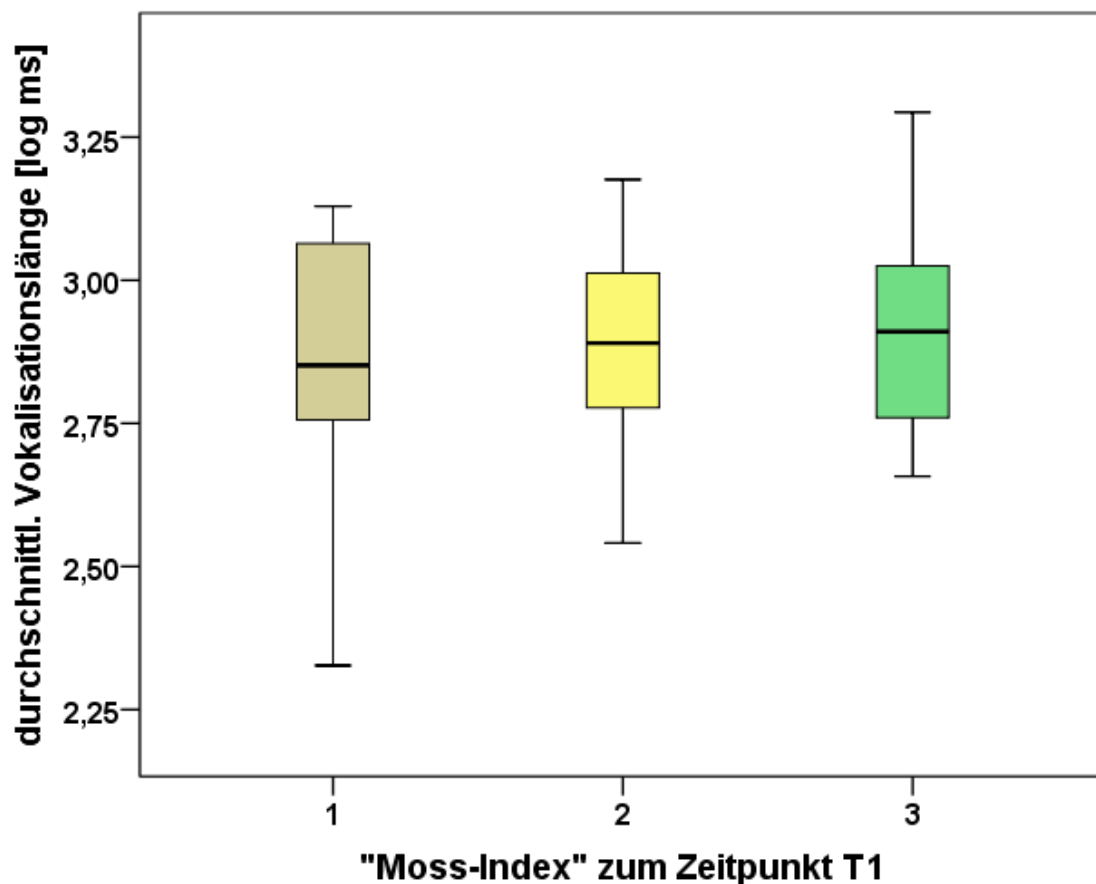


Abbildung 14 Boxplot: Darstellung der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Die Verteilung der Gruppe 1 zeigt einen Modalwert von 212 ms (Gruppe 2: 348 ms; Gruppe 3: 454 ms).

Eine durchschnittliche Vokalisationslänge von über 1300 ms wird in Gruppe 1 bei zwei Säuglingen und in Gruppe 2 sowie Gruppe 3 bei jeweils einem Säugling beobachtet.

Die deskriptive Analyse (Tabelle 13) zeigt eine durchschnittliche mittlere Vokalisationslänge in Gruppe 1 von 809 ms ( $\pm$  337 ms), Gruppe 2: 814 ms ( $\pm$  268 ms), Gruppe 3: 876 ms ( $\pm$  438 ms). Damit zeigt Gruppe 3 den höchsten Wert und eine ca. 8 % längere durchschnittliche Dauer der Einzelvokalisationen im Vergleich zu Gruppe 1 und eine um 7,6 % längere im Vergleich zur Gruppe 2.

Bei 50 % der Säuglinge der Gruppe 1 liegt die durchschnittliche Vokalisationslänge ihrer Komfortlaute zwischen 533 ms und 1177 ms (Gruppe 2: 593–1042 ms; Gruppe 3: 560–1066 ms). Die Mittel- und Medianwerte steigen von Gruppe 1 zu Gruppe 3 an.

**Tabelle 13** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung nach dem „Moss-Index“

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>Gruppe 1</b>	21	809	337	710	212	1346	533	1177
<b>Gruppe 2</b>	35	814	268	776	348	1499	587	1055
<b>Gruppe 3</b>	10	876	438	813	454	1964	560	1066

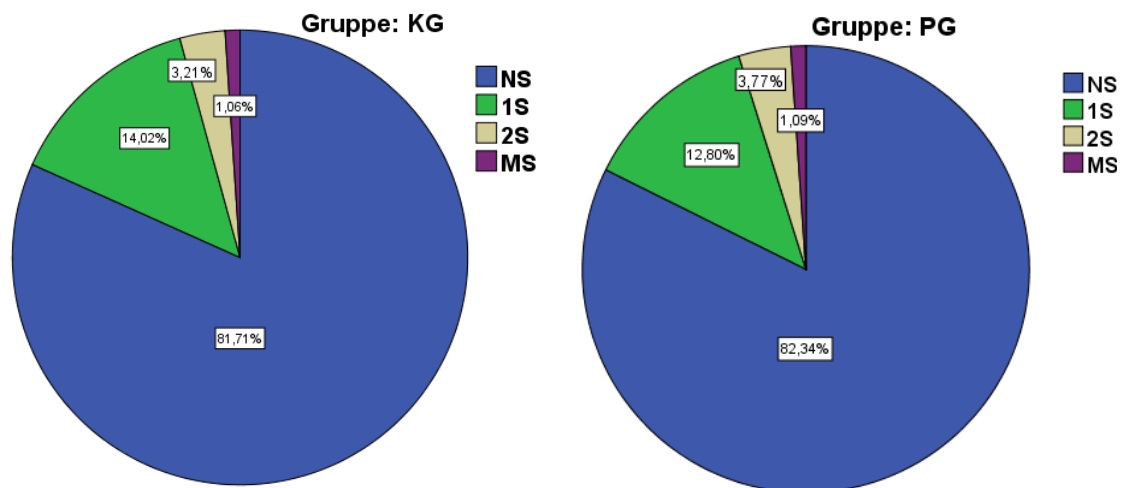
Erklärung: N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

### 3.2 Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute

Im vorliegenden Kapitel werden die Ergebnisse der Analysen der Vokalisationslängen bezüglich der nicht segmentierten Komfortlaute (N = 3067) dargestellt. Da sich die Unterschiede zwischen den Komfortlauten möglicherweise nur auf bestimmte Rhythmustypen beschränken könnten, werden weitere Analysen in den Subtypen „nicht segmentierte Komfortlaute“ und „segmentierte Komfortlaute“

(siehe Kapitel 2.6) durchgeführt. Diese Analysen werden in gleicher Weise wiederum auf lautbasierter Ebene und im Anschluss auf kindbasierter Ebene durchgeführt.

Abbildung 15 zeigt die Häufigkeitsverteilung der vier Kategorien (siehe Kapitel 2.6) der Kontrollgruppe. Die Häufigkeitsverteilung in der Plagiozephalusgruppe ist in Abbildung 16 dargestellt.



**Abbildung 15** Kreisdiagramm über die Häufigkeiten der vier Kategorien aller Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)

**Abbildung 16** Kreisdiagramm über die Häufigkeiten der vier Kategorien aller Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

Erklärung: NS = nicht segmentiert; S = segmentiert; MS = mehrfach segmentiert

Tabelle 14 zeigt die absoluten Häufigkeiten der vier Kategorien.



Tabelle 14 Häufigkeitstabelle über die beobachteten Kategorien

	NS	1S	2S	MS	Gesamt- summe
KG	1626	279	64	21	1990
PG	1441	224	66	19	1750

Erklärung: NS = nicht segmentiert; S = segmentiert; MS = mehrfach segmentiert

### 3.2.1 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute der gesamten Probandengruppe

Die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen bezüglich nicht segmentierter Komfortlaute (N = 3067) sind im Histogramm (Abbildung 17) dargestellt. Die Variationsbreite dieser Vokalisationslängen liegt zwischen 26 ms und 5250 ms. Der Modalwert der Verteilung beträgt 258 ms. Nur wenige nicht segmentierte Komfortlaute kommen in der Analyse vor, die länger als 2000 ms sind (N = 58).

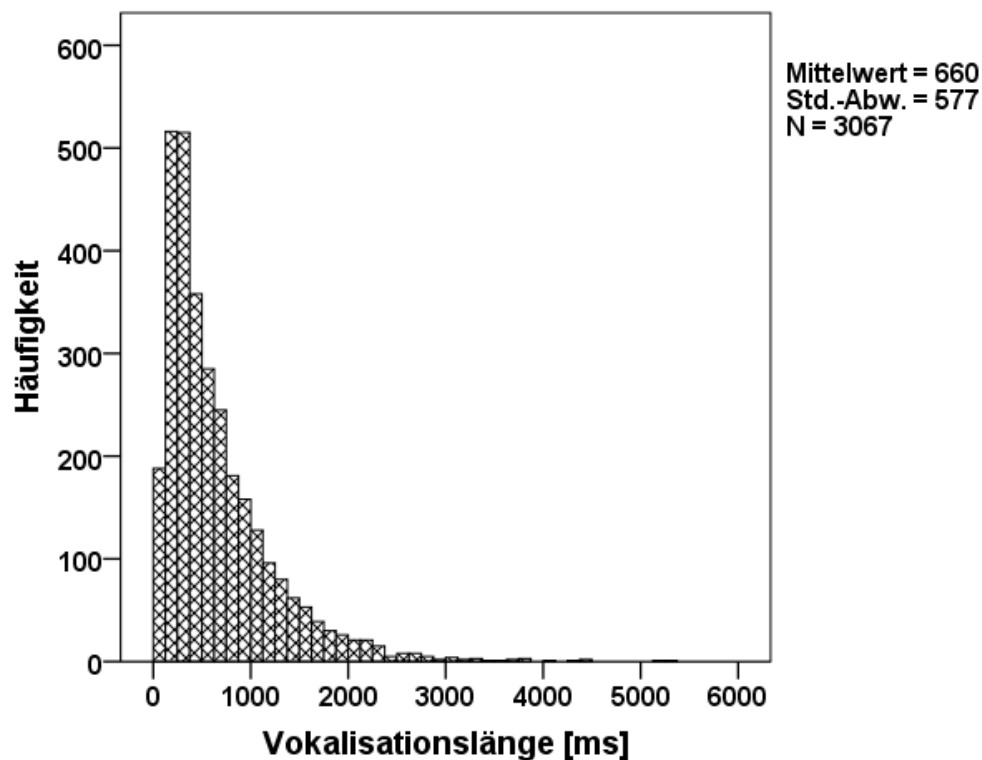


Abbildung 17 Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)

Die deskriptive Analyse (Tabelle 15) liefert eine mittlere Vokalisationslänge der nicht segmentierten Komfortlaute von 660 ms ( $\pm$  577 ms).

50 % der Vokalisationslängen befinden sich zwischen 264 ms und 885 ms.

**Tabelle 15** Deskriptive Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute (NS)

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>NS</b>	3067	660	577	480	26	5250	264	885

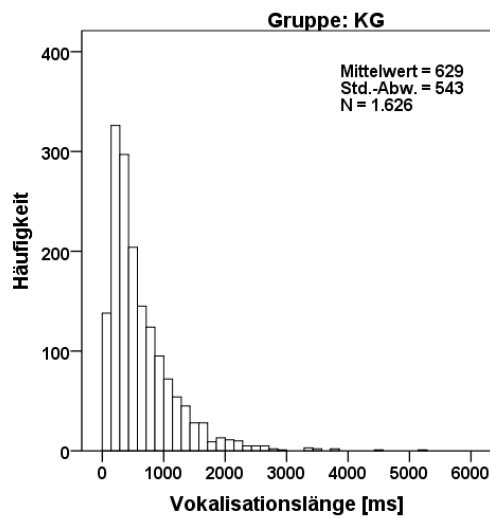
Erklärung: N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt keine hinreichende Normalverteilung ( $p < 0,001$ ). Auch durch die logarithmische Transformation der Werte kann keine hinreichende Normalverteilung erzielt werden ( $p < 0,001$ ).

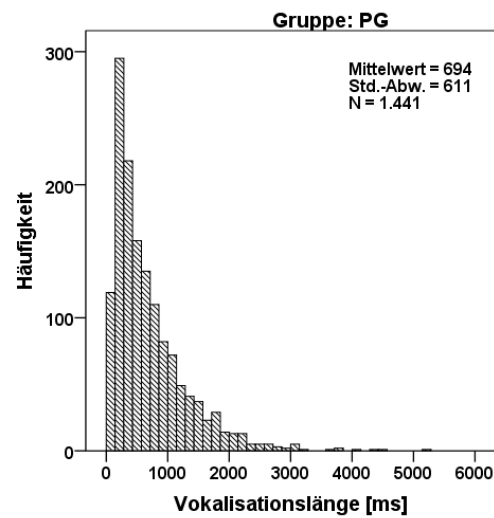
### **3.2.2 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe**

Nachdem die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen aller nicht segmentierten Komfortlaute der gesamten Probandengruppe (N = 3067) analysiert worden sind, werden hier die Analyseergebnisse gruppenspezifisch (Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe) dargestellt.

Die beiden folgenden Histogramme (Abbildung 18: Kontrollgruppe; Abbildung 19: Plagiozephalusgruppe) stellen die gruppenspezifischen Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute dar.



**Abbildung 18** Histogramm der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 19** Histogramm der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

Die gemessene Variationsbreite der Vokalisationslängen liegt in der Kontrollgruppe zwischen 26 ms und 5250 ms und zwischen 30 ms und 5193 ms in der Plagiozephalusgruppe.

Der Modalwert dieser Verteilung beträgt in der Kontrollgruppe 258 ms und in der Plagiozephalusgruppe 195 ms. Nur 48 der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe zeigen eine längere Vokalisationsdauer als 2000 ms (PG: N = 59).

**Tabelle 16** Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	1626	629	543	456	26	5250	266	840
<b>PG</b>	1441	694	611	510	30	5193	261	940

**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

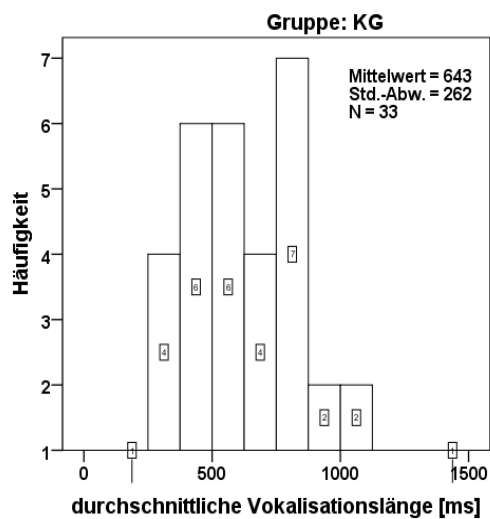
Mit Hilfe der deskriptiven Analyse (Tabelle 16) wird eine mittlere Vokalisationslänge der Komfortlaute für die Kontrollgruppe von 629 ms ( $\pm$  543 ms) errechnet (PG: 694 ms  $\pm$  611 ms). 50 % der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute der Kontrollgruppe liegen zwischen 266 ms und 840 ms (PG: 261–940 ms).

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt mit  $p > 0,001$  keine hinreichende Normalverteilung in der Kontrollgruppe. Auch nach logarithmischer Transformation der Werte ist keine hinreichende Normalverteilung zu erzielen ( $p < 0,001$  in Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe).

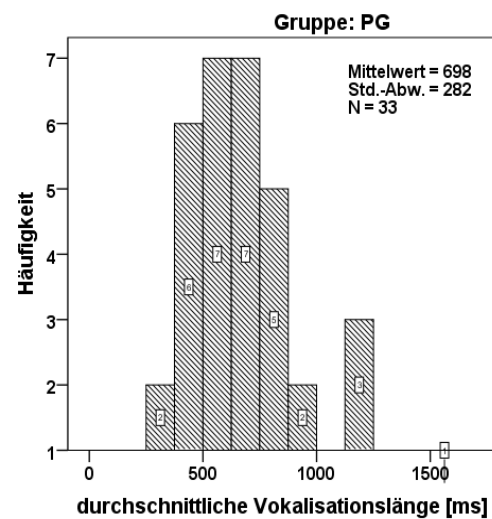
### **3.2.3 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe**

Anhand der berechneten durchschnittlichen Vokalisationslängen jedes Säuglings konnte auf einen möglichen Gruppenunterschied zwischen beiden Gruppen statistisch getestet werden.

Die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen sind für die Kontrollgruppe in Abbildung 20 und für die Plagiozephalusgruppe in Abbildung 21 aufgezeigt.



**Abbildung 20** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 21** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

Die Variationsbreite der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute liegt in der Kontrollgruppe zwischen 178 ms und 1377 ms und in der Plagiozephalusgruppe zwischen 273 ms und 1611 ms. Der Modalwert der Verteilung beträgt in der Kontrollgruppe 178 ms (PG: 273 ms).

Drei (KG) bzw. vier (PG) Säuglinge erzeugen nicht segmentierte Komfortlaute mit längeren durchschnittlichen Vokalisationslängen als 1000 ms.

