

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit  
der Universität Würzburg

Poliklinik für Kieferorthopädie

Direktorin: Professorin Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

---

**Auftreten laryngealer Konstriktionsphänomene in verschiedenen  
Vokalisationstypen der ersten 7 Lebensmonate bei Säuglingen ohne  
Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Faraz Yavarzadeh

aus Heidelberg

Würzburg, Juni 2019

**Referentin:** Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke

**Koreferent:** Prof. Dr. med. Johannes Wirbelauer

**Dekan:** Prof. Dr. med. Matthias Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:** 04.06.2020

**Der Promovend ist Zahnarzt**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Material und Methode</b> .....	<b>7</b>
2.1 Datenbasis .....	7
2.2 Datenanalyse .....	10
2.2.1 Klassifizierung nach Vokalisationstyp .....	10
2.2.2 Beschreibung der Konstriktions-Kategorien .....	14
2.2.2.1 Kategorie 0 .....	15
2.2.2.2 Kategorie 1 .....	16
2.2.2.3 Kategorie 2 .....	17
2.2.2.4 Kategorie 3 .....	19
2.3 Statistische Auswertung .....	21
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>22</b>
3.1 Individuelle Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Untersuchungszeitraum .....	22
3.2 Altersabhängige Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen .....	23
3.2.1 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf ohne Berücksichtigung des Vokalisationstyps .....	23
3.2.2 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf bezüglich des Geschlechts .....	26
3.3 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen unter Berücksichtigung der verschiedenen Vokalisationstypen .....	28
3.4 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf .....	29
3.5 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf .....	32

3.6	Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf .....	35
3.7	Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf .....	38
3.8	Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien von Konstriktionsphänomenen .....	41
3.8.1	Analyse der Auftrittshäufigkeit der Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum ohne Betrachtung des Vokalisationstyps	41
3.8.2	Analyse hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit der Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum für jeden Vokalisationstyp.....	43
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>46</b>
4.1	Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen ..	47
4.2	Konstriktionsphänomene in den verschiedenen Vokalisationstypen....	50
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>57</b>

**Danksagung**

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps <b>C</b> .....	11
Abbildung 2	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps <b>UC</b> .....	12
Abbildung 3	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps <b>UB</b> .....	13
Abbildung 4	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps <b>BB</b> .....	13
Abbildung 5	Verteilung der Vokalisationstypen über das Untersuchungsalter.....	14
Abbildung 6	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>0</b> .....	16
Abbildung 7	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>1</b> des Vokalisationstyps <b>C</b> .....	17
Abbildung 8	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>1</b> des Vokalisationstyps <b>BB</b> .....	17
Abbildung 9	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>2</b> des Vokalisationstyps <b>BB</b> .....	18
Abbildung 10	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>2</b> des Vokalisationstyps <b>UB</b> .....	18
Abbildung 11	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>2</b> des Vokalisationstyps <b>BB</b> .....	19
Abbildung 12	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>3</b> des Vokalisationstyps <b>UC</b> .....	20
Abbildung 13	Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie <b>3</b> des Vokalisationstyps <b>UC</b> .....	20
Abbildung 14	Boxplotdiagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen bei den einzelnen Säuglingen im gesamten Untersuchungszeitraum.....	22
Abbildung 15	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf.....	24

Abbildung 16	Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf .....	26
Abbildung 17	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der weiblichen und männlichen Säuglinge im Altersverlauf.....	27
Abbildung 18	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf .....	30
Abbildung 19	Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp C .....	32
Abbildung 20	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf .....	33
Abbildung 21	Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp UC .....	34
Abbildung 22	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf .....	36
Abbildung 23	Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp UB .....	37
Abbildung 24	Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf.....	39
Abbildung 25	Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp BB .....	40
Abbildung 26	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum .....	41
Abbildung 27	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum bei den weiblichen Säuglingen .....	42

Abbildung 28	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum bei den männlichen Säuglingen.....	42
Abbildung 29	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp C .....	43
Abbildung 30	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp UC .....	44
Abbildung 31	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp UB .....	44
Abbildung 32	Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp BB .....	45

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht der gesamten Einzelvokalisationen sortiert nach Geschlecht, Anzahl der Aufnahmetermine und Alter in Tagen / Wochen in Gruppe 1 .....	8
Tabelle 2	Übersicht der gesamten Einzelvokalisationen sortiert nach Geschlecht, Anzahl der Aufnahmetermine und Alter in Tagen / Wochen in Gruppe 2 .....	9
Tabelle 3	Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N_C) ....	23
Tabelle 4	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf .....	25
Tabelle 5	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der <b>weiblichen</b> Säuglinge im Altersverlauf .....	27
Tabelle 6	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der <b>männlichen</b> Säuglinge im Altersverlauf.....	28
Tabelle 7	Anzahl der Vokalisationstypen im Untersuchungszeitraum und Anteil der Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen.....	28
Tabelle 8	Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen in jedem Vokalisationstyp bezüglich des Geschlechts .....	29
Tabelle 9	Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N_C) im Vokalisationstyp C.....	30
Tabelle 10	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf .....	31
Tabelle 11	Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N_C) im Vokalisationstyp UC .....	33
Tabelle 12	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf .....	34



Tabelle 13	Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N_C) im Vokalisationstyp UB .....	36
Tabelle 14	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf .....	37
Tabelle 15	Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N_C) im Vokalisationstyp BB.....	39
Tabelle 16	Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf.....	40

## Abkürzungsverzeichnis

BB	Vokalisationstyp Babbeln (wohlgeformte Silben)
C	Vokalisationstyp Cry (Weinen)
CDAP	Cry-Data-Analysis-Program (pw-project, Autor: Peter Wermke)
engl.	englisch
Kat	Kategorie
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten
m	männlich
Max	Maximum
Min	Minimum
UB	Vokalisationstyp Übergangslaut Weinen- Babbeln
UC	Vokalisationstyp Übergangslaut (melodisches Weinen)
w	weiblich
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kiefer- orthopädie, Universitätsklinikum Würzburg

## 1 Einleitung

Um pathologische von physiologischen Funktionszuständen bei der vorsprachlichen Entwicklung unterscheiden zu können, sind geeignete Referenzwerte für die verwendeten akustischen Messgrößen sowie deren Variationsbereich gesunder Säuglinge unverzichtbar. Laryngeale Konstriktionen und Oszillationsunterbrechungen der Stimmlippen (engl. *glottal stop*) sind ein häufig beschriebenes Merkmal der Sprechweise von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS) (Rullo et al., 2014; Aydınli et al., 2016). Auch im Weinen vor dem operativen Gaumenverschluss der Säuglinge mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten tritt es häufiger auf als bei Nichtspaltträgern (Ostermann, 2010; Wermke et al., 2011). Konstriktionsphänomene sind andererseits aber auch ein typisches Element der vorsprachlichen Vokalisationen unauffälliger Säuglinge (Stark, Rose, & McLagen, 1975; Langlois, Baken, & Wilder, 1980; Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Benner, 2009). Will man also laryngeale Konstriktionsphänomene im Rahmen der vorsprachlichen Diagnostik bei Säuglingen mit LKGS als potenzielle Risikomarker einsetzen (Ostermann, 2010), muss deren Vorkommen zunächst bei Säuglingen ohne LKGS untersucht werden. Die vorliegende Arbeit liefert dafür einen Beitrag.

Allgemein akzeptierte Modelle der frühen sprachlichen Entwicklung gehen davon aus, dass zunächst die Phonation reif ist und supralaryngeale, artikulatorische Mechanismen erst ab dem dritten Lebensmonat hinzukommen (Bosma, 1975; Stark, 1980; Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Oller, 2000). Diese Modelle der vokalen Entwicklung beim Säugling nehmen also an, dass artikulatorische bzw. supralaryngeale Mechanismen noch keine Rolle bei der frühesten Lautgebung (Säuglingsweinen) spielen. Das ist zumindest für supralaryngeale Artikulationsmechanismen richtig, da diese erst ab der 9. Lebenswoche langsam ihre Funktion aufnehmen (Wermke et al., 2002). Prä-artikulatorische Lautproduktionsmechanismen beobachtet man allerdings viel früher. Zum Beispiel zeigen Frequenzspektren von Neugeborenen-Schreien Phänomene, die zu diesem prä-artikulatorischen Phänomen gezählt werden und durch Unterbrechungen der Stimmlippenoszillation erklärbar sind (Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Mende & Wermke, 2009; Ostermann,

2010; Sereschk, 2019). Neben einem totalen Glottisverschluss werden Pulsregister-Phonationen und ab dem 3. Lebensmonat auch pharyngeale Verengungen beschrieben (Kent & Murray, 1982). Die Falten (Plicae vestibulares, Plica aryepiglottica) und Pharynxwände scheinen durch Schwingungs- und Resonanzeffekte auch Einfluss auf Säuglingslauteigenschaften zu haben (Grau, Robb, & Cacace, 1995; Esling, 2012; Wermke et al., 2018).

Eine Arbeitsgruppe aus Kanada (Universität Victoria), die von dem Linguisten John Esling geleitet wird, spricht sogar vom „Laryngealen Artikulator“ und hat in verschiedenen Studien frühe Pharynxlaute, insbesondere Konstriktionen in Komfortvokalisationen von Säuglingen im ersten Lebensjahr, untersucht (Benner, 2009; Esling, 2012).

Aus den Ergebnissen seiner sprachvergleichenden Untersuchungen postuliert Esling in seinem Entwicklungsmodell, dass laryngeal erzeugte Konstriktionsphänomene bereits zur Artikulationsentwicklung gerechnet werden müssen (ebenda). Artikulatorische Elemente in der vokalen Entwicklung sind danach nicht auf Konsonantenbildungen im Vokaltrakt zu beschränken, sondern durch laryngeale Konstriktionsphänomene zu erweitern (Esling, 2012). Somit postuliert Esling ein neues bzw. erweitertes Modell für die frühe vokale Entwicklung, in dem die Artikulationsentwicklung mit Konstriktionsphänomenen im Larynx bzw. im unteren Pharynx beginnt. Gerade im Zusammenhang mit der Sprechentwicklung von Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten ist dies ein wichtiges Modell in Ergänzung des bisher noch häufig verwendeten Modells von Kimbrough Oller (2000). Säuglinge mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten zeigen deutlich mehr Konstriktionsphänomene in ihren Vokalisationen als Nichtspaltträger (Birr, 2009; Ostermann, 2010). Hat das vor allem physikalische Regulationsursachen (offener oro-nasal Raum, Velum-Insuffizienz und entsprechende Rückkopplungseffekte auf die Phonation) infolge der Vokaltraktmalformation? Sind diese Phänomene für die *Vorsprachliche Diagnostik*, wie sie am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung & Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg durchgeführt wird, relevant? Um das zu beurteilen fehlen bisher spezifische Untersu-

chungen von Konstriktionsphänomenen. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Phänomene liefern.

Konstriktionsphänomene werden ganz unterschiedlich definiert. Die Definition variiert fachspezifisch (Linguisten, Phonetiker, Pädiater etc.) und vokalisations-typspezifisch. In klassischen Arbeiten zum Säuglingsschrei werden sogenannte „vocal fry“ oder „glottal roll“ Phänomene bereits als „unperiodical phonation of the vocal folds in a lower frequency range, that is below the normal pitch register“ beschrieben (*Wasz-Höckert et al., 1968, S. 13*). Konstriktionen in Form von Pulsregisterphonation (Strohbas) sind auch von frühen Untersuchungen von Nichtschreibvokalisationen gesunder Säuglinge bekannt (*Kent & Murray, 1982*).

Im Weinen von Säuglingen kommen laryngeale Konstriktionen regelhaft vor und werden dort entweder als Zeichen von Unreife oder Dysfunktion interpretiert (*Golub & Corwin, 1982; Goberman & Robb, 2005; Pflieger & Eber, 2016; Thorne & Garetz, 2016*) oder als Mittel der zeitlichen Strukturierung der Phonation und dann mit dem Begriff „Segmentierung“ oder „Rhythmisierung“ beschrieben (*Wermke & Mende, 2009*). Wermke und Mende (ebenda), wie auch Esling (2012), sehen diese Rhythmisierungen als Vorstufen oder Vorübungen für die spätere rhythmische Silbenbildung im Babbeln und Sprechen an. Eslings Gruppe hat allerdings, wie die meisten Gruppen, die auf diesem Gebiet arbeiten, den Vokalisationstyp ‚Cry‘ (Säuglingsweinen) nicht untersucht. Vor allem die Gruppe um Kimbrough Oller und Eugen H. Buder schließt das Säuglingsweinen in ihren Modellen der vorsprachlichen Entwicklung ohne überzeugende Begründung oder objektive Analyse prinzipiell aus. In ihrem akustisch-phonetischen Katalog vorsprachlicher Vokalisationen werden daher laryngeale Konstriktionen auch nur bei Nichtschreibvokalisationen als regelhaft auftretende Elemente beschrieben (*Buder, Warlaumont, & Oller, 2013*).

Der Katalog beschreibt diese Konstriktionsphänomene mit den Begriffen „growls“ (Knurren) und „pulse register sequences“ (Strohbasregister). Charakteristisch für diese Phänomene sind neben einer sehr tiefen Grundfrequenz (soweit nachweisbar) auch Subharmonische (bei diesen Autoren). Subharmonische können durch eine Links-Rechts-Asymmetrie der Stimmlippenschwingungen entstehen, haben aber zunächst nichts direkt mit Konstriktionen zu tun (*Tit-*

ze, 1994; Titze, Riede, & Popolo, 2008). Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen haben oft eine raue und knarrende Stimmqualität. Pulsregister-Phonationen stellen eine typische Variante der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Konstriktionsphänomene dar. Daneben werden weitere Phänomene, wie komplette und unvollständige Glottisverschlüsse (engl. *glottal stops*), untersucht. Oft kommen diese Varianten in Kombination vor. Alle diese Phänomene werden in Anlehnung an Esling (2012) hier als Konstriktionsphänomene zusammengefasst, aber basierend auf dem Grad ihrer Ausprägung in unterschiedliche Kategorien eingeteilt (siehe Kapitel 2). Es wurde insbesondere auch der Frage nachgegangen, ob diese Phänomene bereits in Weinlauten gesunder Säuglinge zu beobachten sind, obwohl diese in der engen Definition von Oller (2000) nicht zu den Protophonen gezählt werden. Die von Buder et al. (2013) als „friction“ (Friktion) bezeichneten Phänomene, die auf eine Konstriktion des Zungenrückens zurückgeführt werden, zählen zu typischen Varianten von Konstriktionsphänomenen, die nicht laryngealen Ursprungs sind. Diese werden hier nicht berücksichtigt.

Esling (2012) und Buder et al. (2013) sehen die Erzeugung rhythmischer Konstriktionen in Komfortvokalisationen als den primitivsten Mechanismus der Silbenbildung an. Sie nehmen an, dass Konstriktionen universal bei allen Säuglingen, unabhängig von der sie umgebenden Muttersprache, in Nichtschreibvokalisationen (Komfortvokalisationen) vorkommen. Durch diese Konstriktionen würden die Säuglinge motorische Muster üben, die sie im späteren Sprechen für die Silbenbildung benötigen.

Allison Benner (2009), eine Schülerin von Esling, bestätigte mit ihren Untersuchungen, dass Nichtschreibvokalisationen innerhalb des ersten Lebensjahres regelhaft mit Konstriktionsphänomenen verbunden sind, wobei die Auftrittshäufigkeit mit dem Alter abnimmt. Ein Vergleich zum Vorkommen dieser Phänomene in Weinlauten wurde auch von ihr nicht vorgenommen. Alle Berichte über Konstriktionsphänomene der Forschungsgruppen um John Esling (Kanada) und Buder / Oller (USA) beziehen sich auf Nichtschreibvokalisationen, obwohl sowohl die klassischen finnischen / schwedischen Schrei-Forscher um Ole Wasz-Höckert und John Lind als auch andere Autoren (*Langlois, Baken, & Wilder,*

1980; Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986) ähnliche Phänomene bereits lange vorher im Weinen beobachtet haben. Hier erkennt man die Folge fachspezifischer Forschung. Da die klassische Säuglingsschreiforschung lange Zeit allein aus dem medizinischen Anwendungsbereich kam, die Sprachentwicklungsforschung dagegen ein Gebiet der linguistisch-phonetischen Forschung ist, wurden viele der akustischen Phänomene im Weinen nur im Zusammenhang mit pathologischen Zuständen, wie Stridor (Raes et al., 1982), Laryngomalazie (Goberman & Robb, 2005) oder plötzlichem Kindstod (Colton & Steinschneider, 1981) genannt. Ein Bezug zur Sprachentwicklung wurde dabei noch nicht hergestellt.

Die erstmalige systematische Untersuchung von Konstriktionsphänomenen in der vorliegenden Arbeit ist aus zwei Blickrichtungen von Bedeutung:

Grundlagentheoretisch stellt sich die Frage, ob diese frühen prä-artikulatorischen Fähigkeiten tatsächlich eine Vorstufe der Silbenbildung des späteren Sprechens sein könnten und bereits im spontanen Weinen regelhaft auftreten; anwendungstheoretisch stellt sich die Frage, mit welcher Häufigkeit diese Phänomene bei gesunden Säuglingen in verschiedenen Vokalisationstypen auftreten. Spracherwerbstheoretisch wäre es auch wichtig zu prüfen, ob diese Phänomene abnehmen, wenn die Silbenbildung im Babbeln aufgrund der Reifung artikulatorischer Mechanismen die laryngealen Konstriktionen „ersetzt“. Die vorliegende Arbeit hat wesentliche Aspekte für die Beantwortung dieser Fragen in einem kombinierten Längs- und Querschnittsdesign bei gesunden Säuglingen in den ersten sieben Lebensmonaten explorativ untersucht.

Dabei wurden folgende spezifische Fragestellungen untersucht:

- (1) Zeigen gesunde Säuglinge regelhaft Konstriktionsphänomene im Weinen?
- (2) Ändert sich die Auftrittshäufigkeit von Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf?
- (3) Unterscheidet sich die Auftrittshäufigkeit von Konstriktionsphänomenen zwischen den Vokalisationstypen?
- (4) Gibt es in der Auftrittshäufigkeit von Konstriktionsphänomenen geschlechtsspezifische Unterschiede?



## 2 Material und Methode

Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zum besseren Verständnis und zur Charakterisierung laryngealer, prä-artikulatorischer Mechanismen im Rahmen der Sprechentwicklung. Es handelt sich um eine explorative kombinierte Längs- und Querschnittspilotstudie in den ersten sieben Lebensmonaten. Das Design war durch akustisches Material aus früheren Projekten vorgegeben, da es sich hier um eine retrospektive Analyse anonymisierter Daten handelt: Es wurden zwei unterschiedliche Gruppen jeweils im Längsschnitt untersucht: Gruppe 1 (N = 12): 1. – 7. Lebensmonat, Gruppe 2 (N = 8): 3. – 7. Lebensmonat. Dadurch ergab sich ein zeitlich überlappendes Design. Alle Probanden waren gesunde und termingerecht geborene Säuglinge.

Die in der vorliegenden Arbeit erfolgte explorative Längs- und Querschnittsanalyse vorsprachlicher Lautäußerungen (Vokalisationen) wurde bei insgesamt 20 Säuglingen durchgeführt, von denen 10 weiblichen Geschlechts waren. Alle Probanden waren Teilnehmer vorhergehender Studien, in denen ihre Vokalisationen erhoben und anonymisiert als Audiofiles im ZVES archiviert wurden. Die Lautaufnahmen stammen von Probanden aus zwei verschiedenen Studien, die beide durch die jeweils zuständige Ethikkommission geprüft und als unbedenklich eingestuft wurden. In der vorliegenden Arbeit wurden nur anonymisierte Daten retrospektiv ausgewertet.

### 2.1 Datenbasis

Die Gesamtzahl der vorhandenen und für die vorliegende Untersuchung geeigneten Lautaufzeichnungen betrug 20.406 Einzelvokalisationen. Eine Einzelvokalisation ist hier als Lautproduktion während einer einzelnen expiratorischen Phase definiert. Geschlechtsbezogen teilt sich die Menge in 11.466 Lautäußerungen (Vokalisationen) männlicher Säuglinge und 8.940 Lautäußerungen weiblicher Säuglinge auf. Vegetative Laute (Husten, Schluckauf etc.) und Lachen wurden von der Analyse ausgeschlossen. Alle hier untersuchten Schreilaute (Säuglingsweinen) wurden spontan, im Kontext von Hunger, und im Bei-

sein der Mutter geäußert und waren nicht durch schmerzhaft stimuli ausgelöst.

In Tabelle 1 und Tabelle 2 ist die Datenbasis der vorliegenden Arbeit berichtet.

