

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

**Quantitative und qualitative Analyse laryngealer Konstriktionsphänomene
in vorsprachlichen Vokalisationen der Lebensmonate 4 bis 6
von Säuglingen mit angeborenen orofazialen Spalten**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Pauline Erdmute Hammerstädt
aus Würzburg

Würzburg, März 2023

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

Koreferent/in: Prof. Dr. Dr. Götz Gelbrich

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 11.12.2023

Die Promovendin ist Zahnärztin.

*Meinen Eltern und meinem Mann
in Dankbarkeit gewidmet*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	7
2.1	Studiendesign und ethische Aspekte	7
2.2	Patientenkollektiv	9
2.3	Datenbasis	14
2.4	Datenaufbereitung	17
2.5	Datenauswertung	22
2.5.1	Definition laryngealer Konstriktionen und ihrer Graduierung in der vorliegenden Arbeit	22
2.5.2	Auswertung der typischen Muster laryngealer Konstriktionen	25
2.5.2.1	Sonderformen und Sonderkategorie „fuzzy“	34
2.5.3	Quantitative Auswertung temporaler Eigenschaften	36
2.5.3.1	Bestimmung der Cursorpositionen in der Zeitbereichsdarstellung (Oszillogramm).....	36
2.5.3.2	Bestimmung der Cursorpositionen im Frequenzspektrogramm.....	37
2.6	Statistische Datenauswertung.....	38
3	Ergebnisse	40
3.1	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen	40
3.1.1	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen im Spaltgruppenvergleich.....	43
3.1.2	Deskriptive geschlechtsspezifische Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen.....	45
3.1.3	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen im Altersverlauf	46
3.2	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von einzelnen und mehreren laryngealen Konstriktionen innerhalb eines Einzelsignals	48
3.2.1	Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen und mehreren laryngealen Konstriktionen im Spaltgruppenvergleich.....	52

3.2.2	Deskriptive geschlechtsspezifische Analyse der Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen oder mehreren laryngealen Konstriktionen.....	53
3.2.3	Deskriptive Analyse der Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen oder mehreren laryngealen Konstriktionen im Altersverlauf	55
3.3	Deskriptive Analyse der Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Kategorien.....	58
3.3.1	Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Kategorien und der Spaltgruppen im Altersverlauf	59
3.4	Deskriptive Analysen temporaler Eigenschaften.....	63
3.4.1	Deskriptive temporale Analysen von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Kategorien	63
3.4.2	Analyse der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen	64
3.4.3	Analyse der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Lebensmonate 4 bis 6	66
3.5	Statistische Analyse der Auftretswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen unter Berücksichtigung der Plattenkonditionen.....	69
3.5.1	<i>Verallgemeinerte Schätzungsgleichungen (GEE)</i> zur Analyse der Auftretswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen.....	71
3.5.1.1	Weiterführende Analyse zum Einfluss der Spaltgruppen und des Alters	74
3.5.2	<i>Verallgemeinerte Schätzungsgleichungen (GEE)</i> zur Analyse der Auftretswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren laryngealen Konstriktionen	75
3.5.2.1	Weiterführende Analysen zum Einfluss der Spaltgruppen und des Alters	79
4	Diskussion	81
4.1	Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit laryngealen Konstriktionen	82
4.2	Auftretshäufigkeit von Vokalisationen mit laryngealen Konstriktionen unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren (Spaltgruppe, biologisches Geschlecht, Alter, Plattentherapie).....	84
4.3	Typische Muster laryngealer Konstriktionen und ihre Auftretshäufigkeit in Vokalisationen	87

4.4	Temporale Eigenschaften laryngealer Konstriktionen.....	91
4.5	Limitationen vorliegender Untersuchungen.....	93
5	Zusammenfassung.....	94
6	Literaturverzeichnis	96

Appendix

I	Abkürzungsverzeichnis
II	Abbildungsverzeichnis
III	Tabellenverzeichnis
IV	Danksagung
V	Lebenslauf
VI	Eigene Veröffentlichung
VII	Ergänzende Anlagen

1 Einleitung

Orofaziale Spaltbildungen (OFS) stellen weltweit eine der häufigsten angeborenen Anomalien dar und treten mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:500 bis 1:700 (Mossey & Castilla, 2001; Tolarová & Cervenka, 1998) entweder isoliert oder im Zusammenhang mit verschiedenen Syndromen, wie z. B. dem Van–der-Woude-Syndrom, der Pierre-Robin-Sequenz oder der Trisomie 13 auf (Bergé et al., 2001; Cohen, 1978; Stuppia et al., 2011). Grundsätzlich findet eine Einteilung der Spaltausprägung hinsichtlich ihres embryonalen Entstehungsmechanismus statt. So wird zwischen uni- und bilateralen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS) und isolierten Gaumenspalten (IGS) sowie Lippenspalten, Lippen-Kieferspalten und seltenen weiteren Spaltformen unterschieden (Mangold et al., 2017). Zudem besteht eine geschlechtsspezifische Auftrittshäufigkeit hinsichtlich der Spalttypen, wonach LKGS im Verhältnis 2:1 beim männlichen Geschlecht häufiger als beim weiblichen auftreten. Gegensätzlich dazu verhält es sich mit den IGS, die beim weiblichen Geschlecht im Verhältnis 3:2 häufiger auftreten (Koch, 1984; Krastl & Stellzig-Eisenhauer, 2019). Ursachen für diese Verteilungen sind bislang nicht geklärt.

Die Beeinträchtigungen durch eine OFS sind zahlreich und wirken sich auf lebensnotwendige physiologische Vorgänge wie die Nahrungsaufnahme und die Atmung sowie auf das Gehör und Wachstumsprozesse des Gesichtsschädels aus (Krastl & Stellzig-Eisenhauer, 2019; Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW, 2022; Schwenger & Ehrenfeld, 2011). Für eine ganzheitliche Versorgung und bestmögliche Entwicklung der betroffenen Säuglinge ist nach dem Therapiekonzept der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg (Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer) ein interdisziplinäres Vorgehen von großer Bedeutung. Das Behandlungsteam umfasst, neben der Kieferorthopädie, weitere Fachdisziplinen wie die Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, die Pädiatrie, die Phoniatrie, die Pädaudiologie und die Logopädie. Als Frühbehandlung kommt häufig, je nach Ausmaß der anatomischen Fehlbildung, die sogenannte Plattentherapie zum Einsatz: Die Säuglinge erhalten kurz nach der Geburt eine individuell angefertigte Gaumenplatte, die das Einlagern der Zunge in die Spalte verhindert, das physiologische Trinken unterstützt und das Wachstum der Spaltsegmente steuert und fördert (Fischer & Stellzig-Eisenhauer, 2019; Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW, 2022). Dies wird im Verlauf der ersten Lebensmonate bis zum operativen Verschluss des Gaumens, der mit ungefähr 12 Monaten erfolgt, durch das regelmäßige und gezielte Einschleifen der Platte erreicht.

Dass zudem der Sprech- und Spracherwerb von Patientinnen und Patienten mit einer OFS beeinträchtigt ist und sich schon vorsprachliche artikulationsmotorische Entwicklungsauffälligkeiten durch den malformierten Vokaltrakt zeigen, ist bereits vielfach belegt (Chapman et al., 2001; Jocelyn et al., 1996; Richman, 1997; Russell & Grunwell, 1993; Schönweiler et al., 1995). Durch die velopharyngeale Insuffizienz und den damit verminderten intraoralen Druckaufbau sind in der Sprech- und Sprachentwicklung von Säuglingen mit einer OFS kompensatorische Artikulationsmuster zu finden. Laute werden im hinteren Bereich des Gaumens und damit abweichend von den physiologischen Artikulationsorten gebildet (Chapman et al., 2003; Chapman & Hardin, 1992; Harding & Grunwell, 1996; Hutter et al., 2001). Zudem wird durch die oronasale Insuffizienz und die damit veränderten Resonanzverhältnisse typischerweise eine Hypernasalität beobachtet (Bressmann et al., 1998).

Es gibt einige Hinweise dafür, dass sprachrelevante Übungen schon unmittelbar nach der Geburt mit dem ersten spontanen Schrei beginnen (Stark, 1981; Wermke et al., 2011; Wermke, 2015). Schon in den ersten Lebenswochen werden, dieser Annahme nach, Grundbausteine für den späteren Sprech- und Spracherwerb gelegt, indem frühe Lautäußerungen gesunder Säuglinge einem angeborenen Entwicklungsprogramm folgen und prosodische Spracheigenschaften „trainiert“ werden (Wermke et al., 2002; Wermke & Mende, 1992). Bereits in frühen vorsprachlichen Vokalisationen werden durch die Koordination zunächst einfacher und später komplexerer, segmentierter Melodiemuster sensomotorische Bewegungen geübt, die für die spätere Silbenbildung und Rhythmik essenziell sind (Wermke, 2004; Wermke & Mende, 2009). Abweichungen dieses intentionalen präartikulatorischen Entwicklungsweges, wie es unter anderem bei Säuglingen mit OFS der Fall ist, zeigen auch im weiteren Verlauf des Sprech- und Spracherwerbs Auffälligkeiten (Chapman et al., 2001; Harding & Grunwell, 1996; O’Gara & Logemann, 1988).

Aufgrund der für den Sprech- und Spracherwerb erkannten Relevanz laryngeal erzeugter Segmentierungen in vorsprachlichen Lauten, erfolgten am Zentrum für vorsprachliche Entwicklungen und Entwicklungsstörungen in Würzburg (ZVES; Leitung: Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke) weitere Studien hinsichtlich möglicher Einflüsse einer OFS auf die so wichtigen vorsprachlichen Regelmechanismen (Birr, 2009; Eiband, 2018; Hauschildt, 2006; Ostermann, 2010; Steck-Walter, 2007). Steck-Walter (2007) untersuchte Modulationseigenschaften von Melodien in Lauten von Säuglingen mit einer OFS vor und nach dem operativen Gaumenverschluss. Im Vergleich zu einer gesunden

Kontrollgruppe wurde bei den untersuchten Säuglingen mit einer velopharyngealen Malformation eine deutliche Entwicklungsverzögerung in der spontanen Produktion von intentional erzeugten Segmentierungen in Lauten deutlich. Des Weiteren fanden sich Entwicklungsauffälligkeiten in der Zeitorganisation der Phonation, was sich in Form von stark verlängerten Melodiebögen und Segmentierungspausen zeigte. Steck-Walter (2007) vermutete, wie auch Hausschild (2006), dass bei den Säuglingen mit einer OFS zentrale Defizite in der Generierung von Rhythmik vorliegen. Birr (2009) stellte in weiterführenden Untersuchungen mit Hilfe des Melodie-Komplexitäts-Index (MCI) (Wermke et al., 2007) fest, dass die Patientinnen und Patienten mit einer OFS zwar insgesamt mehr Segmentierungen in Melodien erzeugten, diese aber weniger komplex ausfielen. Dies zeigte sich dadurch, dass im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe weniger Segmentierungen innerhalb eines Lautes gebildet wurden.