Die mittleren Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute, die mit Hilfe der deskriptiven Analyse (Tabelle 17) anhand der durchschnittlichen Vokalisationslängen der einzelnen Säuglinge errechnet werden können, betragen 643 ms ( $\pm 262$  ms) in der Kontroll- und 698 ms ( $\pm 282$  ms) in der Plagiozephalusgruppe.

50 % der durchschnittlichen Vokalisationslängen unter den nicht segmentierten Komfortlauten liegen zwischen 427 ms und 856 ms in der Kontrollgruppe und zwischen 490 ms und 809 ms in der Plagiozephalusgruppe.

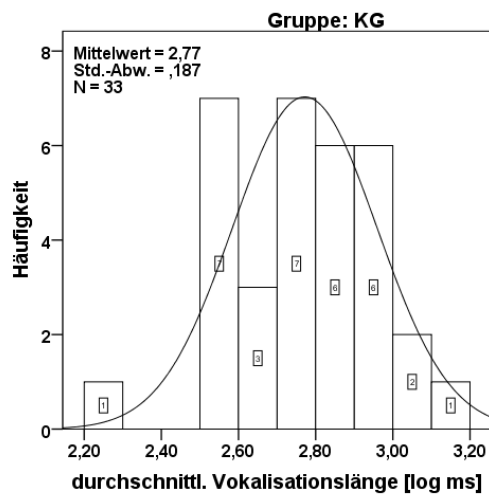
**Tabelle 17 Gruppenspezifische deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute**

	N	MW [ms]	SW [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	33	643	262	583	178	1377	427	856
<b>PG</b>	33	698	282	648	273	1611	490	809

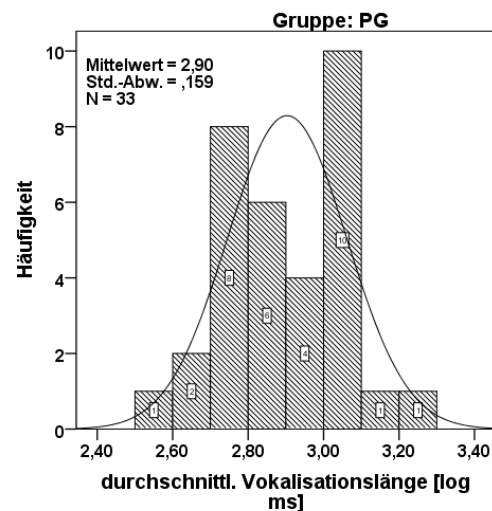
**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden;  
 MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum;  
 Max = Maximum

Der Shapiro-Wilk-Test liefert eine hinreichende Normalverteilung der Werte der Kontrollgruppe ( $p = 0,264$ ), in der Plagiozephalusgruppe kann keine Normalverteilung ( $p = 0,015$ ) erzielt werden. Beide Verteilungen (Abbildung 20: Kontrollgruppe; Abbildung 21: Plagiozephalusgruppe) lassen auf eine log-normale Verteilung schließen. Dies kann in einer nachfolgenden Untersuchung mit dem Shapiro-Wilk-Test bestätigt werden (KG:  $p = 0,607$ ; PG:  $p = 0,96$ ) und ist in Abbildung 22 bzw. Abbildung 23 für die Kontroll- und die Plagiozephalusgruppe mit aufgezeigt.

Der t-Test, der die Mittelwertgleichheit überprüft, zeigt keinen signifikanten Gruppenunterschied ( $p = 0,47$ ).



**Abbildung 22** Histogramm der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG). Normalverteilungskurve eingezeichnet.



**Abbildung 23** Histogramm der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG). Normalverteilungskurve eingezeichnet.

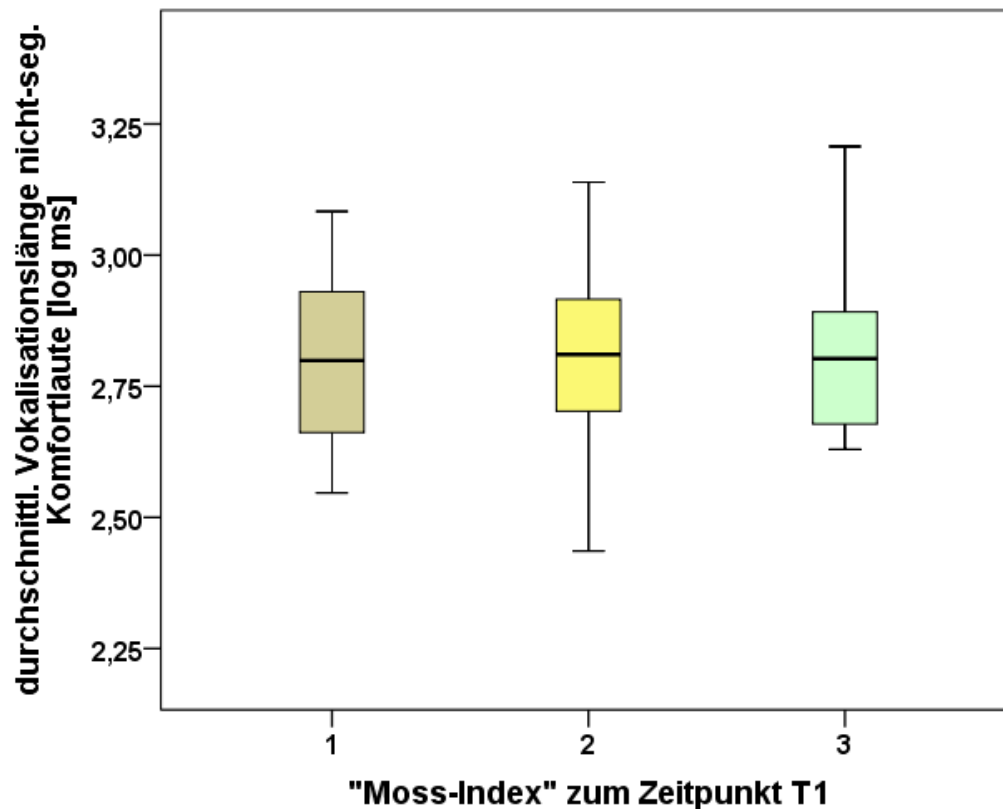
### 3.2.4 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“

Zusätzlich wird eine neue Gruppenbildung basierend auf dem „Moss-Index“ vorgenommen. Das nähere Vorgehen ist in Kapitel 2.3 begründet und erläutert.

Abbildung 24 zeigt die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute der mittels des „Moss-Index“ eingeteilten Gruppen im Boxplot.

Aus der deskriptiven Analyse (Tabelle 18) geht eine vergleichbare Variationsbreite der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute in den Gruppen 1 und 2 hervor. Gruppe 3 zeigt einen höheren Mittelwert. Die Medianwerte der drei Gruppen sind vergleichbar.

Der Modalwert in Gruppe 1 liegt bei 178 ms, in Gruppe 2 bei 273 ms und in Gruppe 3 bei 426 ms.



**Abbildung 24** Boxplot: Darstellung der transformierten durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Eine durchschnittliche Länge nicht segmentierter Komfortlaute von über 1000 ms konnte in Gruppe 1 sowie in Gruppe 2 nur bei drei Säuglingen beobachtet werden. In Gruppe 3 zeigt nur ein Säugling derart lange Komfortlaute.

Die mittlere Vokalisationslänge der Komfortlaute unterscheidet sich auch bei der Gruppeneinteilung mittels des „Moss-Index“ im Prinzip nur leicht (siehe Tabelle 18). Interessanterweise ergibt sich auch hier eine um ca. 8 % längere durchschnittliche Vokalisationslänge der nicht segmentierten Komfortlaute in Gruppe 3 im Vergleich zu den Gruppen 1 und 2.

50 % der Werte in Gruppe 1 liegen zwischen 425 ms und 892 ms. In Gruppe 2 zeigt sich in der deskriptiven Analyse (Tabelle 18) eine nur geringe Variation dieses Bereiches. In Gruppe 3 liegen 50 % der Werte zwischen 470 ms und 798 ms.



**Tabelle 18** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung nach „Moss-Index“

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>Gruppe 1</b>	21	659	275	629	178	1212	425	892
<b>Gruppe 2</b>	35	663	252	646	273	1377	484	823
<b>Gruppe 3</b>	10	718	347	636	426	1611	470	798

Erklärung: N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Da sich nur in den Gruppen 1 und 2 eine hinreichende Normalverteilung der durchschnittlichen Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute der Säuglinge zeigt (Gruppe 1:  $p = 0,752$ ; Gruppe 2:  $p = 0,191$ ), in Gruppe 3 hingegen keine hinreichende Normalverteilung vorliegt (Gruppe 3:  $p = 0,005$ ), werden diese Werte logarithmisch transformiert.

Hiernach liegt eine hinreichende logarithmische Normalverteilung in allen drei basierend auf dem „Moss-Index“ gebildeten Gruppen vor (Shapiro-Wilk-Test: Gruppe 1:  $p = 0,418$ ; Gruppe 2:  $p = 0,949$ ; Gruppe 3:  $p = 0,227$ ).

Die Testung auf Gruppenunterschiede mit der einfaktoriellen Varianzanalyse liefert keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen ( $p = 0,820$ ).

### **3.3 Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute**

Im Folgenden wird die Analyse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute (N = 673) dargestellt. Für diese Analyse werden alle Komfortlaute herangezogen, bei denen eine oder mehrere Segmentierungen vorliegen. Diese Kategorisierung ist in Kapitel 2.6 näher erläutert und begründet.

#### **3.3.1 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute der gesamten Probandengruppe**

Die Verteilungseigenschaften aller segmentierten Komfortlaute (N = 673) sind in Abbildung 25 dargestellt.

Die Variationsbreite der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute liegt zwischen 154 ms und 5884 ms. Der Modalwert der Verteilung liegt bei 514 ms. Nur 63 segmentierte Komfortlaute liegen über einer Vokalisationslänge von 3000 ms.

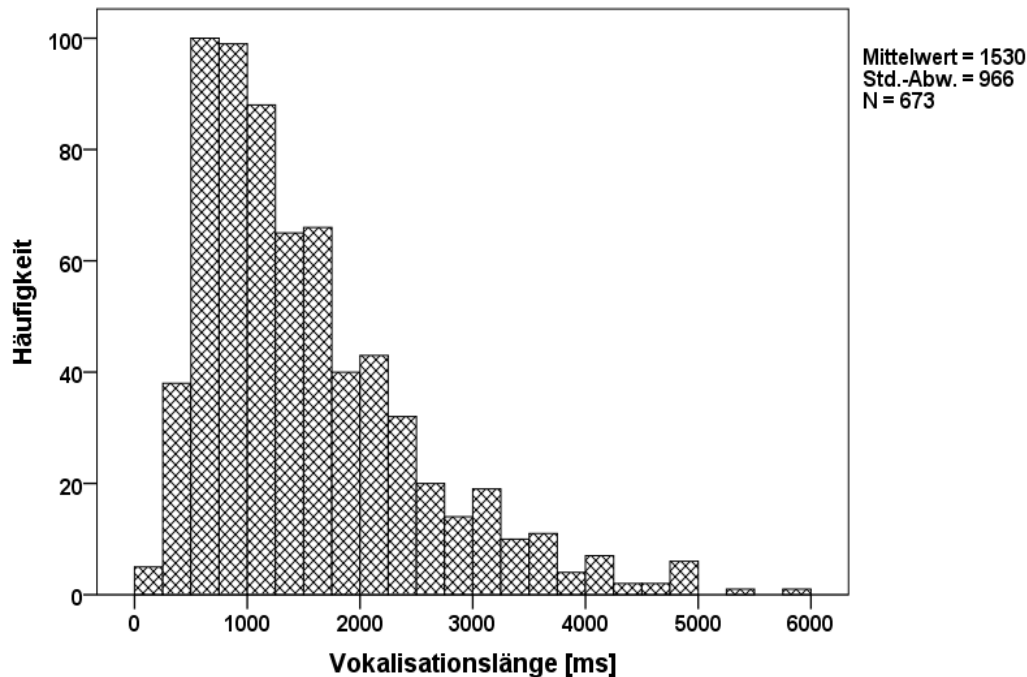


Abbildung 25 Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)

Die deskriptive Analyse (Tabelle 19) zeigt, dass die mittlere Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute 1530 ms beträgt. 50 % der Werte befinden sich zwischen 836 ms und 2009 ms.

Tabelle 19 Deskriptive Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>gesamte Gruppe</b>	673	1530	966	1289	154	5884	836	2009

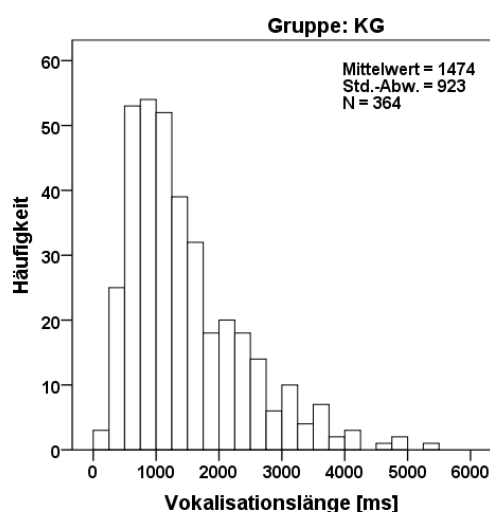
Erklärung: N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung;  
Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Bei der Testung auf Normalverteilung mittels des Shapiro-Wilk-Tests weisen weder die Originalwerte aller segmentierten Komfortlaute ( $p < 0,001$ ) noch die transformierten Werte ( $p = 0,047$ ) eine hinreichende Normalverteilung auf.

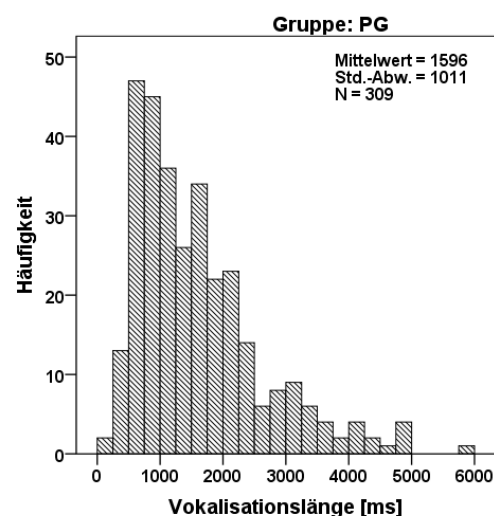
### 3.3.2 Lautbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe

Nachdem im vorausgegangenen Kapitel die Verteilungseigenschaften der Vokalisationslängen aller segmentierten Komfortlaute analysiert worden sind, werden hier die gruppenspezifischen Analyseergebnisse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute dargestellt (aufgeteilt nach Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe).

In Abbildung 26 sind die Verteilungseigenschaften der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe, in Abbildung 27 die der Plagiozephalusgruppe dargestellt.



**Abbildung 26** Histogramm der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 27** Histogramm der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

Tabelle 20 zeigt die zugehörige deskriptive Statistik. Die Variationsbreite der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute liegt zwischen 154 ms und

5273 ms in der Kontrollgruppe. Diese Werte stellen eine mit der Plagiozephalusgruppe vergleichbar große Variationsbreite dar.

Der Modalwert liegt in der Kontrollgruppe bei 390 ms, in der Plagiozephalusgruppe bei 885 ms.

Nur 30 segmentierte Komfortlaute der Kontrollgruppe sind länger als 3000 ms. Eine vergleichbare Anzahl (N = 33) trat in der Plagiozephalusgruppe auf.

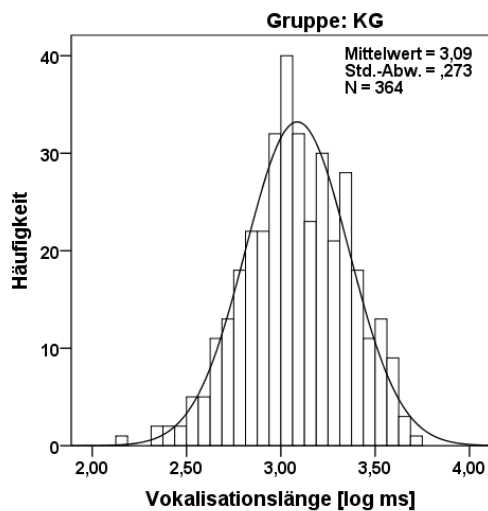
**Tabelle 20** Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	364	1474	923	1220	154	5273	812	1933
<b>PG</b>	309	1596	1011	1388	206	5884	850	2045

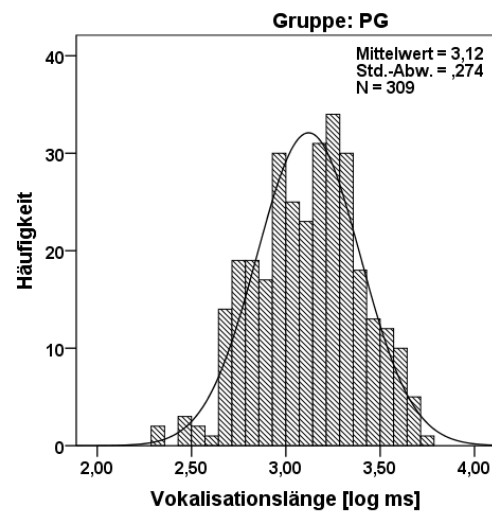
**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Die mittlere Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe liegt bei 1474 ms und somit 123 ms unter dem Wert der Plagiozephalusgruppe (siehe Tabelle 20).

Nach logarithmischer Transformation der Werte (Abbildung 28: Kontrollgruppe; Abbildung 29: Plagiozephalusgruppe) wird für beide Gruppen eine hinreichende Normalverteilung erlangt (Shapiro-Wilk-Test: KG:  $p = 0,254$ ; PG:  $p = 0,178$ ).