**Tabelle 1** Übersicht der gesamten Einzelvokalisationen sortiert nach Geschlecht, Anzahl der Aufnahmetermine und Alter in Tagen / Wochen in Gruppe 1

Proband		AA	AE	AR	AS	BF	DQ	AV	BY	BZ	CB	FT	GW
Geschlecht		W	W	W	W	W	W	M	M	M	M	M	M
Anzahl der Aufnahmetermine		23	21	11	12	17	18	22	12	23	13	25	36
Alter in		Anzahl der Signale											
Wochen	Tagen												
1	0-7	40	6	39	49	34	51	0	15	8	9	25	48
2	8-14	28	11	0	0	0	28	0	0	22	61	59	0
3	15-21	13	75	41	17	40	25	26	8	11	0	68	58
4	22-28	32	94	0	58	19	0	76	0	16	18	0	65
5	29-35	58	58	0	0	0	93	42	7	16	0	87	0
6	36-42	45	43	51	21	48	24	34	0	15	34	82	61
7	43-49	26	0	0	0	44	19	72	14	25	0	110	81
8	50-56	17	29	55	11	34	31	54	0	18	19	39	88
9	57-63	22	22	0	0	33	41	41	13	19	0	0	60
10	64-70	17	39	0	22	16	30	50	0	20	24	0	21
11	71-77	50	22	26	0	57	31	45	6	29	12	0	64
12	78-84	29	24	0	15	40	23	69	0	18	0	0	84
13	85-91	15	17	0	0	21	36	38	26	12	0	71	204
14	92-98	9	20	67	42	49	33	66	0	25	29	44	108
15	99-105	6	49	0	0	35	75	49	16	30	0	77	41
16	106-112	9	44	65	22	39	36	18	0	67	27	28	55
17	113-119	6	62	0	0	0	32	60	16	25	0	81	110
18	120-126	29	53	82	77	0	0	21	0	75	12	68	34
19	127-133	13	53	0	0	0	0	52	81	55	0	63	42
20	134-140	0	44	42	0	13	0	33	0	21	0	75	43
21	141-147	10	37	0	0	0	0	24	0	24	14	0	40
22	148-154	0	51	39	0	0	0	42	0	22	40	0	71
23	155-161	14	48	0	9	0	0	37	30	45	0	0	28
24	162-168	11	0	28	10	30	42	12	0	0	60	0	74
25	169-175	0	44	0	0	0	0	0	39	0	0	0	35
26	176-182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	183-189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	190-196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
29	197-203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	204-210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
Gesamtzahl aller Laute		499	945	535	353	552	650	961	271	618	359	977	1592

Tabelle 2 Übersicht der gesamten Einzelvokalisationen sortiert nach Geschlecht, Anzahl der Aufnahme Termine und Alter in Tagen / Wochen in Gruppe 2

Proband		VB	VD	VH	VL	VC	VE	VF	VI
Geschlecht		W	W	W	W	M	M	M	M
Anzahl der Aufnahme Termine		23	23	31	21	11	12	30	13
Alter in		Anzahl der Signale							
Wochen	Tagen								
10	64-70	135	0	0	0	0	0	0	0
11	71-77	0	0	0	0	202	0	142	121
12	78-84	0	84	0	39	0	176	191	87
13	85-91	94	0	37	34	168	0	0	61
14	92-98	0	104	86	29	0	87	0	95
15	99-105	142	113	64	71	157	81	554	72
16	106-112	0	0	29	0	0	0	111	51
17	113-119	0	0	48	0	171	0	373	52
18	120-126	117	112	95	83	0	147	206	0
19	127-133	0	0	14	0	136	0	101	65
20	134-140	84	0	28	95	0	0	0	0
21	141-147	103	57	40	115	90	89	215	107
22	148-154	169	190	69	104	0	260	231	0
23	155-161	40	344	19	239	155	112	0	68
24	162-168	111	144	119	53	0	101	0	0
25	169-175	62	25	61	279	87	0	47	0
26	176-182	364	0	61	101	126	64	398	64
27	183-189	94	87	62	0	0	0	0	86
28	190-196	121	33	46	38	84	49	67	0
29	197-203	96	30	0	42	0	256	253	0
30	204-210	125	26	0	0	72	0	0	0
Gesamtzahl aller Laute		1857	1349	878	1322	1448	1422	2889	929

## 2.2 Datenanalyse

### 2.2.1 Klassifizierung nach Vokalisationstyp

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Konstriktionsphänomene (siehe Kapitel 2.2.2) wurden bei verschiedenen Vokalisationstypen bestimmt. Es wurde zwischen vier Vokalisationstypen unterschieden: 1. Weinflaute (C), 2. Übergangslaute (UC), 3. Übergangslaute zum Babbeln (UB), 4. Babbellaute (BB).

Diese Differenzierung hat es erlaubt, zwischen sehr heftigem, intensivem Weinen (C) und in der Intensität abgeschwächtem, oft melodischerem Weinen (UC) zu unterscheiden. Übergangslaute zum Babbeln (UB) werden definiert als Komfortlaute (Nichtschreibvokalisationen), inklusive Kurzlaute (< 300 ms), die artikulatorische Elemente jeglicher Art (phonemische und rhythmische Elemente) enthielten, aber noch keine wohlgeformten Silben aufwiesen. Babbellaute (BB) waren durch Konsonant-Vokal-Bildungen charakterisiert, die mindestens eine kanonische Silbe enthielten.

In einer individuellen Aufnahmesequenz wechselten sich unter Umständen einzelne oder sogar alle Vokalisationstypen ab. Daher musste jede einzelne der insgesamt 20.406 Einzelvokalisationen (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2) audiovisuell analysiert und für jede Einzelvokalisation der entsprechende Vokalisationstyp identifiziert und dokumentiert werden. Das erfolgte auditiv unter zusätzlicher Verwendung der Frequenzspektren im CDAP-Alben-Modul des am ZVES routinemäßig verwendeten Analysesystems (CDAP / pw-project).

Diese Kategorisierung wurde durch den Autor und eine weitere, spezifisch trainierte Person durchgeführt, um eine möglichst zuverlässige Zuordnung der Einzelvokalisationen in eine der vier Kategorien zu gewährleisten. Bei Nichtübereinstimmung der Zuordnung erfolgte die finale Klassifizierung nach einer weiteren Klassifizierung durch eine dritte spezialisierte Person am ZVES. Bei bestehender Unsicherheit oder weiterer Nichtübereinstimmung wurde das Signal aussortiert. Typische Beispiele für die einzelnen Vokalisationstypen sind in den Abbildungen 1 – 4 dargestellt; das Ergebnis der finalen Zuordnung ist in Abbildung 5 berichtet.

In den Abbildungen 1 – 4 sind Frequenzspektren für die vier Vokalisationstypen dargestellt. In allen in der vorliegenden Arbeit abgebildeten Spektren ist im oberen Fenster das Signal im Zeitbereich präsentiert (Amplitude / Zeit). Im unteren Fenster ist ein Schmalbandspektrogramm (Frequenz / Zeit), das die im Signal vorkommenden Frequenzkomponenten im Bereich 0 – 4 kHz (linear) und deren Veränderungen über die Dauer des Signals präsentiert. Der unterste Balken gibt die Grundfrequenz in ihrer zeitlichen Veränderung (Melodie) des Lautes an. Die darüberliegenden Balken stellen die weiteren Harmonischen dar. Die Intensität (Energiegehalt) der Frequenzanteile ist durch Graufärbung dargestellt (schwarz – höchster Energiegehalt).

### Frequenzspektren für die vier Vokalisationstypen

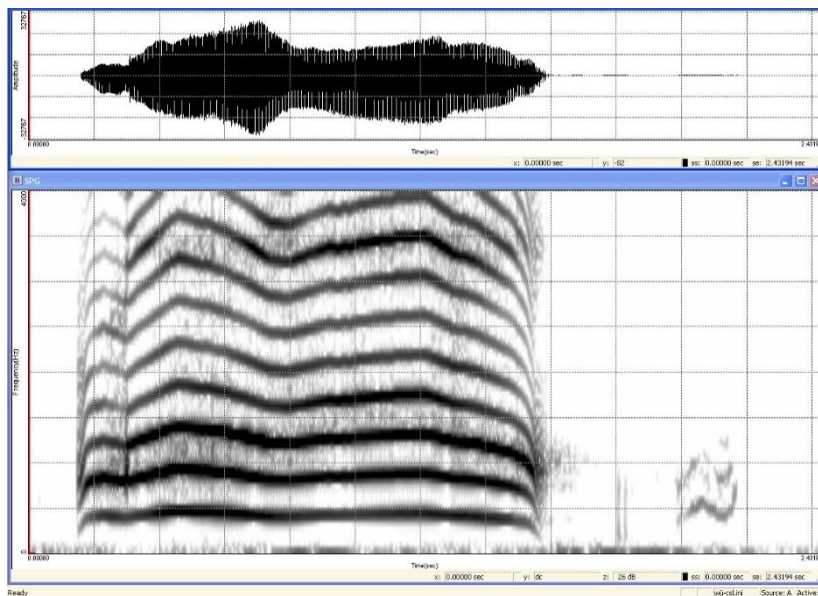


Abbildung 1 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps C

In Abbildung 1 ist ein Säuglingsschrei mit doppelböiger Melodie dargestellt. Das der Vokalisation nachfolgende Inspirationsgeräusch ist ebenfalls erkennbar. Auch in Abbildung 2 enthält das Spektrogramm das Inspirationsgeräusch, das dem Schreilaut folgt. Man erkennt hier eine stärkere Melodievariation im Vergleich zu Vokalisationstyp C (siehe Abbildung 1). Die Intensitätsvariation

(vergleiche Zeitbereichsdarstellung) wirkt sich auf den Klangcharakter der abgebildeten Vokalisation aus (Übergangslaut).

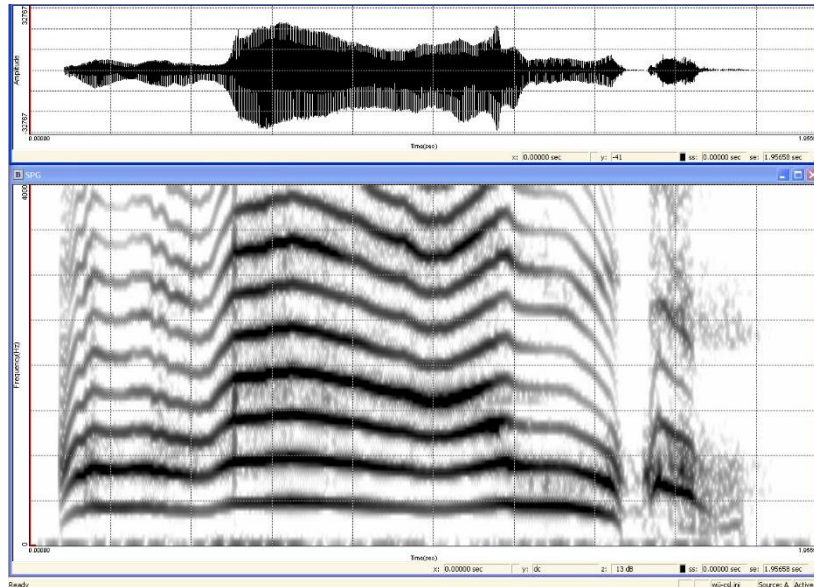


Abbildung 2 Beispiel eines Frequenzspektrums für eine Vokalisation des Vokalisationstyps **UC**

In Abbildung 3 erkennt man eine noch deutlichere Intensitätsmodulation und Rhythmisierung durch den “Einbau” konsonantähnlicher Elemente in die Melodie. Hier handelt es sich um einen einfachen Babbellaut (engl. *marginal babbling*). Am Ende der Vokalisation erkennt man eine kurze Konstriktion.

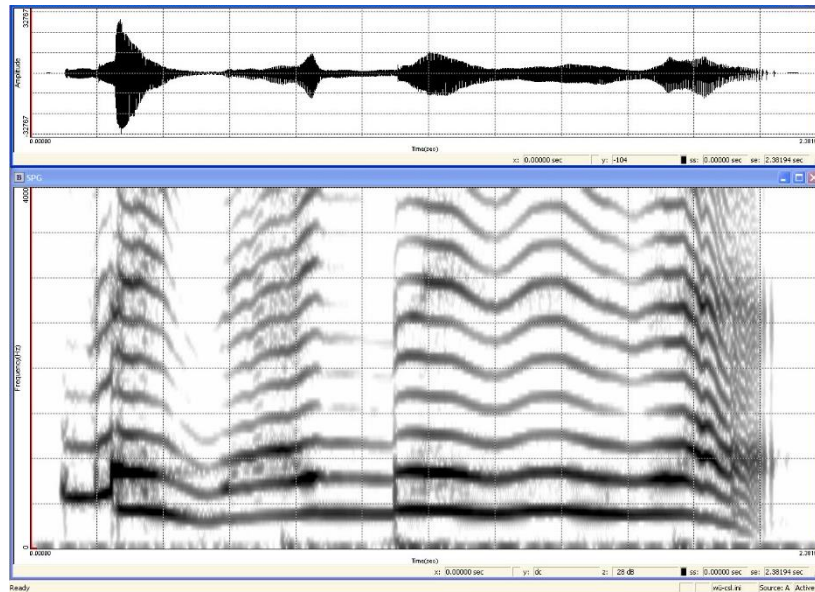


Abbildung 3 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps **UB**

In Abbildung 4 ist ein Babbellaut bestehend aus 5 Silben dargestellt.

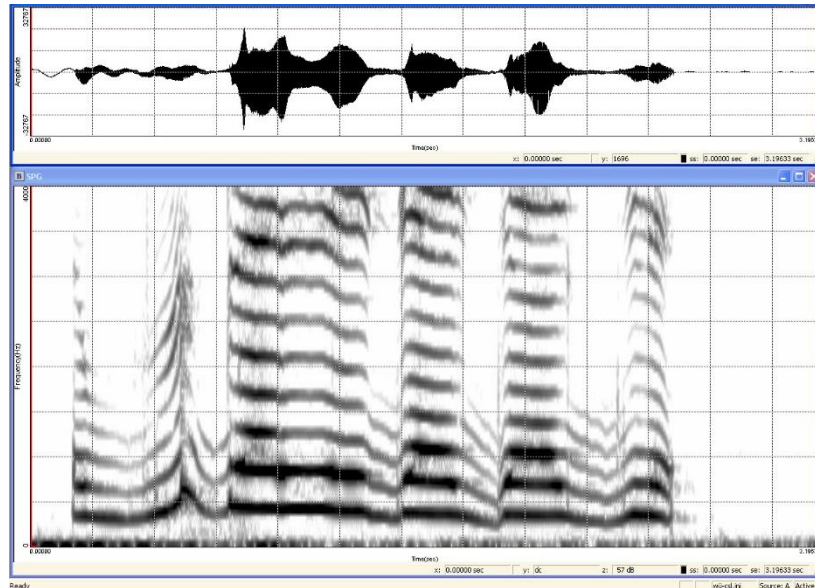


Abbildung 4 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation des Vokalisationstyps **BB**

Die Abbildung 5 zeigt alle identifizierten Vokalisationen nach Vokalisationstyp und Auftrittsalter:

Vokalisationstyp 1: Weinlaute C (N = 3230), 2: Übergangslaute UC (N = 2874), 3: Übergangslaute UB (N = 2246), 4: Babbellaute BB (N = 12056)

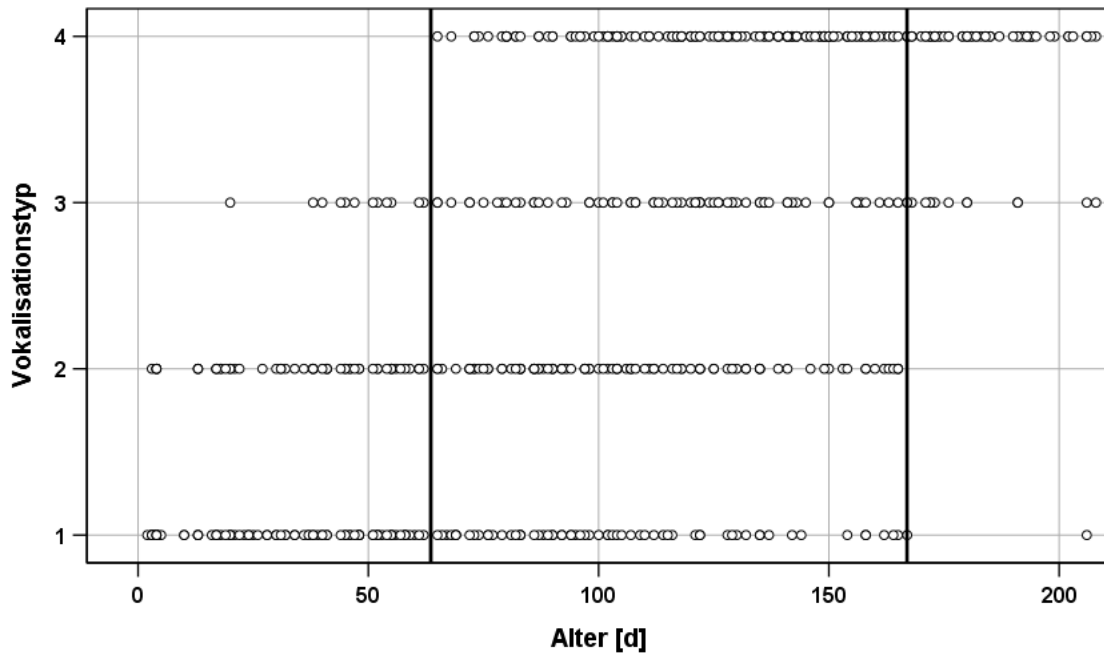


Abbildung 5 Verteilung der Vokalisationstypen über das Untersuchungsalter

Die beiden vertikalen Orientierungslinien in Abbildung 5 zeigen den Altersbereich, in dem alle Vokalisationstypen vertreten sind.

Die Vokalisationstypen C und UC traten von Anfang an auf, während der Vokalisationstyp UB ab einem Alter vom 20. Lebenstag und der Typ BB erst ab etwa dem 3. Lebensmonat (65. Lebenstag) auftraten.

### 2.2.2 Beschreibung der Konstriktions-Kategorien

Wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 berichtet, stand für die Auswertung eine relativ große Datenbasis zur Verfügung. Ziel der Arbeit war die Identifizierung von Konstriktionsphänomenen in den Einzelvokalisationen der vier Typen (siehe Kapitel 2.2.1). Diese wurden in einem ersten Analyseschritt anhand der Frequenzspektren identifiziert, nachfolgend definiert und jeweils einem Typ zugeordnet. In einem weiteren Analyseschritt wurden die Konstriktionsphänomene



nach ihrer Ausprägung kategorisiert. Die final verwendeten Kategorien wurden vom Autor vorliegender Arbeit so definiert, dass alle beobachteten Phänomene (Konstriktionsvarianten) möglichst eindeutig drei Kategorien (1 – 3) zuordenbar waren (vierte Kategorie (0) = keine Konstriktion in der Vokalisation). Die Zuordnung der Konstriktionsphänomene zu den Kategorien wurde nur durch den Autor vorliegender Arbeit anhand der von ihm vorgenommenen Definition durchgeführt. Allerdings hat er im Vorfeld, bei der Erarbeitung der Kategorien, eine zufällig gewählte Stichprobe von 50 Einzelvokalisationen durch einen zweiten Rater den Kategorien zuordnen lassen. Dabei zeigte sich eine hinreichende Eignung seiner Kategoriendefinition. Die resultierende Übereinstimmung betrug 88%.

Nachfolgend werden die hier verwendeten Kategorien erläutert und zum besseren Verständnis typische Frequenzspektren gezeigt.

#### **2.2.2.1 Kategorie 0**

In der Kategorie 0 wurden alle Einzelvokalisationen erfasst, die in der audiovisuellen Analyse keine Konstriktionsphänomene zeigten. Es handelt sich hier um Vokalisationen, die im Modalregister (engl. *normal phonation*) erzeugt wurden. In Abbildung 6 ist ein typisches Beispiel dargestellt. Die Vokalisation zeigt einen kontinuierlichen Melodieverlauf während der expiratorischen Phase, gefolgt von einer inspiratorischen Phase, die ein Inspirationsgeräusch enthält. Beurteilt wurden in der Arbeit nur die egressiven Vokalisationen.