Mit einem Klassifizierungsschema komplexer Segmentierungen (KSKS) entwickelte Ostermann (2010) erstmals eine reproduzierbare Methodik, um Segmentierungen in vorsprachlichen Melodiestructuren von Säuglingen mit einer OFS qualitativ und quantitativ zu analysieren. Seine Untersuchungen belegten die von Wermke et al. (2002) postulierte Annahme, dass es sich bei dem Ausüben vorsprachlicher Vokalisationen um ein zentral generiertes, angeborenes Entwicklungsprogramm handelt. Gleichzeitig ging aus den Forschungsergebnissen hervor, dass Säuglinge mit einer angeborenen OFS im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe nicht nur seltener komplex segmentierte Melodien bildeten, sondern diese häufig auch nur unvollständig ausführten, was auf neurophysiologische Defizite in der zentralen Regelkapazität des laryngeal-respiratorischen Systems zurückgeführt wurde (Cheour et al., 1999).

Eiband (2018) fokussierte sich auf Regelmechanismen in der Produktion kanonischer Babbel-Laute, da sich direkte Übereinstimmungen zwischen ihnen und dem Konsonantenrepertoire sowie der Silbenstruktur in ersten Wörtern und der späteren Erwachsenensprache finden lassen (Locke, 1983; Oller et al., 1998; Oller, 2000). Es ist bekannt, dass Säuglinge mit einer OFS im Vergleich zu gleichaltrigen gesunden Säuglingen nicht nur verspätet mit dem kanonischen Babbeln beginnen, sondern auch ein kleineres Konsonantenrepertoire vorweisen (Chapman et al., 2001; Harding & Grunwell, 1996; O'Gara & Logemann, 1988). Vor dem Hintergrund, dass Merkmale in Babbel-Lauten Hinweise auf vorsprachliche Entwicklungsdefizite liefern könnten, war es Eibands (2018) Ziel, zunächst spaltunabhängige Messgrößen in Komfortvokalisationen zu identifizieren.

Charakteristisch für die Phase des kanonischen Babbelns sind das Bilden von ersten reifen Silben, sowie die Stabilisierung von Silbenmustern durch erste zerebral gespeicherte artikulatorische Gesten, die als „Speichereinträge“ eine Basis für sensorische und auditive Rückkopplungen sowie für artikulationsmotorische Lautmuster bilden (Levelt et al., 1999; Oller, 2000; Vihman et al., 2009). Aufgrund dessen analysierte Eiband (2018) Silbenstrukturen in vorsprachlichen Vokalisationen und kam zu dem Ergebnis, dass sich segmentale Charakteristika in Babbel-Lauten von Säuglingen mit einer angeborenen orofazialen Malformation hinsichtlich ihrer Auftrittshäufigkeit und Ausführungsqualität von der gesunden Kontrollgruppe unterschieden.

Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der Vorarbeiten, wurde in der vorliegenden Arbeit ein bisher noch nicht verfolgter Ansatz umgesetzt, indem quantitative und qualitative Merkmale unvollständiger und vollständiger laryngealer Konstriktionen in Vokalisationen von Säuglingen mit einer OFS systematisch analysiert wurden. Ziel der Untersuchungen war es, durch eine spezifischere Graduierung (Kapitel 2.5.1) und Kategorisierung (Kapitel 2.5.2) eine objektive und reproduzierbare Charakterisierung laryngealer Konstriktionsphänomene und ihrer typischen Muster zu ermöglichen. Der in der vorliegenden Arbeit gewählte Untersuchungszeitraum vom 4. bis zum 6. Lebensmonat eignete sich ideal, um zum einen ein möglichst breites Repertoire an Vokalisationstypen in die Analysen einzuschließen und zeichnete sich zum anderen dadurch aus, dass noch keine operativen Einflussfaktoren auf den malformierten Vokaltrakt vorlagen. Dadurch konnte in den Analysen das Spaltausmaß berücksichtigt und ein möglicher positiver Einfluss der Plattentherapie auf die vorsprachliche Entwicklung geprüft werden, der auch schon in vorherigen Arbeiten diskutiert wurde (Hauschildt, 2006; Hinderer, 2013; Steck-Walter, 2007).

Grundlage für das Verständnis von laryngealen Konstriktionsphänomenen in der vorliegenden Arbeit waren die Forschungsergebnisse des Linguisten John Esling, dessen Arbeitsgruppe sich im Rahmen vorsprachlicher Studien intensiv mit laryngealen Konstriktionen in Säuglingsvokalisationen befasste. In seinem Modell des *laryngealen Artikulators (LAM)* postuliert Esling erstmalig 2005, dass die frühe vokale Entwicklung gesunder Säuglinge mit laryngealen Konstriktionen beginnt und diese bereits der Artikulationsentwicklung zugeschrieben werden können. Damit erweitert Esling bisherige Modelle, die sich hinsichtlich der artikulatorischen Entwicklung auf die Konsonantenbildung beschränken (Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Oller, 2000; Stark, 1980).

Esling (2005, 2012, 2019) differenziert in seinem Modell zwischen einem oralen und einem laryngealen Anteil des Vokaltrakts. Letzterem schreibt er glottale, supraglottale und epiglottale (pharyngeale) Mechanismen zu. Die Stimmlippen sowie den laryngealen Faltenapparat fasst Esling als „laryngealen Konstriktor“ zusammen. Das Zusammenspiel der genannten glottalen Strukturen ist für ein großes Spektrum an akustischen Eigenschaften verantwortlich, zu denen auch die gehören, die in den ersten Lautäußerungen von Säuglingen beobachtet werden. Laut Esling (2005) produzieren Säuglinge in den ersten Lebensmonaten ausschließlich laryngeal erzeugte Laute, die mit zunehmendem Alter durch die Reifung der artikulatorischen Kontrolle auch zunehmend von supralaryngealen Lauten abgelöst werden.

Zu den häufigsten laryngealen Phonationstypen in den ersten Lebensmonaten gehören, neben dem glottalen Verschluss (*glottal stop*), der den primitivsten Mechanismus der frühen Artikulation darstellt (Buder et al., 2013), auch die *harsh voice* (*Pressen*) und die *creaky voice* (*Knarrstimme*) (Esling, 2005, 2012, 2019). In seinem Katalog über Stimmqualitäten beschreibt Titze (1994) die genannten Phänomene sowie weitere charakteristische Formen von laryngealen Konstriktionen. Er definiert den Begriff *Pressen* als Konstriktion der Glottis, die durch eine maximale Adduktion der arytenoiden Knorpel erzeugt wird und mit einem medialen Verschluss der Stimmlippen sowie einem dadurch stark verringerten laryngealen Luftstrom assoziiert ist. Bei der *Knarrstimme* handelt es sich um eine laryngeale Konstriktion., die Titze (1994) als ein komplexes Vibrationsmuster an den Stimmlippen definiert. Wagner (2004) beschreibt weiterführend, dass es sich hier um eine Vibration des muskulösen Anteils der Glottis mit geringer Amplitude handelt und nur der knorpelige Anteil geschlossen ist. Bei gleichzeitig verringerter Frequenz lassen sich einzelne Glottisschläge auditorisch wahrnehmen. Es könnte sich dann um einen fließenden Übergang von der *Knarrstimme* zu einzelnen *Pulsen* (*pulse register*, *Stroh-bassregister*) handeln (Thurman et al., 2004).

Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Klassifizierungsmodell zur Untersuchung von laryngealen Konstriktionen in vorsprachlichen Vokalisationen von Säuglingen mit einer angeborenen OFS beruht sowohl auf Eslings Entwicklungsmodell als auch auf seiner Definition von laryngealen Konstriktionen (Esling, 2005, 2012, 2019). Ebenfalls basierend auf dem erweiterten präartikulatorischen Entwicklungsmodell von Esling (2005) untersuchten Yavarzadeh (2020) und Robb et al. (2020) das Vorkommen von laryngealen Konstriktionen in Schrei- und Nichtschreilauten gesunder Säuglinge und kamen zu dem Ergebnis, dass sie ein regelhaft zu beobachtendes Phänomen bei Säuglingen ohne OFS

darstellen. Aufbauend darauf bestand die Forschungsmotivation der vorliegenden Arbeit darin zu prüfen, ob dies auch auf Vokalisationen von Säuglingen mit einer angeborenen OFS zutrifft. Ziel war es, einen weiteren wichtigen Beitrag für das Verständnis der vorschulischen Entwicklung von Säuglingen mit einer angeborenen OFS zu liefern und Entwicklungsauffälligkeiten sowie mögliche diagnostische Risikomarker frühestmöglich zu ermitteln, um die Therapie der betroffenen Säuglinge so optimal und individuell wie möglich anpassen zu können. Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegenden Arbeit erstmals folgende Fragestellungen explorativ untersucht:

1. Treten laryngeale Konstriktionen bei Säuglingen mit einer OFS in den Lebensmonaten 4 bis 6 regelhaft auf?
2. Haben die Ausprägung der OFS und das Tragen der Gaumenplatte einen Einfluss auf die Auftrittshäufigkeit von laryngealen Konstriktionen?
3. Ändert sich die Auftrittshäufigkeit von laryngealen Konstriktionen in Abhängigkeit vom Alter und gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede?
4. In welchen typischen Mustern kommen laryngeale Konstriktionen vor und wie häufig treten diese in Abhängigkeit vom Alter und der Spaltausprägung auf?
5. Zeigen sich Unterschiede in temporalen Eigenschaften von laryngealen Konstriktionen in Abhängigkeit vom Alter und der Spaltausprägung?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und ethische Aspekte

Die vorliegende Arbeit untersuchte Vokalisationen von Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS) in Hinblick auf das Phänomen der laryngealen Konstriktion (I.K.). Es handelte sich um eine retrospektive Analyse pseudonymisierter Routinedaten im Längsschnittdesign aus den Jahren 2003 bis 2016, die routinemäßig im Rahmen der interdisziplinären Spaltsprechstunde an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg (UKW; Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer) erhoben wurden. Daher war kein Ethikvotum erforderlich.

Der Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit belief sich auf die Lebensmonate 4 bis 6 (91 bis 180 Tage) nach der Geburt, in denen insgesamt 9.800 Lautäußerungen untersucht wurden. Parallel dazu wurden im Rahmen der Dissertation von Jasmin Klein (2023 - Dissertationsschrift eingereicht), auf Basis weiterer 10.100 Lautäußerungen, die ersten 3 Lebensmonate (0 bis 90 Tage) derselben Säuglinge ausgewertet. Die in den folgenden Kapiteln beschriebene Auswahl der Säuglinge, die Selektion der Laute sowie die gesamte Datenanalyse wurden in enger Zusammenarbeit mit Jasmin Klein durchgeführt.