**Abbildung 28** Histogramm der transformierten Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG). Normalverteilungskurve eingezeichnet.



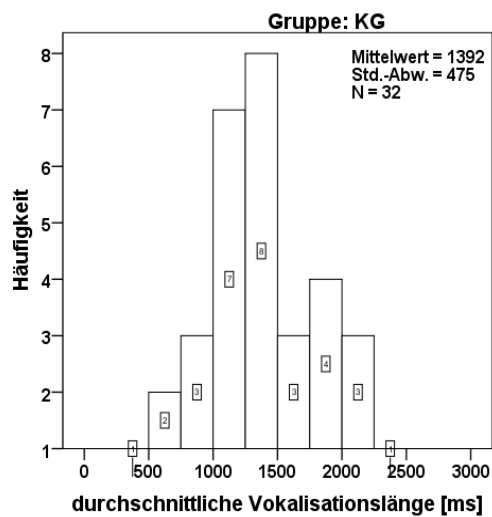
**Abbildung 29** Histogramm der transformierten Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG). Normalverteilungskurve eingezeichnet.

### 3.3.3 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe

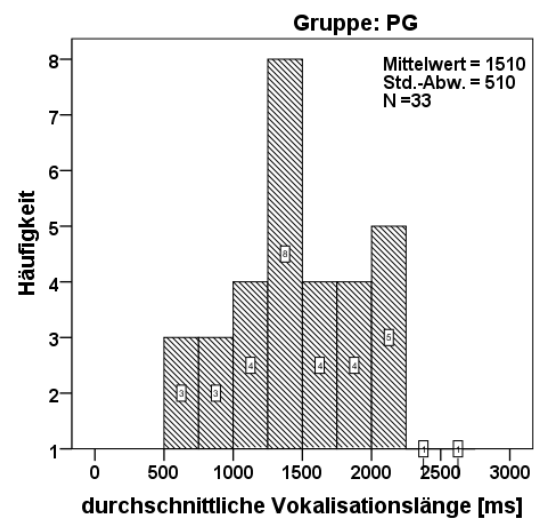
Nach dem Berechnen der durchschnittlichen Vokalisationslänge jedes Säuglings kann basierend auf diesen Werten ein möglicher Gruppenunterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Plagiozephalusgruppe getestet werden.

Die Verteilungseigenschaften der Mittelwerte der Säuglinge der Kontrollgruppe sind in Abbildung 30, die der Plagiozephalusgruppe in Abbildung 31 dargestellt. Die Variationsbreite der Verteilung der Kontrollgruppe liegt zwischen 343 ms und 2454 ms. Der Modalwert der Kontrollgruppe beträgt 343 ms (PG: 654 ms).

Lediglich vier Säuglinge der Kontrollgruppe zeigen eine durchschnittliche Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute, die > 2000 ms andauert (PG: N = 7).



**Abbildung 30** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 31** Histogramm der durchschnittlichen Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

In der deskriptiven Analyse (Tabelle 21) wird eine mittlere Vokalisationslänge der Kontrollgruppe von 1393 ms errechnet, der Wert der Plagiozephalusgruppe hingegen ist um 127 ms länger.

Dieser Gruppenunterschied erweist sich als nicht signifikant (t-Test:  $p = 0,573$ ). Aufgrund der hinreichenden Normalverteilung der Originalwerte (Shapiro-Wilk-Test: KG:  $p = 0,922$ ; PG:  $p = 0,593$ ) wird keine logarithmische Transformation durchgeführt.

**Tabelle 21 Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der Säuglinge**

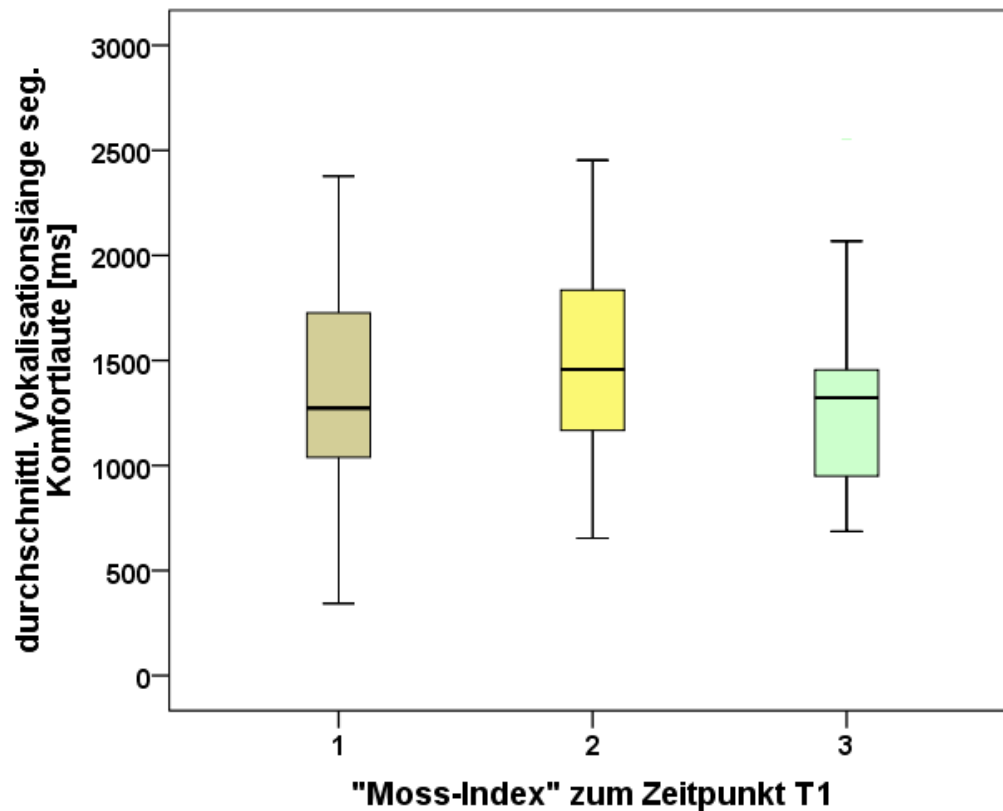
	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	32	1392	475	1298	343	2454	1084	1748
<b>PG</b>	33	1510	510	1455	654	2553	1188	1919

Erklärung: KG = Kontrollgruppe; (1 Wert fehlt in KG: Proband AV); PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

### 3.3.4 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“

In Kapitel 2.3 ist das nähere Vorgehen der neuen Gruppenbildung mittels „Moss-Index“ begründet und erläutert.

Abbildung 32 zeigt die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der segmentierten Komfortlaute der mittels „Moss-Index“ gebildeten Gruppen. Tabelle 22 zeigt die zugehörige deskriptive Statistik.



**Abbildung 32** Boxplot: Darstellung der durchschnittlichen Vokalisationslängen nicht segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Die Gruppen weisen vergleichbare maximale Vokalisationslängen auf. Der Medianwert zeigt sich in Gruppe 1 am geringsten, in Gruppe 2 am größten.

Der Modalwert der Gruppe 1 liegt bei 343 ms. In Gruppe 2 liegt mit 654 ms ein annähernd gleicher Modalwert vor wie in Gruppe 3 (686 ms).



**Tabelle 22** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung basierend auf dem „Moss-Index“

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>Gruppe 1</b>	20	1370	516	1273	343	2378	1018	1731
<b>Gruppe 2</b>	35	1518	465	1488	654	2454	1167	1873
<b>Gruppe 3</b>	10	1385	560	1323	686	2553	930	1608

Erklärung: 1 Wert fehlt in Gruppe 1 Proband AV der Kontrollgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Eine durchschnittliche Vokalisationslänge der segmentierten Komfortlaute über 2000 ms zeigt sich nur in N = 11 Fällen (Gruppe 1: N = 3; Gruppe 2: N = 6; Gruppe 3: N = 2).

Da die Werte aller drei Gruppen hinreichend normalverteilt sind (Shapiro-Wilk-Test: Gruppe 1:  $p = 0,931$ ; Gruppe 2:  $p = 0,743$ ; Gruppe 3:  $p = 0,266$ ), wird mit Hilfe des parametrischen Tests die Analyse vorgenommen. Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse zeigen sich keine signifikanten Gruppenunterschiede ( $p = 0,514$ ).

### 3.4 Analyse ausgewählter Rhythmuskategorien der Komfortlaute

Im folgenden Kapitel wird auf die Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der Kategorien 1S, 2S und MS eingegangen. Das Vorgehen der Kategorisierung ist in Kapitel 2.6 näher erklärt und begründet.

Bei den Analyseschritten werden im Gruppenvergleich (Kontrollgruppe vs. Plagiozephalusgruppe) die durchschnittlichen Vokalisationslängen der genannten Kategorien verglichen.

Zusätzlich werden, wie in Kapitel 2.3 begründet und beschrieben, die Säuglinge abhängig vom „Moss-Index“ in drei Gruppen eingeteilt. Auch in diesen drei Gruppen werden die durchschnittlichen Vokalisationslängen der beschriebenen Kategorien verglichen.

Eine Analyse der Vokalisationslängen, wie in den vorherigen Kapiteln durchgeführt, wird auch für die einzelnen Elemente und Pausen der jeweiligen Kategorien vorgenommen. Da durch die Analyse der Elemente und Pausen innerhalb der Kategorien kein statistisch signifikantes bzw. inhaltlich relevantes Ergebnis erzielt werden kann, wird im Weiteren darauf nicht eingegangen.

### 3.4.1 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von 1S-Komfortlauten

In Abbildung 33 sind die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 1S-Komfortlaute (N = 503) dargestellt.

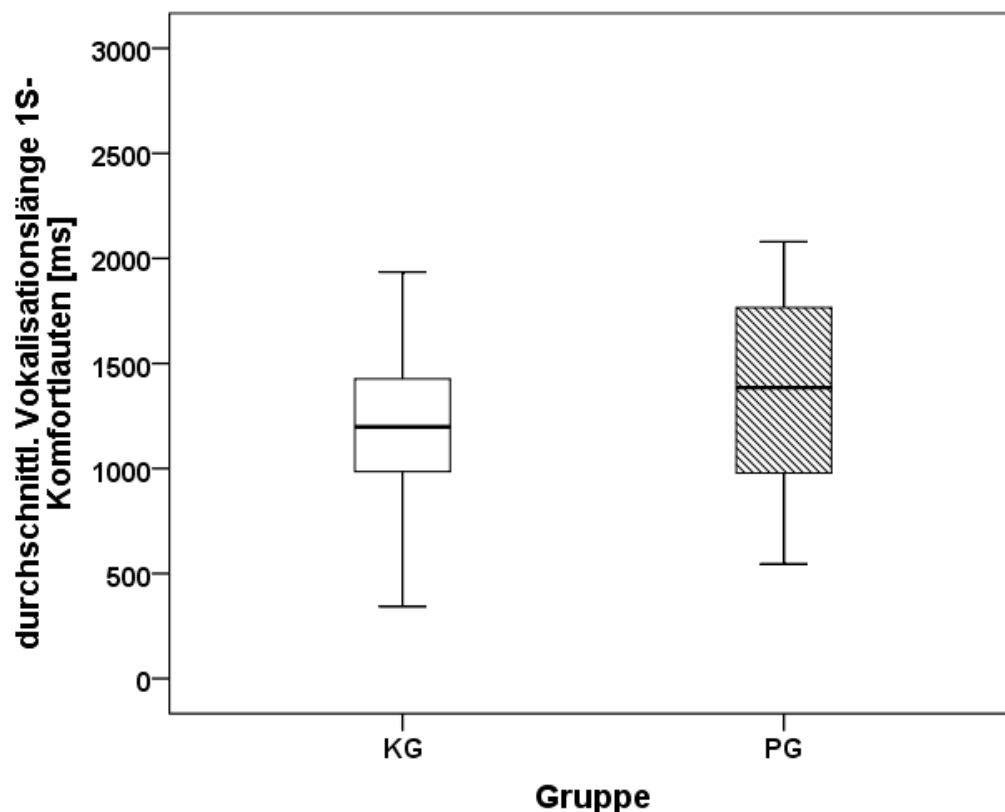


Abbildung 33 Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslänge von 1S-Komfortlauten, aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalus (PG)

Die deskriptive Analyse (siehe Tabelle 23) verdeutlicht, dass der Mittelwert der Kontrollgruppe bei 1339 ms liegt und damit um 10 ms kürzer ausfällt als der Vergleichswert der Plagiozephalusgruppe.

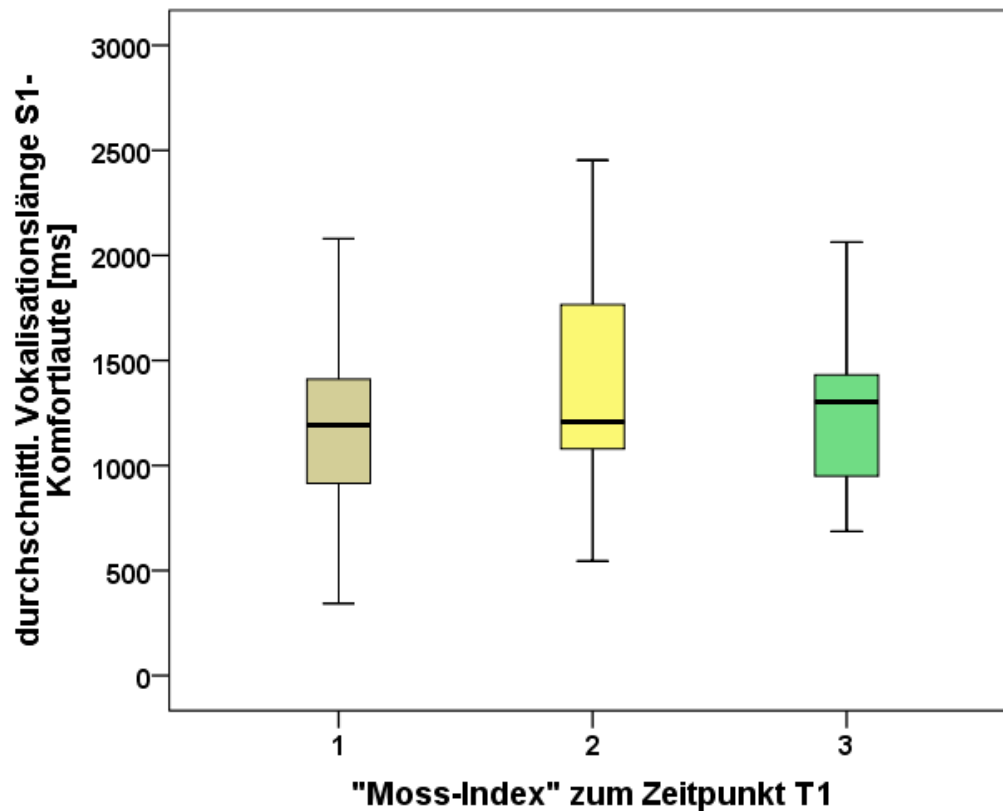
Dieser Unterschied erweist sich bei der Testung auf Gruppenunterschiede mit dem Mann-Whitney-Test mit  $p = 0,416$  als nicht signifikant (Shapiro-Wilk-Test:  $p < 0,001$  in Kontroll- bzw.  $p = 0,114$  in Plagiozephalusgruppe).

**Tabelle 23** Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 1S-Komfortlaute

	<b>N</b>	<b>MW [ms]</b>	<b>SD [ms]</b>	<b>Med [ms]</b>	<b>Min [ms]</b>	<b>Max [ms]</b>
<b>KG</b>	32	1339	809	1198	343	5154
<b>PG</b>	33	1349	458	1385	545	2079

**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe (1 Wert fehlt in KG: Proband AV); PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Für die Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“ ist die Verteilung der durchschnittlichen Vokalisationslängen in Abbildung 24 dargestellt.



**Abbildung 34** Boxplot der durchschnittlichen Vokalisationslänge der 1S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse sind in Tabelle 24 aufgeführt. Bei Testung auf Gruppenunterschiede mittels des nicht parametrischen Kruskal-Wallis-Tests kann mit  $p = 0,485$  kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen beschrieben werden (Shapiro-Wilk-Test: Gruppe 1:  $p = 0,504$ ; Gruppe 2:  $p < 0,001$ ; Gruppe 3:  $p = 0,686$ ).

**Tabelle 24** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“.

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]
<b>Gruppe 1</b>	20	1189	429	1192	343	2079
<b>Gruppe 2</b>	35	1455	789	1261	545	5154
<b>Gruppe 3</b>	10	1267	388	1303	686	2063

Erklärung: N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung;  
Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

### 3.4.2 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von 2S-Komfortlauten

In gleicher Weise wie für 1S-Komfortlaute werden hier im Weiteren die Ergebnisse der Analyse der 2S-Komfortlaute (N = 130) beschrieben.

Abbildung 35 zeigt die Variationsbreite der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute.