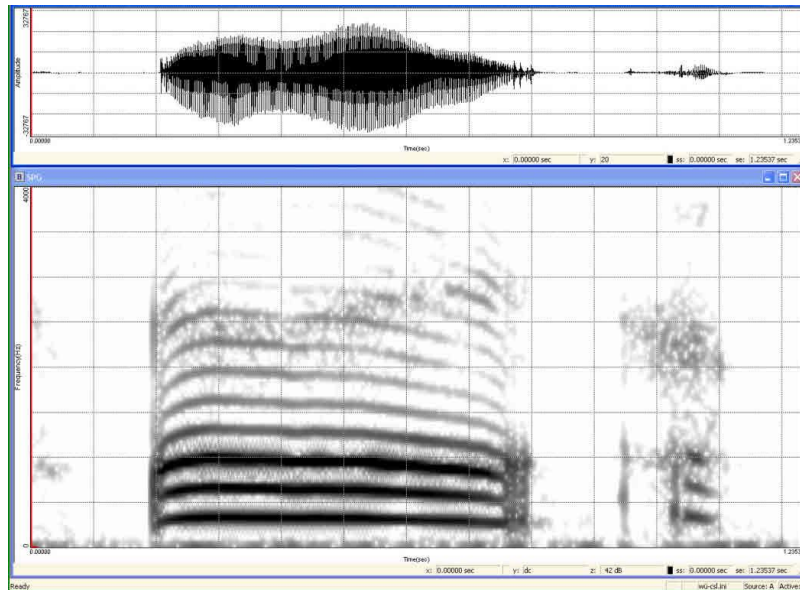


Abbildung 6 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie 0

### 2.2.2.2 Kategorie 1

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen Beispiele bei verschiedenen Vokalisationstypen. Die typischen Beispiele für die Konstriktion der Kategorie 1 im Vokalisationstyp C (siehe Abbildung 7) und UB (siehe Abbildung 8) zeigen im mittleren Teil der Vokalisationen ausgeprägte Konstruktionen mit sehr engen Harmonischen, die dadurch die Resonanzeigenschaften des Vokaltraktes deutlich hervortreten lassen (Resonanzfrequenzen, die später den Formanten entsprechen). Das in Abbildung 8 dargestellte Frequenzspektrum zeigt ausgeprägte Pulsregisterphänomene, die eine noch stärkere laryngeale Konstriktion reflektieren. Auditiv ist dies durch einen tiefen, gepressten Klang identifizierbar (Stroh bass). In beiden Beispielen zeigt das Spektrum einen Wechsel zwischen harmonischen Bereichen und Konstruktionen. Im Beispiel des Säuglingsschreis (siehe Abbildung 7) sind zusätzlich deutlich Subharmonische erkennbar, die durch Asymmetrie in den beiden (links-rechts) Stimmlippenschwingungen entstehen und oft Konstruktionen einleiten.

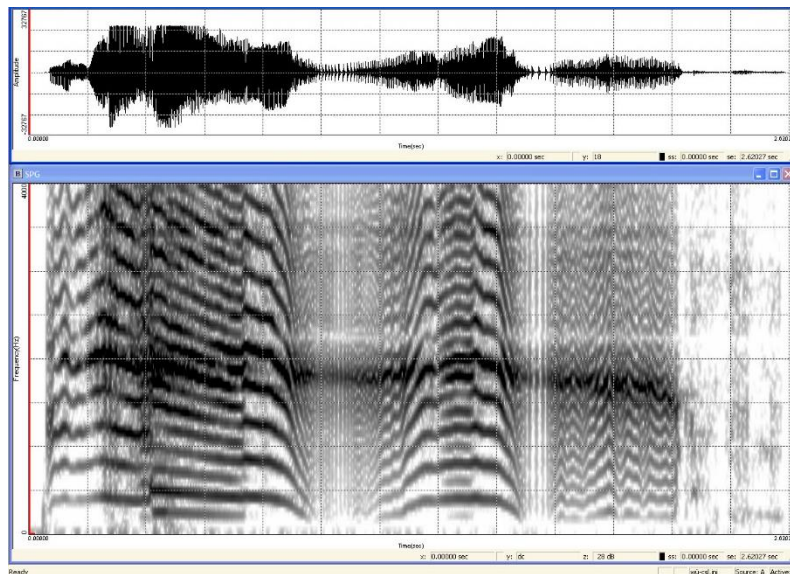


Abbildung 7 Beispiel eines Frequenzspektrums für eine Vokalisation der Kategorie 1 des Vokalisationstyps C

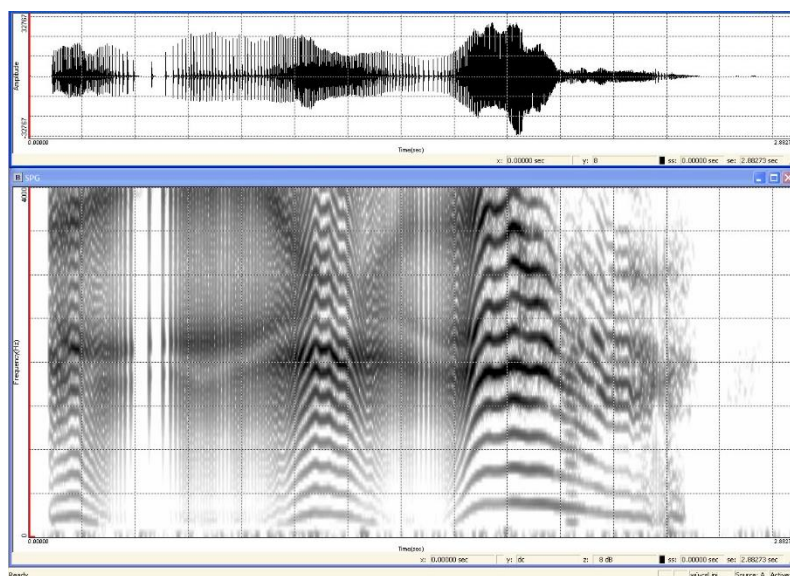


Abbildung 8 Beispiel eines Frequenzspektrums für eine Vokalisation der Kategorie 1 des Vokalisationstyps UB

### 2.2.2.3 Kategorie 2

Als typisches Merkmal von Kategorie 2 wurden neben den ebenfalls eng übereinanderliegenden Harmonischen im Konstriktionsbereich im Vergleich zu Kategorie 1 weniger ausgeprägte Konstriktionsphasen definiert. Auch kamen diese sowie verschiedene Pulsregisterphänomene hier vor allem am Lautanfang oder am Lautende (siehe Abbildung 9 bis Abbildung 11) vor. Die finale Einordnung

einer Vokalisation wurde auditiv entschieden, da der Grad der Konstriktion aufgrund der nicht normierten Zeitskala im Spektrum visuell maskiert sein kann. Die Abbildungen 9 – 11 zeigen typische Beispiele für Konstriktionen der Kategorie 2 in den Vokalisationstypen BB und UB.

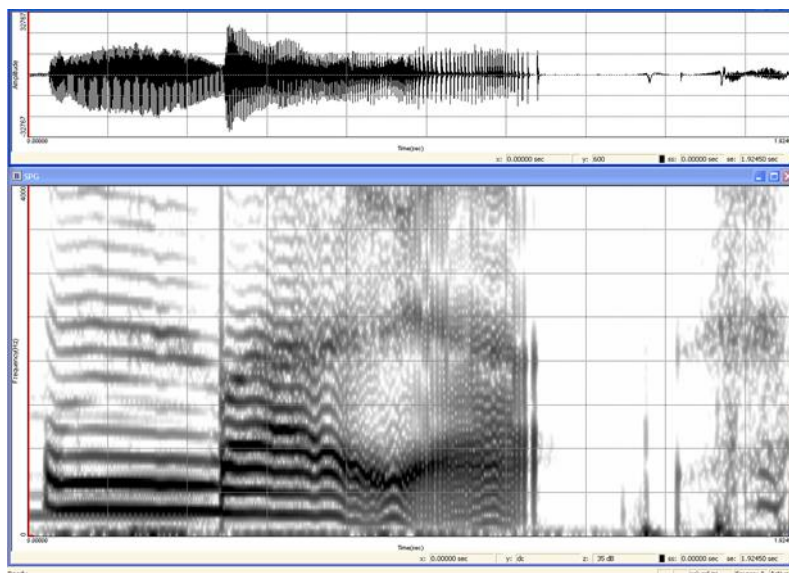


Abbildung 9 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie 2 des Vokalisationstyps BB

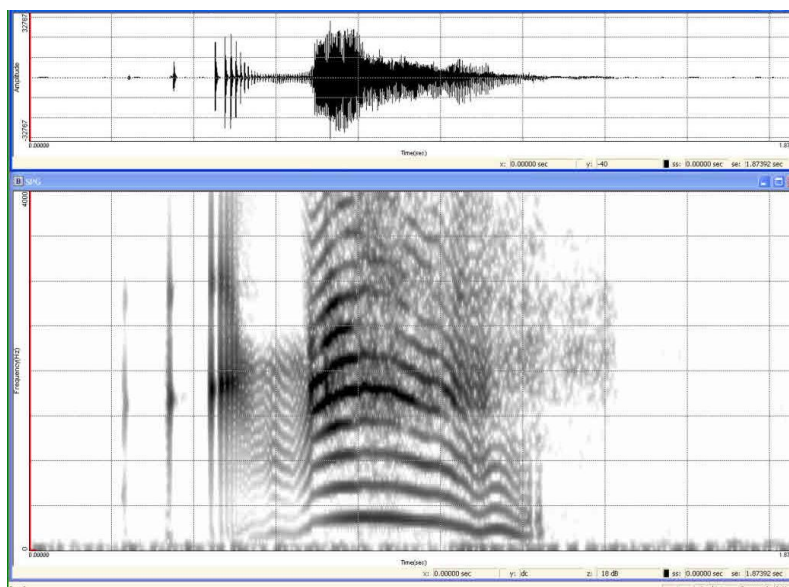


Abbildung 10 Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie 2 des Vokalisationstyps UB

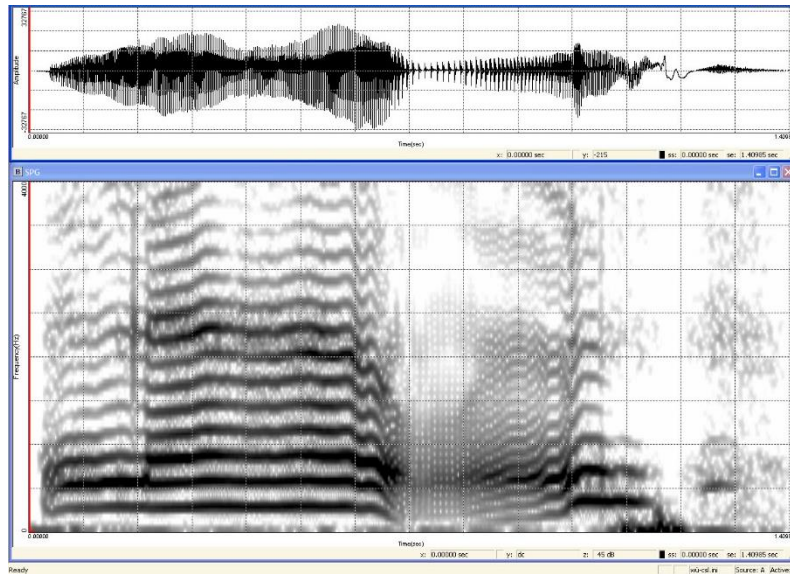


Abbildung 11 *Beispiel eines Frequenzspektrogramms für eine Vokalisation der Kategorie 2 des Vokalisationstyps BB*

#### 2.2.2.4 Kategorie 3

Kategorie 3 enthält Einzelvokalisationen mit der geringsten Form laryngealer Konstriktion, bei der auditiv zwar eine leichte Konstriktion wahrnehmbar war, diese im Spektrum aber nur andeutungsweise zu erkennen war. In diese Kategorie wurden auch alle Vokalisationen mit vollständigen Glottisverschlüssen bzw. kurzen Übergängen davor oder danach eingeordnet. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen Beispiele des Vokalisationstyps UC.



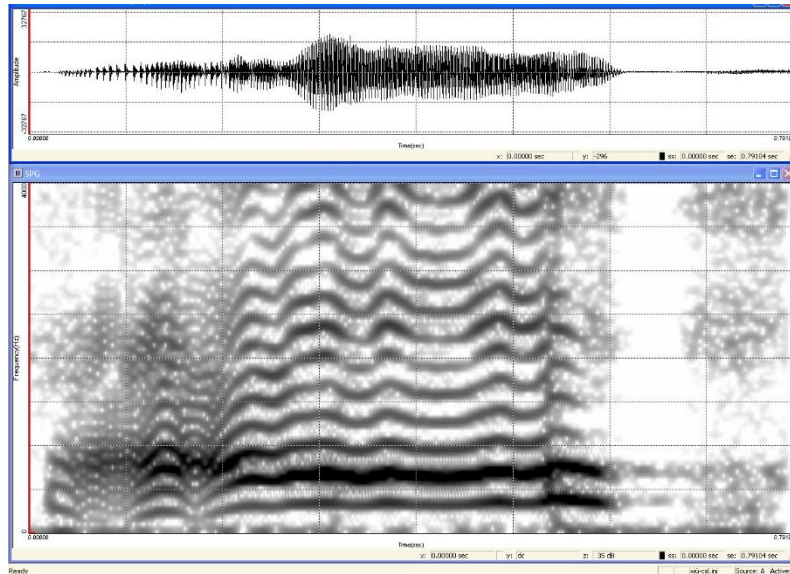


Abbildung 12 Beispiel eines Frequenzspektrums für eine Vokalisation der Kategorie **3** des Vokalisationstyps UC

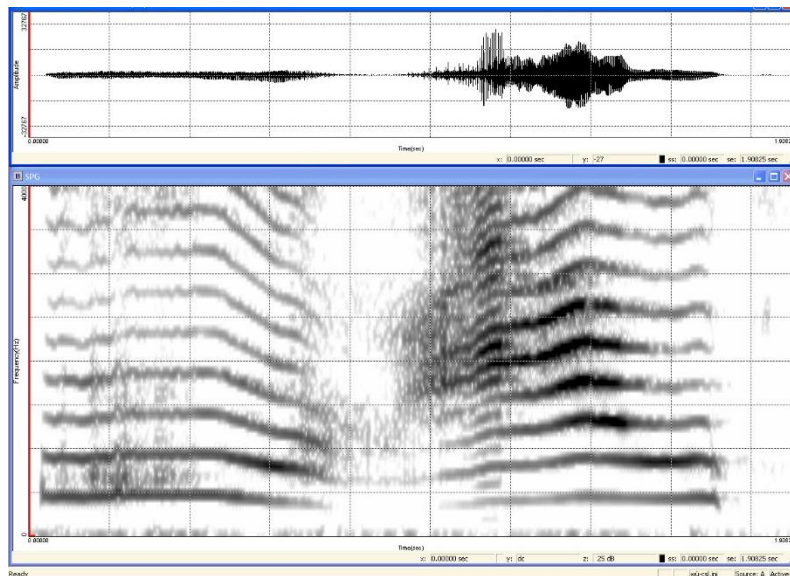


Abbildung 13 Beispiel eines Frequenzspektrums für eine Vokalisation der Kategorie **3** des Vokalisationstyps UC

## 2.3 Statistische Auswertung

Die Erfassung der erhobenen Daten erfolgte in Tabellen des Programms Microsoft Excel 2016 und die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS Statistics (IBM, Ehningen, Deutschland Version 24.0 für Windows) durchgeführt.

Die Konstriktionsphänomene wurden für jeden Säugling an jedem Aufnahme-tag ermittelt und in Tabellen erfasst. Dabei wurden sowohl der Vokalisationstyp als auch die Konstriktionskategorie erfasst. Die Analyse erfolgte auf Basis dieser Datenlevel. Die Ergebnisse wurden graphisch in Boxplots, Streudiagrammen und Kreisdiagrammen dargestellt.

Bei der verwendeten Definition der Boxplots stellt die obere Boxbegrenzung die 75% Perzentile dar und die untere Begrenzung die 25% Perzentile. Der Interquartilbereich liegt im Bereich dieser beiden Begrenzungen und enthält 50% der Werte. Die mittlere Linie innerhalb der Box markiert den Median.

Die äußeren Markierungen bzw. Antennen namens Whisker stellen Werte dar, die außerhalb der Box liegen. Sie sind maximal 1,5-mal so lang wie der Interquartilbereich. Je länger die Whisker sind, desto größer ist die Streuung und je kürzer diese sind, desto kleiner ist die Streuung. Das Ende dieser Whisker markiert Minimum und Maximum, wenn keine Ausreißer vorliegen.

Kreise stellen die sogenannten Ausreißer dar, die zwischen 1,5 und 3 Boxlängen von dem Interquartilbereich entfernt liegen. Extremwerte werden durch Sterne markiert, die mehr als 3-fache Boxlängen entfernt liegen.

Die Boxplots liefern einen Überblick über die Verteilungseigenschaft der Daten. In den Streudiagrammen wurden die Auftrittshäufigkeit der Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen in Abhängigkeit vom Alter, also in der Entwicklung untersucht. Zur Bestimmung der Altersabhängigkeit wurde aufgrund des nichtlinearen Zusammenhangs eine Loess-Kurve angepasst und grafisch dargestellt (f-Wert = 0,5).

Die Kreisdiagramme werden zur graphischen Darstellung der deskriptiven Analyseergebnisse der ermittelten Kategorienhäufigkeiten verwendet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Individuelle Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Untersuchungszeitraum

Im ersten Teil des Ergebnisberichtes wird die Auftrittshäufigkeit von Konstriktionsphänomenen bei den einzelnen Säuglingen im gesamten Untersuchungszeitraum sowie im Altersverlauf betrachtet.

Abbildung 14 veranschaulicht, dass Konstriktionsphänomene bei allen untersuchten Probanden im gesamten Untersuchungszeitraum vorkamen (siehe Tabelle 3). Zu erkennen ist eine große interindividuelle Variation. Die horizontale Linie markiert den Gruppenmedian (12,9%). Die Abbildung unterscheidet nicht nach Vokalisationstyp.

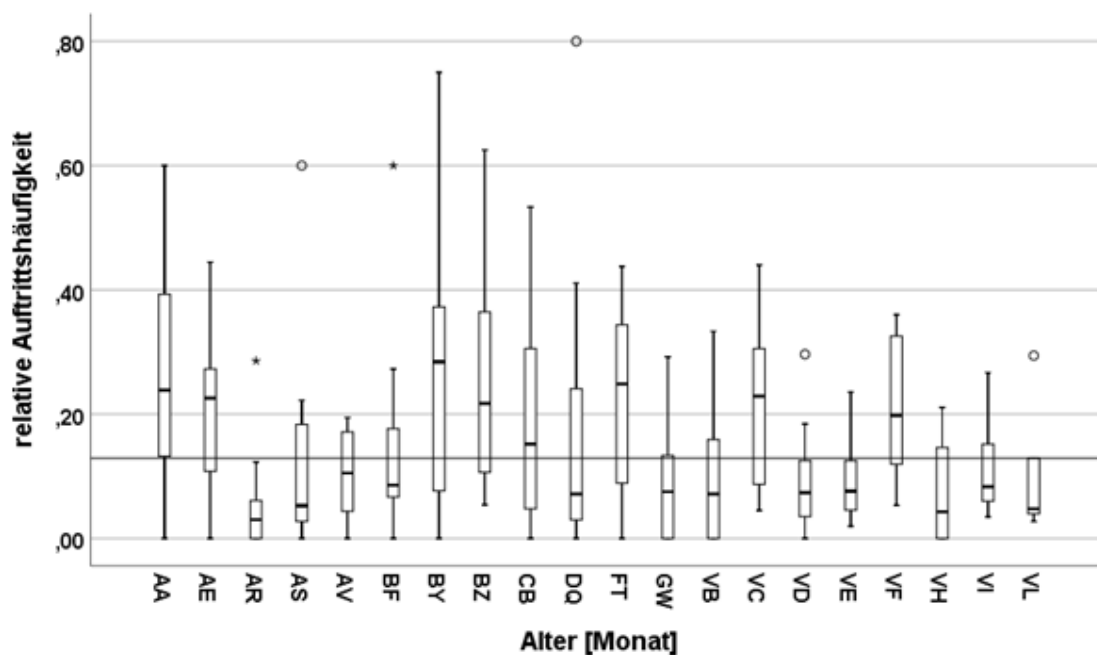


Abbildung 14 *Boxplotdiagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen bei den einzelnen Säuglingen im gesamten Untersuchungszeitraum*



Tabelle 3 Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N\_C)

Monat	1			2			3			4			5			6			7			
Kind	G	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%
AA	w	113	6	5,3%	168	26	15,5%	111	16	14,4%	30	15	50,0%	52	18	34,6%	25	6	24,0%			
AE	w	186	9	4,8%	152	19	12,5%	102	15	14,7%	175	41	23,4%	238	53	22,3%	92	33	35,9%			
AR	w	80	3	3,8%	106	8	7,5%	26	2	7,7%	217	5	2,3%	81	8	9,9%	25	0	0,0%			
AS	w	124	3	2,4%	32	9	28,1%	37	2	5,4%	64	4	6,3%	77	4	5,2%	19	2	10,5%			
AV	m	144	11	7,6%	201	39	19,4%	202	34	16,8%	193	15	7,8%	172	9	5,2%	49	5	10,2%			
BF	w	93	2	2,2%	159	15	9,4%	134	19	14,2%	125	21	16,8%	13	5	38,5%	28	2	7,1%			
BY	m	23	6	26,1%	21	9	42,9%	45	14	31,1%	32	3	9,4%	81	27	33,3%	69	18	26,1%			
BZ	m	57	12	21,1%	74	4	5,4%	98	34	34,7%	147	52	35,4%	175	31	17,7%	67	15	22,4%			
CB	m	88	14	15,9%	53	19	35,8%	36	11	30,6%	56	23	41,1%	26	5	19,2%	100	7	7,0%			
DQ	w	197	6	3,0%	84	25	29,8%	151	31	20,5%	176	15	8,5%				42	0	0,0%			
FT	m	152	38	25,0%	318	80	25,2%	71	21	29,6%	230	81	35,2%	206	44	21,4%						
GW	m	171	6	3,5%	257	42	16,3%	406	60	14,8%	314	31	9,9%	230	23	10,0%	137	27	19,7%	77	1	1,3%
VE	m							176	13	7,4%	168	25	14,9%	303	27	8,9%	470	15	3,2%	305	6	2,0%
VB	w							229	32	14,0%	259	40	15,4%	286	42	14,7%	647	40	6,2%	436	32	7,3%
VC	m							370	113	30,5%	328	84	25,6%	226	49	21,7%	368	32	8,7%	156	7	4,5%
VD	w							84	5	6,0%	217	16	7,4%	315	44	14,0%	557	101	18,1%	176	8	4,5%
VF	m							333	74	22,2%	1067	188	17,6%	539	97	18,0%	406	42	10,3%	544	29	5,3%
VH	w							37	0	0,0%	238	14	5,9%	185	39	21,1%	269	38	14,1%	149	4	2,7%
VI	m							269	26	9,7%	270	41	15,2%	172	6	3,5%	132	11	8,3%	86	6	7,0%
VL	w							73	2	2,7%	100	4	4,0%	371	48	12,9%	597	28	4,7%	181	10	5,5%

N: Anzahl von Vokalisationen

G: Geschlecht

N\_C: absolute Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen

?: relative Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen

In Tabelle 3 sind die analysierten Anteile von Vokalisationen (alle Typen) für die Probanden pro Lebensmonat berichtet. Man erkennt eine hohe interindividuelle Variation sowie einen möglichen Alterseffekt, der in den nachfolgenden Kapiteln detaillierter behandelt wird.