Von 2003 bis 2016 wurden von ursprünglich 99 Säuglingen mit LKGS routinemäßig Lautaufnahmen angefertigt. In die Längsschnittstudie der vorliegenden Arbeit sollten zunächst nur Säuglinge eingeschlossen werden, von denen möglichst viele Lautaufnahmen in den ersten 6 Lebensmonaten vorlagen. Weitere Auswahlkriterien für das Patientenkollektiv sind in Kapitel 2.2 ausführlich beschrieben. Die Kriterien trafen für den Zeitraum der ersten 6 Lebensmonate auf 27 Säuglinge mit insgesamt fast 20.000 vermessenen Vokalisationen zu.

Die Lautaufnahmen der Säuglinge erfolgten über mehrere Monate nach der Geburt im Rahmen der Behandlung in der interdisziplinären Spaltsprechstunde der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW sowie teilweise ergänzend in häuslicher Umgebung durch die Eltern. Die ausschließlich spontanen Lautäußerungen der Säuglinge, also keine durch externe Schmerzreize oder Interventionen ausgelösten Vokalisationen, wurden für die vorliegende Arbeit vom Zentrum für vorsprachliche Entwicklungen und Entwicklungsstörungen (ZVES) zur Verfügung gestellt. Alle erhobenen Aufnahmen sollten mit Hilfe spezieller laborinterner Software ausgewertet werden, um präartikulatorische Aktivitäten

in Form von laryngealen Konstriktionen retrospektiv zu beurteilen (Kapitel 2.4) und dabei den Einfluss des Spalttyps, des Patientenalters, des biologischen Geschlechts und der Gaumenplatte zu berücksichtigen.

Der ausgewählte Zeitraum für die Längsschnittuntersuchung der präartikulatorischen Fähigkeiten wurde gewählt, da in den ersten 6 Lebensmonaten keine therapeutisch bedingten chirurgischen Einflussfaktoren auf den malformierten Vokaltrakt vorlagen. Die erste Operation, die dem Lippenverschluss dient, findet nach dem Würzburger interdisziplinären Behandlungskonzept nach frühestens 6 Monaten statt. Nach ca. 12 Monaten schließt sich der operative Gaumenverschluss an. Somit lag im Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit noch die präoperative Spaltbildung vor und operationsbedingte Nebeneffekte, wie z. B. der Einfluss der Anästhesie, Schmerzen oder emotionaler Stress durch die operationsbedingte Trennung von den Eltern, konnten hier als Einflussfaktoren ausgeschlossen werden.

Alle hier untersuchten Säuglinge erhielten, bei gegebener Indikation, gemäß des Würzburger Therapiekonzeptes, bereits kurz nach der Geburt eine kieferorthopädische Frühbehandlung in Form einer Gaumenplatte für den temporären konservativen Verschluss der offenen oronasalen Verbindung. Bei den Säuglingen, die aufgrund der Ausprägung ihrer orofazialen Spaltbildung (OFS) eine Gaumenplatte erhielten, wurden Aufnahmen ihrer Vokalisationen zu den Kontrollterminen jeweils mit und ohne eingesetzte Platte angefertigt. Die Kondition einer eingeschliffenen bzw. nicht eingeschliffenen Gaumenplatte sollte bei der Analyse der vorliegenden Arbeit berücksichtigt werden. Laut Angabe der Eltern, die in den klinischen Akten dokumentiert vorlag, wurde die Gaumenplatte von allen Säuglingen vom Zeitpunkt der Erstversorgung bis in der Regel zum operativen Gaumenverschluss, mindestens aber über die ersten 6 Lebensmonate, regelmäßig getragen.

Die klinisch aufgezeichneten spontanen Lautäußerungen der Säuglinge lagen in Form pseudonymisierter Audiodateien im WAV-Format am ZVES vor und wurden im Anschluss an die Untersuchungen für die vorliegende Arbeit anonymisiert. Die Auswertung erfolgte nach vorgegebener Routine der vorsprachlichen Diagnostik am ZVES. Die für die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit notwendigen Erweiterungen der Auswertungsverfahren wurden durch die Autorin eingearbeitet und sind in Kapitel 2.4 ausführlich beschrieben.

2.2 Patientenkollektiv

Die Auswahl der Säuglinge erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Doktorandin Jasmin Klein (2023 - Dissertationsschrift eingereicht) und belief sich auf 27 Säuglinge mit einer LKGS. In der vorliegenden Arbeit umfasste das Patientenkollektiv jedoch nicht 27, sondern 26 Säuglinge mit einer OFS, 12 Mädchen und 14 Jungen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für einen Säugling nur Lautaufzeichnungen in den Zeitraum der ersten 3 Lebensmonate und nicht in den Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit (4. bis 6. Lebensmonat) fielen.

Das entscheidende Kriterium für die Lautauswahl war eine ausreichend hohe Anzahl an gespeicherten Vokalisationen pro Säugling durch in regelmäßigen Abständen realisierte Aufnahmetermine über einen Zeitraum der ersten 6 Lebensmonate, um einen repräsentativen Längsschnitt präoperativ geäußerter Laute zu erhalten. Die Lautaufzeichnungen wurden alle mit einem TASCAM Rekorder (Modell DR-100) sowie einem Earthwork Mikrophon (TC20) durchgeführt und lagen digitalisiert im WAV-Format am ZVES vor.

Die Kriterien für die Auswahl der Patientinnen und Patienten lauteten wie folgt:

- Vorliegen von mindestens 4 Aufnahmetagen im Untersuchungszeitraum von 0 bis 180 Tagen, wovon mindestens einer in den Zeitraum der vorliegenden Arbeit (91 bis 180 Tage) fiel
- Vorliegen von mindestens 100 Einzelsignalen (phonierte Expirationsphasen) je Säugling für den Untersuchungszeitraum von 0 bis 180 Tagen
- Teilnahme der Säuglinge an konservativer Frühtherapie der interdisziplinären Spaltsprechstunde des UKW
- Ausschluss von Säuglingen mit hochgradigen sensorineuralen Hörstörungen
- Ausschluss von Patientinnen und Patienten mit klinisch dokumentierten kognitiven und/oder motorischen Entwicklungsstörungen im Untersuchungszeitraum

Aufgrund der Variabilität des Ausprägungsgrades der OFS und der jeweiligen Therapieform wurden die insgesamt 26 Säuglinge des Patientenkollektivs in vier Gruppen eingeteilt (Tabelle 1). Die Angaben zur Ausprägung der Spalte wurden den Akten der Patientinnen und Patienten entnommen.

Tabelle 1 : Zuordnung der 26 Säuglinge in ihre jeweilige Spaltgruppe

Geschlecht m: männlich; w: weiblich

¹ LAHS-Nomenklatur nach Koch et al. (2003); L: lip (Lippe), A: alveolar (Kiefer),
H: hard palate (Hartgaumen), S: soft palate (Weichgaumen)

Großbuchstaben: Durchgängige, komplette Spalte

Kleinbuchstaben: Nicht durchgängige, inkomplette Spalte

Die beteiligten anatomischen Strukturen werden aus Patientensicht entweder links- oder rechtsseitig der Weichgaumenspalte (S) aufgezählt.

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Spalttyp ¹
IGS_oP Isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie	AA	w	hSh
	AB	w	hSh
	AC	w	S
IGS_mP Isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie	BA	m	hSh
	BB	m	HSH
	BC	w	HSH
	BD	w	HSH
	BE	w	HSH
	BF	w	hSh
	BG	m	hSh
	BH	w	hSh
e_LKGS_mP Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie	CA	m	HSHAL
	CB	m	laHSH
	CC	w	LAHSH
	CD	m	HSHAL
	CE	m	LAHSH
	CF	m	HSHAL
	CG	m	LAHSh
	CH	w	hSHAL
	CI	m	hSHAL
	CJ	m	HSHAL
	CK	w	hSHAL
b_LKGS_mP Gaumenspalte und beid- seitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie	DA	w	LAHSHAL
	DB	m	laHSHAL
	DC	m	LHSHAL
	DD	m	LAHSHAL

In Tabelle 2 werden die anthropometrischen Daten der 26 Säuglinge zum Zeitpunkt der Geburt sowie Entwicklungsbesonderheiten aufgeführt.

Tabelle 2: Anthropometrische Daten sowie Entwicklungsbesonderheiten der Säuglinge zum Zeitpunkt der Geburt

cm Zentimeter
g Gramm
Geschlecht m: männlich, w: weiblich
P.-R.-S. Pierre-Robin-Sequenz
vSSW vollendete Schwangerschaftswoche

Säugling	biologisches Geschlecht	Gestationsalter [vSSW]	Geburtsgewicht [g]	Geburtslänge [cm]	Entwicklungsbesonderheiten
AA	w	36	2600	48	Frühgeborenes
AB	w	40	3770	52	
AC	w	34	2040	46	Frühgeborenes
BA	m	40	3580	51	
BB	m	27	1250	40	Frühgeborenes; P.-R.-S.
BC	w	36	1840	44	Frühgeborenes; P.-R.-S.
BD	w	37	2830	48	
BE	w	37	2520	45	Retrognathie
BF	w	40	3150	52	P.-R.-S.
BG	m	39	3325	50	Retrognathie
BH	w	40	3550	53	Retrognathie
CA	m	41	3460	54	
CB	w	39	3030	49	
CC	m	41	3560	52	
CD	m	38	4030	53	
CE	m	41	2860	52	
CF	m	40	3225	48	
CG	m	34	2495	46	Frühgeborenes
CH	w	37	3085	49	
CI	m	40	4130	57	
CJ	m	34	2315	45	Frühgeborenes
CK	w	36	2540	46	Frühgeborenes
DA	w	42	2750	52	
DB	m	39	3000	49	
DC	m	39	3390	50	
DD	m	38	3190	52	Van-der-Woude Syndrom

Bei den Säuglingen BB, BC und BF war laut Patientenakte eine Pierre-Robin-Sequenz diagnostiziert, welche sich aus der Symptomtrias der mandibulären Retro- bzw. Mikrognathie, einer Glossoptose und einer Gaumenspalte zusammensetzt. Da bei diesen Säuglingen die Gefahr der Verlegung der Atemwege durch das Zurückfallen der Zunge in den Rachenraum besteht, erhielten sie direkt nach der Geburt eine speziell angefertigte Gaumenplatte mit einem bis zum Zungengrund reichenden Fortsatz. Dadurch wird die Zunge nach anterior in eine physiologische Position gebracht, die Atemwege werden befreit und das anteriore Wachstum des Unterkiefers kann gleichzeitig gefördert werden (Fischer & Stellzig-Eisenhauer, 2019). Es handelt sich dabei um ein gängiges, nicht

chirurgisches Therapiekonzept zur funktionskieferorthopädischen Frühbehandlung des Syndroms, welches sich gleichzeitig als Notfallbehandlung zur Sicherung der Atemwege eignet (Fischer & Stellzig-Eisenhauer, 2019; Schwenzer & Ehrenfeld, 2011).