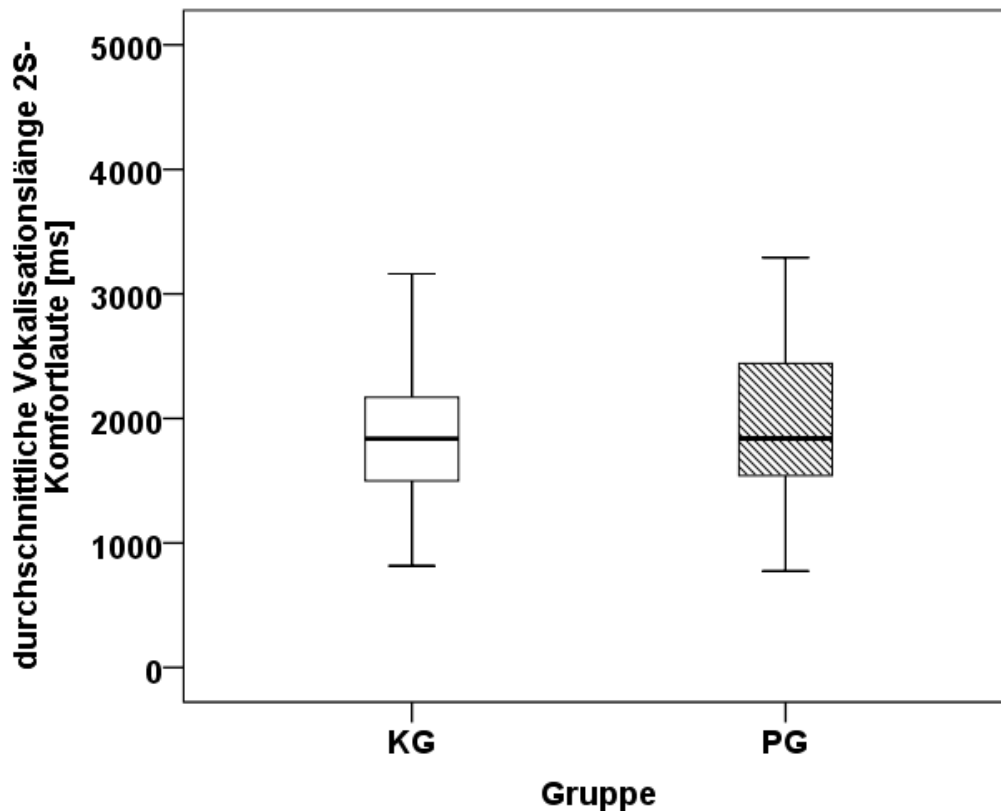


Abbildung 35 Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute, aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalusgruppe (PG)

Wie schon in Abbildung 35 ersichtlich, weist die deskriptive Analyse (Tabelle 25) eine hohe Ähnlichkeit der Gruppenwerte (KG/PG) auf.

Bei Testung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test zeigt sich lediglich die Plagiozephalusgruppe mit  $p = 0,004$  nicht normalverteilt (KG:  $p = 0,725$ ).

Der Mann-Whitney-U-Test liefert bei Testung auf Gruppenunterschiede keine Signifikanz ( $p = 0,942$ ).

Tabelle 25 Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute

	N	Fehl- werte	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]
KG	20	13	1952	552	1920	1100	3162
PG	23	10	2054	865	1840	775	4920

Erklärung: KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden;  
 NW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum;  
 Max = Maximum

Abbildung 36 zeigt die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute. Die Gruppen werden basierend auf der Einteilung nach dem „Moss-Index“ gebildet (siehe Kapitel 2.3).

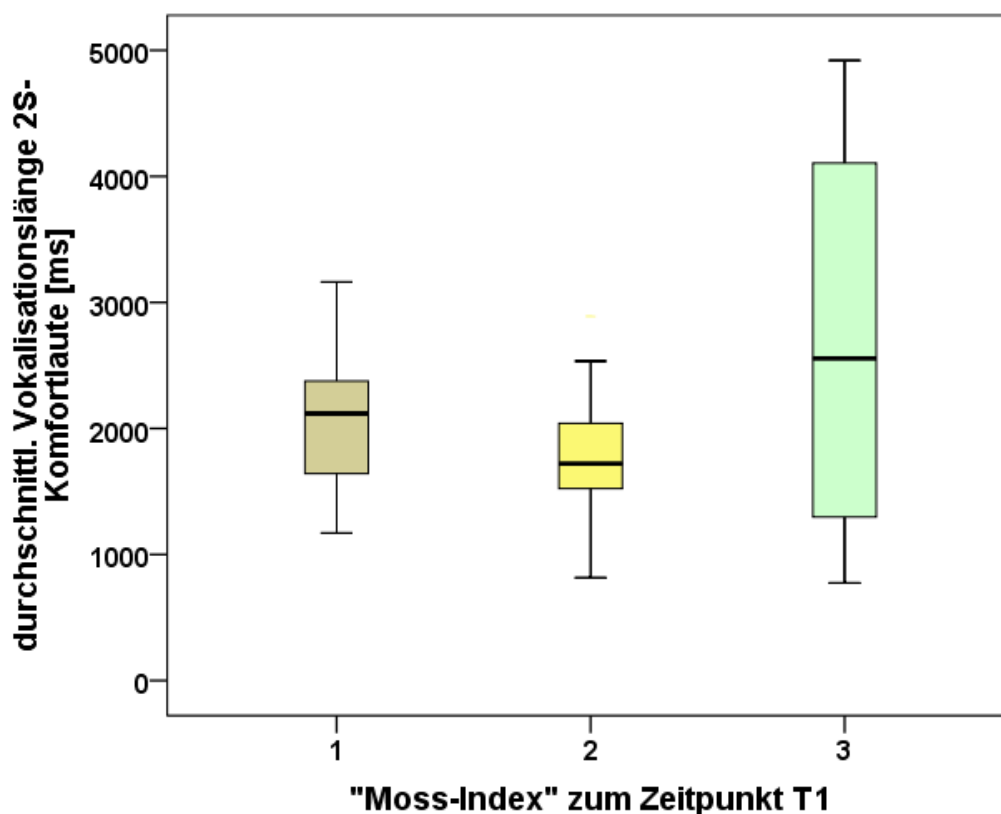


Abbildung 36 Boxplot der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Im Boxplot von Gruppe 3 erkennt man eine große interindividuelle Variationsbreite. Tabelle 26 informiert über die deskriptive Analyse.

**Tabelle 26** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“.

	N	Fehl- werte	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]
<b>Gruppe 1</b>	14	7	2086	589	2119	1170	3162
<b>Gruppe 2</b>	25	10	1850	477	1783	955	2891
<b>Gruppe 3</b>	4	6	2702	1803	2556	775	4920

Erklärung: N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests kann ermittelt werden, dass die Werte der drei nach dem „Moss-Index“ gebildeten Gruppen normalverteilt vorliegen (Shapiro-Wilk-Test: Gruppe 1:  $p = 0,909$ ; Gruppe 2:  $p = 0,349$ ; Gruppe 3:  $p = 0,906$ ). Daher kann bei Testung auf Gruppenunterschiede der ANOVA-Test herangezogen werden.

Dabei wird errechnet, dass sich die Gruppen mit  $p = 0,082$  nicht signifikant voneinander unterscheiden.

Abbildung 37 zeigt die durchschnittlichen Vokalisationslängen zweimal segmentierter Komfortlaute eines jeden Säuglings abhängig vom „Moss-Index“.



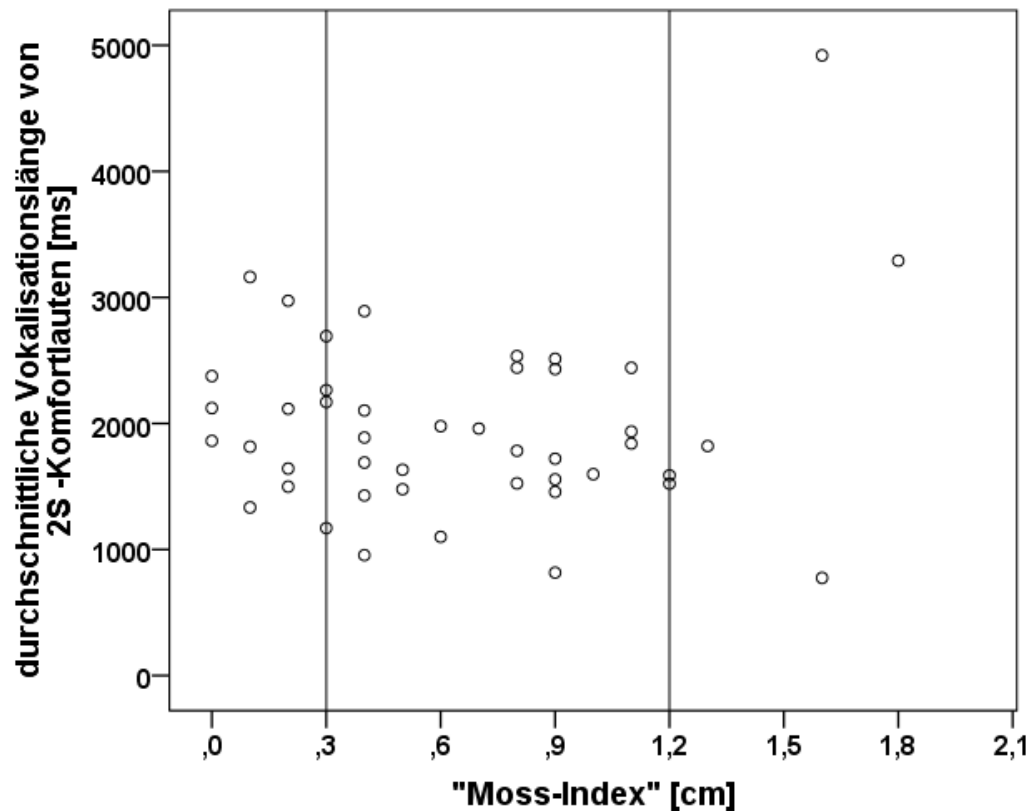


Abbildung 37 Streudiagramm der durchschnittlichen Vokalisationslängen der 2S-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“.  
Vertikalen Linie: Gruppeneinteilung [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

### 3.4.3 Kindbasierte Analyse der Vokalisationslängen von MS-Komfortlauten

Abbildung 38 zeigt die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute (N = 40). Aus der deskriptiven Analyse (Tabelle 27) geht hervor, dass der Median der Kontrollgruppe bei 3512 ms liegt und somit größer ist als der Median der Plagiozephalusgruppe (2608 ms).

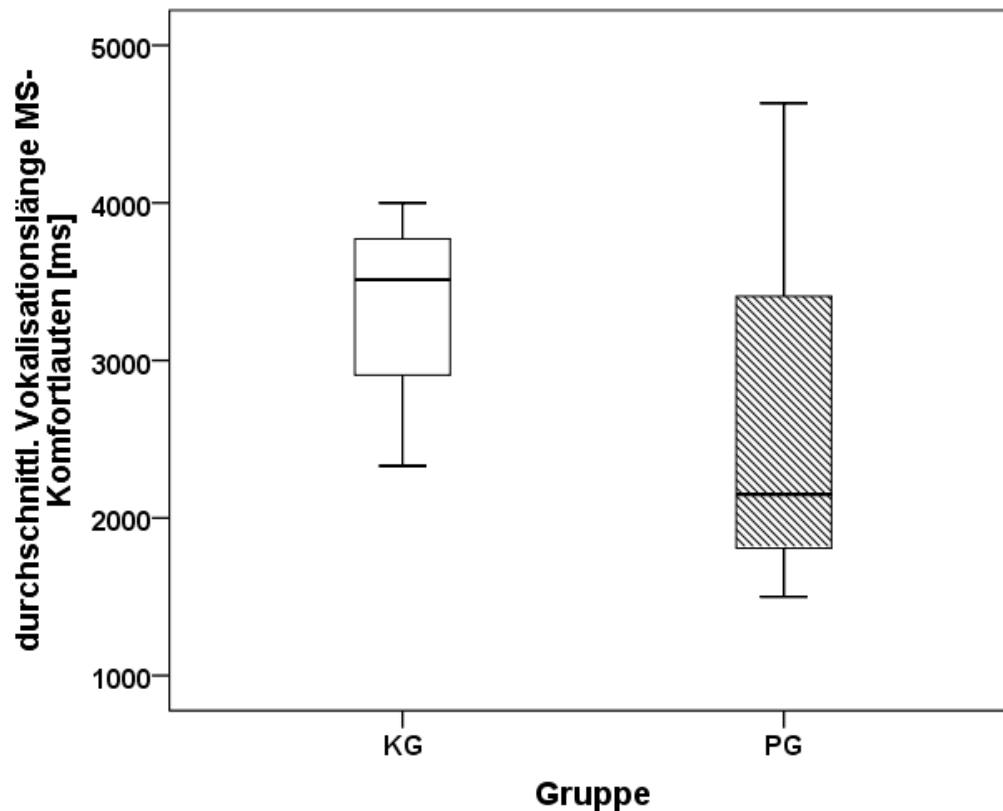


Abbildung 38 Boxplot der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute aufgeteilt in Kontrollgruppe (KG) und Plagiozephalusgruppe (PG)

Mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests kann gezeigt werden, dass die Werte beider Gruppen hinreichend normalverteilt vorliegen (KG:  $p = 0,355$ ; PG:  $p = 0,131$ ). Bei Testung auf Gruppenunterschiede mittels des parametrischen t-Tests kann mit  $p = 0,275$  kein signifikanter Unterschied errechnet werden.

Tabelle 27 Deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]
KG	4	3338	710	3512	2331	4000
PG	4	2608	1359	2150	1500	4633

Erklärung: KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Die neue Gruppeneinteilung basiert auf dem „Moss-Index“ und ist in Kapitel 2.3 dargestellt. Diese ist unabhängig von der bisherigen Gruppeneinteilung (KG/PG).

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute sind in Tabelle 28 aufgezeigt.

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt, dass die Werte der Gruppe 1 und Gruppe 2 hinreichend normalverteilt vorliegen (Gruppe 1:  $p = 0,588$ ; Gruppe 2:  $p = 0,077$ ).

Der Kruskal-Wallis-Test ergibt bei Testung auf Gruppenunterschiede keine Signifikanzen ( $p = 0,707$ ).

**Tabelle 28** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Vokalisationslängen der MS-Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1 basierend auf dem „Moss-Index“

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]
<b>Gruppe 1</b>	3	3271	854	3482	2331	4000
<b>Gruppe 2</b>	3	2182	804	2182	2118	3543
<b>Gruppe 3</b>	2	3066	2215	3066	1500	4633

Erklärung: N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

### 3.5 Analyse der Segmentierungslängen in segmentierten Komfortlauten

Im Folgenden wird das Ergebnis der Analyse der Länge der Segmentierungspausen (Segmentierungslänge) aller segmentierten Komfortlaute (N = 673) dargestellt. Eine Segmentierung liegt vor, wenn eine phonatorische Pause innerhalb des Lautes von mehr als 50 ms gemessen wird, in der weder eine Inspiration noch eine Komfortlautäußerung akustisch wahrzunehmen ist (siehe Kapitel 2.6). Für diese Analyse werden alle Komfortlaute herangezogen, bei denen eine oder mehrere Segmentierungen vorliegen. Diese Kategorisierung ist in Kapitel 2.6 näher erläutert und begründet.

Die Analysen werden in gleicher Weise wie in den vorangegangenen Kapiteln lautbasiert und im Anschluss kindbasiert durchgeführt.

### 3.5.1 Lautbasierte Analyse der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der gesamten Probandengruppe

Die Verteilungseigenschaften der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute (N = 673) sind in Abbildung 39 dargestellt.

Die Variationsbreite der Dauer der Segmentierungslängen liegt zwischen 50 ms und 4316 ms (Messgenauigkeit:  $\pm 5$  ms). Der Modalwert der Verteilung liegt bei 188 ms.

Nur 72 segmentierte Komfortlaute zeigen eine Segmentierungslänge von mehr als 1000 ms.

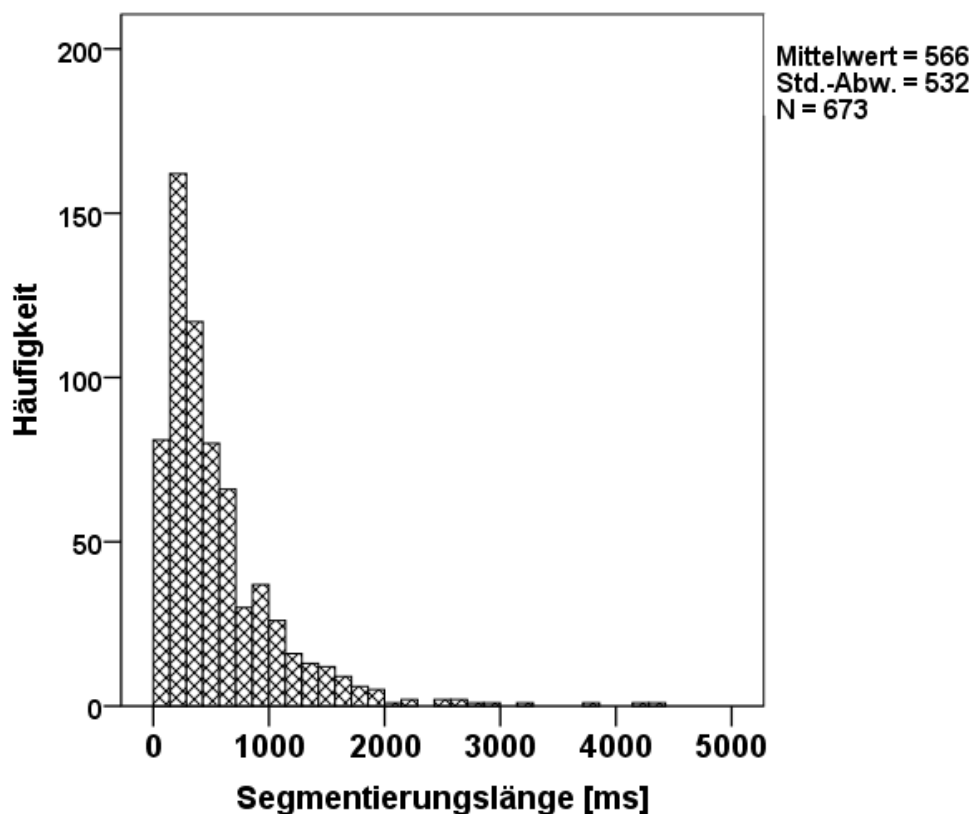


Abbildung 39 Histogramm über die Verteilungseigenschaften der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute beider Gruppen (KG/PG)

Die deskriptive Analyse (Tabelle 29) liefert eine mittlere Segmentierungslänge von 566 ms ( $\pm$  532 ms). 50 % der Segmentierungslängen befinden sich zwischen 217 ms und 714 ms.