## 3.2 Altersabhängige Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen

### 3.2.1 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf ohne Berücksichtigung des Vokalisations-typs

In Abbildung 15 sind die ermittelten Auftrittshäufigkeiten von Lauten (Vokalisationen) mit Konstriktionsphänomenen über die Säuglinge im Altersverlauf über den Untersuchungszeitraum dargestellt.

Die resultierenden statistischen Kenngrößen sind in Tabelle 4 berichtet.

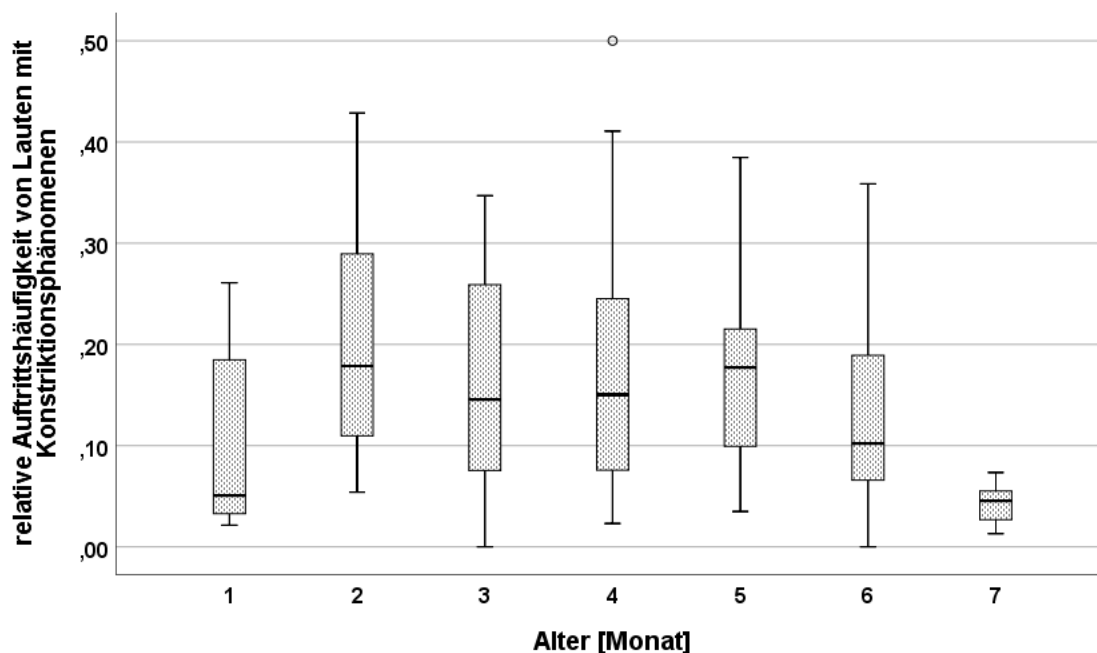


Abbildung 15 *Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf*

Man erkennt eine deutliche Zunahme der Vokalisationen (Laute) mit Konstriktionsphänomenen vom 1. zum 2. Lebensmonat. Danach bleibt der relative Anteil (ohne Berücksichtigung des Vokalisationstyps) bis zum 5. Lebensmonat etwa gleich. Im 6. und 7. Lebensmonat ist eine deutliche Abnahme zu beobachten.

Tabelle 4      *Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf*

Monat	1	2	3	4	5	6	7	
Mittelwert	0,10	0,21	0,16	0,18	0,17	0,12	0,04	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,04	0,13	0,11	0,11	0,13	0,08	0,03
	Obergrenze	0,16	0,28	0,21	0,24	0,22	0,17	0,06
5% getrimmtes Mittel	0,10	0,20	0,16	0,17	0,17	0,12	0,04	
Median	0,05	0,18	0,14	0,15	0,18	0,10	0,05	
Varianz	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	
Standardabweichung	0,09	0,12	0,10	0,13	0,09	0,09	0,02	
Minimum	0,02	0,05	0,00	0,02	0,04	0,00	0,01	
Maximum	0,26	0,43	0,35	0,50	0,39	0,36	0,07	

In Abbildung 16 ist die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen (Lauten) mit Konstriktionsphänomenen an den einzelnen Aufnahmetagen im Altersverlauf in einem Streudiagramm dargestellt. Die angepasste Loess-Kurve deutet auch bei Auftragung der Werte nach Tagesmittel und Vokalisationstyp auf eine Zunahme der Laute mit Konstriktionsphänomenen in den ersten 50 Lebenstagen hin. Danach bleibt sie stabil bei ca. 16%, um dann ab dem ca. 130. Tag wieder abzunehmen. Diese Analyse bestätigt die Boxplot-Darstellung (siehe Abbildung 15).

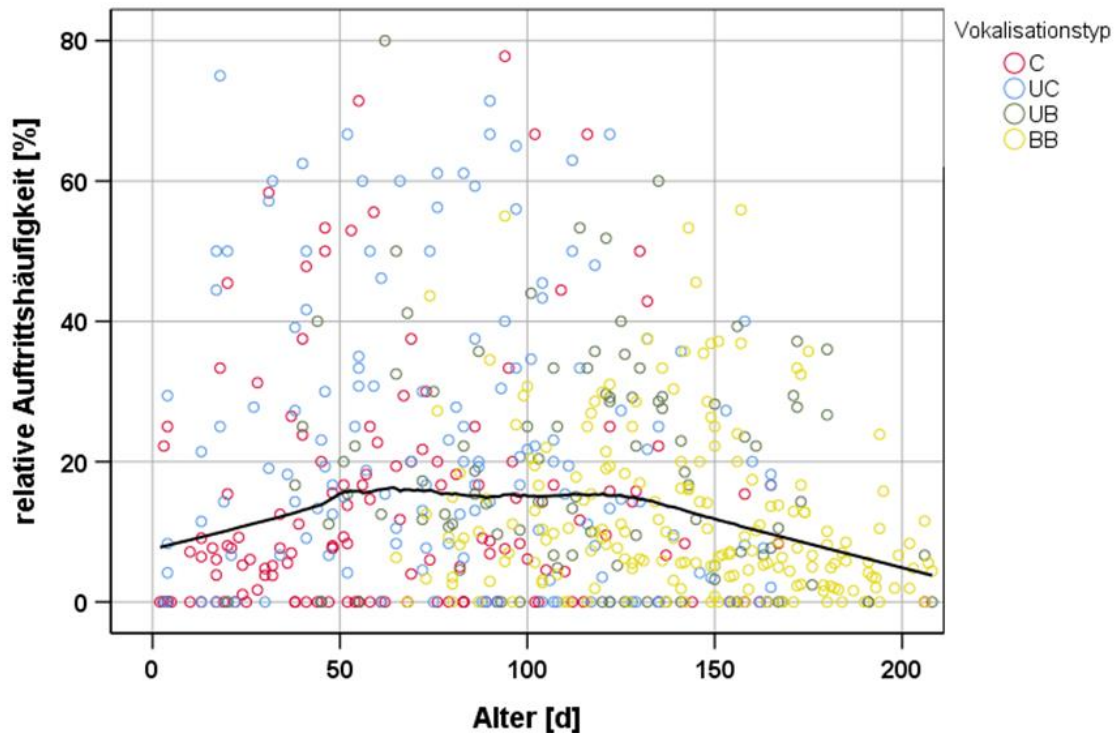


Abbildung 16 Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf

### 3.2.2 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf bezüglich des Geschlechts

Geschlechtsbezogen lag die relative Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen (Lauten) mit Konstriktionsphänomenen im gesamten Untersuchungszeitraum bei den männlichen Säuglingen bei 8,6 % und bei den weiblichen Säuglingen bei 5%.

Abbildung 17 zeigt die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf geschlechtsspezifisch ohne Berücksichtigung des Vokalisationstyps. Vom 1. bis 5. Lebensmonat ist der Medianwert der männlichen Säuglinge oberhalb des Medianwerts der weiblichen Säuglinge. Im 6. und 7. Lebensmonat (nur Babbellaute) sind die Medianwerte sehr ähnlich (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6).

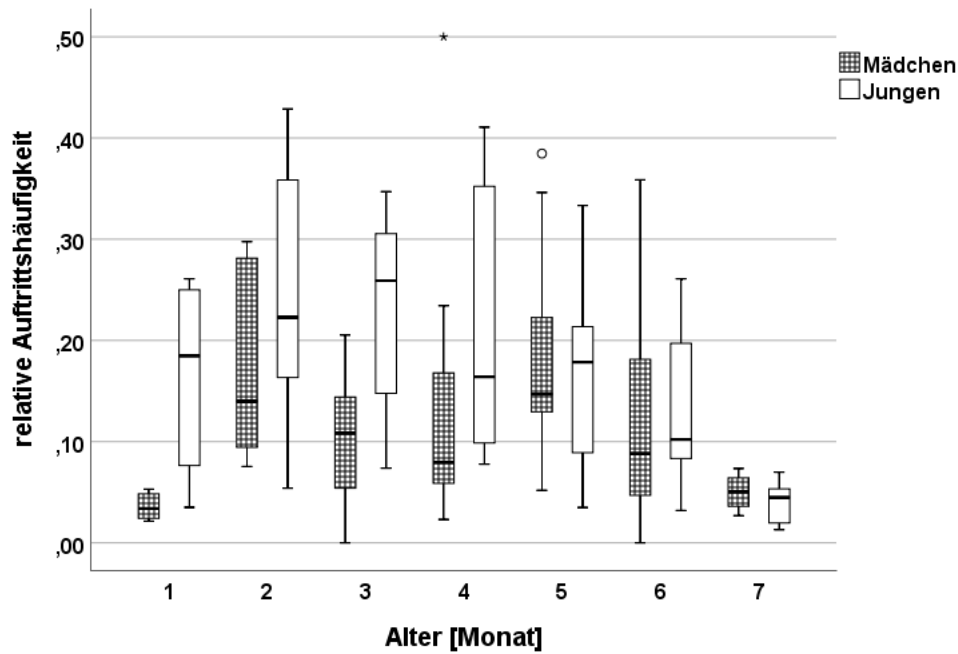


Abbildung 17 *Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der weiblichen und männlichen Säuglinge im Altersverlauf*

Tabelle 5 *Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der weiblichen Säuglinge im Altersverlauf*

Monat	1	2	3	4	5	6	7	
Mittelwert	0,04	0,17	0,10	0,14	0,19	0,12	0,05	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,02	0,07	0,05	0,04	0,11	0,04	0,02
	Obergrenze	0,05	0,30	0,14	0,24	0,28	0,20	0,08
5% getrimmtes Mittel	0,04	0,17	0,10	0,13	0,19	0,11	0,05	
Median	0,03	0,14	0,11	0,08	0,15	0,09	0,05	
Varianz	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	
Standardabweichung	0,01	0,09	0,07	0,14	0,11	0,11	0,01	
Minimum	0,02	0,08	0,00	0,02	0,05	0,00	0,03	
Maximum	0,05	0,30	0,21	0,50	0,40	0,40	0,07	

Tabelle 6 Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen der **männlichen** Säuglinge im Altersverlauf

Monat	1	2	3	4	5	6	7
Mittelwert	0,17	0,24	0,22	0,21	0,16	0,13	0,04
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,07	0,10	0,16	0,12	0,09	0,07
	Obergrenze	0,26	0,38	0,30	0,30	0,22	0,19
5% getrimmtes Mittel	0,17	0,24	0,23	0,21	0,16	0,13	0,04
Median	0,18	0,22	0,26	0,16	0,18	0,10	0,04
Varianz	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00
Standardabweichung	0,09	0,14	0,10	0,12	0,09	0,08	0,02
Minimum	0,04	0,05	0,07	0,08	0,03	0,03	0,01
Maximum	0,26	0,43	0,35	0,41	0,33	0,26	0,07

Bisher wurde der Vokalisationstyp nicht berücksichtigt, dies ist jedoch erforderlich, um zu untersuchen, ob es sich tatsächlich um einen Alterseffekt handelt, oder das Ergebnis durch den Vokalisationstyp primär hervorgerufen wird. Dies wird nachfolgend näher betrachtet.

### 3.3 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen unter Berücksichtigung der verschiedenen Vokalisationstypen

In einem weiteren Analyseschritt wurde die relative Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen (Lauten) mit Konstriktionsphänomenen für jeden Vokalisationstyp im Untersuchungszeitraum ermittelt. Dabei zeigte sich, dass die meisten Konstriktionsphänomene bei den Vokalisationstypen UC und UB auftraten. Deutlich weniger Phänomene wurden in BB und in C beobachtet (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Anzahl der Vokalisationstypen im Untersuchungszeitraum und Anteil der Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen

Vokalisations-Typ	Gesamtzahl der Laute	N_C	%
C	3230	315	9,8
UC	2874	593	20,6
UB	2246	408	18,2
BB	12056	1441	12,0

In Tabelle 8 sind die entsprechend ermittelten Auftrittshäufigkeiten geschlechtsspezifisch dargestellt. Beide Geschlechter zeigen die meisten Konstriktionsphänomene in den Vokalisationstypen UC und UB.

Außerdem ist zu beobachten, dass männliche Säuglinge im Vergleich zu den weiblichen Säuglingen in allen Vokalisationstypen mehr Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen aufweisen.

*Tabelle 8      Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen in jedem Vokalisationstyp bezüglich des Geschlechts*

Mädchen			Jungen		
Vokalisationstyp	N_C	%	Vokalisationstyp	N_C	%
C	120	7,2	C	195	12,5
UC	155	16,2	UC	438	22,8
UB	130	14,4	UB	278	20,6
BB	594	10,8	BB	856	12,3

### **3.4    Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf**

In Abbildung 18 ist die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf dargestellt (Probandenmittelung). In den ersten beiden Lebensmonaten sind jeweils C-Laute von 12 Säuglingen in die Analyse eingegangen, in den anderen Lebensmonaten weniger (siehe Tabelle 9). Die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen nimmt vom 1. zum 2. Lebensmonat bei 9 der 12 Säuglingen zu. Im 3. und 4. Lebensmonat gab es Daten von 10 bzw. 9 Säuglingen. Einige zeigten eine Abnahme der Häufigkeit bei Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen in diesem Alter (siehe Tabelle 9). Im 5. Lebensmonat (5 Säuglinge) ist der Medianwert für die Häufigkeit mit dem im 2. Lebensmonat vergleichbar, also, zumindest bei diesen Säuglingen, wieder angestiegen (siehe Abbildung 18, Tabelle 10).

Tabelle 9 Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N\_C) im Vokalisationstyp C

Monat		1			2			3			4			5			6			7		
Kind	G	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%
AA	w	109	5	4,6%	163	23	14,1%	89	11	12,4%	30	15	50,0%	16	3	18,8%	4	0	0,0%			
AE	w	177	5	2,8%	139	15	10,8%	56	9	16,1%				15	0	0,0%	13	0	0,0%			
AR	w	57	2	3,5%	49	1	2,0%				18	0	0,0%	15	0	0,0%	13	0	0,0%			
AS	w	120	3	2,5%	27	6	22,2%	27	0	0,0%	19	1	5,3%				6	1	16,7%			
AV	m	144	11	7,6%	144	28	19,4%	91	16	17,6%	175	15	8,6%	68	8	11,8%	6	1	16,7%			
BF	w	63	2	3,2%	63	1	1,6%															
BY	m	15	0	0,0%	4	2	50,0%				7	0	0,0%				13	2	15,4%			
BZ	m	57	12	21,1%	74	4	5,4%	50	4	8,0%												
CB	m	9	2	22,2%	30	16	53,3%	36	11	30,6%							21	1	4,8%			
DQ	w	163	5	3,1%	28	2	7,1%	84	6	7,1%	104	5	4,8%				37	0	0,0%			
FT	m	45	4	8,9%	106	19	17,9%	23	2	8,7%	35	11	31,4%	30	7	23,3%						
GW	m	116	2	1,7%	90	7	7,8%	48	0	0,0%	4	0	0,0%	34	4	11,8%				8	0	0,0%
VE	m							40	2	5,0%	37	4	10,8%									

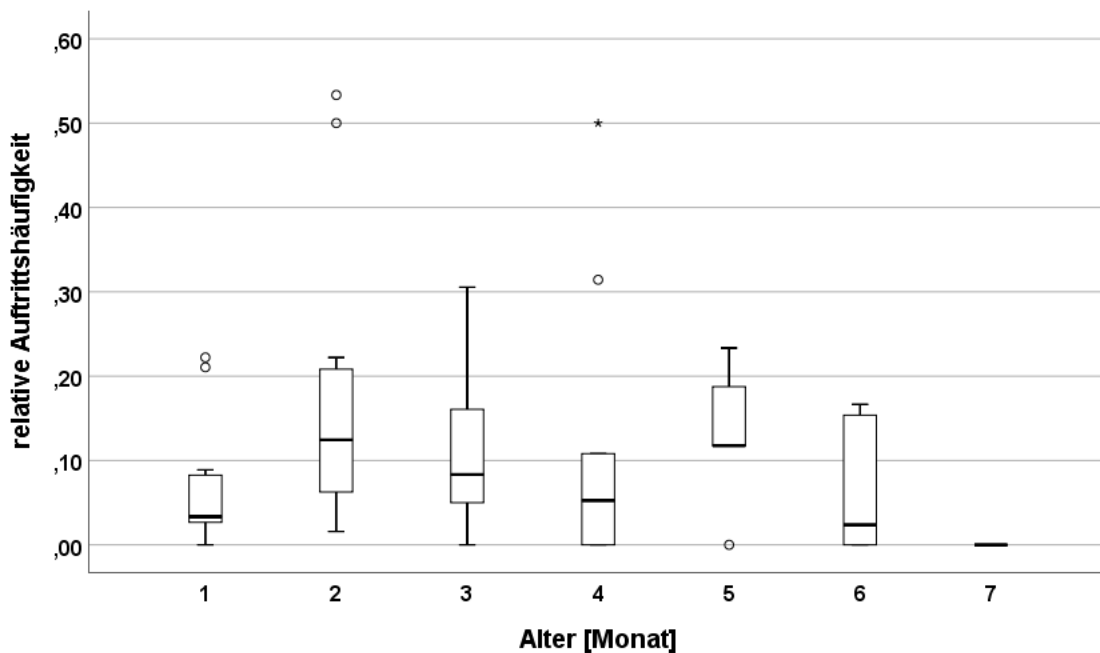


Abbildung 18 Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf



Tabelle 10 *Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C im Altersverlauf*

Monat		1	2	3	4	5	6
Mittelwert		0,07	0,18	0,11	0,12	0,13	0,06
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,02	0,07	0,04	-0,01	0,02	-0,02
	Obergrenze	0,11	0,29	0,17	0,26	0,24	0,14
5% getrimmtes Mittel		0,06	0,17	0,10	0,11	0,13	0,06
Median		0,03	0,12	0,08	0,05	0,12	0,02
Varianz		0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01
Standardabweichung		0,07	0,17	0,09	0,17	0,09	0,08
Minimum		0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum		0,22	0,53	0,31	0,50	0,23	0,17

In Abbildung 19 ist das Streudiagramm für die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen (Lauten) mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C auf Vokalisationsdatenlevel dargestellt und die Loess-Kurve bezogen auf das Alter in Tagen eingezeichnet. Diesbezüglich erkennt man in den ersten 60 Lebenstagen einen Anstieg. Zwischen dem ca. 60. und 120. Lebenstag beobachtet man eine relative Stabilität der Loess-Kurve. Ab dem ca. 122. Lebenstag bzw. 5. Lebensmonat findet eine Abnahme statt. Allerdings gibt es hier auch deutlich weniger Daten.