Die Säuglinge BE, BG und BH wiesen eine Retrognathie auf. Der Verdacht auf eine Pierre-Robin-Sequenz konnte in diesen Fällen, laut Patientenakte, nicht bestätigt werden. Der Säugling DD war an dem Van-der-Woude-Syndrom erkrankt. Dieses ist durch die Ausbildung von Unterlippenfisteln in Kombination mit einer Gaumenspalte charakterisiert (Schwenzer & Ehrenfeld, 2011). Da laut Patientenakte keine kognitiven oder motorischen Einschränkungen vorlagen, konnte der Säugling mit in die Analysen einbezogen werden. Die frühgeborenen Säuglinge (n = 7), die vor der 37. vollendeten Schwangerschaftswoche zur Welt kamen, wurden ebenfalls mit in die Untersuchungen einbezogen, da sie sich laut Aktendokumentation postnatal unauffällig entwickelten.

Bei OFS-Säuglingen werden präoperativ vermehrt Beeinträchtigungen der Hörleistung beobachtet. Dies ist auf die mangelnde Belüftung des Mittelohres durch Sekretansammlungen in diesem Bereich zurückzuführen. Die Konsequenzen daraus sind rezidivierende Mittelohrentzündungen, die zu Paukenergüssen und transitorischen Schallleitungsstörungen führen können (Jocelyn et al., 1996; Schwenzer & Ehrenfeld, 2011).

Daher werden bei Säuglingen mit OFS in der Regel engmaschige pädaudiologische Kontrollen durchgeführt, um ein eingeschränktes Hörvermögen frühzeitig zu diagnostizieren und entsprechende Behandlungsschritte einzuleiten. Die häufigste Therapie in diesem Zusammenhang ist die sogenannte Paukendrainage, die durch das Einlegen von Paukenröhrchen erfolgt und häufig in Verbindung mit dem operativen Lippen- oder Gaumenverschluss stattfindet. Falls erforderlich kann der Vorgang im Rahmen der operativen Gaumenverschlussplastik wiederholt werden. Auf diese Weise wird eine dauerhafte Drainage der Paukenhöhle in den äußeren Gehörgang ermöglicht, die mit der Steigerung der Hörleistung einhergeht (Schwenzer & Ehrenfeld, 2011).

Tabelle 3 zeigt die Hörleistungen der 26 Säuglinge des Gesamtkollektivs im ersten Lebenshalbjahr. Bei fünf dieser Säuglinge lagen der Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen des UKW (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen) keine Hörbefunde vor, da die Betreuung durch niedergelassene HNO-Ärzte am Wohnort der Säuglinge erfolgte.

Tabelle 3: Hörbefunde der Säuglinge im ersten Lebenshalbjahr
 Quelle: Klinik und Poliklinik für Hals- Nasen- und Ohrenkrankheiten, plastische und ästhetische Operationen des UKW (Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h. c. Rudolf Hagen)

BERA Brainstream Electric Response Audiometry
 dB Dezibel
 k.A. keine Angabe von niedergelassenen Ärzten am Wohnort

Säugling	Einstufung der Hörleistung	Untersuchungsart
AA	1	BERA
AB	2	BERA
AC	1	Freifeld
BA	1	BERA
BB	k.A.	k.A.
BC	0	BERA
BD	1	BERA
BE	1	BERA
BF	2	Freifeld
BG	2	Freifeld
BH	1	Freifeld
CA	1	Freifeld
CB	1	BERA
CC	k.A.	k.A.
CD	2	BERA
CE	1	Freifeld
CF	2	BERA
CG	1	Freifeld
CH	1	BERA
CI	0	BERA
CJ	1	Freifeld
CK	k.A.	k.A.
DA	k.A.	k.A.
DB	k.A.	k.A.
DC	k.A.	BERA
DD	1	Freifeld

Einstufung	Hörleistung	BERA [dB]	Freifeld [dB]
0	regelgerecht	0-40	0-60
1	geringgradige Hörminderung	40-60	60-80
2	mittelgradige Hörminderung	60-70	80-100

2.3 Datenbasis

Die Datengrundlage belief sich für den Gesamtlängsschnitt der ersten 6 Lebensmonate (0 bis 180 Tage) auf 19.900 Vokalisationen, die gemeinsam mit der Doktorandin Jasmin Klein (2023 - Dissertationsschrift eingereicht) ausgewählt und signalanalytisch vorverarbeitet wurden (Kapitel 2.4). Nachfolgend wurden spezifische Analysen für den Zeitraum der Lebensmonate 4 bis 6 (91 bis 180 Tage) an insgesamt 9.800 Lautaufnahmen von 26 Säuglingen durchgeführt (Kapitel 2.4).

Tabelle 4 berichtet die Anzahl der Vokalisationen der untersuchten Säuglinge in ihrer Gesamtzahl sowie differenziert nach den Plattenkonditionen (PK) X, Y und Z.

Die PK X beschreibt, dass zum Zeitpunkt der Lautaufnahme die Gaumenplatte getragen wurde. War die Gaumenplatte zum Aufnahmezeitpunkt nicht eingesetzt, handelt es sich um die PK Y. Die PK Z definiert den Zustand der zum Aufnahmezeitpunkt getragenen Gaumenplatte, nachdem die Platte zuvor neu eingeschliffen wurde.

Tabelle 4: Anzahl der Vokalisationen im Untersuchungszeitraums für die PK X, Y und Z

PK Plattenkondition
 PK X Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
 PK Y Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
 PK Z Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.

Säugling	Anzahl Vokalisationen			
	PK X	PK Y	PK Z	Gesamt
AA	-	194	-	194
AB	-	203	-	203
AC	-	58	-	58
BA	173	223	68	464
BB	143	154	6	303
BC	69	42	61	172
BD	257	27	-	284
BE	28	2	23	53
BF	434	167	-	601
BG	60	59	-	119
BH	249	207	19	475
CA	152	362	60	574
CB	65	-	117	182
CC	1484	848	-	2332
CD	28	170	-	198
CE	-	108	67	175
CF	77	141	90	308
CG	159	129	108	396
CH	64	118	40	222
CI	826	335	35	1196
CJ	-	8	28	36
CK	1	203	-	204
DA	339	83	-	422
DB	118	57	51	226
DC	77	21	56	154
DD	56	107	86	249
Summen	4859	4026	915	9800

Aufnahmen von Vokalisationen mit PK X fehlten bei den Säuglingen CE und CJ und welche mit PK Z bei den Säuglingen BD, BF, BG, CC, CD, CK und DA. Da aber bei den genannten Patientinnen und Patienten Einzelsignale für die jeweils andere Kondition mit eingesetzter Platte vorlag, konnte in den späteren statistischen Analysen grundsätzlich zwischen Einzelsignalen mit getragener (PK X, PK Z) und nicht getragener (PK Y) Gaumenplatte verglichen werden. Einen Sonderfall stellte Säugling CB dar, da hier nur Laute mit eingesetzter Gaumenplatte (PK X und PK Z) im Archiv vorlagen und damit die PK Y nicht vertreten war. Für die drei Säuglinge aus der Spaltgruppe IGS_oP bestand, aufgrund einer isolierten Gaumenspalte von geringem Ausmaß, keine Indikation für eine kieferorthopädische Frühbehandlung. Deshalb lagen für diese Säuglinge nur

Lautaufnahmen mit PK Y vor. Für ein möglichst homogenes Gesamtkollektiv wurde die Spaltgruppe IGS_oP in der späteren statistischen Hauptanalyse nicht mit einbezogen, sondern separat deskriptiv beschrieben (siehe Appendix).

Eine Übersicht darüber, wie viele Lautaufnahmen in den hier untersuchten Lebensmonaten vorlagen, liefert Tabelle 5.

Tabelle 5: Anzahl der Vokalisationen pro Lebensmonat
Monat 4: 91-120 Tage; **Monat 5:** 121-150 Tage; **Monat 6:** 151-180 Tage

Säugling	Anzahl Vokalisationen			
	Monat 4	Monat 5	Monat 6	Gesamt
AA	36	87	71	194
AB	27	40	136	203
AC	-	37	21	58
BA	62	39	363	464
BB	158	81	64	303
BC	61	57	54	172
BD	175	-	109	284
BE	-	25	28	53
BF	281	275	45	601
BG	68	51	-	119
BH	159	150	166	475
CA	308	204	62	574
CB	24	117	41	182
CC	816	222	1294	2332
CD	109	70	19	198
CE	43	-	132	175
CF	134	124	50	308
CG	82	81	233	396
CH	98	65	59	222
CI	284	468	444	1196
CJ	-	36	-	36
CK	1	-	203	204
DA	191	216	15	422
DB	-	144	82	226
DC	77	77	-	154
DD	55	63	131	249
Summen	3249	2729	3822	9800

2.4 Datenaufbereitung

Die Datengrundlage belief sich für den analysierten Zeitraum von 91 bis 180 Tagen auf insgesamt 9.800 Vokalisationen.

Die hier ausgewerteten Aufnahmen waren größtenteils bereits in Form von Einzelsignalen als pseudonymisierte WAV-Dateien im ZVES-Archiv vorhanden und wurden für die vorliegende Arbeit anonymisiert. Lautaufnahmen der Säuglinge, die noch ungeschnitten vorlagen, wurden zu Beginn der Datenaufbereitung manuell segmentiert und archiviert. Die Rohdaten wurden dafür zunächst mit Hilfe der Sprachanalysesoftware Computerized Speech Lab (CSL, Modell 4.400, KayPENTAX, USA) in den PC eingelesen und anschließend zu kürzeren, etwa zweiminütigen Langserien geschnitten und abgespeichert.

Im Anschluss erfolgte das Segmentieren in kürzere zeitliche Abschnitte mit der Open-Source-Software PRAAT (Version 5.3.77, Boersma und Weenink 2014). Dazu wurden durch das manuelle Setzen von Cursors die einzelnen Laute des Säuglings markiert. Mit Hilfe einer Software (Eisenmann, 2021) wurden die markierten Abschnitte automatisch selektiert und in ein weiteres laboreigenes System namens CDAP (Cry-Data-Analysis-Program; Programmator P. Wermke; „pw-project“) eingelesen. Für die anschließende Datenanalyse lagen schließlich alle Lautaufnahmen als digitalisierte Einzelsignale in Form von Audiofiles (WAV-Dateien) vor. Unter einem Einzelsignal wurde die Lautproduktion des Säuglings während einer Expiration definiert (Abbildung 1). Den Phonationen jeweils vorangehende und nachfolgende Inspirationsgeräusche (Abbildung 1) wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt.

Routinemäßig wurden von allen Audiofiles automatisch Frequenzspektrogramme ermittelt und im Albenmodus des CDAP-Systems dargestellt und gespeichert.