**Tabelle 29** Deskriptive Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>gesamte Gruppe</b>	673	566	532	401	50	4316	217	714

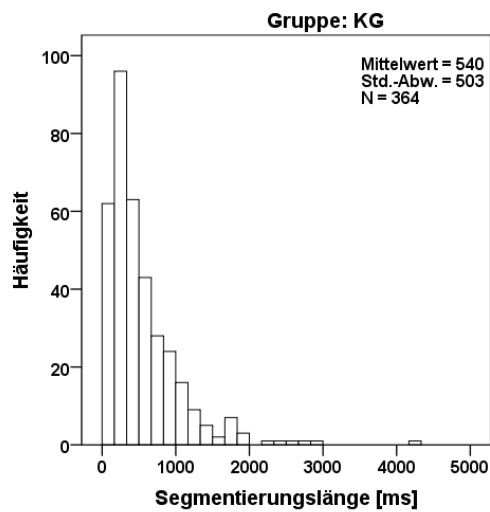
Erklärung: N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt keine hinreichende Normalverteilung ( $p < 0,001$ ) und auch durch eine logarithmische Transformation der Werte konnte keine hinreichende Normalverteilung erzielt werden ( $p = 0,02$ ).

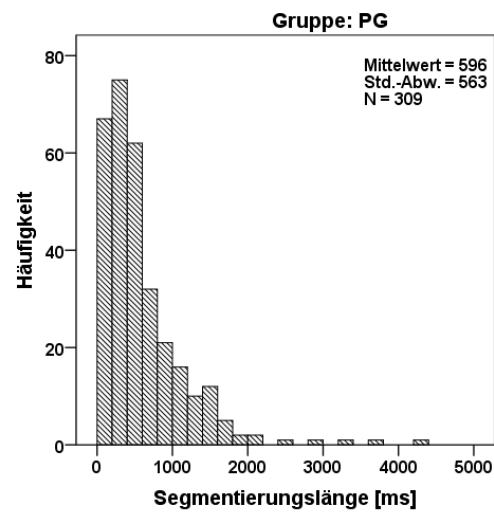
### **3.5.2 Lautbasierte Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe**

Im folgenden Kapitel werden die Analyseergebnisse der Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute gruppenspezifisch (Kontrollgruppe und Plagiozephalusgruppe) dargestellt, nachdem im vorherigen Kapitel die Verteilungseigenschaften der Segmentierungslängen aller segmentierten Komfortlaute analysiert worden sind.

Die gruppenspezifischen Verteilungseigenschaften der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute werden in den beiden folgenden Histogrammen dargestellt (Abbildung 40: Kontrollgruppe; Abbildung 41: Plagiozephalusgruppe).



**Abbildung 40** Histogramm der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 41** Histogramm der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

50 % der Segmentierungslängen der Kontrollgruppe befinden sich zwischen 216 ms und 705 ms (PG: 219–762 ms). Der Modalwert der Kontrollgruppe liegt bei 229 ms (PG: 105 ms). Die gemessene Variationsbreite der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute liegt in der Kontrollgruppe zwischen 50 ms (Messgrenze) und 4284 ms und zwischen 56 ms und 4316 ms in der Plagiozephalusgruppe.

Die deskriptive Analyse (Tabelle 30) ergibt eine mittlere Segmentierungslänge von 540 ms ( $\pm 504$  ms) in der Kontrollgruppe und 596 ms ( $\pm 563$  ms) in der Plagiozephalusgruppe. Eine Segmentierungslänge von mehr als 1000 ms kann in der Kontrollgruppe bei N = 48 Probanden gemessen werden (PG: N = 52).

**Tabelle 30 Gruppenspezifische (KG/PG) deskriptive Analyse der Segmentierungslänge der segmentierten Komfortlaute**

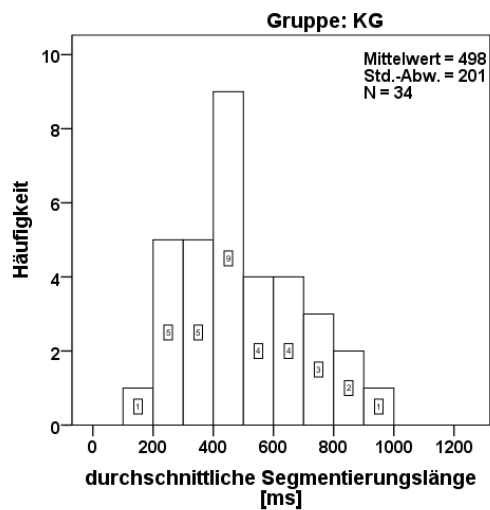
	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	364	540	503	383	50	4284	216	705
<b>PG</b>	309	596	563	430	56	4316	219	762

**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe; PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Komfortlaute; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

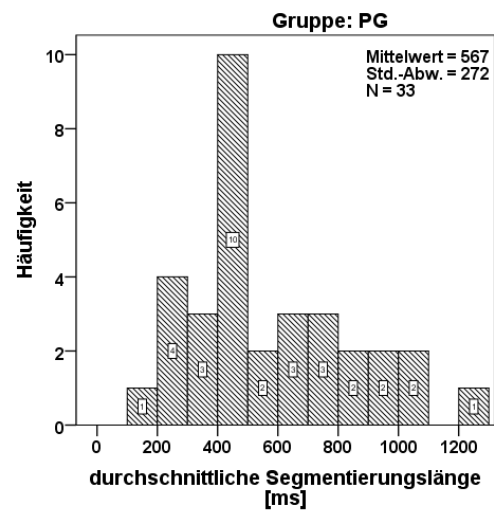
Mit dem Shapiro-Wilk-Test kann weder in der Kontrollgruppe noch in der Plagiozephalusgruppe eine hinreichende Normalverteilung gezeigt werden ( $p < 0,001$ ). Die logarithmische Transformation der Werte führt lediglich in der Plagiozephalusgruppe mit  $p = 0,271$  zu einer hinreichenden Normalverteilung (KG:  $p = 0,003$ ).

### **3.5.3 Kindbasierte Analyse der Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute untergliedert in Kontroll- und Plagiozephalusgruppe**

In Abbildung 42 sind die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute der Kontrollgruppe, in Abbildung 27 die der Plagiozephalusgruppe dargestellt.



**Abbildung 42** Histogramm der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Kontrollgruppe (KG)



**Abbildung 43** Histogramm der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe (PG)

Wie mit Hilfe der deskriptiven Analyse (Tabelle 31) gezeigt werden kann, liegt die interindividuelle Variationsbreite der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute in der Kontrollgruppe zwischen 158 ms und 998 ms und in der Plagiozephalusgruppe zwischen 175 ms und 1213 ms. Die Verteilung der Kontrollgruppe zeigt einen Modalwert von 482 ms (PG: 217 ms). Die mittlere durchschnittliche Segmentierungslänge, die mit Hilfe der deskriptiven Analyse errechnet werden kann, beträgt in der Kontrollgruppe 504 ms ( $\pm 206$  ms) und in der Plagiozephalusgruppe 567 ms ( $\pm 273$  ms). 50 % der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute liegen in der Kontrollgruppe zwischen 357 ms und 675 ms (PG: 405–753 ms).



**Tabelle 31** Gruppenspezifische deskriptive Statistik der Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der Säuglinge

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>KG</b>	32	504	206	482	158	998	357	675
<b>PG</b>	33	567	272	467	175	1213	405	753

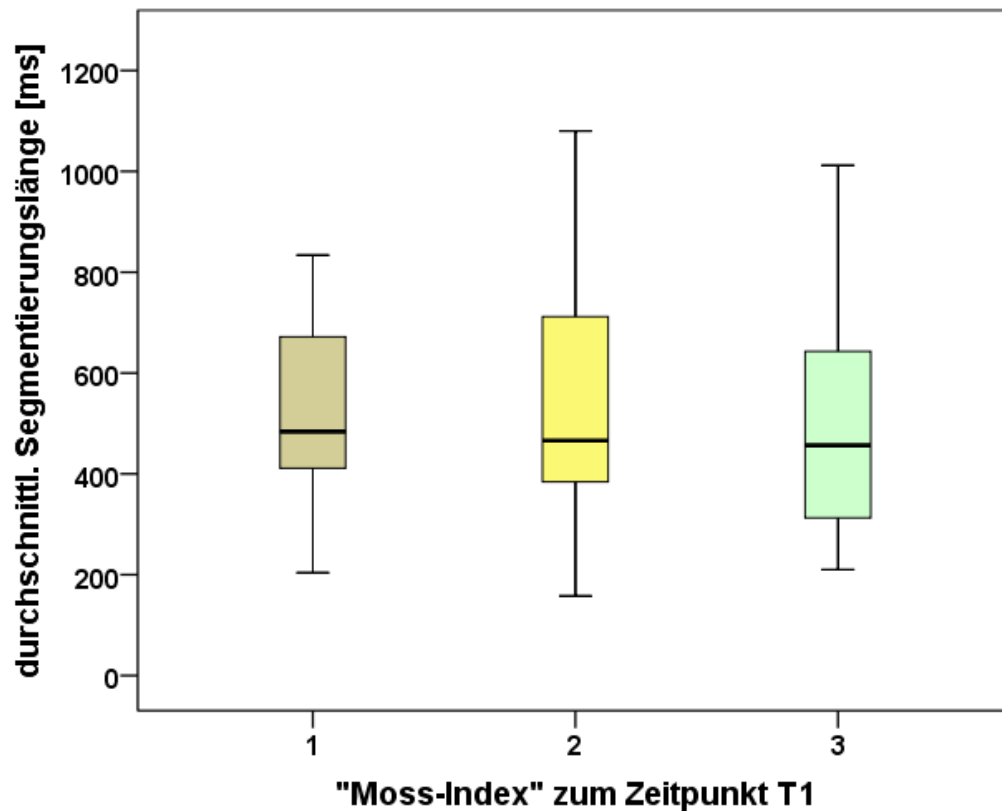
**Erklärung:** KG = Kontrollgruppe (1 Fehlwert: Proband AV); PG = Plagiozephalusgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Eine durchschnittliche Segmentierungslänge der segmentierten Komfortlaute über 800 ms kann in der Kontrollgruppe bei drei Säuglingen beobachtet werden (PG: N = 7).

Der Shapiro-Wilk-Test liefert eine hinreichende Normalverteilung sowohl in der Kontrollgruppe ( $p = 0,684$ ) als auch in der Plagiozephalusgruppe ( $p = 0,085$ ). Der t-Test zeigt keine signifikanten Gruppenunterschiede ( $p = 0,088$ ).

### **3.5.4 Kindbasierte Analyse der Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute unter Verwendung der Gruppeneinteilung mittels „Moss-Index“**

Die Verteilungseigenschaften der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute der mittels „Moss-Index“ gebildeten Gruppen (siehe Kapitel 2.3) werden in Abbildung 44 dargestellt.



**Abbildung 44** Boxplot: Darstellung der durchschnittlichen Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1. Gruppeneinteilung abhängig vom „Moss-Index“ [1 = symmetrische Kopfform ( $\leq 0,3$  cm); 2 = moderater Plagiozephalus ( $> 0,3$  cm bis einschließlich 1,2 cm); 3 = schwerer Plagiozephalus ( $> 1,2$  cm)].

Aus der deskriptiven Analyse (Tabelle 32) geht eine ähnliche Variationsbreite der durchschnittlichen Segmentierungslängen der segmentierten Komfortlaute für Gruppe 1 und Gruppe 3 hervor. Gruppe 1 und Gruppe 2 zeigen einen nahezu identischen Mittelwert. Der Medianwert der drei Gruppen stellt sich als vergleichbar dar.

Der Modalwert der Gruppe 1 liegt bei 204 ms, in Gruppe 2 bei 158 ms und in Gruppe 3 bei 210 ms. Nur  $N = 2$  Säuglinge aus Gruppe 1 erzielten durchschnittliche Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute von  $> 800$  ms (Gruppe 2:  $N = 7$ ; Gruppe 3:  $N = 1$ ).

**Tabelle 32** Deskriptive Analyse der durchschnittlichen Segmentierungslängen segmentierter Komfortlaute aller Säuglinge zum Zeitpunkt T1; Gruppeneinteilung basierend auf dem „Moss-Index“

	N	MW [ms]	SD [ms]	Med [ms]	Min [ms]	Max [ms]	Perzentile	
							25	75
<b>Gruppe 1</b>	20	538	229	484	204	1213	410	676
<b>Gruppe 2</b>	35	545	252	482	158	1080	384	754
<b>Gruppe 3</b>	10	499	255	457	210	1012	289	663

**Erklärung:** 1 Fehlwert: Proband AV der Kontrollgruppe; N = Anzahl der Probanden; MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Med = Median; Min = Minimum; Max = Maximum

Der Shapiro-Wilk-Test zeigt in allen drei abhängig vom „Moss-Index“ gebildeten Gruppen eine hinreichende Normalverteilung (Gruppe 1:  $p = 0,064$ ; Gruppe 2:  $p = 0,158$ ; Gruppe 3:  $p = 0,408$ ).

Bei Testung auf Gruppenunterschiede mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse kann kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen gefunden werden ( $p = 0,866$ ).

## 4 Diskussion

Der vorliegenden Arbeit liegt die Fragestellung zugrunde, ob im Alter von 6 Monaten Unterschiede in rhythmisch-zeitlichen Eigenschaften von Komfortlauten zwischen Säuglingen mit einem diagnostizierten lagerungsbedingten Plagiozephalus und Säuglingen ohne sichtbare Schädeldeformationen vorliegen.

Nach Recherchen der Autorin gibt es bisher keine der vorliegenden Arbeit vergleichbaren Studien. Die hier vorliegende explorative Pilotstudie hat daher hypothesengenerierenden Charakter. Hypothesen, die durch den Vergleich von Kontroll- und Plagiozephalusgruppe in vorliegender Studie erarbeitet wurden, sollten in nachfolgenden Studien überprüft werden.

Das Wissen, dass die Wahrnehmung des spezifischen Rhythmus einer Sprache durch die Kombination verschiedener akustischer Merkmale bestimmt wird, ist Voraussetzung dieser Arbeit. Dennoch ist die Zeitdauer eines linguistischen (z. B. Silbe, Wort, Phrase) oder vorsprachlichen Segments (z. B. Vokalisationslängen, Pausenlängen) hauptsächliches Kriterium für die Rhythmuswahrnehmung von Sprachlauten (Scholl et al. 2010). Das gilt bereits bei Säuglingen (Basirat et al. 2014; Nazzi et al. 1998) und sogar partiell für Neugeborene (Háden et al. 2015; Winkler et al. 2003). Die Fähigkeit zur richtigen Segmentierung des gehörten kontinuierlichen Sprechstroms mit Hilfe rhythmischer (zeitbasierter) Einheiten ist die entscheidende Voraussetzung zum Erlernen der Muttersprache (Goyet et al. 2013).

In der vorliegenden Arbeit wurde die Rhythmusstruktur von spontan evozierten Komfortlauten untersucht. Dabei wurden die Vokalisations- und Segmentierungslängen zwischen der Plagiozephalusgruppe und der Kontrollgruppe vergleichend untersucht.

Der Ansatz der vorliegenden Arbeit, temporale Eigenschaften zu untersuchen, basiert auf der Erkenntnis vieler Studien, dass Defizite bei der cerebralen Verarbeitung auditiver Merkmale typisch für Kinder mit Spracherwerbsstörungen sind. Eine Wahrnehmungsstörung ist immer auch mit einer Störung bei der Lautpro-

duktion verbunden. Insbesondere sind Kinder mit einer genetisch bedingten spezifischen Spracherwerbsstörung, die häufig später zur Dyslexie führt (Tallal et al. 1989), in der Diskrimination fein abgestufter temporalen, musikalischer und sprachlicher Stimuli beeinträchtigt (Hammond 1982; Phillips und Farmer 1990; Tallal et al. 1989; Tallal et al. 1991). Tzeng und Wang (1984) führen die allgemeine Dominanz der linken cerebralen Hemisphäre für die Sprache und die feinmotorische Kontrolle sogar insbesondere auf deren Spezialisierung für die Verarbeitung zeitlicher Stimuli zurück (Tzeng und Wang 1984). Eine solche Spezialisierung scheint bereits im Alter von vier Monaten vorzuliegen (Musacchia et al. 2013). Daher sind temporale Eigenschaften geeignet, früh Hinweise auf potenzielle Entwicklungsdefizite zu geben (Musacchia et al. 2015). Eine Übersichtsarbeit von Schirmer (2004) bestätigt die Hypothese von Tzeng und Wang basierend auf der Auswertung verschiedener Studien, die diesen Zusammenhang unabhängig voneinander berichten (Schirmer 2004). Eine Beeinträchtigung der rechten Hemisphäre wirkt sich dagegen eher auf die Verarbeitung und Produktion der Grundfrequenz ( $F_0$ ) aus (Peretz 1990).

Bisher gibt es allerdings unterschiedliche Auffassungen darüber, ob Säuglinge mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus ein höheres Risiko für kognitive Entwicklungsverzögerungen aufweisen oder nicht. Unklar ist ebenfalls, ob sich bei Säuglingen mit bestimmten Risikofaktoren für eine Entwicklungsverzögerung vermehrt ein lagerungsbedingter Plagiozephalus entwickelt (Steinbok et al. 2007).