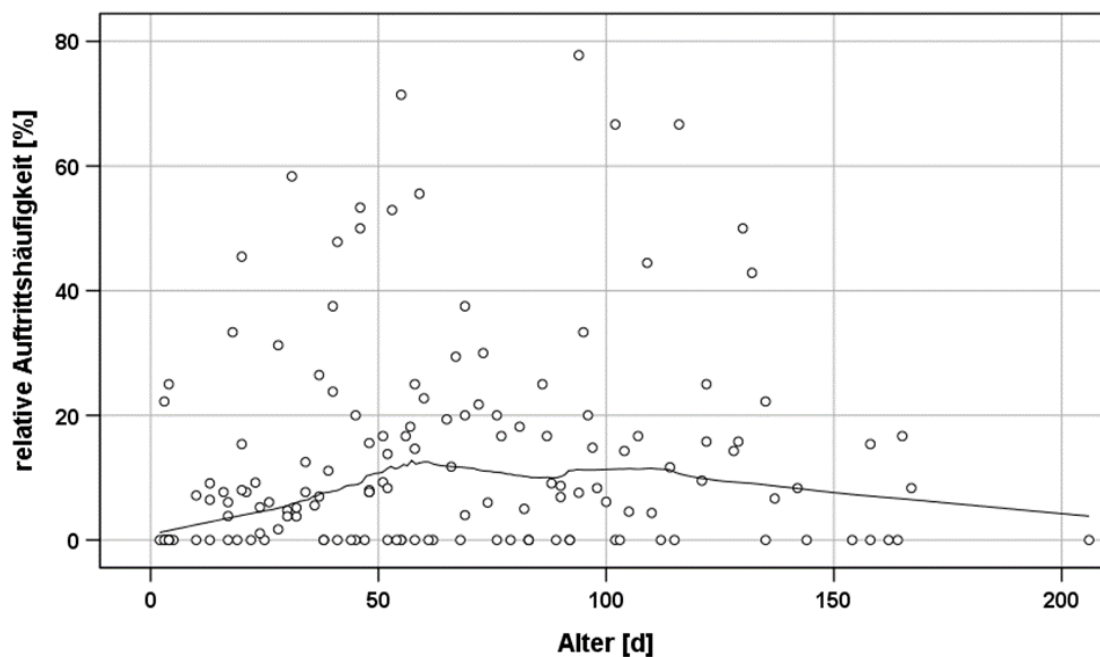


Abbildung 19 Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp C

### 3.5 Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf

Aus der Abbildung 20 geht hervor, dass auch beim Vokalisationstyp UC die Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen vom 1. zum 2. Lebensmonat zunimmt (Probandenmittelung). Danach ist eine kontinuierliche Abnahme der Medianwerte, besonders nach dem 5. Lebensmonat zu beobachten (siehe Tabelle 12). Allerdings ist zu beachten, dass die Anzahl der in die Analyse eingegangenen Säuglinge über die Lebensmonate schwankt (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11 Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N\_C) im Vokalisationstyp UC

Monat		1			2			3			4			5			6		
Kind	G	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%
AA	w	4	1	25,0%	5	3	60,0%	22	5	22,7%				22	11	50,0%	21	6	28,6%
AE	w	9	4	44,4%	13	4	30,8%	22	6	27,3%									
AR	w	23	1	4,3%	57	7	12,3%	26	2	7,7%	199	5	2,5%	45	2	4,4%	12	0	0,0%
AS	w	4	0	0,0%	5	3	60,0%	10	2	20,0%	12	2	16,7%						
AV	m				57	11	19,3%	111	18	16,2%	18	0	0,0%	91	1	1,1%	43	4	9,3%
BF	w	30	0	0,0%	68	12	17,6%	55	8	14,5%	55	15	27,3%	8	2	25,0%	13	1	7,7%
BY	m	8	6	75,0%	17	7	41,2%	45	14	31,1%	18	3	16,7%						
BZ	m							48	30	62,5%	147	52	35,4%	143	19	13,3%	67	15	22,4%
CB	m	79	12	15,2%	17	3	17,6%				56	23	41,1%	14	5	35,7%	31	0	0,0%
DQ	w	34	1	2,9%	56	23	41,1%	62	21	33,9%	58	8	13,8%				5	0	0,0%
FT	m	91	34	37,4%	212	61	28,8%	48	19	39,6%	163	56	34,4%	32	6	18,8%			
GW	m	55	4	7,3%	109	23	21,1%	86	7	8,1%	34	0	0,0%	15	2	13,3%	48	1	2,1%
VE	m							16	2	12,5%									

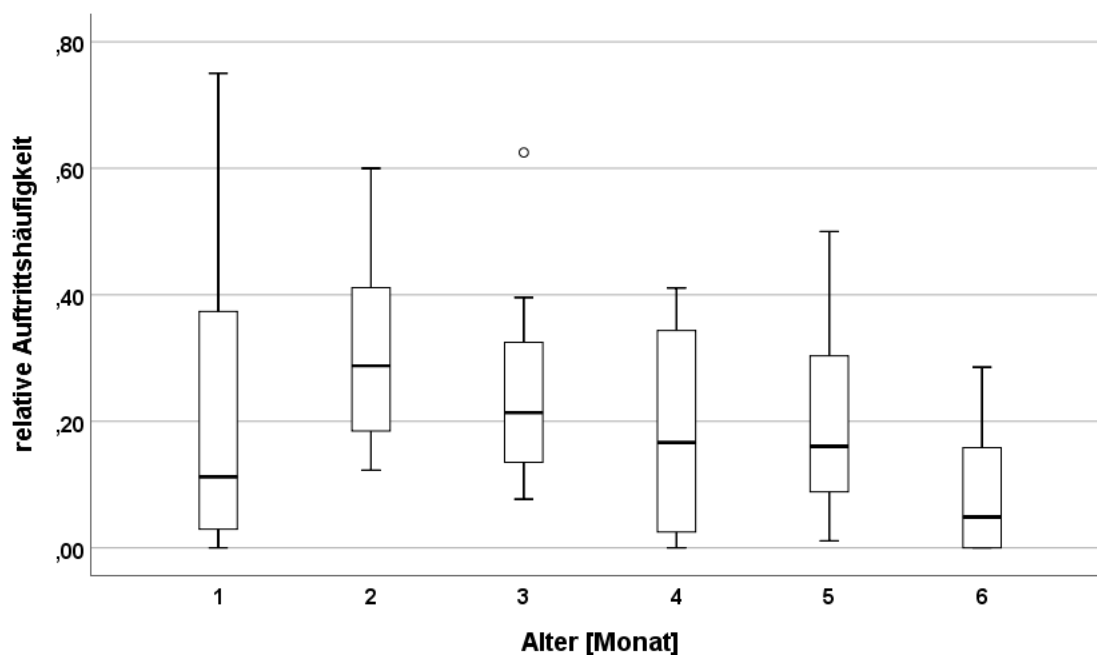


Abbildung 20 Boxplot-Diagramm der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf

Tabelle 12 *Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UC im Altersverlauf*

Monat		1	2	3	4	5	6
Mittelwert		0,21	0,32	0,25	0,19	0,20	0,09
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,04	0,21	0,15	0,08	0,07	0,00
	Obergrenze	0,39	0,43	0,35	0,30	0,34	0,18
5% getrimmtes Mittel		0,19	0,31	0,24	0,19	0,19	0,08
Median		0,11	0,29	0,21	0,17	0,16	0,05
Varianz		0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
Standardabweichung		0,25	0,17	0,16	0,15	0,16	0,11
Minimum		0,00	0,12	0,08	0,00	0,01	0,00
Maximum		0,75	0,60	0,63	0,41	0,50	0,29

In Abbildung 21 ist das Streudiagramm für den Vokalisationstyp UC auf dem Datenlevel von Vokalisationen dargestellt und die Loess-Kurve eingezeichnet. Man erkennt einen Anstieg der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen über die ersten ca. 50 Lebensstage. Danach bleibt sie bis etwa dem 100. Lebenstag relativ konstant. Anschließend ist eine Abnahme zu erkennen.

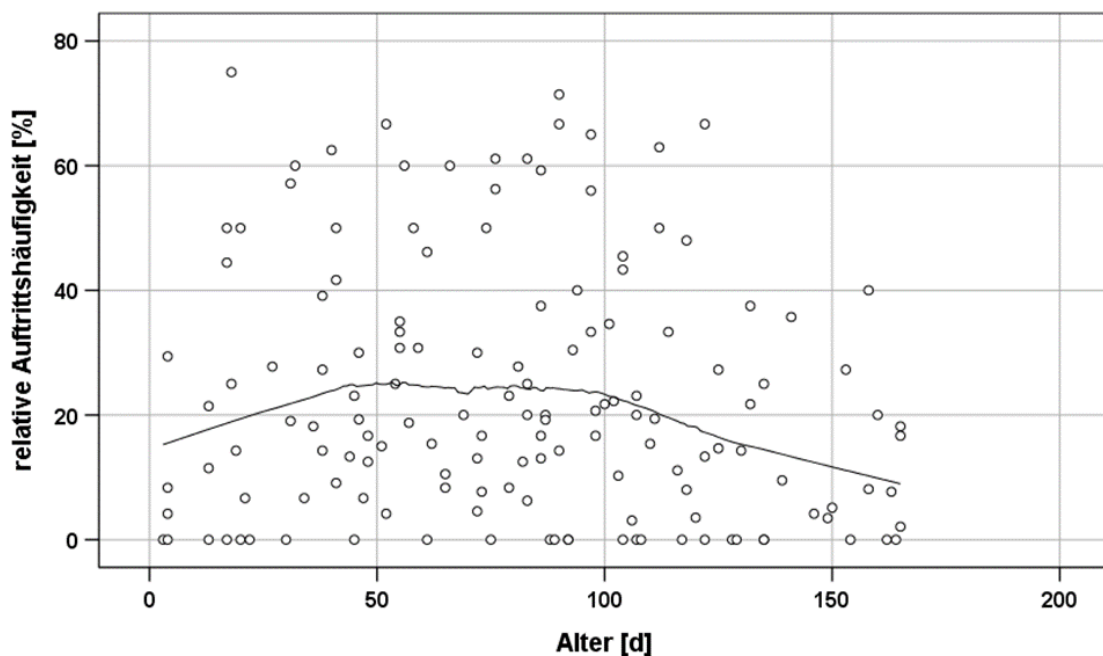


Abbildung 21 *Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp UC*

### **3.6 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf**

In Abbildung 22 erkennt man, dass im 1. Lebensmonat beim Vokalisationstyp UB keine Vokalisationen (Laute) mit Konstriktionsphänomenen vorkamen. Allerdings muss man hier berücksichtigen, dass nur ein Säugling in die Analyse eingegangen ist und dieser Säugling nur insgesamt 16 Vokalisationen dieses Typs produziert hat (siehe Tabelle 13). Vom 2. zum 3. / 4. Lebensmonat und noch stärker zum 5. Lebensmonat fand sich eine Zunahme der Auftrittshäufigkeit. Auch hier zeigte sich wieder eine Abnahme im 6. und 7. Lebensmonat. Der 5. Lebensmonat weist bei diesem Vokalisationstyp den höchsten Medianwert auf (siehe Tabelle 14).

Es ist zu erwähnen, dass im 5. und 6. Lebensmonat die UB-Laute von 12 bzw. 13 Säuglingen analysiert wurden. In den anderen Lebensmonaten war die in die Analyse einbezogene Anzahl von Säuglingen zum Teil deutlich geringer.

Tabelle 13 Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N\_C) im Vokalisationstyp UB

Monat		1			2			3			4			5			6			7			
Kind	G	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	
AA	w													14	4	28,6%							
AE	w										93	21	22,6%	120	25	20,8%	21	2	9,5%				
AR	w													21	6	28,6%							
AS	w										33	1	3,0%	77	4	5,2%	19	2	10,5%				
AV	m																						
BF	w				28	2	7,1%	79	11	13,9%	70	6	8,6%	5	3	60,0%	15	1	6,7%				
BY	m													81	27	33,3%	35	9	25,7%				
BZ	m																						
CB	m				6	0	0,0%							12	0	0,0%	19	2	10,5%				
DQ	w							5	4	80,0%	14	2	14,3%										
FT	m	16	0	0,0%							32	14	43,8%	110	29	26,4%							
GW	m				58	12	20,7%	268	53	19,8%	237	25	10,5%	134	14	10,4%	89	26	29,2%	23	1	4,3%	
VE	m							22	1	4,5%				34	8	23,5%							
VB	w							54	18	33,3%	20	0	0,0%	22	0	0,0%	82	2	2,4%	12	0	0,0%	
VC	m										25	11	44,0%										
VD	w							27	3	11,1%				27	8	29,6%	9	0	0,0%	9	0	0,0%	
VF	m										15	5	33,3%	88	28	31,8%	25	9	36,0%				
VH	w																9	0	0,0%				
VI	m																15	4	26,7%				
VL	w																17	5	29,4%				

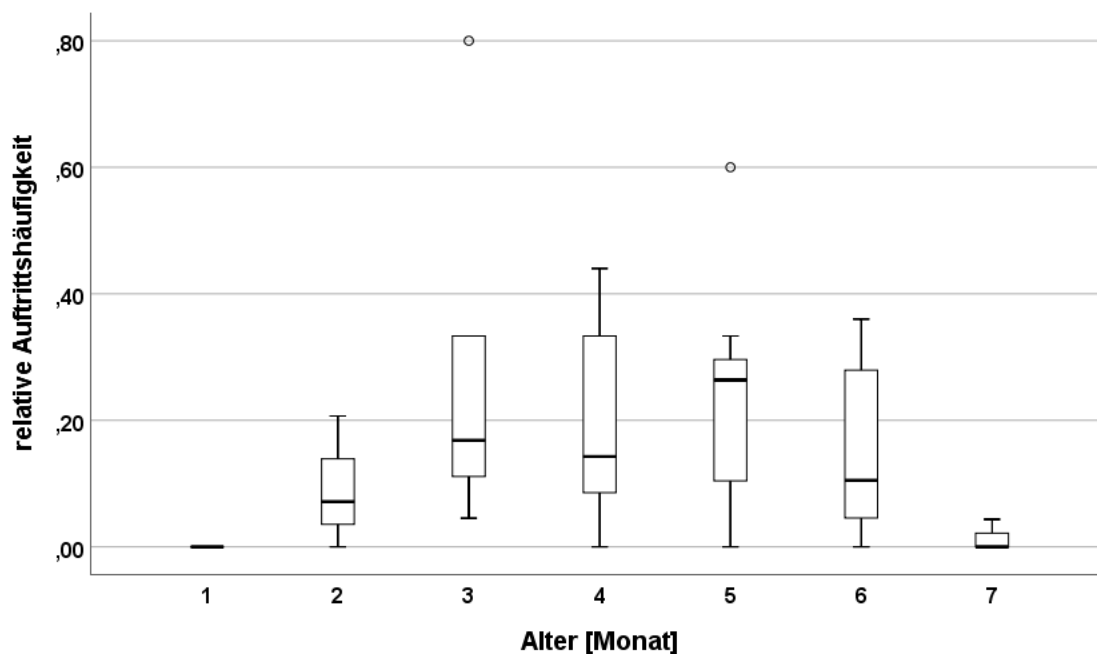


Abbildung 22 Boxplot-Diagramm der Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf

Tabelle 14 Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp UB im Altersverlauf

Monat	2	3	4	5	6	7	
Mittelwert	0,09	0,27	0,20	0,23	0,16	0,01	
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	-0,17	-0,02	0,07	0,13	0,07	-0,05
	Obergrenze	0,35	0,56	0,33	0,33	0,24	0,08
5% getrimmtes Mittel		0,25	0,19	0,22	0,15		
Median	0,07	0,17	0,14	0,26	0,11	0,00	
Varianz	0,01	0,08	0,03	0,03	0,02	0,00	
Standardabweichung	0,11	0,28	0,17	0,16	0,13	0,03	
Minimum	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
Maximum	0,21	0,80	0,44	0,60	0,36	0,04	

In Abbildung 23 (Vokalisationsdatenlevel) ist bis zum ca. 130. Lebenstag ebenfalls ein Anstieg der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen zu erkennen. Nach dem etwa 160. Lebenstag nimmt die Auftrittshäufigkeit deutlich ab.

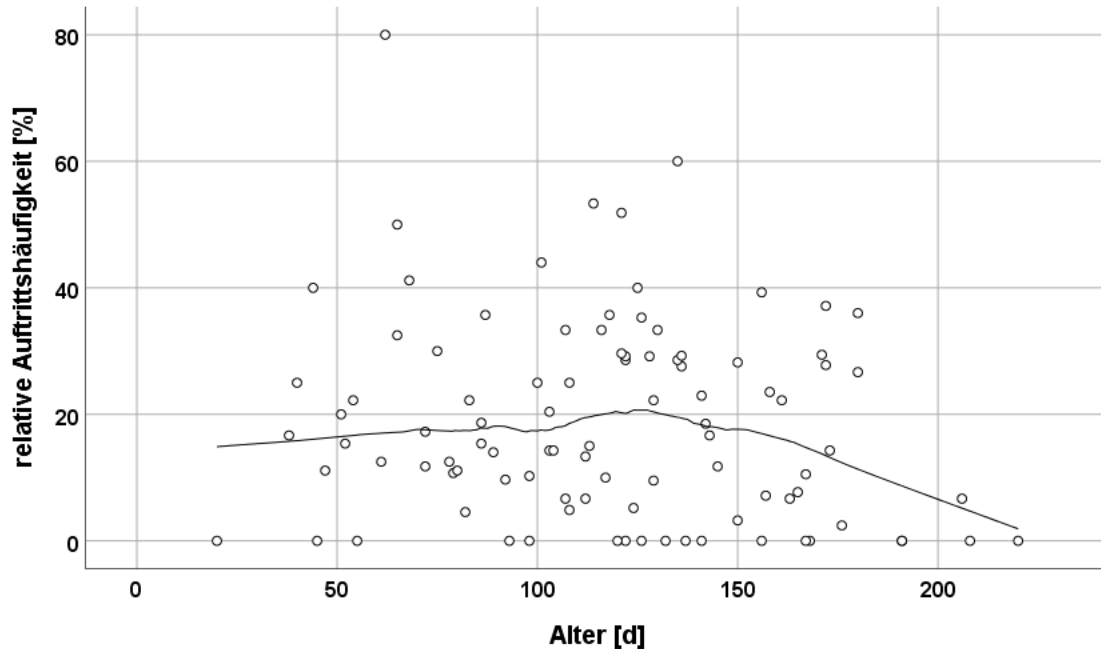


Abbildung 23 Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp UB

### **3.7 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf**

Der Vokalisationstyp BB, also Vokalisationen, die Silben bzw. silbenähnliche Elemente enthalten, werden erst ab dem 3. Lebensmonat nachgewiesen.

In Abbildung 24 erkennt man beim Vokalisationstyp BB vom 3. zum 4. Lebensmonat eine deutliche Zunahme der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen (Median). Danach nimmt sie kontinuierlich ab. Die entsprechenden statistischen Kenngrößen sind in Tabelle 16 dargestellt. Vom 3. bis 7. Lebensmonat sind BB-Laute von (monatlich variierend) 9 bis 13 Säuglingen untersucht (siehe Tabelle 15). Von 8 Säuglingen lagen Längsschnittdaten vor.