Bei diesen Frequenzspektrogrammen handelte es sich um Schmalbandspektrogramme bis 4000 Hz. Harmonische werden als ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sehr gut abgebildet und ihre Intensität in Graustufen, mit Schwarz als Höchstwert, dargestellt (Abbildung 1). Spektrale Lauteigenschaften, wie z. B. schnelle Frequenzanstiege und -abfälle sowie plötzliche Frequenzsprünge, sind ebenfalls gut erkennbar.

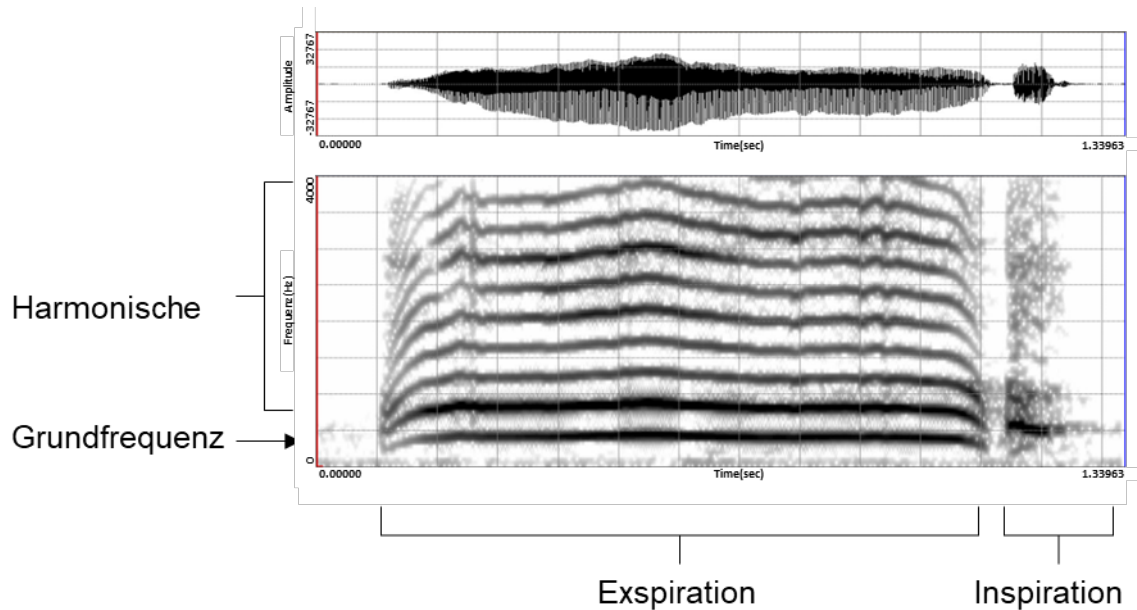


Abbildung 1: Zeitbereichsdarstellung und Frequenzspektrum (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals (CSL-Display)

Schmalbandspektrum der Phonation einer Expirationsphase mit sich anschließendem Inspirationsgeräusch. Die X-Achse zeigt die Zeit in Sekunden, die Y-Achse die Frequenz von 0 - 4000 Hz (linear). Die unterste Frequenzlinie stellt die Grundfrequenz mit darüber liegenden ganzzahligen Vielfachen (Harmonische) dar. Über dem Spektrum ist die Signalpegelamplitude in einem Oszillogramm dargestellt.

Mit Hilfe, der im Albenmodus des Programms CDAP gespeicherten Spektrogramme wurde zu Beginn der Datenaufbereitung eine Auswahl an Lauten getroffen, die das Phänomen der I.K. (Kapitel 2.5.1) beinhalteten und eine Gesamtlänge von mindestens 300 ms aufwiesen. Dabei wurden alle Vokalisationstypen eingeschlossen, da aktuelle Untersuchungen zeigten, dass I.K. bei gesunden Säuglingen, unabhängig von der Lautform, ein regelmäßiges Phänomen darstellen (Esling, 2005, 2012, 2019; Robb et al., 2020). Folgende Vokalisationstypen wurden hier eingeschlossen:

Schrei

Es handelt sich um Laute, die in negativer Gestimmtheit mit einer hohen Intensität geäußert werden und sich durch das häufige Auftreten von Rauschbanden, Subharmonischen und Frequenzsprüngen im Spektrogramm auszeichnen (Hirschberg, 1999).

Marginales Babbeln

Hierzu werden alle Laute in negativer oder positiver Gestimmtheit gezählt, die silbenähnlichen Charakter haben und demnach durch Vokal- und Konsonantenvorstufen gekennzeichnet sind (Buder et al., 2013).

Übergangslaute

Dieser Vokalisationstyp ist durch Eigenschaften gekennzeichnet, die sowohl typische Merkmale von Schreilaute als auch vom marginalen Babbeln aufweisen. Charakteristisch sind ein melodisches Weinen geringerer Intensität und das Vorkommen von Vokanten, den Vorstufen späterer Vokale.

Alle Einzelsignale dieser Vokalisationstypen wurden anhand ihres Spektrogramms visuell untersucht und in die Auswahl miteingeschlossen, sobald mindestens eine sichtbare innerlautliche Unterbrechung in Form einer I.K. vorkam. Die I.K. zeigten sich durch folgende charakteristische Harmonischenmuster:

- Harmonische mit deutlich verringerter Energiedichte, visualisiert durch einen helleren Grauwert
- dicht übereinander liegende Harmonische aufgrund einer tiefen Grundfrequenz
- pulsartige oder länger anhaltende Unterbrechungen des Harmonischenmusters, die durch Oszillationspausen hervorgerufen wurden.

Der visuellen Identifikation der I.K. schloss sich eine auditive Evaluation an. Diese beinhaltete das Hören der im Spektrogramm sichtbaren Unterbrechungen bzw. Veränderungen des harmonischen Lautmusters. Durch die auditive Analyse wurden nicht nur I.K., die im Spektrogramm sichtbar waren, evaluiert, sondern auch einzelne Laute aussortiert. Dies betraf:

- Laute mit schlechter Aufnahmequalität
- rein vegetative Laute, wie z. B. Niesen, Grunzen, Schlucken, Husten (Buder et al., 2013; McCune et al., 1996)
- Lachen und Quieker (Buder et al., 2013)
- *Raspberries* (Lippenlaute) und *Klicklaute* (Buder et al., 2013)
- *Growls* (Buder et al., 2013)
- hörbare Irregularitäten in der Phonation; *phonatorisches Rauschen* (Fuame-nya, 2011; Mende et al., 1990a)

Vor allem *Raspberries*, *Klicklaute* und *Growls* stellten sich visuell im Frequenzspektrogramm häufig ähnlich wie I.K. (Kapitel 2.5.1) dar, sind aber supralaryngealer Natur. Auditiv konnten sie allerdings sehr gut von den I.K. abgegrenzt werden.

Buder et al. (2013) beschreiben die genannten Phänomene in einem Katalog vorsprachlicher Vokalisationen folgendermaßen: Die Erzeugung von *Klicklauten* ist durch den Aufbau eines Hohlraums mit einem Unterdruck möglich. Beim Abbau dieses negativen Unterdrucks kommt es zu der non-phonatorischen Lautentstehung. *Rasberries* stellen sich als Triller und Vibrationen dar, die mit den Lippen und/oder der Zunge gegen den zahnlosen Alveolarkamm gebildet werden. Tief klingende Vokalisationen von rauher und geräuschvoller Qualität werden als *Growls* bezeichnet. Sie werden durch einen sehr niedrigen Grundfrequenzbereich, der sowohl innerhalb als auch unterhalb des typischen Frequenzbereichs von Säuglingsvokalisationen liegt, charakterisiert (Buder et al., 2013). Die Abgrenzung zu ähnlich klingenden, so genannten *Grunts* (McCune et al., 1996), war hier schwer möglich, aber auch für die vorliegende Arbeit nicht relevant.

Auch Laute von Säuglingen, die sich visuell im Spektrogramm durch das abrupte Auftreten von Rauschbanden darstellten (Abbildung 2), wurden hier ausgeschlossen. Diese werden nicht durch I.K., sondern durch Nichtlinearitäten und Turbulenzen der Stimmlippen-schwingungen, die eine direkte Wirkung auf den glottalen Luftstrom haben, erzeugt (Mende et al., 1990a). Auditiv können sie vor allem anhand ihres kratzenden und brüchigen Klangcharakters identifiziert werden (Fuamenya, 2011).

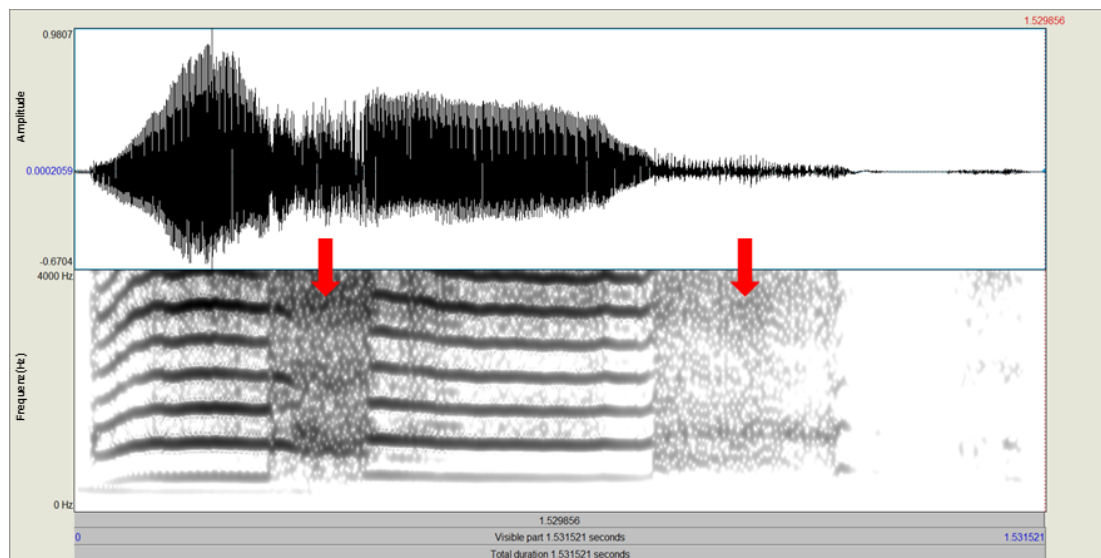


Abbildung 2: Zeitbereichsdarstellung und Frequenzspektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit phonatorischem Rauschen
Die roten Pfeile markieren die Rauschbanden.

Bei Säuglingen mit OFS liegen, bedingt durch die unphysiologische oronasale Verbindung, veränderte Resonanz- und Rückkopplungscharakteristika im Vokaltrakt vor.

So wird vermutet, dass es durch nicht-lineare Rückkopplungsmechanismen und einem erhöhten subglottischen Druck zu einem vermehrten Auftreten eines *phonatorischen Rauschens* kommt (Fuamenya, 2011; Hauschildt, 2006; Ostermann, 2010).