Vorangegangene Studien im Rahmen des gleichen interdisziplinären Forschungsprojektes (CFCW-Projekt) am Universitätsklinikum Würzburg mit dem Titel „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ im Teilprojekt „Sprache“, bei denen die Frequenzeigenschaften der Komfortlaute im Mittelpunkt standen, ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die

Grundfrequenzeigenschaften der Komfortlaute von Säuglingen mit lagerungsbedingtem Plagiozephalus wiesen im Vergleich zu denen gesunder Säuglinge keine Unterschiede auf (Welsch 2014; Günzel 2014).

Damit liegt es nahe, hier die temporalen Eigenschaften der Komfortlaute in den Mittelpunkt der Untersuchung zu stellen.

Neben der Vokalisationslänge von Komfortlauten wurde in der vorliegenden Arbeit auch die Segmentierungslänge (Pausenlänge) segmentierter Komfortlaute analysiert. Durch intentionale Segmentierungen ist das spätere Erzeugen von Babbellauten sowie, in der Sprache, von Silben möglich. Somit ist für den Erwerb des Sprechens das Erlernen und Trainieren von Segmentierungsprozessen eine wesentliche Voraussetzung. Segmentierungen von Komfortlauten stellen kurze Unterbrechungen der Phonation dar, in denen weder ein Laut noch eine Inspiration zu vernehmen sind. Das Erzeugen dieser Rhythmusstruktur ist so ein hoch koordinierter Prozess zwischen dem respiratorischen und dem laryngealen System (Wermke, K. und Mende, W. 2011). Zudem setzt das Erzeugen der Segmentierungen eine gewisse Intentionalität voraus (Jürgens 2003). Diese ist aufgrund einer direkten Verbindung zwischen dem primären motorischen Cortex, der willentlich durchgeführte Handlungen kontrolliert, und dem Nucleus ambiguus, dem Sitz der laryngealen Motoneuronen, möglich (Jürgens 1992). Kleinste Veränderungen dieses fein abgestimmten Systems, z. B. in Form von neurologischen Dysfunktionen, können sich unmittelbar in laryngeal erzeugten Lauteigenschaften widerspiegeln (Parmalee 1962; Wermke 1987). Basierend auf dieser Annahme wurden die Ergebnisse der vorliegenden Studie bewertet.

Beinahe alle in dieser Arbeit durchgeführten Analyseschritte bezüglich der spontan evozierten Komfortlaute, sowohl laut- als auch kindbasiert, ergaben unabhängig von der Kategorie der Komfortlaute (siehe Kapitel 2.6) im Vergleich zur Kontrollgruppe 8–10 % längere Vokalisations- und Segmentierungslängen in der Plagiozephalusgruppe. In die Analysen wurden insgesamt 3740 Komfortlaute einbe-

zogen. 1750 Komfortlaute aus der Plagiozephalusgruppe wurden mit 1990 Komfortlauten der Kontrollgruppe verglichen. In den zu vergleichenden Gruppen befanden sich jeweils 33 Säuglinge.

Die um 10 % höheren Werte wurden sowohl in der Analyse der lautbasierten Vokalisationslängen der nicht segmentierten Komfortlaute als auch in der lautbasierten Analyse der Segmentierungslängen erzielt.

Eine Ausnahme stellen dabei die MS-Komfortlaute (nähere Erklärung siehe Kapitel 2.6) dar. In dieser Kategorie erzielte die Kontrollgruppe längere Vokalisationslängen als die Probandengruppe. Da es sich bei der Kategorie MS um eine Mischkategorie handelt, in der man nicht zwischen physiologischer Atemluftknappheit und intentional produzierten Segmentierungen unterscheiden kann, und da zudem bei Segmentierungen nicht zwischen 3-, 4- oder 5-maliger Segmentierung unterschieden wurde, ist die Kategorie MS methodisch als weniger aussagekräftig zu betrachten als die übrigen Kategorien. Zudem kommen MS-Komfortlaute äußerst selten vor, so dass nur 1,07 % aller in dieser Arbeit analysierten Komfortlaute in diese Kategorie fallen. Insgesamt wurden lediglich 40 MS-Komfortlaute in die Studie einbezogen. In der Kontroll- sowie in der Plagiozephalusgruppe produzierten jeweils nur vier Säuglinge MS-Komfortlaute, sodass diese Kategorie für die vergleichenden Untersuchungen kaum relevant ist und daher in dieser Arbeit nicht weiter behandelt wurde.

Trotz der 8–10 % längeren Vokalisations- und Segmentierungslängen in der Plagiozephalusgruppe ließen sich im Gruppenvergleich keine Signifikanzen errechnen, sodass diese Unterschiede nur als Trend zu bewerten sind.

Zusätzlich zeigte eine Voruntersuchung an einer kleineren Stichprobe durch Günzel (2014) gegensätzliche Ergebnisse zur vorliegenden Untersuchung.

Bei der Untersuchung der Länge segmentierter Komfortlaute und der Länge der Segmentierungen, sowohl laut- als auch kindbasiert, stellte Günzel minimal längere Komfortlaute bzw. Segmentierungen in der Kontrollgruppe fest. Dabei lag der Mittelwert der Komfortlaut- bzw. der Segmentierungslängen der Kontrollgruppe um 57–87 ms (4–6 %) bzw. 25 ms (7 %) höher als in der Plagiozephalusgruppe (Günzel 2014). Zurückzuführen könnte das gegensätzliche Ergebnis

möglicherweise auf die kleinere Probandenanzahl (N = 35) bzw. die kleinere Lautanzahl sein. Es wurden nur halb so viele Laute in die Analyse eingeschlossen (N = 1941) wie in der vorliegenden Arbeit (N = 3740). Zudem erwies sich das Ergebnis der geringfügig längeren Komfortlaute der Kontrollgruppe im Vergleich zur Plagiozephalusgruppe als statistisch nicht signifikant.

Die wiederholte Beobachtung der tendenziell längeren Komfortlaute der Plagiozephalusgruppe in der vorliegenden Arbeit sollte Anlass dafür liefern, temporalen Eigenschaften zukünftig eine besondere Beachtung zu schenken.

Gestützt wird diese These durch Befunde an Säuglingen mit orofazialen Spalten. Im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) wurden bisher u. a. Studien über Lautäußerungen von Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung durchgeführt. Diese Arbeiten sind nicht direkt mit der vorliegenden Arbeit vergleichbar, jedoch greifen beide Veränderungen des Schädels (lagebedingter Plagiozephalus / orofaziale Spaltbildung) in einen ähnlichen Regelmechanismus ein. So haben auch Säuglinge mit einer orofazialen Spaltbildung, aufgrund ihrer ausgeprägten Vokaltraktmalformation und der damit einhergehenden Funktionseinschränkungen der orofazialen Muskulatur, ein Risiko für Spracherwerbsstörungen (Kempf 2008; Birr 2009; Dirauf 2010). Diese Vokaltraktmalformation beeinträchtigt die Funktion der Sprachproduktion und greift so in das regulatorisch fein abgestimmte System zwischen respiratorischen, laryngealen und kortikalen Mechanismen ein.

Bezüglich der Vokalisationslängen spontan evozierter Komfortlaute von Säuglingen mit orofazialen Spalten konnte Steck-Walter (2007) in ihrer im ZVES durchgeführten Studie zeigen, dass in der Patientengruppe verlängerte Vokalisationen im Vergleich zur Kontrollgruppe vorlagen (Steck-Walter 2007). Eine Entwicklungsverzögerung in der Rhythmusstruktur der spontan evozierten Komfortlaute konnte auch Dirauf (2010) nachweisen. Hier wurden 17 Probanden mit einer orofazialen Spaltbildung mit 23 gesunden Säuglingen im Alter zwischen 19 und 25 Wochen verglichen (Dirauf 2010).



Steck-Walter schlussfolgert aus den verlängerten Komfortlauten der Patientengruppe, dass zwar funktionierende laryngeale Regelmechanismen, jedoch eventuell hirnhysiologische Entwicklungsstörungen vorliegen könnten (Steck-Walter 2007).

Weiterhin ist aus Arbeiten zur Perzeption akustischer Signale bekannt, dass sich die temporalen Eigenschaften der auditiven Verarbeitung von Kindern mit späteren Sprachentwicklungsstörungen schon sehr frühzeitig von denen normal entwickelter Kinder unterscheiden (Panchal et al. 2001; Benasich und Tallal 2002; Kordestani und Panchal 2006; Korpilahti et al. 2012).

Die veränderte zentrale Verarbeitung von Reizen lässt sich mit Hilfe eines EEGs (Elektroenzephalogramm) messen bzw. sichtbar machen.

Im EEG ist die negative EKP-Komponente MMN (Mismatch Negativity), die sich physiologischerweise auf einen auditiven Stimulus hin nachweisen lässt, bei Probanden mit einem Risiko für Spracherwerbsstörungen in der Peak-Latenzzeit verlängert oder kaum nachweisbar (Friedrich et al. 2004; Friedrich und Friederici 2004). Demnach scheinen Säuglinge mit einem Risiko für Spracherwerbsstörungen eine verspätete kortikale Verarbeitung auditiver Reize aufzuweisen (Friedrich et al. 2004; Friedrich und Friederici 2004).

Eine weitere Studie von Leppänen et al. (1999) untersuchte mit Hilfe von EEG-Messungen 12 Säuglinge mit genetischer Disposition zur Entwicklung einer Legasthenie. Diese wurden mit 11 Säuglingen ohne ein solches Risiko verglichen. EEG-Messungen wurden eine Woche nach der Geburt sowie im Alter von 6 Monaten durchgeführt. In den Messungen eine Woche nach der Geburt konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden, im Alter von 6 Monaten hingegen stellte sich die Latenzzeit auf einen auditiven Reiz in der supraorbitalen Position (F3) der EEG-Ableitung in der Probandengruppe mit P280-350 signifikant länger dar als in der Kontrollgruppe mit P155-200 (Leppänen et al. 1999). Perzeptionsunterschiede in der Verarbeitung temporaler Eigenschaften wurden auch für Säuglinge mit einem lagerungsbedingtem Plagiozephalus gegenüber unauffälligen Säuglingen postuliert.

Die obligaten P150- und N250-Peaks wiesen in der Studie von Balan et al. (2002) bei Säuglingen mit einem Plagiozephalus signifikant kleinere Amplituden in der EEG-Messung auf als in einer Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse werden mit einer abweichenden kortikalen Verarbeitung des Gehörten erklärt (Leppänen et al. 1999; Balan et al. 2002). Die Ursachen für die gefundenen Abweichungen sind bisher nicht bekannt.

Leppänen et al. (1999), Balan et al. (2002), Friedrich et al. (2004) und Friedrich und Friederici (2004) interpretieren die Ergebnisse durch eine veränderte kortikale Verarbeitung des Gehörten. Dabei ist ein möglicher Grund für eine Spracherwerbsstörung die fehlende Fähigkeit, schnelle und langsame auditive Reize kortikal voneinander zu unterscheiden und zu verarbeiten (Friedrich et al. 2004). Dies könnte ein Erklärungsansatz für die verlängerten Komfortlaute der Säuglinge mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus in der vorliegenden Studie sein.

Die Wahrnehmung von Sprache ist eng mit ihrer Produktion verbunden; praktisch sind beide als ein System zu bewerten und nicht zu trennen.

Diese enge Kopplung zeigt sich auch neuroanatomisch durch Verbindungen zwischen Hirnarealen, die der auditiven Wahrnehmung (z. B. Wernicke-Sprachzentrum) und der Sprachproduktion (z. B. Broca-Sprachzentrum) dienen. Gerade bei der Verarbeitung schneller zeitlicher Sequenzen, wie sie für das Sprechenlernen und den Spracherwerb erforderlich ist, scheinen Kinder mit Spracherwerbsstörungen Defizite aufzuweisen (Heim et al. 2011). Bereits mit 6 Monaten, also etwa im Untersuchungsalter der vorliegenden Arbeit, können solche Defizite auffallen. In diesem Alter formen Säuglinge bereits Langzeitgedächtnisinhalte für Tempi in der Musik, was gleichermaßen für Sprache gelten dürfte (Trainor et al. 2004).

Anhand der bisher publizierten Studienlage kann nicht endgültig und überzeugend geschlossen werden, dass lagerungsbedingte Plagiozephalien automatisch mit Entwicklungsstörungen einhergehen. Vor allem methodische Einschränkungen vorausgegangener Untersuchungen lassen einen derartigen Schluss nicht zu.

So sind die Erhebungsmethoden mit Hilfe von Elternfragebögen in diesem Zusammenhang kritisch zu hinterfragen. Eltern, die sich für eine Teilnahme an der Studie und damit für eine Therapie entscheiden, sind unter Umständen nicht objektiv genug (Fowler et al. 2008). Ebenso können fehlende Subgruppenbildung und/oder das Einbeziehen von Probanden mit zusätzlichen Risikofaktoren zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen (Balan et al. 2002; Kordestani und Panchal 2006; Korpilahti et al. 2012).

In vorliegender Studie wiesen Säuglinge mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus in allen Analyseschritten längere Komfortlaute auf. Da eine veränderte Rhythmusstruktur eine veränderte bzw. gestörte zentrale Zeitorganisation widerspiegelt und dies ein Risikofaktor für eine Spracherwerbsstörung ist, kann angenommen werden, dass auch einzelne Kinder mit einem Plagiozephalus ein erhöhtes Risiko haben könnten, eine Spracherwerbsstörung zu entwickeln.

Weiterführende Studien könnten methodische Kritikpunkte minimieren, indem Subgruppen gebildet und Probanden mit Risikofaktoren ausgeschlossen werden. Ob das Problem der veränderten Rhythmusstruktur bei Säuglingen mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus im fortschreitenden Alter bestehen bleibt und zu Sprachstörungen führt, könnte ebenfalls in weiterführenden Studien untersucht werden.

Im CFCW-Projekt ist eine Nachuntersuchung der Kinder im Alter von 5 Jahren geplant. Hierdurch sollte es möglich sein, einen eventuell verzögerten Sprech- und Spracherwerb bzw. eine eingeschränkte Sprachkompetenz der Kinder mit einem lagerungsbedingten Plagiozephalus im Säuglingsalter zu diagnostizieren bzw. auszuschließen.

Wie einleitend erwähnt, sollten nach der Empfehlung der American Academy of Pediatrics alle Säuglinge, unabhängig vom Geschlecht, grundsätzlich auf dem Rücken gelagert werden, um einem plötzlichen Kindstod vorzubeugen. Bisher ist nicht bekannt, weshalb bevorzugt männliche Säuglinge von einem lagerungsbedingten Plagiozephalus betroffen sind (American Academy of Pediatrics AAP

Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS 1992). Inwieweit hormonelle und/oder epigenetische Faktoren hierbei eine Rolle spielen, könnte ein Ansatz für nachfolgende, weiterführende Untersuchungen sein.

Aufgrund der beschriebenen veränderten Anatomie des Säuglingsschädels bei einem lagerungsbedingten Plagiozephalus und einer damit einhergehenden „gleichseitigen Verschiebung der Schädelbasis und des Ohres („ear shift“) auf der betroffenen Seite nach ventral“ (Argenta et al. 2004) ist eine genaue Beurteilung sowie kontinuierliche Kontrolle des Hörvermögens der Patienten auch in weiterführenden Studien ratsam (Balan et al. 2002; Purzycki et al. 2009).

Zusammenfassend wurde in der vorliegenden Arbeit ein objektives Analyseverfahren zur Identifikation eines potenziellen vorsprachlichen Entwicklungsrisikos bei Säuglingen mit lagerungsbedingtem Plagiozephalus angewandt. Die Analyse von spontan evozierten Komfortlauten liefert in Kombination mit 3D-Scan-Daten des Schädels sowie psychomotorischen Testergebnissen eine geeignete Möglichkeit, um zeitgleich zum Auftreten eines lagerungsbedingten Plagiozephalus vor- bzw. frühsprachliche Defizite zu identifizieren.

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist in das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ (CFCW-Gesamtprojekt) am Universitätsklinikum Würzburg eingebettet. Gefördert wurde das Projekt durch das Interdisziplinäre Forschungszentrum für Klinische Forschung (IZKF) des Universitätsklinikums Würzburg.

Vorliegende Untersuchung erfolgte im Teilprojekt „Sprache“ des CFCW-Gesamtprojektes am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie und hatte das Ziel, temporale Eigenschaften von Komfortlauten zu untersuchen.

Verglichen wurden Vokalisations- und Segmentierungslängen von Komfortlauten von Säuglingen mit (PG) bzw. ohne (KG) einen lagerungsbedingten Plagiozephalus im Alter von 6 Monaten.

Ein lagerungsbedingter Plagiozephalus kommt durch wiederholte Krafteinwirkungen externer Kräfte (Lagerung) auf eine Seite des Hinterkopfes zustande. Durch diese Krafteinwirkung ist in den ersten Lebensmonaten eine Verformung des noch einfach zu verformenden Säuglingsschädels möglich.

Es gibt Hinweise darauf, dass ein lagerungsbedingter Plagiozephalus kein rein ästhetisches Problem ist, sondern mit einer Entwicklungsverzögerung in Zusammenhang stehen könnte. Vorliegende Arbeit untersucht daher, ob sich ein lagerungsbedingter Plagiozephalus auf die temporalen Eigenschaften der Phonation auswirkt.

Im Rahmen des Teilprojektes „Sprache“ wurden spontan evozierte Komfortlaute von jeweils 33 Säuglingen mit bzw. ohne einen lagerungsbedingten Plagiozephalus unter standardisierten Bedingungen aufgenommen und anhand einer festgelegten Routine im ZVES bearbeitet, analysiert und quantitativ verglichen. Die

Komfortlaute wurden für die Analysen, abhängig von ihren rhythmischen Eigenschaften, in 4 Kategorien (siehe Kapitel 2.6) eingeteilt.