Tabelle 15 Anzahl der untersuchten Vokalisationen (N) sowie die identifizierten Anteile mit Konstriktionsphänomenen (N\_C) im Vokalisationstyp BB

Monat		3			4			5			6			7		
Kind	G	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%	N	N_C	%
AA	w															
AE	w	24	0	0,0%	82	20	24,4%	118	28	23,7%	71	31	43,7%			
AR	w															
AS	w															
AV	m							13	0	0,0%						
BF	w															
BY	m				7	0	0,0%				21	7	33,3%			
BZ	m							32	12	37,5%						
CB	m										29	4	13,8%			
DQ	w															
FT	m							34	2	5,9%						
GW	m	4	0	0,0%	39	6	15,4%	47	3	6,4%				46	0	0,0%
VE	m	98	8	8,2%	131	21	16,0%	269	19	7,1%	470	15	3,2%	305	6	2,0%
VB	w	175	14	8,0%	239	40	16,7%	264	42	15,9%	565	38	6,7%	424	32	7,5%
VC	m	370	113	30,5%	303	73	24,1%	226	49	21,7%	368	32	8,7%	156	7	4,5%
VD	w	57	2	3,5%	217	16	7,4%	288	36	12,5%	548	101	18,4%	167	8	4,8%
VF	m	333	74	22,2%	1052	183	17,4%	451	69	15,3%	381	33	8,7%	544	29	5,3%
VH	w	37	0	0,0%	238	14	5,9%	185	39	21,1%	260	38	14,6%	149	4	2,7%
VI	m	269	26	9,7%	270	41	15,2%	172	6	3,5%	117	7	6,0%	86	6	7,0%
VL	w	73	2	2,7%	100	4	4,0%	371	48	12,9%	580	23	4,0%	181	10	5,5%

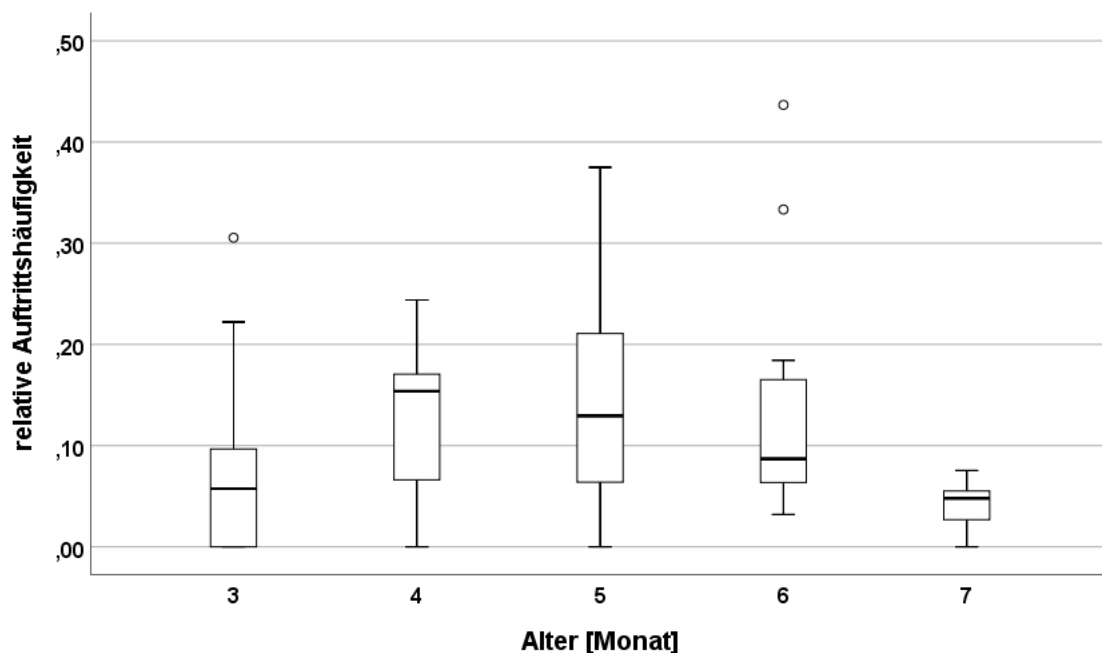


Abbildung 24 Boxplot-Diagramm der Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf

Tabelle 16 *Deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp BB im Altersverlauf*

Monat		3	4	5	6
Mittelwert		0,08	0,13	0,14	0,15
95% Konfidenzintervall des Mittelwerts	Untergrenze	0,01	0,08	0,08	0,06
	Obergrenze	0,16	0,19	0,20	0,23
5% getrimmtes Mittel		0,08	0,13	0,14	0,14
Median		0,06	0,15	0,13	0,09
Varianz		0,01	0,01	0,01	0,02
Standardabweichung		0,10	0,08	0,10	0,13
Minimum		0,00	0,00	0,00	0,03
Maximum		0,31	0,24	0,38	0,44

In Abbildung 25 deutet die Loess-Kurve auf Vokalisationsdatenlevel auf eine Zunahme von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen bis zum ca. 133. Lebenstag. Danach fällt die Auftrittshäufigkeit auch hier ab, besonders ab dem ca. 160. Lebenstag.

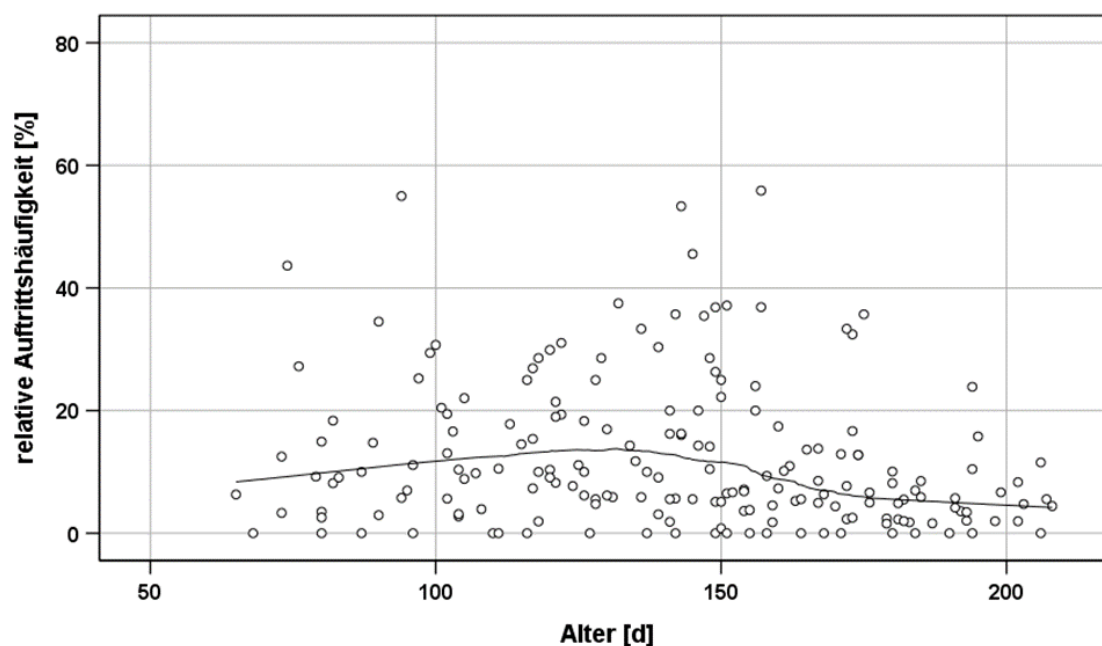


Abbildung 25 *Streudiagramm mit angepasster Loess-Kurve der Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Altersverlauf für den Vokalisationstyp BB*

### 3.8 Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien von Konstriktionsphänomenen

#### 3.8.1 Analyse der Auftrittshäufigkeit der Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum ohne Betrachtung des Vokalisationstyps

In Abbildung 26 ist deutlich zu erkennen, dass bei Vernachlässigung des Vokalisationstyps die meisten Vokalisationen keine Konstriktionsphänomene aufwiesen (Kategorie 0: 86,49%). Es wird außerdem deutlich, dass sich die insgesamt beobachteten Konstriktionsphänomene in ihren Eigenschaften unterscheiden (Kategorie 1 – 3, siehe Kapitel 2.2.2). Gemittelt über den gesamten Untersuchungszeitraum werden 7,23% Konstriktionsphänomene der Kategorie 2 erfasst. Die beiden anderen Kategorien traten seltener auf (Kategorie 1: 2,94%; Kategorie 3: 3,34%). Die absoluten Werte der Auftrittshäufigkeit betragen: Kategorie 1 = 600, Kategorie 2 = 1476, Kategorie 3 = 681, Kategorie 0 = 17649 Vokalisationen.

Rund 13,5% aller untersuchten Vokalisationen enthielten damit Konstriktionsphänomene im Untersuchungszeitraum.

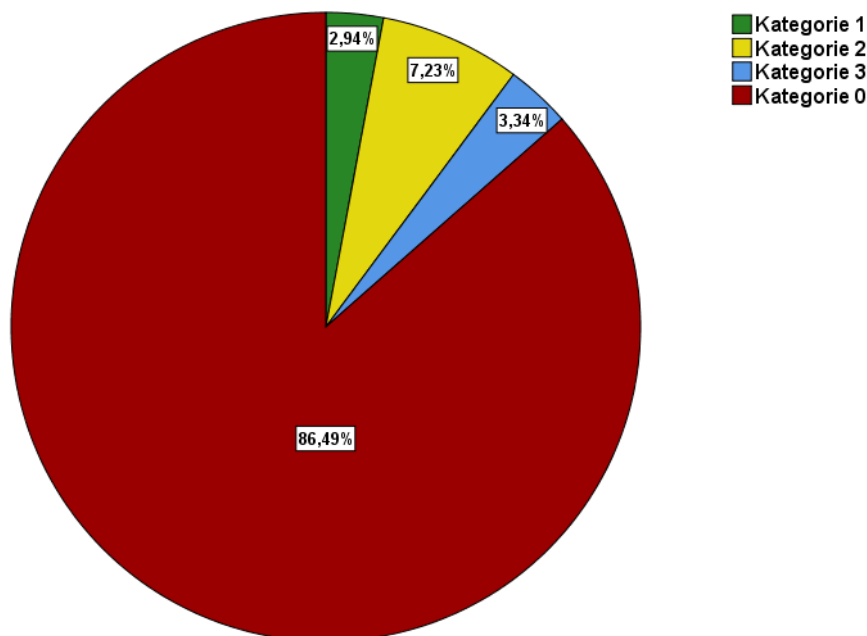


Abbildung 26 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum

Die geschlechtsspezifische Analyse der Auftrittshäufigkeit der Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum ohne Betrachtung des Vokalisationstyps ist in Abbildung 27 und Abbildung 28 dargestellt.

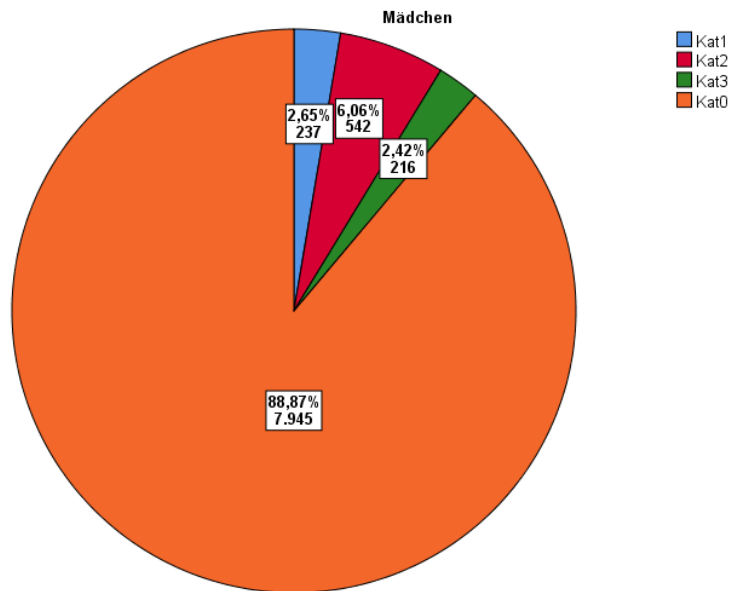


Abbildung 27 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum bei den weiblichen Säuglingen

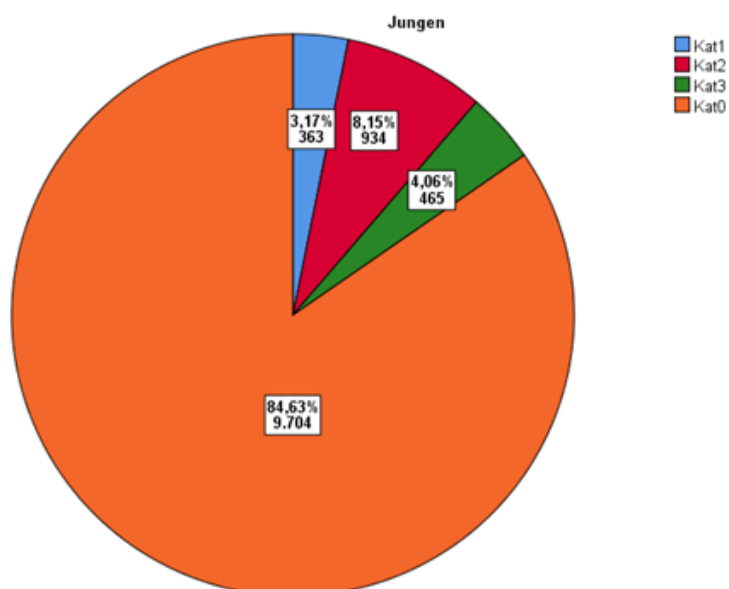


Abbildung 28 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum bei den männlichen Säuglingen

In beiden Geschlechtern traten die Konstriktionsphänomene mit den Eigenschaften, die zur Einordnung in Kategorie 2 führten (siehe Kapitel 2.2.2.3) am häufigsten auf.

### 3.8.2 Analyse hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit der Kategorien im gesamten Untersuchungszeitraum für jeden Vokalisationstyp

Im vorliegenden Kapitel wurden die Ergebnisse der Frage danach, ob sich die Kategorienhäufigkeit bei den Vokalisationstypen unterscheidet, berichtet.

#### Vokalisationstyp C

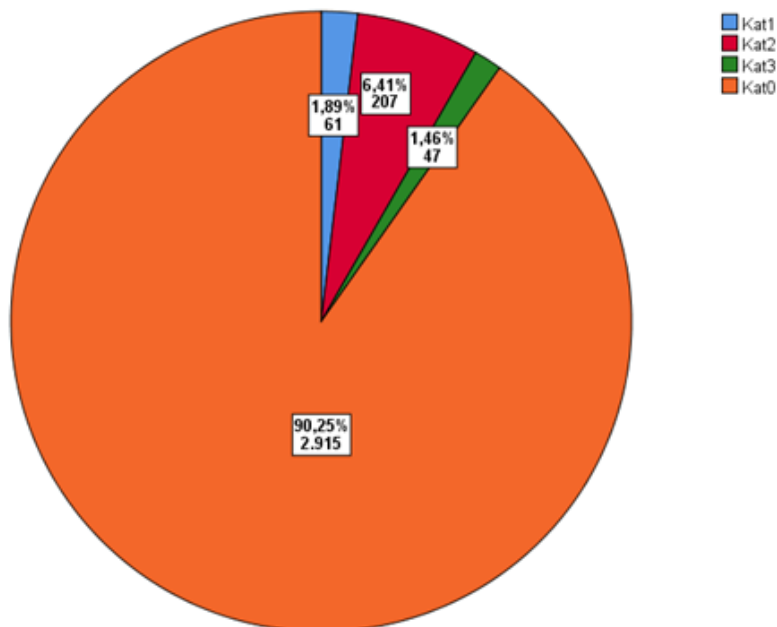


Abbildung 29 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp C

### Vokalisationstyp UC

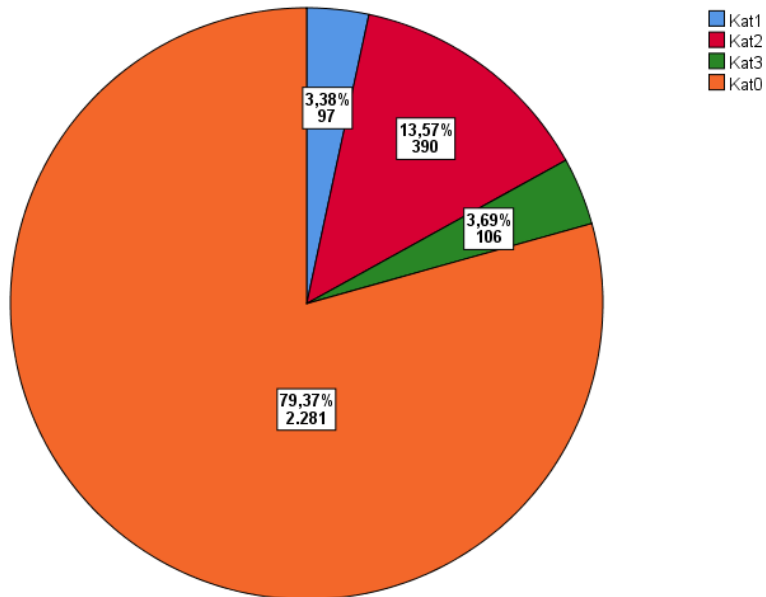


Abbildung 30 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp UC

### Vokalisationstyp UB

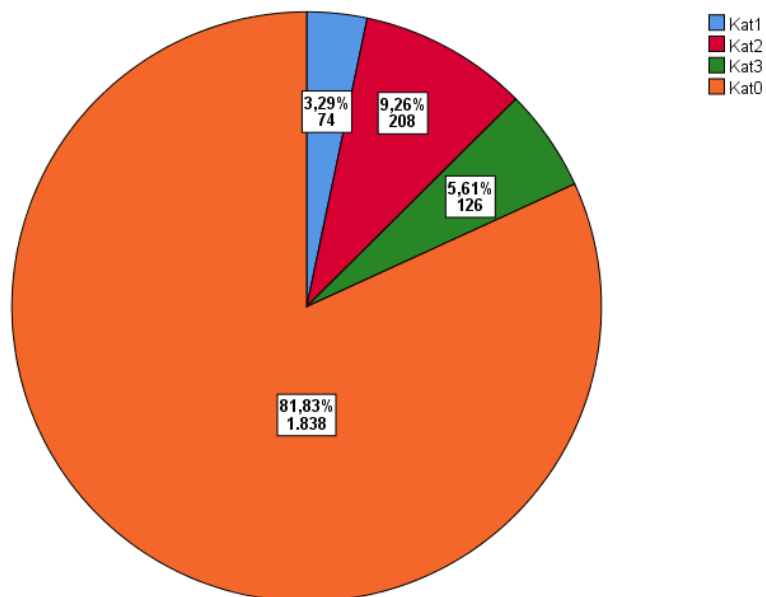


Abbildung 31 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp UB

## Vokalisationstyp BB

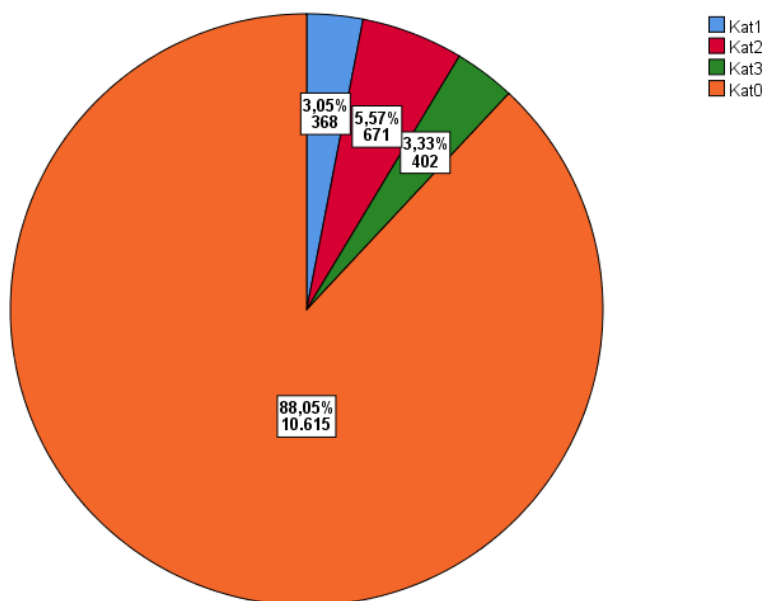


Abbildung 32 Kreisdiagramm zur Auftrittshäufigkeit der verschiedenen Kategorien im Vokalisationstyp BB

In allen Vokalisationstypen zeigte die Mehrheit der produzierten Säuglingsvokalisationen keine Konstriktionen. Auch waren die Konstriktionsphänomene der Kategorie 2 bei allen Typen am häufigsten zu beobachten. Im Vergleich zwischen Vokalisationstyp C und Vokalisationstyp UC, also melodisch komplexen zu eher "einfachen" Weinauten, zeigte sich eine Verdoppelung der Kategorie 2 – Formen. Der Kategorie 2 – Anteil im Vokalisationstyp BB, also den silbenartigen Vokalisationen, ist dem des Vokalisationstyps C ähnlich.