Nach der in diesem Kapitel beschriebenen Auswahl in CDAP (Cry-Data-Analysis-Program) erfolgte eine Evaluation mit der Open-Source-Software PRAAT (Version 5.3.77, Boersma und Weenink 2014). Letztlich wurden 1.413 Laute mit I.K. und 8.387 Laute ohne I.K. als Grundlage für die vorliegende Arbeit verwendet.

Da die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP (n = 3) keine kieferorthopädische Plattentherapie erhielten, wurden sie nicht in die nachfolgende Hauptanalyse (Kapitel 3) eingeschlossen, sondern separat im Appendix beschrieben. Für die 23 Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP belief sich die Anzahl an Lauten mit I.K. auf 1.385. Das restliche Lautrepertoire beinhaltete 7.960 Einzelsignale.

2.5 Datenauswertung

2.5.1 Definition laryngealer Konstriktionen und ihrer Graduierung in der vorliegenden Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wurden I.K. als eine Unterbrechung der Phonation innerhalb eines Einzelsignals definiert, die durch einen komplexen laryngealen Faltenapparat, insbesondere durch das Schwingen der aryepiglottischen Falten, entsteht. Im Spektrogramm stellen sich I.K. in unterschiedlichen Ausprägungsgraden dar, die durch einen laryngealen Verengungs- bzw. Schließmechanismus erzeugt werden (Edmondson & Esling, 2006; Esling, 2005, 2012, 2019).

Für die Analyse wurden drei laryngeale Konstriktionsphänomene definiert, die als *Pressen*, *Pulse* und *innerlautliche Oszillationspause* bezeichnet wurden und auf dem artikulatorischen Entwicklungsmodell des kanadischen Linguisten John Esling (2005, 2012, 2019) basieren. Esling postuliert in seinem Modell, dass Säuglinge in den ersten Lebensmonaten eine Vielzahl von I.K. produzieren. Den Entstehungsmechanismus führt er auf den sogenannten „laryngealen Konstriktor“ zurück, der sich aus einem komplexen laryngealen Faltenapparat zusammensetzt. Innerhalb eines Lautes können I.K. entweder einzeln oder in verschiedenen Mustern auftreten.

Pressen (Abbildung 4, A) und *Pulse* (Abbildung 5, C) zählen zu den unvollständigen Unterbrechungen der Phonation, die durch eine starke Glottisverengung und ein komplexes Vibrationsmuster der Stimmlippen erzeugt werden. Das Phänomen *Pressen* stellt sich als ein typisches Muster sehr dichter Harmonischer dar. Auditiv wahrnehmbar ist das Phänomen durch eine tiefe Grundfrequenz (f_0) von <200 Hz, die eine Art Knarren der Stimme erzeugt (Thurman et al., 2004; Titze, 1994; Wagner, 2004). Häufig findet ein fließender Übergang zwischen *Pressen* und *Pulsen* statt (Abbildung 4, B). *Pulse* kommen vermutlich durch eine noch tiefere Frequenz der Stimmlippenschwingungen, verbunden mit einem verlangsamten Luftstrom, zustande (Buder et al., 2013; Wagner, 2004).

Eine *innerlautliche Oszillationspause* beschreibt eine vollständige Unterbrechung der Phonation über die gesamte Dauer der I.K. (Abbildung 6, D, E). Das Phänomen der vollständigen Phonationsunterbrechung wird durch andere Autorinnen und Autoren häufig als „Glottal Stop“ bezeichnet (Buder et al., 2013; Wagner, 2004). In der vorliegenden Arbeit wurde bewusst der Begriff der *innerlautlichen Oszillationspause* verwendet, da

nicht mit völliger Gewissheit davon ausgegangen werden konnte, dass ein permanenter vollständiger Verschluss des laryngealen Faltenapparates vorlag.

Für die weitere Datenauswertung wurden die Phänomene zur detaillierteren Systematisierung der jeweiligen Erscheinungsform graduiert und Ausprägungsgrade der I.K. definiert. Es handelt sich um insgesamt fünf Abstufungen, die mit den Großbuchstaben A bis E benannt wurden und von einer unvollständigen bis hin zur vollständigen laryngealen Verengung reichen (Abbildung 3).

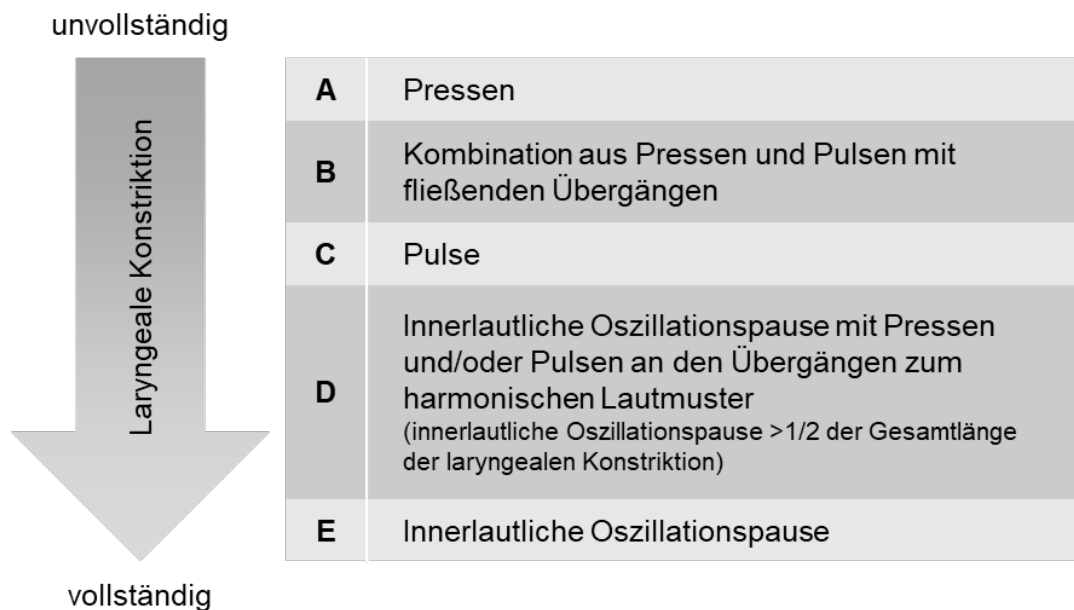


Abbildung 3: Graduierung laryngealer Konstriktionen durch die fünf Ausprägungsgrade A bis E
Der Pfeil kennzeichnet den zunehmenden Grad der laryngealen Verengung.

Visuell stellten sich die Bereiche der I.K. entweder (annähernd) vollständig ohne Harmonische (*innerlautliche Oszillationspause*) oder mit spezifischem harmonischem Muster (*Pressen/Pulse*) dar. Typische Beispiele für die beschriebenen Ausprägungsgrade A bis E sind in den Abbildungen 4 bis 6 dargestellt.

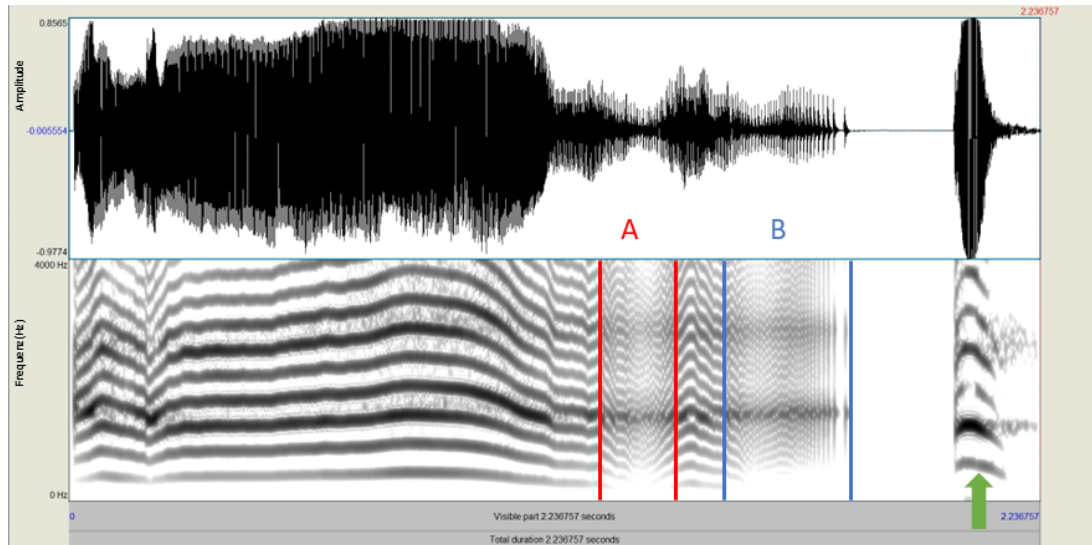


Abbildung 4: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade A und B

Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad A ist rot markiert, der vom Ausprägungsgrad B blau. Der grüne Pfeil kennzeichnet die nachfolgende Inspiration.

- A Pressen
- B Pressen und Pulse

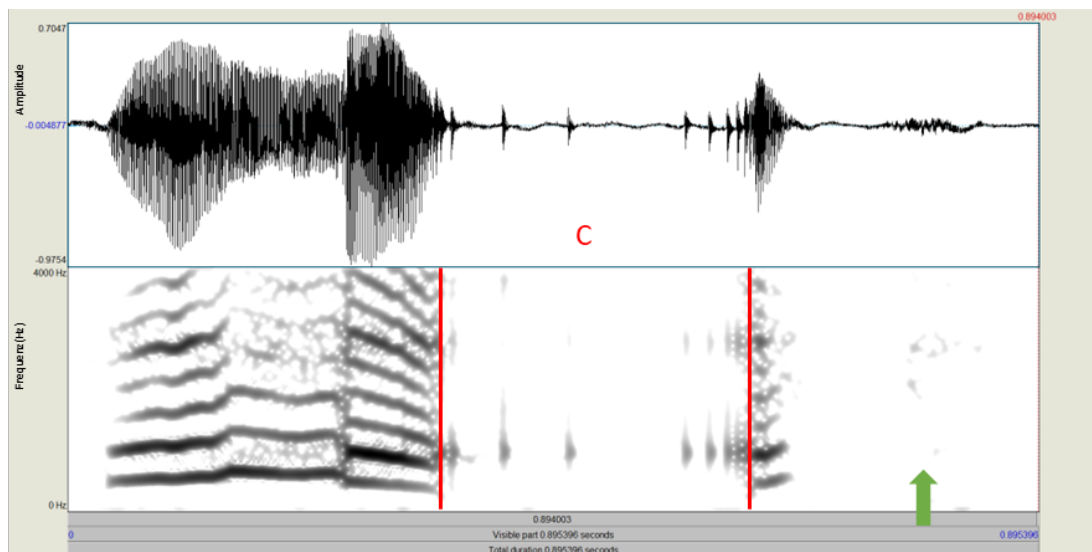


Abbildung 5: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit einer laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad C

Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad C ist rot markiert. Der grüne Pfeil kennzeichnet die Inspiration.