Es konnten insgesamt 3470 Komfortlaute (KG: N = 1720; PG: N = 1750) für die Analysen herangezogen werden.

Unabhängig von der ursprünglichen Gruppeneinteilung (KG/PG), die individuell durch die behandelnden Ärzte erfolgte, wurden die Probanden zusätzlich mittels des auf 3D-Scan-Daten beruhenden „Moss-Index“ (30°-Diagonalen-Differenz) neu eingeteilt, um den Einfluss der Kopfasymmetrie auf die Vokalisations- und Segmentierungslängen spezifisch beurteilen zu können.

Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass in allen durchgeführten Analyseschritten die Vokalisations- und Segmentierungslängen in der Plagiozephalusgruppe zwischen 8 % und 10 % länger waren als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied war allerdings statistisch nicht signifikant. Eine Verlängerung zeitlicher Regelprozesse in der Phonation geht mit verzögerten Verarbeitungsprozessen der auditiven Wahrnehmung akustischer Signale einher. Die Untersuchung stellt die Hypothese für nachfolgende Untersuchungen auf, dass die Analyse temporaler Messgrößen ein geeignetes Verfahren zur Identifikation von Risikokindern bereits im Säuglingsalter sein könnte, bei denen sich später eine Entwicklungsverzögerung manifestieren könnte.

## 6 Literaturverzeichnis

American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS: Positioning and SIDS (1992). In: *Pediatrics* 89 (6 Pt 1), S. 1120–1126.

Abels, H. (2014): Sprachkompetenz und motorische Fähigkeiten von Säuglingen mit lagerungsbedingtem Plagiozephalus und Helmtherapie im Alter von sechs und zwölf Monaten im Vergleich zu gleichaltrigen unauffälligen Säuglingen. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Argenta, L.; David, L.; Thompson, J. (2004): Clinical classification of positional plagiocephaly. In: *J Craniofac Surg* 15 (3), S. 368–372.

Baeck, H. E.; de Souza, M N. (2007): Longitudinal study of the fundamental frequency of hunger cries along the first 6 months of healthy babies. In: *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation* 21 (5), S. 551–559.

Balan, P.; Kushnerenko, E.; Sahlin, P.; Huotilainen, M.; Näätänen, R.; Hukki, J. (2002): Auditory ERPs reveal brain dysfunction in infants with plagiocephaly. In: *The Journal of craniofacial surgery* 13 (4), S. 520-5; discussion 526.

Basirat, A.; Dehaene, S.; Dehaene-Lambertz, G. (2014): A hierarchy of cortical responses to sequence violations in three-month-old infants. In: *Cognition* 132 (2), S. 137–150. DOI: 10.1016/j.cognition.2014.03.013.

Benasich, A. A.; Tallal, P. (2002): Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. In: *Behav. Brain Res.* 136 (1), S. 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.; van der Linden-Kuiper LT, L T (2001): Positional preference: prevalence in infants and follow-up after two years. In: *Pediatrics* 107 (2), S. 339–343.

Brandt, I. (1980): Human Growth. In: *der Kinderarzt* 1980 (10), S. 713–718.

Brenner, L. C. (2015): Untersuchung artikulatorischer Fertigkeiten vor Beginn der Wortproduktion - Ein Vergleich zwischen gesunden Säuglingen mit und ohne lagerungsbedingtem Plagiozephalus im Alter von fünf bis sieben Monaten Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

- Bronfin, D. R. (2001): Misshapen heads in babies: position or pathology? In: *The Ochsner journal* 3 (4), S. 191–199.
- Cavaliere, A.; Picot, M.-C.; Artiaga, C.; Mazurier, E.; Amilhau, M.-O.; Froye, E. et al. (2011): Prevention of deformational plagiocephaly in neonates. In: *Early human development* 87 (8), S. 537–543.
- Clarren, S. K. (1981): Plagiocephaly and torticollis: etiology, natural history, and helmet treatment. In: *The Journal of pediatrics* 98 (1), S. 92–95.
- Collett, B.; Breiger, D.; King, D.; Cunningham, M.; Speltz, M. (2005): Neurodevelopmental implications of "deformational" plagiocephaly. In: *Journal of developmental and behavioral pediatrics : JDBP* 26 (5), S. 379–389.
- Collett, B. R.; Starr, J. R.; Kartin, D.; Heike, C. L.; Berg, J.; Cunningham, M. L.; Speltz, M. L. (2011): Development in toddlers with and without deformational plagiocephaly. In: *Arch Pediatr Adolesc Med* 165 (7), S. 653–658. DOI: 10.1001/archpediatrics.2011.92.
- Davis, B. E.; Moon, R. Y.; Sachs, H. C.; Ottolini, M. C. (1998): Effects of sleep position on infant motor development. In: *Pediatrics* 102 (5), S. 1135–1140.
- 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. Causes and diagnostics of positional plagiocephaly. In: *Manuelle Medizin* 48 (2), S. 125.
- Fischelli V. R.; Karelitz, S. (1963): The cry latencies of normal infants and those with brain damage. Fischelli. In: *J. Pediatr.* 62, S. 724–734.
- Fowler, E. A.; Becker, D. B.; Pilgram, T. K.; Noetzel, M.; Epstein, J.; Kane, A. A. (2008): Neurologic findings in infants with deformational plagiocephaly. In: *Journal of child neurology* 23 (7), S. 742–747.
- Friedrich, M.; Friederici, A. D. (2004): N400-like semantic incongruity effect in 19-month-olds: processing known words in picture contexts. In: *Journal of cognitive neuroscience* 16 (8), S. 1465–1477.



- Friedrich, M.; Weber, C.; Friederici, A. D. (2004): Electrophysiological evidence for delayed mismatch response in infants at-risk for specific language impairment. In: *Psychophysiology* 41 (5), S. 772–782.
- Goyet, L.; Nishibayashi, L.-L.; Nazzi, T. (2013): Early syllabic segmentation of fluent speech by infants acquiring French. In: *PLoS one* 8 (11), S. e79646. DOI: 10.1371/journal.pone.0079646.
- Graham, J. M.; Gomez, M.; Halberg, A.; Earl, D. L.; Kreutzman, J. T.; Cui, J.; Guo, X. (2005): Management of deformational plagiocephaly: repositioning versus orthotic therapy. In: *The Journal of pediatrics* 146 (2), S. 258–262.
- Günzel, H. (2014): Vergleich akustischer Eigenschaften von Komfortvokalisationen von Säuglingen mit Lagerungsplagiocephalus und unauffälligen Säuglingen im Alter von 5-7 Monaten.
- Habal, M. B.; Castelano, C.; Hemkes, N.; Scheuerle, J.; Guilford, A. M. (2004): In search of causative factors of deformational plagiocephaly. In: *J Craniofac Surg* 15 (5), S. 835–841.
- Háden, G. P.; Honing, H.; Török, M.; Winkler, I. (2015): Detecting the temporal structure of sound sequences in newborn infants. In: *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology* 96 (1), S. 23–28. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.024.
- Hammond, G. R. (1982): Hemispheric differences in temporal resolution. In: *Brain and cognition* 1 (1), S. 95–118.
- Heim, S.; Friedman, J. T.; Keil, A.; Benasich, A. A. (2011): Reduced Sensory Oscillatory Activity during Rapid Auditory Processing as a Correlate of Language-Learning Impairment. In: *Journal of neurolinguistics* 24 (5), S. 539–555. DOI: 10.1016/j.jneuroling.2010.09.006.
- Hutchison, B. L.; Hutchison, L. A. D.; Thompson, J. M. D.; Mitchell, E. A. (2004): Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study. In: *Pediatrics* 114 (4), S. 970–980.
- Hutchison, B. L.; Stewart, A. W.; Mitchell, E. A. (2009): Characteristics, head shape measurements and developmental delay in 287 consecutive infants attending a plagiocephaly clinic. In: *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 98 (9), S. 1494–1499.

Joganic, J. L.; Lynch, J. M.; Littlefield, T. R.; Verrelli, B. C. (2009): Risk factors associated with deformational plagiocephaly. In: *Pediatrics* 124 (6), S. e1126-33. DOI: 10.1542/peds.2008-2969.

Jürgens, U. (1992): On the neurobiology of vocal communication. In: H. Papousek, U. Jürgens und M. Papousek (Hg.): *Nonverbal Vocal Communication. Comparative and Developmental Approaches*: Berlin: de Gruyter, S. 31–42.

Jürgens, U. (2003): Phylogenese der sprachlichen Kommunikation. In: G. Rickheit, T. Herrmann und W. Deutsch (Hg.): *Psycholinguistik: Ein internationales Handbuch/Psycholinguistics: An international handbook*: Berlin: de Gruyter, S. 33–57.

Kane, A. A.; Lo, L. J.; Vannier, M. W.; Marsh, J. L. (1996): Mandibular dysmorphology in unicoronal synostosis and plagiocephaly without synostosis. In: *Cleft Palate Craniofac. J.* 33 (5), S. 418–423. DOI: 10.1597/1545-1569(1996)033<0418:MDI-USA>2.3.CO;2.

Karelitz, S.; Fisichelli V. R. (1962): The cry thresholds of normal infants and those with brain damage. An aid in the early diagnosis of severe brain damage. Fisichelli. In: *J. Pediatr.* 61, S. 679–685.

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.; Platt, R. W. (2009): Motor development of infants with positional plagiocephaly. In: *Phys Occup Ther Pediatr* 29 (3), S. 222–235.

Kordestani, R. K.; Panchal, J. (2006): Neurodevelopment delays in children with deformational plagiocephaly. In: *Plastic and reconstructive surgery* 118 (3), S. 808-9; author reply 809-10.

Korpilahti, P.; Saarinen, P.; Hukki, J. (2012): Deficient language acquisition in children with single suture craniosynostosis and deformational posterior plagiocephaly. In: *Childs Nerv Syst* 28 (3), S. 419–425. DOI: 10.1007/s00381-011-1623-6.

Leppänen, P. H.; Pihko, E.; Eklund, K. M.; Lyytinen, H. (1999): Cortical responses of infants with and without a genetic risk for dyslexia: II. Group effects. In: *Neuroreport* 10 (5), S. 969–973.

- Linz, C. (2012): Daten der ersten Kindervorsorgeuntersuchung (U1), Quantifizierung des einseitigen und Evaluation der Therapie mit individueller Kopforthese mittels lage-rungsbedingten Plagiocephalus Stereophotogrammetrie.
- Littlefield, T. R.; Kelly, K. M.; Pomatto, J. K.; Beals, S. P. (1999): Multiple-birth infants at higher risk for development of deformational plagiocephaly. In: *Pediatrics* 103 (3), S. 565–569.
- Loveday B.P.; de Chalain T.B. (1996): Active counterpositioning of orthotic device to treat positional plagiocephaly? In: *J Craniofac Surg* (97), S. 282–291.
- Magge, S. N.; Westerveld, M.; Pruzinsky, T.; Persing, J. A. (2002): Long-term neuro-psychological effects of sagittal craniosynostosis on child development. In: *The Journal of craniofacial surgery* 13 (1), S. 99–104.
- McKinney, C. M.; Cunningham, M. L.; Holt, V. L.; Leroux, B.; Starr, J. R. (2008): Char-acteristics of 2733 cases diagnosed with deformational plagiocephaly and changes in risk factors over time. In: *The Cleft palate-craniofacial journal : official publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association* 45 (2), S. 208–216. DOI: 10.1597/06-227.1.
- McKinney, C. M.; Cunningham, M. L.; Holt, V. L.; Leroux, B.; Starr, J. R. (2009): A case-control study of infant, maternal and perinatal characteristics associated with de-formational plagiocephaly. In: *Paediatric and perinatal epidemiology* 23 (4), S. 332–345.
- Meyer-Marcotty, P.; Böhm, H.; Linz, C.; Kunz, F.; Keil, N.; Stellzig-Eisenhauer, A.; Schweitzer, T. (2012): Head orthosis therapy in infants with unilateral positional plagio-cephaly: an interdisciplinary approach to broadening the range of orthodontic treat-ment. In: *J Orofac Orthop* 73 (2), S. 151–165. DOI: 10.1007/s00056-011-0070-z.
- Meyer-Marcotty, Philipp; Böhm, Hartmut; Linz, Christian; Kochel, Janka; Blecher, Christoph; Keil, Nina et al. (2014): Spectrum of positional deformities - is there a real difference between plagiocephaly and brachycephaly? In: *Journal of cranio-maxillo-fa-cial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 42 (6), S. 1010–1016.
- Meyer-Marcotty, P., H. Böhm, C. Linz, J. Kochel, A. Stellzig-Eisenhauer, T. Schweitzer (2013): Three-dimensional analysis of cranial growth from 6 to 12 months of age The European Journal of Orthodontics.

- Miller, C. A.; Kail, R.; Leonard, L. B.; Tomblin, J. B. (2001): Speed of processing in children with specific language impairment. In: *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR* 44 (2), S. 416–433.
- Moss, S. D. (1997): Nonsurgical, nonorthotic treatment of occipital plagiocephaly: what is the natural history of the misshapen neonatal head? In: *Journal of neurosurgery* 87 (5), S. 667–670.
- Mulliken, J. B.; Vander Woude, D L.; Hansen, M.; LaBrie, R. A.; Scott, R. M. (1999): Analysis of posterior plagiocephaly: deformational versus synostotic. In: *Plastic and reconstructive surgery* 103 (2), S. 371–380.
- Musacchia, G.; Choudhury, N. A.; Ortiz-Mantilla, S.; Realpe-Bonilla, T.; Roesler, C. P.; Benasich, A. A. (2013): Oscillatory support for rapid frequency change processing in infants. In: *Neuropsychologia* 51 (13), S. 2812–2824.
- Musacchia, G.; Ortiz-Mantilla, S.; Realpe-Bonilla, T.; Roesler, C. P.; Benasich, A. A. (2015): Infant Auditory Processing and Event-related Brain Oscillations. In: *Journal of visualized experiments : JoVE* (101), S. e52420. DOI: 10.3791/52420.
- Nazzi, T.; Bertoncini, J.; Mehler, J. (1998): Language discrimination by newborns: toward an understanding of the role of rhythm. In: *Journal of experimental psychology. Human perception and performance* 24 (3), S. 756–766.
- Netherway, D. J.; Abbott, A. H.; Gulamhuseinwala, N.; McGlaughlin, K. L.; Anderson, P. J.; Townsend, G. C.; David, D. J. (2006): Three-dimensional computed tomography cephalometry of plagiocephaly: asymmetry and shape analysis. In: *The Cleft palate-craniofacial journal : official publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association* 43 (2), S. 201–210.
- Oller, D. K. (2000): *The emergence of the speech capacity*: Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Panchal, J.; Amirshaybani, H.; Gurwitch, R.; Cook, V.; Francel, P.; Neas, B.; Levine, N. (2001): Neurodevelopment in children with single-suture craniosynostosis and plagiocephaly without synostosis. In: *Plastic and reconstructive surgery* 108 (6), S. 1492-8; discussion 1499-500.
- Park, J.; Miller, C. A.; Mainela-Arnold, E. (2015): Processing Speed Measures as Clinical Markers for Children With Language Impairment. In: *Journal of speech, language,*

- and hearing research* : *JSLHR* 58 (3), S. 954–960. DOI: 10.1044/2015\_JSLHR-L-14-0092.
- Parmalee, A. H. (1962): Infant crying and neurological diagnosis. In: *J. Pediatr.* (61), S. 802–803.
- Peitsch, W. K.; Keefer, C. H.; LaBrie, R. A.; Mulliken, J. B. (2002): Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns. In: *Pediatrics* 110 (6), S. e72.
- Peretz, I. (1990): Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients. In: *Brain : a journal of neurology* 113 (Pt 4), S. 1185–1205.
- Phillips, D. P.; Farmer, M. E. (1990): Acquired word deafness, and the temporal grain of sound representation in the primary auditory cortex. In: *Behavioural brain research* 40 (2), S. 85–94.
- Plank, L. H.; Giavedoni, B.; Lombardo, J. R.; Geil, M. D.; 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. In: *J Craniofac Surg* 17 (6), S. 1084–1091. DOI: 10.1097/01.scs.0000244920.07383.85.
- Pogliani, L.; Mameli, C.; Fabiano, V.; Zuccotti, G. V. (2011): Positional plagiocephaly: what the pediatrician needs to know. A review. In: *Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery* 27 (11), S. 1867–1876.
- Pollack, I. F.; Losken, H. W.; Fasick, P. (1997): Diagnosis and management of posterior plagiocephaly. In: *Pediatrics* 99 (2), S. 180–185.
- Purzycki, A.; Thompson, E.; Argenta, L.; David, L. (2009): Incidence of otitis media in children with deformational plagiocephaly. In: *J Craniofac Surg* 20 (5), S. 1407–1411. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3181aee369.
- Ribaupierre, S. de; Vernet, O.; Rilliet, B.; Cavin, B.; Kalina, D.; Leyvraz, P-F (2007): Posterior positional plagiocephaly treated with cranial remodeling orthosis. In: *Swiss Med Wkly* 137 (25-26), S. 368–372.
- Schirmer, A. (2004): Timing speech: a review of lesion and neuroimaging findings. In: *Brain research. Cognitive brain research* 21 (2), S. 269–287.
- Scholl, B.; Gao, X.; Wehr, M. (2010): Nonoverlapping sets of synapses drive on responses and off responses in auditory cortex. In: *Neuron* 65 (3), S. 412–421.