In der Entwicklung zeigte sich vor allem eine relative Zunahme der Kategorien 1 und 3 vom Vokalisationstyp C zum Vokalisationstyp UC. Der Trend setzte sich bei Vokalisationstyp UB fort. Das etwa gleiche Verhältnis der Kategorien 1 – 3 fand sich bei Vokalisationstyp BB.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit hat sich mit der vorsprachlichen, also frühen Sprachentwicklung von Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache befasst. Hierbei lag der Fokus auf Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen und deren Vorkommen, bezogen auf das Alter, das Geschlecht und die typischen Vokalisationstypen.

Biologische Faktoren haben in den ersten Lebensmonaten einen besonders großen Einfluss auf die Lautbildung. Der Vokaltrakt des Säuglings unterscheidet sich noch deutlich von dem des Erwachsenen in Größe, Position, Form und Konsistenz (Lieberman et al., 2001; Hartnick, Rehbar, & Prasad, 2005; Rogers et al., 2014). Er wird oft als ähnlich dem Vokaltrakt eines nichtmenschlichen Primaten beschrieben (ebenda). Der Larynx des Säuglings ist nicht nur deutlich kleiner, sondern unterscheidet sich auch in seiner anatomischen Position. Er ist nach vorne versetzt und befindet sich auf der Höhe des 1. – 3. Halswirbels (Laitman & Reidenberg, 1993; Hudgins et al., 1997; Prakash & Johnny, 2015). Durch die Hochstellung des Larynx ist der Mund-Rachenhöhle-Übergang eher flach und der Pharynx im Verhältnis zur Mundhöhle deutlich kürzer (Goldstein, 1980; Kent & Vorperian, 1995). Die funktionelle Kopplung von Velum und Epiglottis hat zur Folge, dass die Luftströmung sowohl beim Atemvorgang als auch bei der Lautgebung hauptsächlich durch die Nase stattfindet (Bosma, Truby, & Lind, 1965). Aufgrund dieser anatomischen Merkmale und der gleichzeitig noch unreifen neuro-physiologischen Mechanismen der Artikulation bildet der junge Säugling neben laryngealen Lauten (Vokalisationen) vorrangig Laute im hinteren Bereich des Vokaltraktes. Dies passiert bereits sehr früh, lange bevor erste Silben artikuliert werden. Im Zusammenspiel mit der nach hinten gelagerten Zunge, vor allem in liegender Position, und Besonderheiten der respiratorischen laryngealen Regelung, entstehen unter anderem Lautäußerungen, die Konstriktionsphänomene enthalten (Langlois, Baken, & Wilder, 1980; Stark, 1980; Kent & Murray, 1982). In den ersten Lebensmonaten beherrschen Säuglinge bereits eine relativ gute Kontrolle über die laryngealen Mechanismen der Phonation, da diese auch bei der Atmung des Säuglings eine Rolle spielen (Bosma, Truby, & Lind, 1965; Langlois, Baken, & Wilder, 1980). Die laryngeale Kontrolle ist es-



senziell für die Atmung, das Schlucken und die Phonation. Moulin-Frier, Nguyen, & Oudeyer (2014) sind der Ansicht, dass sich Säuglinge als vokalische Lerner (engl. *vocal learner*) zuerst in einer Selbsterkundungsphase (engl. *vocal play*) befinden, in welcher sie mit ihrer Stimme spielen und zuerst die Kontrolle über ihre Phonation gewinnen. Die vokale Kontrollfähigkeit ermöglicht sehr früh die Produktion von unterschiedlichsten melodischen Mustern (Wermke, Leising, & Stellzig-Eisenhauer, 2007; Wermke & Mende, 2009; Wermke & Mende, 2011; Wermke & Mende, 2016). Echte konsonantische Elemente kommen im Zuge der Vokaltraktreifung erst später hinzu. Allerdings gibt es offenbar Vorstufen der späteren Konsonantenproduktion in Form von konsonantähnlichen Bildungen durch laryngeale und pharyngeale Konstriktionsphänomene (Stark, Rose, & McLagen, 1975; Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Benner, 2009; Esling, 2012; Buder, Warlaumont, & Oller, 2013). Diese sind zunächst vorrangig ein Ergebnis der physiologischen Regelung des subglottischen Drucks bzw. des Luftstroms bei langen und lauten Vokalisationen, werden aber mit zunehmendem postnatalen Alter auch intentional in Nichtschreibvokalisationen "eingebaut". Die vorliegende Arbeit hat dies erstmalig durch eine quantitative Analyse demonstriert.

Es gibt bei allen genannten Autoren die Vermutung, dass glottale Konstriktionen in der weiteren vorsprachlichen Entwicklung bis zur Bildung von Babbellauten für die Vorbereitung der Silbenbildung verantwortlich sind (Rhythmisierung). Außer der Arbeit von Esling (2012) und Benner (2009) an 19 bzw. 8 Probanden mit unterschiedlichen Sprachumgebungen, in vier Altersbereichen zwischen 1 bis 12 Lebensmonaten, konnten keine weiteren Untersuchungen im Babbelalter dazu gefunden werden. Säuglingsweinen wurde bisher in keiner Studie einbezogen.

#### **4.1 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen**

Konstriktionsphänomene wurden im Untersuchungszeitraum bei allen Säuglingen beobachtet. Die Ergebnisse des hier verwendeten kombinierten Längs- und Querschnittsdesigns lassen daher vermuten, dass sie regelhaft in Schrei- und

Nichtschreibvokalisationen gesunder Säuglinge vorkommen. Somit muss man Behauptungen einiger Autoren, dass dieses Phänomen im Säuglingsweinen eher ein Zeichen von respiro-laryngealer Dysfunktion ist und vor allem bei kranken Säuglingen, z.B. mit Atemwegserkrankungen auftritt, relativieren (Golub, 1979; Golub & Corwin, 1982; Goberman & Robb, 2005). Konstriktionsphänomene im Vokaltrakt sind tatsächlich bei Säuglingen mit Atemdysfunktionen beschrieben (Tay-Uyboco et al., 1989; Liszewski et al., 2017; Blacam et al., 2018). Es bleibt in zukünftigen Analysen zu klären, in wie weit sich Stridorgeräusche und ähnliche akustische Phänomene von den hier analysierten Konstriktionsphänomenen unterscheiden.

Ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist damit der Befund, dass die *Vorsprachliche Diagnostik* pathologische Konstriktionsphänomene von physiologischen Konstriktionsphänomenen unterscheiden muss – eine schwierige, bisher ungelöste Aufgabe (siehe auch Kapitel 4.2).

Die Tatsache, dass einerseits 86,5% der untersuchten vorsprachlichen Vokalisationen insgesamt über die ersten 7 Lebensmonate (siehe Abbildung 26) keine Konstriktionsphänomene aufwiesen, scheint andererseits zu suggerieren, dass es ein vergleichsweise seltenes Phänomen ist. Das stimmt allerdings so nicht. Die vorliegende Arbeit hat, je nach Vokalisationstyp und Alter, unterschiedliche Häufigkeiten der Phänomene ermittelt. Dabei zeigte sich eine hohe interindividuelle Variabilität, mit Werten zwischen 0 – 50% Konstriktionsphänomene, in bestimmten Lebensmonaten bei bestimmten Säuglingen. Esling (2012) berichtet noch höhere Werte (bis 86%).

Die Abhängigkeit der Auftrittshäufigkeit vom Alter und Vokalisationstyp ist verständlich, weil die Phänomene durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Da laryngeale Konstriktionen zunächst eine große Rolle bei der Atemregulation im Weinen spielen (Sereschk, 2019), wird ihre Häufigkeit u.a. durch die Intensität des Weinens bestimmt. Auch das Alter spielt eine Rolle, da postnatal zunehmend eine pulmonale Reifung und damit respiro-laryngeale Kontrollfähigkeit auftritt, die glottale Verschlüsse zur Luftstrom- und subglottischen Druckregulation durch andere Mechanismen ergänzen. Außerdem besteht Übereinstimmung in der linguistischen Literatur darüber, dass Konstriktionen mit zu-

nehmendem postnatalen Alter auch der rhythmischen Variation der Phonation dienen. Vorstufen dieser Rhythmus-Übungen treten bereits im Weinen auf. Sie wurden dort unter dem Begriff „Segmentierungen“ von verschiedenen Autoren beschrieben und untersucht (*Wermke & Mende, 2009; Ostermann, 2010; Wermke et al., 2011*).

Im 1. Lebensmonat hatten hier durchschnittlich 5% der Laute (Weinen) Konstriktionsphänomene. Allerdings variierte der Anteil zwischen den Säuglingen im Bereich von 2 – 26%. Also zeigten sich die Konstriktionen bereits regelhaft im Weinen, nahmen mit dem Alter aber zunächst weiter zu. Dies spricht gegen ein reines Reifungsphänomen. Vor allem bei Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten wurden sie in den ersten Lebensmonaten besonders häufig beobachtet: Ostermann (2010) hat ca. 4.500 Weinlaute (Schreivokalisationen) von gesunden Säuglingen im Alter von 2 bis 3 Monaten untersucht und dabei einen mittleren Anteil von 18 – 29% an Weinlauten gefunden, die eine Konstriktion beinhalteten. Die Hälfte der Laute (Vokalisationen) stammte von Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten. Der Prozentsatz an Lauten (Vokalisationen) mit Konstriktionsphänomenen war in dieser Patientengruppe etwas höher als bei den Nichtspaltträgern (2. Lebensmonat 29 vs. 18%, 3. Lebensmonat 26 vs. 20%). Der höhere Anteil an Lauten mit Konstriktionsphänomenen in der Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspaltengruppe könnte mit der noch nicht operativ verschlossenen Gaumenspalte zusammenhängen. Der fehlende orale Druckaufbau wird möglicherweise durch laryngeale Konstriktion ausgeglichen. Diese Hypothese muss jedoch ebenfalls noch durch die gezielten Untersuchungen getestet werden.

Die hier untersuchten frühen zeitlichen Strukturierungen der Vokalisationen (Rhythmisierung) werden laryngeal und partiell spätestens ab dem 3. Lebensmonat zunehmend supralaryngeal erzeugt. Die untersuchten Konstriktionsphänomene bzw. Segmentierungen im Weinen entstehen zum einen durch Unterbrechung der Stimmlippenschwingungen (glottaler Stopp) und zum anderen durch Verengungen des Pharynx (*Esling, 2012*). Dabei entstehen auch voll-

ständige und partielle Unterbrechungen des Luftstroms, wie später bei der Artikulation von Konsonanten. Die hier vorgenommene Kategorieneinteilung trug dem Rechnung.

Durch neuro-physiologische und anatomische Reifungsvorgänge und unter Berücksichtigung des Vokalisationstyps ist zu erklären, dass im Altersverlauf (siehe Kapitel 3.2.1) Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen mit unterschiedlicher Häufigkeit auftraten. Sowohl am Anfang (1. Lebensmonat) als auch am Ende (6. / 7. Lebensmonat) des Untersuchungszeitraums gab es weniger Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen, also im Weinen und im Babbeln. Die Vokalisationen in den ersten zwei Lebensmonaten werden zuerst möglicherweise vor allem von der Physiologie der Atemregulation bestimmt. Den größten Teil der Vokalisationen dieser Phase bilden die laryngeal erzeugten Phonationen, die vom Säugling zum Ausdruck von Wohl- und Missemphindungen eingesetzt werden. Zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat kommt es zum Beginn der Absenkung des Kehlkopfes. Dadurch kommt es zu einer „Entkopplung“ zwischen Epiglottis und Velum, die eine erweiterte Konsonantenproduktion ermöglicht (Sasaki et al., 1977; Fried, 1996; Fitch & Giedd, 1999). Damit kommen auch pharyngeale Konstriktionen deutlich häufiger vor.

## **4.2 Konstriktionsphänomene in den verschiedenen Vokalisationstypen**

Konstriktionsphänomene traten im gesamten Untersuchungszeitraum zu 13,5% aller untersuchten Vokalisationen auf. In der ausgeprägten Form (Kategorie 2) war die mittlere Auftrittshäufigkeit 7%. Vor allem wurden hier Unterschiede zwischen den Vokalisationstypen beobachtet.

In Kapitel 3.3 wurde dargestellt, dass die Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im Vokalisationstyp C (Weinen) und BB (Babbeln) im gesamten Untersuchungszeitraum seltener auftraten als in UC und UB, also in jeweiligen Übergangslauten.

Im Altersverlauf fanden sich im Vokalisationstyp C die meisten Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen im 2. und 3. Lebensmonat. Aber bereits im 1. Lebensmonat fand sich hier ein Median von 3% Konstriktionsphänomenen im

Vokalisationstyp C, der im 2. Lebensmonat auf einen Median von 12% anstieg (3. Lebensmonat: 8%). Die Konstriktionsphänomene, die im Weinen der ersten Lebenswochen beobachtet wurden, hängen wahrscheinlich eng mit der Koordination zwischen respiratorischer und laryngealer Aktivität beim Weinen zusammen. Das noch im Vergleich zum Erwachsenen unreifere pulmonale System des jungen Säuglings erreicht beim lauten und langen Schreien seine Leistungsgrenze (Chiswick & Milner, 1976; Wermke et al., 2019). Wie beim Sprechen wird auch bei der Säuglingsphonation bereits die expiratorische Phase eines Atemzyklus deutlich verlängert (Lieberman, 1985; Sereschk, 2019). In der Sprache plant der Sprecher im Voraus die Dauer dessen, was er sagen möchte und benutzt einen sogenannten „hold-back“ Mechanismus, um den expiratorischen Luftstrom aus den Lungen für lange Sätze zu verlangsamen. Nur so können lange Phrasen und Sätze während einer Expirationsphase produziert werden. Der Säugling hat noch eine hohe Brustwand-Compliance (Langlois, Baken, & Wilder, 1980; Davis & Bureau, 1987; Mortola, 2001). Dadurch steht ihm dieser „hold-back“ Mechanismus anfänglich noch nicht zur Verfügung. Wie kann er trotzdem lange und laute Schreie produzieren? Dazu benutzt er einen glottalen Verschlussmechanismus und segmentiert die Schreimelodie durch einen kompletten und / oder teilweisen (Kategorie 1 bis 3) epiglottalen Verschluss (Konstriktion). Der junge Säugling hat vor allem diesen laryngealen Mechanismus zur Verfügung, weil die durch Artikulation mögliche Fließratenmodifikation noch vergleichsweise unreif ist (Langlois, Baken, & Wilder, 1980). Die Zunahme der Lautlänge von Säuglingsschreien vom 1. zum 2. Lebensmonat durch komplexere melodische Formen (Wermke et al., 2002; Wermke & Mende, 2011; Wermke & Mende, 2016) bedingt möglicherweise physiologisch eine höhere Konstriktionsrate, um deren Erzeugung durch Druck- und Luftstromregulation überhaupt zu ermöglichen. Erst mit zunehmender Reifung des pulmonalen Systems und anatomischer Veränderung des Brustkorbs sowie Reifung der Diaphragmamuskulatur verringern sich die physiologisch bedingten Konstriktionsphänomene offenbar entsprechend. Die Arbeit hat erste Daten zur Bestätigung dieser Hypothese geliefert.

Ein weiterer Aspekt, den die vorliegende Arbeit berührt und der in engem Zusammenhang zu den Vokalisationstypen steht, ist der Stimmregisterwechsel bei Säuglingen. Das sogenannte Pulsregister (*Hollien, 1974; Murry, Amudson, & Hollien, 1977; Buder et al., 2018*) wird von verschiedenen Autoren als regelhaft auftretendes Register in der vokalen Entwicklung beschrieben (*Keating & Buhr, 1978; Buder et al., 2018*). Das Pulsregister (engl. *creaky voice*) ist eine gepresste Phonation, die durch laryngeale Hyperfunktion mit leicht angehobener Larynxposition entsteht (*Sundberg, 1995*). Dieses Register reflektiert unvollständige laryngeale Konstriktionen und wechselt in der Säuglingsphonation mit dem Modalregister und Falsettregister (*Buder et al., 2018*). Da Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen auch als Kennzeichen von „Protofonen“ bzw. Vorstufen der späteren Artikulation angesehen werden, lässt ihre Auftrittshäufigkeit, besonders im 2. Lebensmonat, eine wichtige Rolle für die frühe Sprachentwicklung vermuten. Der Säugling macht sich dieses laryngeal erzeugte Phänomen in den ersten Lebensmonaten wahrscheinlich spielerisch zunutze, wenn er den Artikulationsraum erkundet (*Robb et al., 2019*). Diese Erkundung findet im gesamten Untersuchungszeitraum, zunehmend ab dem 2. Lebensmonat statt und nimmt im Altersverlauf beim Babbeln möglicherweise wieder etwas ab, zumindest in Bezug auf laryngeale Konstriktionen. Das fand sich besonders nach dem 5. Lebensmonat, wenn im Babbeln Konsonant-Vokal-Silben auftraten und echte Konsonanten die supralaryngeale Konstriktion im Vokaltrakt reflektierten (siehe Abbildung 15, Kapitel 3.2.1).

Eine Bewertung dieses Registertyps im klinischen Kontext im Rahmen der *Vorsprachlichen Diagnostik* am ZVES steht damit vor dem Problem einer Differenzierung zwischen Physiologie und Pathologie im Kontext des Sprech- und Spracherwerbs. Eine Aufgabe, die bisher nur unzureichend gelöst ist. Zum Beispiel gibt es erste Hinweise darauf, dass Säuglinge mit hochgradig sensorineuraler Hörstörung diesen Registertyp möglicherweise häufiger verwenden als normal hörende Säuglinge, weil er eine somatisch wahrnehmbare kinästhetische Empfindung durch die Vibration liefert (*Gräfin von Spiegel zum Diesenberg-Hanxleden, 2010*). Auch bei Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten kommt dieser Registertyp häufig vor (*Pelzer, 2011*).

Als Pathologiezeichen, so kann man aus den Ergebnissen vorliegender Arbeit schließen, sollte die Verwendung dieses Registertyps nur gelten, wenn eine physiologische Ursache (respiro-laryngeale Dysfunktion) oder Unreife ausgeschlossen werden kann (vergleiche *LaGasse, Neal, & Lester, 2005*).

Die höchste Konstriktionsrate fand sich in den Vokalisationstypen UC und UB. Bei diesen handelt es sich um Übergangstypen vom intensivem zum mehr melodischen (oft längerem) Weinen (UC) bzw. melodischem Weinen zum Babbeln (UB) durch Einbau von konsonantähnlichen Elementen. Während der Vokalisationstyp UC im 2. Lebensmonat noch ca. 29% (Medianwert) Konstriktionsphänomene aufwies, betrug der Vergleichswert beim Vokalisationstyp UB nur ca. 7%.

Vokalisationstyp UB ist durch eine Kombination von Melodie mit ersten konsonantähnlichen Elementen charakterisiert. Man erkennt also hier möglicherweise bereits den Übergang von einem eher physiologischen zu einem vorrangig phonetisch-linguistischen Mechanismus. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse der Arbeit bestätigt und steht in Übereinstimmung mit der relevanten Literatur (*Moisik & Esling, 2011; Esling, 2012*). Im Vokalisationstyp Babbeln (BB) wird der Konstriktionsmechanismus dann vorrangig intentional für die Produktion von Konsonanten eingesetzt, indem jetzt weniger laryngeale Konstriktionen erzeugt werden und Engebildungen im Vokaltrakt erlernt werden (Konsonantenproduktion). Dies wird durch Reifung der artikulatorischen Mechanismen möglich (*Vorperian et al., 2011*).

In den hier analysierten Babbellauten traten Konstriktionsphänomene mit 12% auf. Die unterschiedliche Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen in den verschiedenen Vokalisationstypen hat gezeigt, dass der Vokalisationstyp neben dem Alterseffekt die Auftrittshäufigkeit dieses Phänomens bestimmt.