- C Pulse

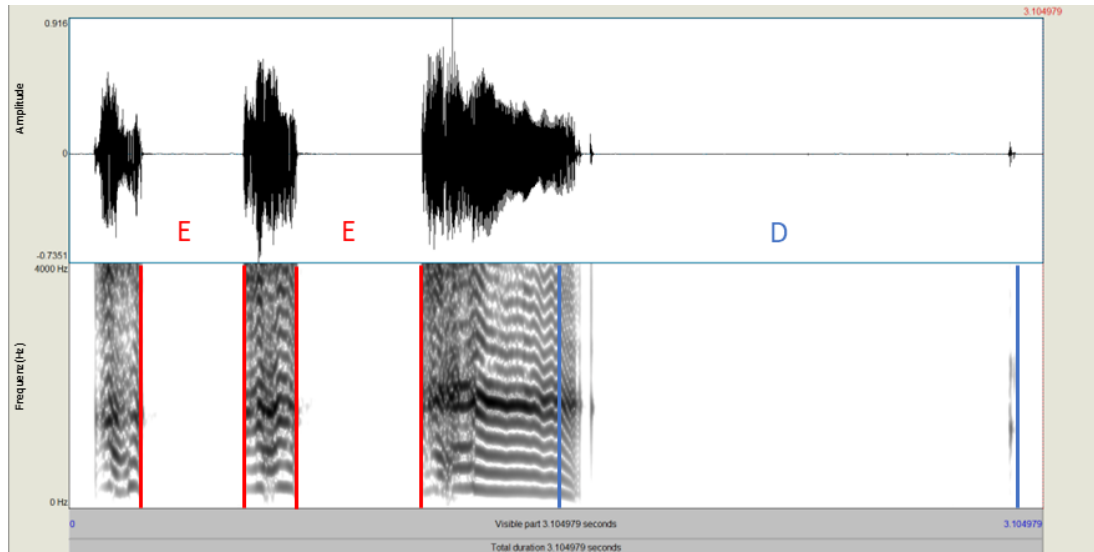


Abbildung 6: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade E und D

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen vom Ausprägungsgrad E sind rot markiert, der Bereich vom Ausprägungsgrad D blau.

- | | |
|---|---|
| D | innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster |
| E | innerlautliche Oszillationspause |

2.5.2 Auswertung der typischen Muster laryngealer Konstriktionen

In Kapitel 2.5.1 wurden I.K. definiert und fünf verschiedene Ausprägungsgrade festgelegt. Da I.K. in verschiedenen Kombinationen und an unterschiedlichen zeitlichen Positionen in Vokalisationen beobachtet wurden, musste ein geeignetes Auswerteschema entwickelt werden, in welchem folgende drei Aspekte berücksichtigt wurden:

1. Lokalisation der I.K. innerhalb eines Einzelsignals

- am Anfang des Lautes (A)
- in der Mitte oder am Ende des Lautes (M)

Die zu Lautbeginn auftretende I.K. (A) konnte entweder als alleiniges Phänomen, oder auch als Begleiterscheinung mit weiteren Konstriktionen im Einzelsignal beobachtet werden. Das Auftreten von I.K. in der Lautmitte oder am Lautende wurde hier nicht differenziert.

Eine I.K. zu Beginn oder am Ende des Lautes (M) objektiv zu erfassen, erforderte die Festlegung eines Zeitkriteriums. Es wurde ein Zeitlimit von 100 ms eingeführt. Ab diesem Wert konnten I.K. eindeutig visuell und auditiv identifiziert werden.

2. Auftrittshäufigkeit der I.K. innerhalb eines Einzelsignals

- einmaliges Auftreten
- mehrfaches Auftreten (m)

Bei allen Vokalisationen wurde die Auftrittshäufigkeit der Konstriktionsphänomene beurteilt. So fand eine Differenzierung zwischen nur einzeln und mehreren (m) vorkommenden I.K. innerhalb eines Einzelsignals statt.

3. Ausprägungsgrad der I.K. innerhalb eines Einzelsignals, basierend auf der Graduierung (Abbildung 3)

- unvollständige I.K. (uv)
 - Ausprägungsgrade A, B und C
- vollständige I.K. (v)
 - Ausprägungsgrade D und E
- vollständige + unvollständige I.K. (mix)
 - Ausprägungsgrade A bis E

Da I.K. innerhalb eines Einzelsignals in unterschiedlichen Ausprägungsgraden (Abbildung 3) auftraten, wurden die Kategorien unter anderem hinsichtlich ihres Entstehungsmechanismus entwickelt. Demnach wurde zwischen Einzelsignalen mit unvollständigen (uv) und vollständigen (v) Konstriktionen oder einer Kombination aus beiden (mix) unterschieden. Aus der Kombination aller beschriebenen Aspekte ergaben sich die final ausgewerteten Kategorien (Tabelle 6):

Tabelle 6: Übersicht über die final gebildeten Kategorien von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation, ihrer Auftrittshäufigkeit und ihrem Ausprägungsgrad

A I.K. am Anfang des Einzelsignals
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 M I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
 mix Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
 mM mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
 uv unvollständige I.K.
 v vollständige I.K.

Kategorie	Beschreibung
A	Einzelne un-/vollständige I.K.am Anfang des Einzelsignals
AM_uv	Unvollständige I.K. am Anfang und innerhalb/am Ende des Einzelsignals
AM_v	Vollständige I.K. am Anfang und innerhalb/am Ende des Einzelsignals
AmM_uv	Unvollständige I.K. am Anfang und mindestens eine weitere innerhalb/am Ende des Einzelsignals
AmM_v	Vollständige I.K. am Anfang und mindestens eine weitere innerhalb/am Ende des Einzelsignals
AmM_mix	Kombiniertes Auftreten un-/vollständiger I.K. am Anfang und mindestens einer weiteren innerhalb/am Ende des Einzelsignals
M_uv	Unvollständige I.K. innerhalb/am Ende des Einzelsignals
M_v	Vollständige I.K. innerhalb/am Ende des Einzelsignals
mM_uv	Mehrere unvollständige I.K. innerhalb/am Ende des Einzelsignals
mM_v	Mehrere vollständige I.K. innerhalb/am Ende des Einzelsignals
mM_mix	Kombiniertes Auftreten mehrerer un-/vollständiger I.K. innerhalb/am Ende des Einzelsignals

Im Folgenden werden typische spektrale Beispiele der beschriebenen Kategorien (Tabelle 6) aufgeführt:

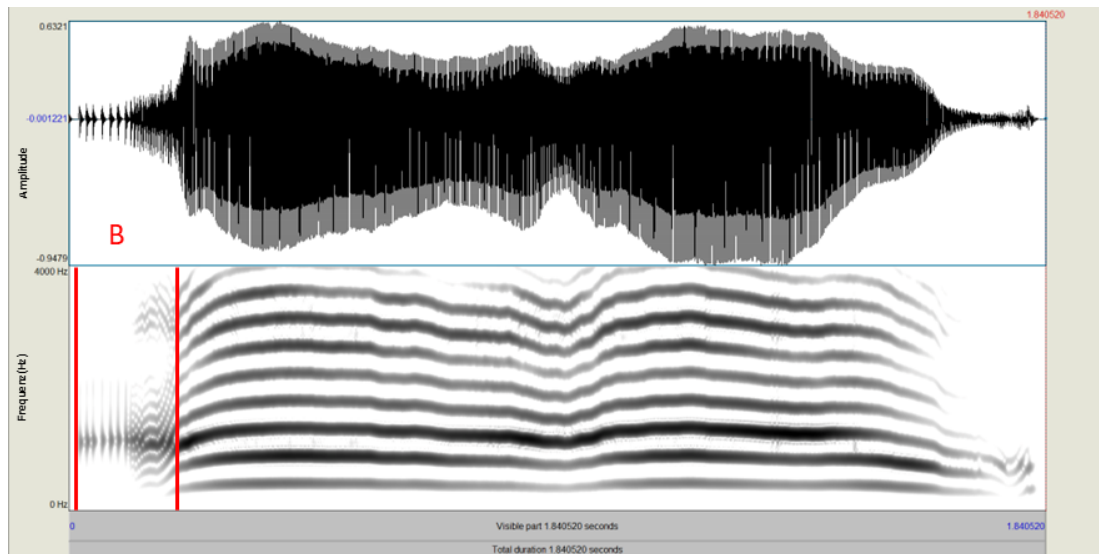


Abbildung 7: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie A

Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad B ist rot markiert.

- A laryngeale Konstriktion am Anfang des Einzelsignals
- B Pressen und Pulse

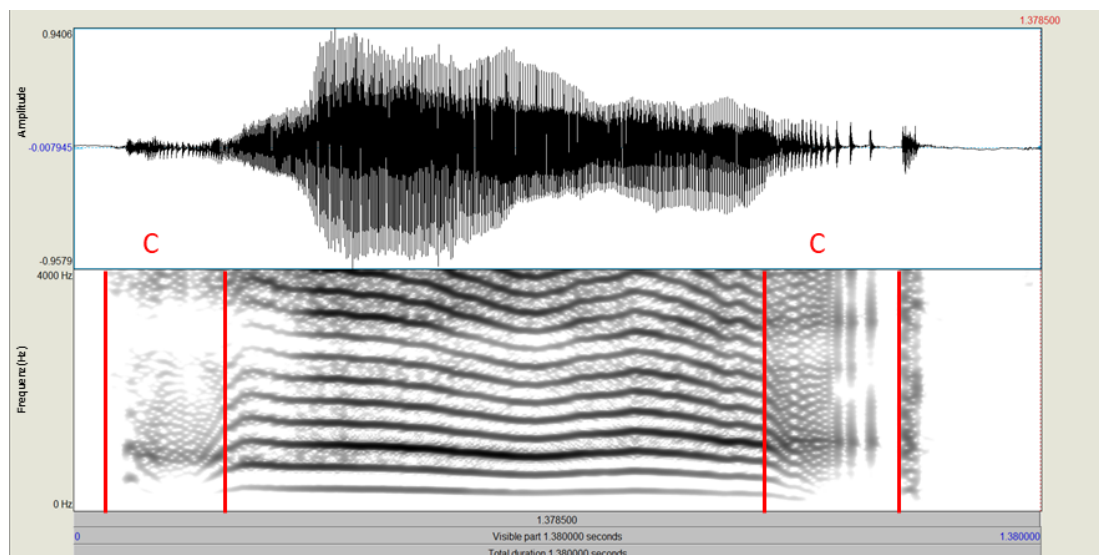


Abbildung 8: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AM_uv

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen sind beide vom Ausprägungsgrad C und rot markiert.