- Shipster, C.; Hearst, D.; Somerville, A.; Stackhouse, J.; Hayward, R.; Wade, A. (2003): Speech, language, and cognitive development in children with isolated sagittal synostosis. In: *Developmental medicine and child neurology* 45 (1), S. 34–43.
- Speltz, M. L.; Endriga, M. C.; Mouradian, W. E. (1997): Presurgical and postsurgical mental and psychomotor development of infants with sagittal synostosis. In: *The Cleft palate-craniofacial journal : official publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association* 34 (5), S. 374–379.
- St John, D.; Mulliken, J. B.; Kaban, L. B.; Padwa, B. L. (2002): Anthropometric analysis of mandibular asymmetry in infants with deformational posterior plagiocephaly. In: *J. Oral Maxillofac. Surg.* 60 (8), S. 873–877.
- Starr, J. R.; Kapp-Simon, K. A.; Cloonan, Y. K.; Collett, B. R.; Craddock, M. M.; Buono, L. et al. (2007): Presurgical and postsurgical assessment of the neurodevelopment of infants with single-suture craniosynostosis: comparison with controls. In: *J. Neurosurg.* 107 (2 Suppl), S. 103–110. DOI: 10.3171/PED-07/08/103.
- Steck-Walter, S. (2007): Quantitative Strukturanalyse vorsprachlicher Vokalisationen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im zweiten Lebenshalbjahr bei kieferorthopädischer Frühbehandlung. Dissertationsschrift: Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Tallal, P.; Ross, R.; Curtiss, S. (1989): Familial aggregation in specific language impairment. In: *The Journal of speech and hearing disorders* 54 (2), S. 167–173.
- Tallal, P.; Sainburg, R. L.; Jernigan, T. (1991): The Neuropathology of Developmental Dysphasia: Behavioral, Morphological, and Physiological Evidence for a Pervasive Temporal Processing Disorder. In: *Reading and writing* 3 (3-4), S. 363–377. DOI: 10.1007/BF00354968.
- Trainor, L. J.; Wu, L.; Tsang, C. D. (2004): Long-term memory for music: infants remember tempo and timbre. In: *Developmental science* 7 (3), S. 289–296.
- Tzeng, O. J.; Wang, W. S. (1984): Search for a common neurocognitive mechanism for language and movements. In: *The American journal of physiology* 246 (6 Pt 2), S. R904-11.
- van Vlimmeren, L. A.; van der Graaf, Yolanda; Boere-Boonekamp, M. M.; L'Hoir, P.; Helders, P. J. M.; Engelbert, R. H. H. (2007): Risk factors for deformational plagiocephaly at birth and at 7 weeks of age: a prospective cohort study. In: *Pediatrics* 119 (2), S. e408-18.

Voigt, M.; Schneider, K. T. M; Jährig, K. (1996): Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland. In: *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 56 (10), S. 550–558.

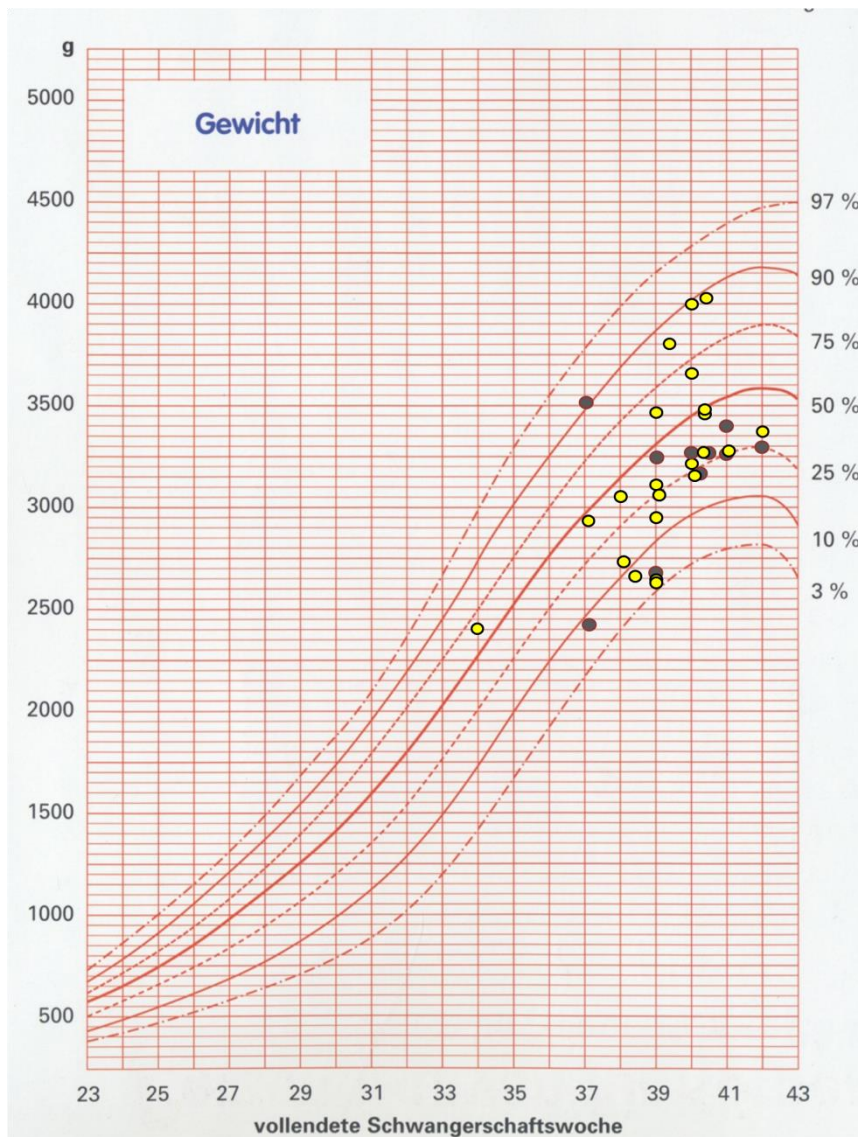
Welsch, A. (2014): Untersuchung akustischer Eigenschaften von Komfortvokalisationen – Ein Vergleich zwischen gesunden Säuglingen mit und ohne lagerungsbedingtem Plagiozephalus im Alter von 4 - 7 Monaten. Dissertationsschrift. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Wermke, K. (1987): Begründung und Nachweis der Eignung des Säuglingsschreies als Indikator für zentralnervöse Funktionsstörungen des Neugeborenen - Fallstudien unter Einsatz eines speziellen Computerverfahren.

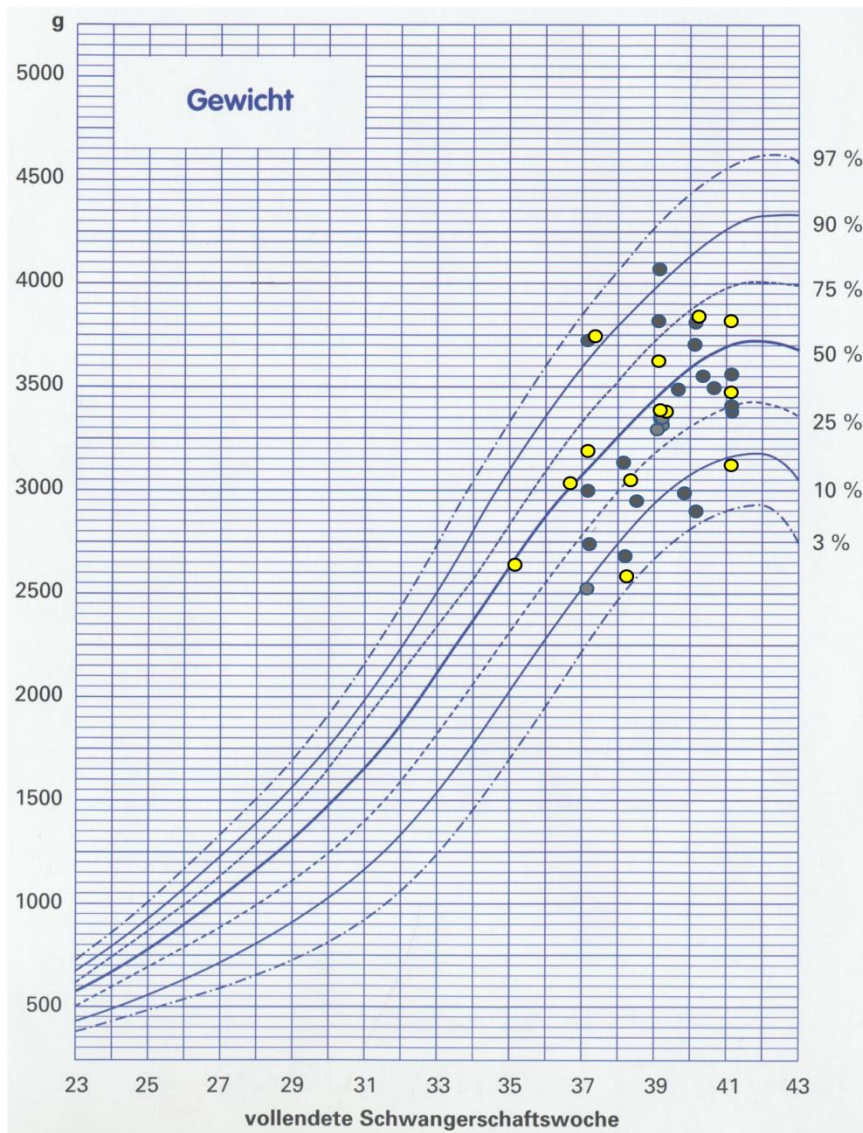
Wermke, K. und Mende, W. (2011): From emotion to notion. The importance of melody. In: *Decety J. and Cacioppo, J. (eds.), Handbook of Social Neuroscience. Oxford University Press: 624-648.*

Winkler, I.; Kushnerenko, E.; Horváth, J.; Ceponiene, R.; Fellman, V.; Huotilainen, M. et al. (2003): Newborn infants can organize the auditory world. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (20), S. 11812–11815. DOI: 10.1073/pnas.2031891100.

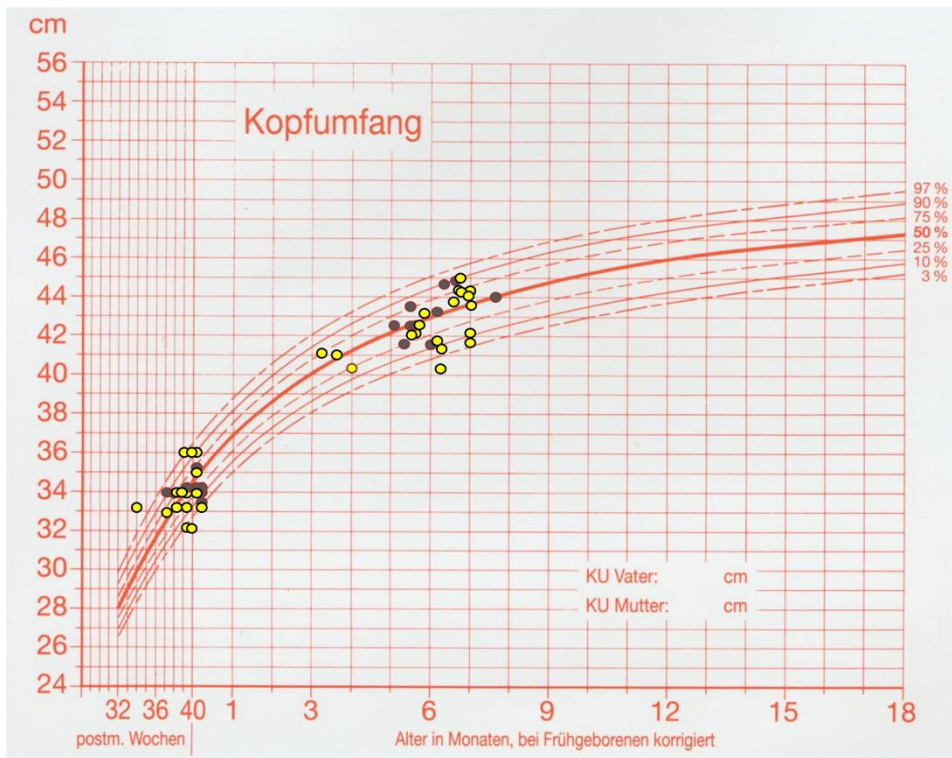
## 7 Anhang



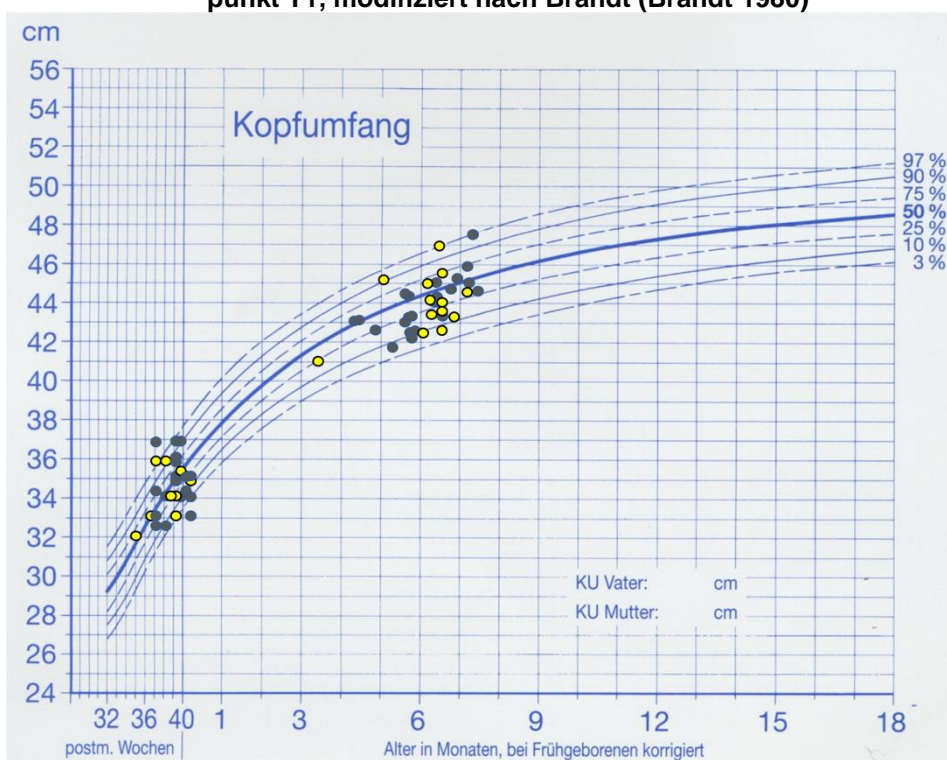




**Abbildung 46** Gestationsaltersabhängiges Geburtsgewicht der männlichen Säuglinge der Kontroll- (gelb) und Plagiozephalusgruppe (grau), modifiziert nach Voigt (Voigt et al. 1996).



**Abbildung 47** Kopfumfang der weiblichen Säuglinge der Kontrollgruppe (gelb) und der Plagiozephalusgruppe (grau) zum Zeitpunkt der Geburt sowie zum Zeitpunkt T1, modifiziert nach Brandt (Brandt 1980)



**Abbildung 48** Kopfumfang der männlichen Säuglinge der Kontrollgruppe (gelb) und der Plagiozephalusgruppe (grau) zum Zeitpunkt der Geburt sowie zum Zeitpunkt T1, modifiziert nach Brandt (Brandt 1980).

## Danksagung

„Keine Schuld ist dringender, als die, Dank zu sagen.“ Cicero

Am Schluss dieser Arbeit möchte ich meinen Dank aussprechen. Dank für ein gutes Miteinander, für Hilfe und gute Gedanken, für neue Ideen und Hinweise, bis hin zu einem gemeinsamen Ringen. Dank für die Freude dieses Thema zu bearbeiten, für neue Erkenntnisse und Resultate. Dank für eine gemeinsame Zeit, Diskussionen, Interaktionen, Konzepte, Strukturen und Toleranz.

Für all dies möchte ich an erster Stelle Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke, Leiterin des Zentrums für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen, danken. Die Begleitung, die sie mir zuteilwerden ließ, war geprägt von Sachverstand, Organisationstalent und einer familiären Atmosphäre.

Dank gilt auch Frau Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer, Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie Würzburg, für die Möglichkeit diese Arbeit in diesem Fachbereich schreiben zu können.

Für die Übernahme und Erstellung des Zweitgutachtens danke ich Herrn Priv.-Doz. Dr. Tilmann Schweitzer.

Den am interdisziplinären Forschungsprojekt „Dreidimensionale stereophotogrammetrische Diagnostik des Schädels und Evaluierung der Therapie bei Kindern mit kraniofazialen Fehlbildungen“ beteiligten Ärzten Herrn Priv.-Doz. Dr. Tilmann Schweitzer, Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie Sektion für pädiatrische Neurochirurgie, Herrn Dr. Dr. Hartmut Böhm, Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Herrn Dr. Dr. Christian Linz, Facharzt für MKG an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie und Herrn Prof. Dr. Philipp Meyer-Marcotty, ehemaliger Oberarzt an der Poliklinik für Kieferorthopädie, jetzt an der Poliklinik für Kieferorthopädie in Göttingen tätig, möchte ich in diesem Rahmen meinen Dank aussprechen, Dank für die Daten, die mir zur Verfügung gestellt wurden und die ich verwenden durfte. Herzlichen Dank auch an Frau Sandra Habel, die mit großer Hilfsbereitschaft diese Arbeit unterstützt hat.

Mein Dank gilt auch Herrn Peter Wermke, der mit großem Sachverstand die Datenerhebung unterstützt hat und jegliches PC Problem aus dem Weg geräumt hat.

An den kollegialen Umgang, die Unterstützung und das kameradschaftliche Verhalten von Annette Welsch, Henrike Abels, Hanna Günzel und Lisa Carolin Brenner während des gemeinsamen Arbeitens denke ich gerne zurück.