Je nach Sprachumgebung, so postuliert Esling (2012), wird von den Säuglingen die eine oder andere Konstriktionsvariante häufiger verwendet. In der arabischen Sprache z.B. wird die laryngeale Konstriktion häufiger eingesetzt. Esling fand auch bei arabischen Säuglingen und Säuglingen mit Bai-Sprachumgebung

(Tibet) im Babbelalter mehr Konstriktionen als bei englischen Säuglingen. Das Modell von John Esling wird durch die vorliegende Arbeit bestätigt, auch wenn es, wie viele linguistische Modelle, den Säuglingsschrei nicht berücksichtigt. In der vorliegenden Arbeit wurde der Ansatz daher erweitert auf diese frühesten Säuglingsvokalisationen in den ersten 3 Lebensmonaten.

Bei der Analyse der Auftrittshäufigkeit von Konstriktionsphänomenen deuteten sich deskriptiv auch Geschlechtsunterschiede an. So wiesen die Mädchen sowohl in allen Vokalisationstypen als auch im Altersverlauf weniger Vokalisationen mit Konstriktionsphänomenen auf (siehe Kapitel 3.2.2 und 3.3). Die geringe Fallzahl bei gleichzeitig hoher Variabilität lässt keine Entscheidung darüber zu, ob es sich dabei um einen robusten Befund, dass Jungen in allen Vokalisationstypen mehr Konstriktion zeigen, handelt. Allerdings gibt es erste Hinweise auf sehr frühe geschlechtsspezifische Unterschiede in der vokalen Entwicklung (*Ferguson, Menn, & Stoel-Gammon, 1992; Vorperian et al., 2011; Quast et al., 2016; Wermke et al., 2018; Wermke, Quast, & Hesse, 2018*). Hier sind weitere Untersuchungen an einem größeren Kollektiv und durch Einbeziehung weiterer Aspekte (z.B. Respirationmessgrößen, Beschreibung der erzeugten Konsonantenart) notwendig.



## 5 Zusammenfassung

Der Autor der vorliegenden Arbeit hat erstmalig untersucht, ob laryngeale Konstriktionsphänomene regelhaft bei gesunden Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache auftreten, ob es eine altersabhängige oder geschlechtsabhängige Entwicklung in der Auftrittshäufigkeit der Phänomene gibt und ob diese zusätzlich durch den Vokalisationstyp beeinflusst wird. Dazu wurden hier vier typische Vokalisationstypen im vorsprachlichen Alter definiert: spontanes Säuglingsweinen vor einer Mahlzeit in zwei Ausprägungsformen (Typ C und UC, letzterer als Typ weniger intensiven Säuglingsweinens) sowie Nichtschreivokalisationen in zwei Ausprägungsformen (UB: Übergangslaut zwischen UC und silbenartigem Vokalisieren (BB)).

In der vorliegenden Arbeit wurden solche Konstriktionsphänomene untersucht, die in der medizinischen Fachliteratur häufig mit pathologischen Zuständen der respiratorischen Regelung sowie Vokaltraktmalformationen bei Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten beschrieben werden. Es wurde hier untersucht, ob ähnliche Phänomene auch bei gesunden Säuglingen regelhaft auftreten.

Ausgehend von einem spezifischen phonetischen Modell (*Esling, 2012*) wurde hier erstmalig untersucht, ob Konstriktionsphänomene bei gesunden Säuglingen in allen vier Vokalisationstypen vorkommen. Dazu wurde in einem kombinierten Längs- und Querschnittsdesign eine deskriptive Analyse von 20.406 Einzelvokalisationen von 20 Säuglingen in den ersten sieben Lebensmonaten vorgenommen. Die Vokalisationen lagen anonymisiert im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung & Entwicklungsstörungen an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg vor. Es handelt sich um eine explorative, retrospektive Analyse.

Unter Verwendung von Frequenzspektren und Audiofiles wurden alle Einzelvokalisationen audio-visuell analysiert und drei Stufen mit unterschiedlicher Ausprägung der Konstriktionen einsortiert (Kategorie 1 – 3; Kategorie 0 = keine Konstriktionen in der Vokalisation). Die Kategoriendefinition wurde vom Autor

der vorliegenden Arbeit in einer Voruntersuchung erarbeitet und durch weitere Kodierer getestet und als geeignet befunden.

Im Ergebnis der Arbeit konnte gezeigt werden, dass die hier untersuchten Konstriktionsphänomene regelhaft bei gesunden Säuglingen im Untersuchungszeitraum vorkommen. Alle Säuglinge zeigten diese Phänomene. Die Auftrittshäufigkeit war dabei teilweise vom Geschlecht, vom Alter und vom Vokalisationstyp abhängig. Eine vergleichbare systematische Analyse lag bisher in der Literatur nicht vor. Die Ergebnisse werden aus physiologischer und linguistisch-phonetischer Perspektive interpretiert. Es konnte gezeigt werden, dass die im spontanen Weinen beobachteten Konstriktionsphänomene auch bei den Komfortvokalisationen (Nichtschreivokalisationen) vorkamen. Dies stützt die Kontinuitätshypothese in der vorsprachlichen Entwicklung.

Die Arbeit hat auch widerlegt, dass alle Konstriktionsphänomene im Säuglingsweinen ein Pathologiemarker sind. Die Differenzierung zwischen physiologischen und pathologischen Konstriktionsphänomenen, die z.B. durch respiratorische Dysfunktion entstehen können (Stridor), ist eine Aufgabe für nachfolgende Arbeiten.

Für weiterführende Arbeiten mit dem Ziel der Anwendung von Stimmregisterphänomenen in der Vorsprachlichen Diagnostik sind methodisch erweiterte Ansätze bei gleichzeitig größerer Stichprobe erforderlich.

## 6 Literaturverzeichnis

- Aydınlı, F. E., Özcebe, E., Kulak Kayıkçı, M. E., Yılmaz, T., & Özgür, F. F. (2016). Investigating the Effects of Glottal Stop Productions on Voice in Children With Cleft Palate Using Multidimensional Voice Assessment Methods. *Journal of Voice*, 30(6), 763.e9–763.e15. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.10.007>
- Benner, A. (2009). Production and Perception of Laryngeal Constriction in the Early Vocalizations of Bai and English Infants. Ph.D. *Dissertation*, University of Victoria, Victoria, BC, Canada.
- Birr, M. (2009). Vorsprachliche Entwicklung von Kindern mit orofazialen Spalten. Melodiekomplexität im Säuglingsschrei - ein geeigneter Frühindikator potentieller Sprachentwicklungsstörungen? *Dissertation*, Universität Würzburg.
- Blacam, C. de, Duggan, L., Rea, D., Beddy, P., & Orr, D. J. A. (2018). Descent of the human larynx: An unrecognized factor in airway distress in babies with cleft palate? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 113, 208–212.
- Bosma, J. F. (1975). Anatomic and physiologic development of the speech apparatus. In E. L. Eagles & D. B. Tower (Eds.), *The Nervous system* (pp. 469–481). New York: Raven Press.
- Bosma, J. F., Truby, H. M., & Lind, J. (1965). Cry motions of the newborn infant. *Acta Paediatrica Scandinavica*, Supplement 163, 60–92.
- Buder, E. H., McDaniel, V. F., Bene, E. R., Ladmirault, J., & Oller, D. K. (2018). Registers in Infant Phonation. *Journal of Voice*, Volume 33 (3), 382.e21-382.e32. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2017.12.013>
- Buder, E. H., Warlaumont, A., & Oller, D. K. (2013). An acoustic phonetic catalog of prespeech vocalisations from a developmental perspective. In B. Peter & MacLeod, Andrea Asenath Nora (Eds.), *Languages and linguistics. Comprehensive perspectives on speech sound development and disorders: Pathways from linguistic theory to clinical practice* (pp. 103–134). New York: Nova Publishers.

- Chiswick, M. L., & Milner, R. D. (1976). Crying vital capacity. Measurement of neonatal lung function. *Archives of Disease in Childhood*, 51(1), 22–27.
- Colton, R. H., & Steinschneider, A. (1981). The cry characteristics of an infant who died of the sudden infant death syndrome. *The Journal of Speech and Hearing Disorders*, 46(4), 359–363.
- Davis, G. M., & Bureau, M. A. (1987). Pulmonary and chest wall mechanics in the control of respiration in the newborn. *Clinics in Perinatology*, 14(3), 551–579.
- Esling, J. H. (2012). The Articulatory Function of the Larynx and the Origins of Speech. *Proceedings of the Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society* (pp. 121-149). Retrieved from <https://journals.linguisticsociety.org/proceedings/index.php/BLS/article/view/3325> [15052019]
- Ferguson, C. A., Menn, L., & Stoel-Gammon, C. (Eds.). (1992). *Phonological Development: Models, Research, Implications. Communicating by language.* Timonium, Md.: York Press.
- Fitch, W. T., & Giedd, J. (1999). Morphology and development of the human vocal tract: a study using magnetic resonance imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 1511-1522.
- Fried, M. P. (1996). *The Larynx: A Multidisciplinary Approach*, United States: International Publisher, Mosby.
- Goberman, A. M., & Robb, M. P. (2005). Acoustic characteristics of crying in infantile laryngomalacia. *Logopedics, Phoniatrics, Vocology*, 30(2), 79–84.
- Goldstein, U. G. (1980). An articulatory model for the vocal tract of the growing children. *Dissertation*, MIT Cambridge MA.
- Golub, H. L. (1979). A physioacoustic model of the infant cry and its use for medical diagnosis and prognosis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 65(S1), S25. <https://doi.org/10.1121/1.2017179>
- Golub, H. L., & Corwin, M. J. (1982). Infant cry: A clue to diagnosis. *Pediatrics*, 69(2), 197–201.

- Gräfin von Spiegel zum Diesenberg-Hanxleden, M.-A. (2010). Spektrographische Analyse der Vokalisierungen hochgradig hörgeschädigter Kinder im Zeitraum vor, während und nach Cochlea-Implantation. *Dissertation*, Universität Würzburg.
- Grau, S. M., Robb, M. P., & Cacace, A. T. (1995). Acoustic correlates of inspiratory phonation during infant cry. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38(2), 373–381.
- Hartnick, C. J., Rehbar, R., & Prasad, V. (2005). Development and maturation of the pediatric human vocal fold lamina propria. *The Laryngoscope*, 115(1), 4–15.
- Hollien, H. (1974). On vocal registers. *Journal of Phonetics*. (2), 25–43.
- Hudgins, P. A., Siegel, J., Jacobs, I., & Abramowsky, C. R. (1997). The normal pediatric larynx on CT and MR. *American Journal of Neuroradiology*, 18, 239–245.
- Keating, P., & Buhr, R. (1978). Fundamental frequency in the speech of infants and children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 63(2), 567–571.
- Kent, R. D., & Murray, A. D. (1982). Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6, and 9 months. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 72(2), 353–365.
- Kent, R. D., & Vorperian, H. K. (1995). Development of the Craniofacial-Oral-Laryngeal Anatomy (pp. 26–35). A review. Singular Publishing Group, San Diego, London.
- Koopmans-van Beinum, F. J., & van der Stelt, J. M. (1986). Early Stages in the Development of Speech Movements. In B. Lindblom & R. Zetterström (Eds.), *Precursors of Early Speech* (pp. 37–50). London: Palgrave Macmillan UK.
- LaGasse, L. L., Neal, A. R., & Lester, B. M. (2005). Assessment of infant cry: Acoustic cry analysis and parental perception. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11(1), 83–93.

- Laitman, J. T., & Reidenberg, J. S. (1993). Specializations of the human upper respiratory and upper digestive systems as seen through comparative and developmental anatomy. *Dysphagia*, 8, 318-325.
- Langlois, A., Baken, R. J., & Wilder, C. N. (1980). Pre-Speech Respiratory Behavior during the First Year of Life. In T. Murry & J. Murry (Eds.), *Infant Communication: Cry and Early Speech* (pp. 56–84). College Hill Press, Houston: College Hill Press, Houston, Texas.
- Lieberman, D. E., McCarthy, R. C., Hiimae, K. M., & Palmer, J. B. (2001). Ontogeny of postnatal hyoid and larynx descent in humans. *Archives of Oral Biology*, 46(2), 117–128.
- Lieberman, P. (1985). The Physiology of Cry and Speech in Relation to Linguistic Behavior: Chapter 2. In C.F.Z. Boukydis & B.M. Lester (Eds.), *Infant Crying: Theoretical and Research Perspectives* (pp. 29–55). Springer Verlag.
- Liszewski, M. C., Stanescu, A. L., Phillips, G. S., & Lee, E. Y. (2017). Respiratory Distress in Neonates: Underlying Causes and Current Imaging Assessment. *Radiologic Clinics of North America*, 55(4), 629–644.
- Moisik, S. R., & Esling, J. H. (2011). The "whole larynx" approach to laryngeal features. Proceedings of the 17th International Congress of Phonetic Sciences (pp. 1406-1409). Hong Kong, China: City University of Hong Kong.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/07f0/d30eab5b9175e6077e28fc064b836d00c7d9.pdf> [15032019]
- Mortola, J. P. (2001). *Respiratory Physiology of Newborn Mammals: A Comparative Perspective*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Moulin-Frier, C., Nguyen, S. M., & Oudeyer, P.-Y. (2014). Self-organization of early vocal development in infants and machines: The role of intrinsic motivation. *Frontiers in Psychology*, 4, 1006, 1-20.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.01006>
- Murry, T., Amudson, P., & Hollien, H. (1977). Acoustical characteristics of infant cries: Fundamental frequency. *Journal of Child Language*. (4), 321–328.
- Oller, D. K. (2000). *The emergence of the speech capacity*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates. ISBN 0-8058-2629-72

- Ostermann, T. (2010). Die Analyse segmentierter vorsprachlicher Melodiestrukturen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im Alter von 2 - 3 Monaten. *Dissertation*, Universität Würzburg.
- Pelzer, A.-M. (2011). Längsschnittanalyse der frühen sprachlichen Entwicklung bis zur Wortproduktion von Säuglingen mit orofazialen Spalten. *Dissertation*, Universität Würzburg.
- Pfleger, A., & Eber, E. (2016). Assessment and causes of stridor. *Paediatric Respiratory, Reviews*, 18, 64–72.
- Prakash, M., & Johnny, J. C. (2015). Whats special in a child's larynx? *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7, S55-58.
- Quast, A., Hesse, V., Hain, J., Wermke, P., & Wermke, K. (2016). Baby babbling at five months linked to sex hormone levels in early infancy. *Infant Behavior & Development*, 44, 1–10.
- Raes, J., Michelsson, K., Dehaen, F., & Despontin, M. (1982). Cry analysis in infants with infectious and congenital disorders of the larynx. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 4(2), 157–169.
- Rogers, D. J., Setlur, J., Raol, N., Maurer, R., & Hartnick, C. J. (2014). Evaluation of true vocal fold growth as a function of age. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 151(4), 681–686.
- Rullo, R., Di Maggio, D., Addabbo, F., Rullo, F., Festa, V. M., & Perillo, L. (2014). Speech outcome in unilateral complete cleft lip and palate patients: A descriptive study. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 15(3), 293–296.
- Sasaki, C. T., Levine, P. A., Laitman, J. T., & Crelin, E. S., Jr. (1977). Postnatal descent of the epiglottis in man. A preliminary report. *Archives of Otolaryngology*, 103, 169-171.
- Sereschk, N. (2019). Temporale Eigenschaften ingressiver und egressiver Phonationsleistungen gesunder Neugeborener. *Dissertation*, Universität Würzburg.
- Stark, R. E. (1980). Stage of speech development in the first year of life. In G. H. Yeni-Komshian, J. F. Kavanagh, & C. A. Ferguson (Eds.), *Child phonology* (pp. 73-92). New York: Academic Press.

- Stark, R. E., Rose, S. N., & McLagen, M. (1975). Features of infant sounds: The first eight weeks of life. *Journal of Child Language*, 2(2), 205-221.
- Sundberg, J. (1995). Vocal fold vibration patterns and modes of phonation. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 47, 218-228.
- Tay-Uyboco, J. S., Kwiatkowski, K., Cates, D. B., Kavanagh, L., & Rigatto, H. (1989). Hypoxic airway constriction in infants of very low birth weight recovering from moderate to severe bronchopulmonary dysplasia. *The Journal of Pediatrics*, 115(3), 456–459.
- Thorne, M. C., & Garetz, S. L. (2016). Laryngomalacia: Review and Summary of Current Clinical Practice in 2015. *Paediatric Respiratory Reviews*, 17, 3–8.
- Titze, I. R. (1994). Principles of Voice Production. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Titze, I., Riede, T., & Popolo, P. (2008). Nonlinear source-filter coupling in phonation: Vocal exercises. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(4), 1902–1915.
- Vorperian, H. K., Wang, S., Schimek, E. M., Durtschi, R. B., Kent, R. D., Gentry, L. R., & Chung, M. K. (2011). Developmental sexual dimorphism of the oral and pharyngeal portions of the vocal tract: An imaging study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(4), 995–1010.
- Wasz-Höckert, O., Lind, J., Vuorenkoski, V., Partanen, T. & Valanne, E.H. (1968). The Infant Cry. A Spectrographic and Auditory Analysis. Heinemann, London.
- Wermke, K., Birr, M., Voelter, C., Shehata-Dieler, W., Jurkutat, A., Wermke, P., & Stellzig-Eisenhauer, A. (2011). Cry melody in 2-month-old infants with and without clefts. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 48(3), 321–330.
- Wermke, K., Haschemi, A. A., Hesse, V., & Robb, M. P. (2018). Inspiratory Phonation in Baby Voice. *Journal of Voice*, 32(2), 185-191.
- Wermke, K., Leising, D., & Stellzig-Eisenhauer, A. (2007). Relation of melody complexity in infants' cries to language outcome in the second year of life: A longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(11-12), 961–973.



Wermke, K., & Mende, W. (2011). From emotion to notion: The importance of melody. In J. Decety & J. T. Cacioppo (Eds.), *Oxford library of psychology. The Oxford handbook of social neuroscience* (pp. 624–648). New York: Oxford University Press.

Wermke, K., & Mende, W. (2016). From melodious cries to articulated sounds: Melody at the root of language acquisition. In M. C. Fonseca-Mora & M. Gant (Eds.), *Melodies, Rhythm and Cognition in Foreign Language Learning* (pp. 24–47). Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Publishing.

Wermke, K., & Mende, W. (2009). Musical elements in human infants' cries: In the beginning is the melody. *Musicae Scientiae, Special Issue on Music and Evolution*, 151–173.

Wermke, K., Mende, W., Manfredi, C., & Brusciaglioni, P. (2002). Developmental aspects of infant's cry melody and formants. *Medical Engineering & Physics*, 24(7-8), 501–514.

Wermke, K., Sereschk, N., May, V., Salinger, V., Sanchez, M.R., Shehata-Dieler, W., & Wirbelauer, J. (2019). The vocalist in the crib: The flexibility of respiratory behaviour during crying in healthy neonates. Paper under review in *Journal of Voice*.

Wermke, K., Quast, A., & Hesse, V. (2018). From melody to words: The role of sex hormones in early language development. *Hormones and Behavior*, 104, 206-215.

## Eigene Publikation

Robb, M. P., **Yavarzadeh, F.**, Voit, V., Shehata-Dieler, W., & Wermke, K. (2019). Laryngeal constriction phenomena in infant vocalizations: Physiological constraint or rhythmic primitive? Eingereicht am 09.05.2019 (Manuskript Nummer JSLHR-S-19-0205) im *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*.

---

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Professorin Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer, Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg, für die Möglichkeit ein Dissertationsthema im ZVES bearbeiten zu können, bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Professorin Dr. Kathleen Wermke, Leiterin des Zentrums für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg, für ihre fachliche Unterstützung und ihr persönliches Engagement bei der Erstellung dieser Dissertation. Vielen Dank, dass Sie viele Stunden in die Betreuung meiner Dissertation investiert und mich auf diesem Weg bis zum Schluss, durch alle Höhen und Tiefen, begleitet haben.

Für die Übernahme der Zweitkorrektur und das sehr hilfreiche fachliche Beratungsgesprächs am Anfang meines Dissertationsprojektes bedanke ich mich recht herzlich bei Herrn Professor Dr. Johannes Wirbelauer.

Herzlichen Dank auch an Herrn Peter Wermke für die zuverlässige Datenverwaltung am ZVES und stets geduldige Unterstützung in sämtlichen Bereichen der IT.

Ich bedanke mich auch ganz herzlich bei Herrn Professor Dr. Michael Robb (Universität Canterbury, Christchurch / Neuseeland), der mir während seines Aufenthaltes am ZVES geholfen hat, die linguistische Fachliteratur besser zu verstehen und für die gemeinsame wissenschaftliche Arbeit und Publikation.

Weiterhin gilt mein Dank den Mitstreitern am ZVES, vor allem Verena Voit, die die Daten der Gruppe 2 aufgenommen hat.

Bei meiner Familie und ganz besonders bei meiner Partnerin, die mir mit viel Unterstützung zur Seite standen, bedanke ich mich ebenfalls herzlich.