- AM_uv unvollständige laryngeale Konstriktion am Anfang und in der Mitte/am Ende des Lautes
- C Pulse

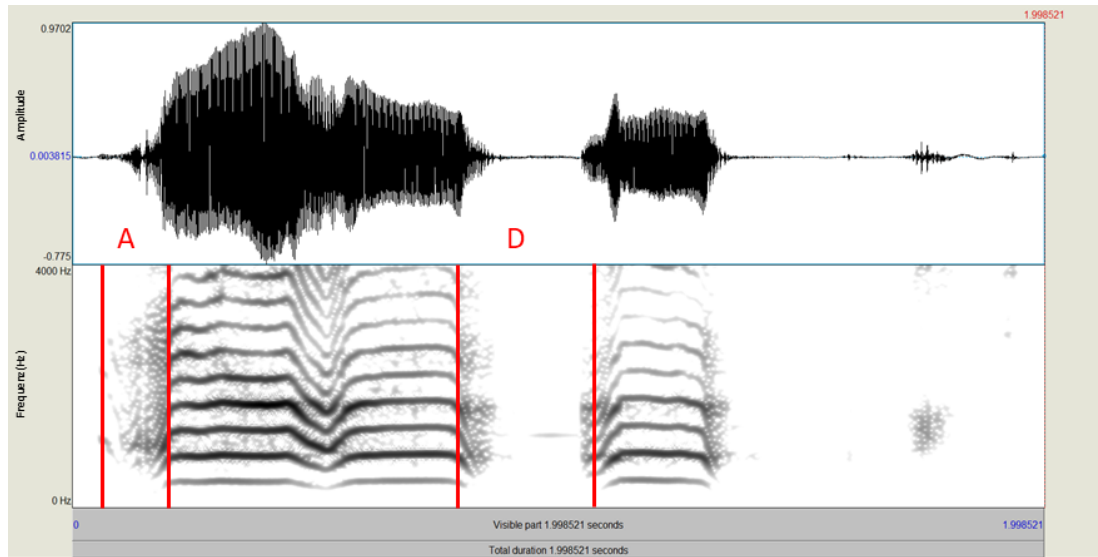


Abbildung 9: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AM_v

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade A und D sind rot markiert.

- A Pressen
- AM_v vollständige laryngeale Konstriktion am Anfang und in der Mitte/am Ende des Lautes
- D innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster

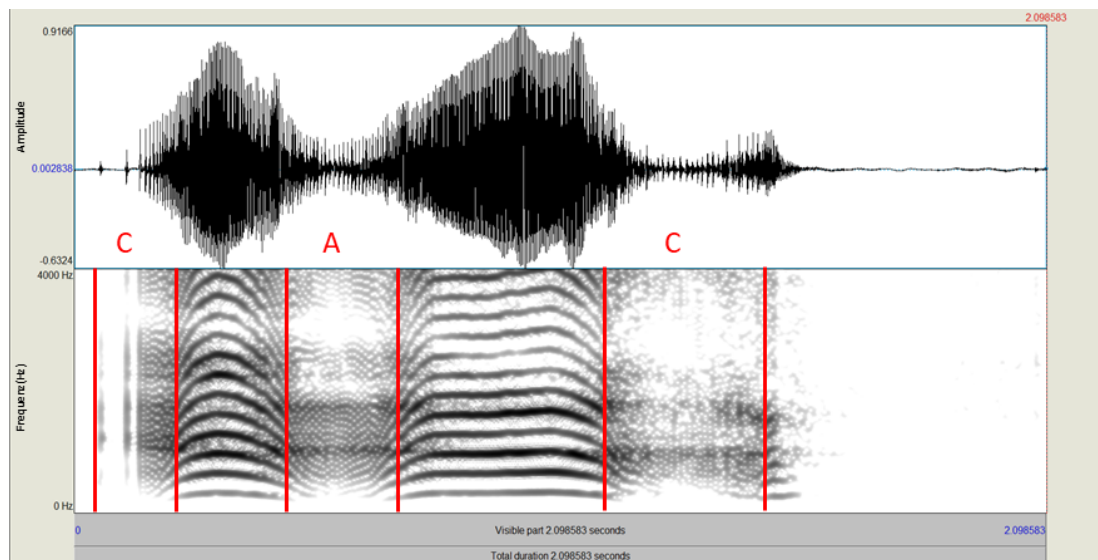


Abbildung 10: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_uv

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade C, A und C sind rot markiert.

- A Pressen
- AmM_uv unvollständige laryngeale Konstriktion am Anfang und mehrere weitere in der Mitte/am Ende des Lautes
- C Pulse

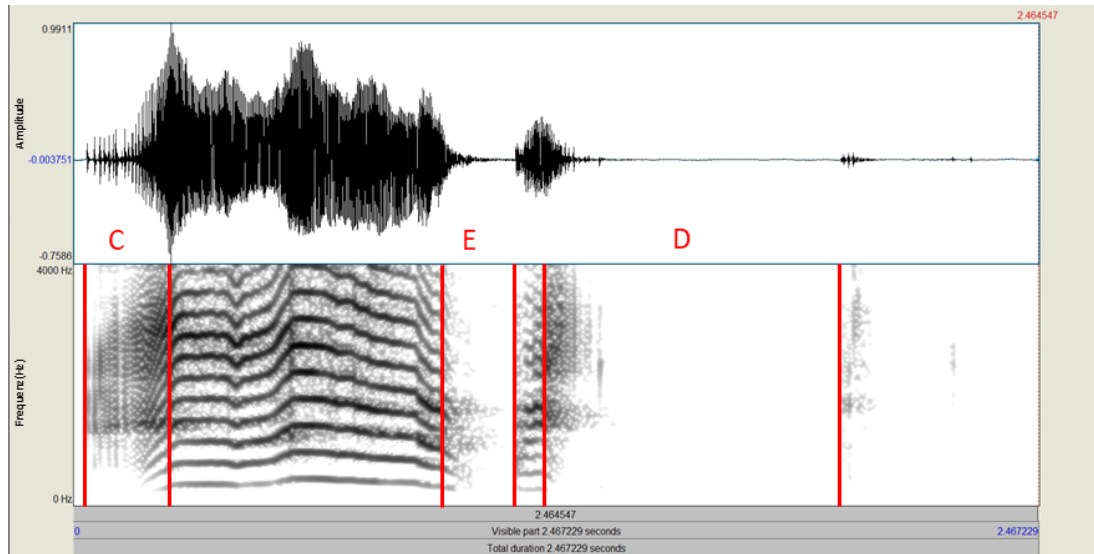


Abbildung 11: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_v

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade C, E und D sind rot markiert.

AmM_v vollständige laryngeale Konstriktion am Anfang und mehrere weitere in der Mitte/am Ende des Lautes

C Pulse

D innerlautliche Oszillationspause

E innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster

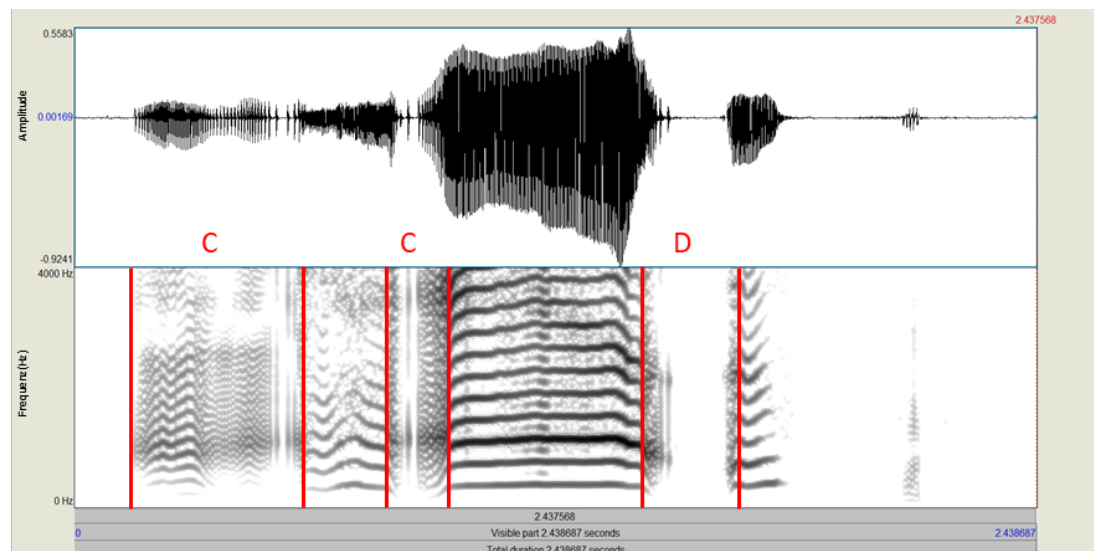


Abbildung 12: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_mix

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade C, C und D sind rot markiert.

AmM_mix un/vollständige laryngeale Konstriktionen am Anfang und mehrere weitere in der Mitte/am Ende des Lautes

C Pulse

D innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster

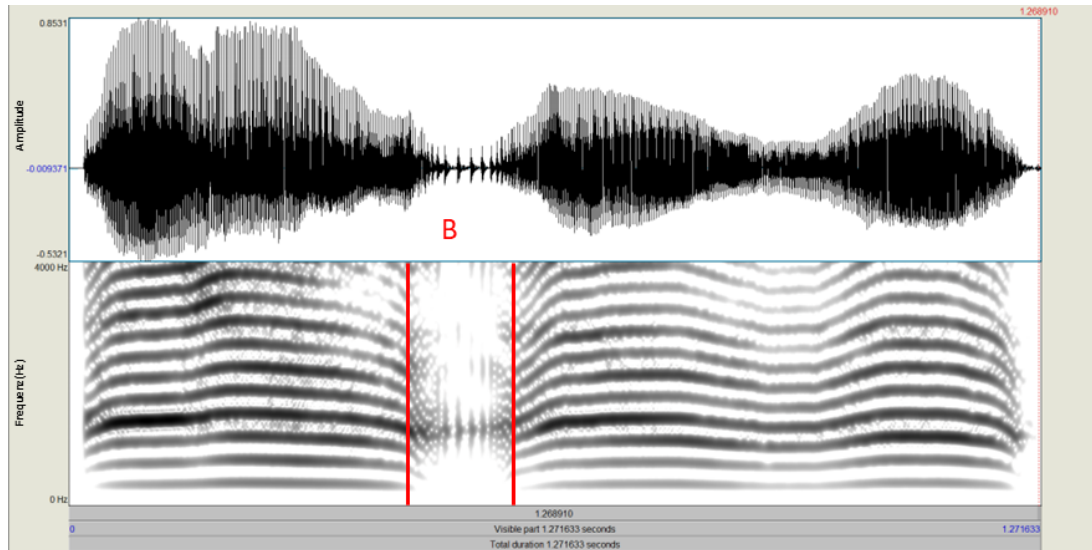


Abbildung 13: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie M_uv

Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad B ist rot markiert.

B Pressen und Pulse
 M_uv unvollständige laryngeale Konstriktion in der Mitte/am Ende des Lautes

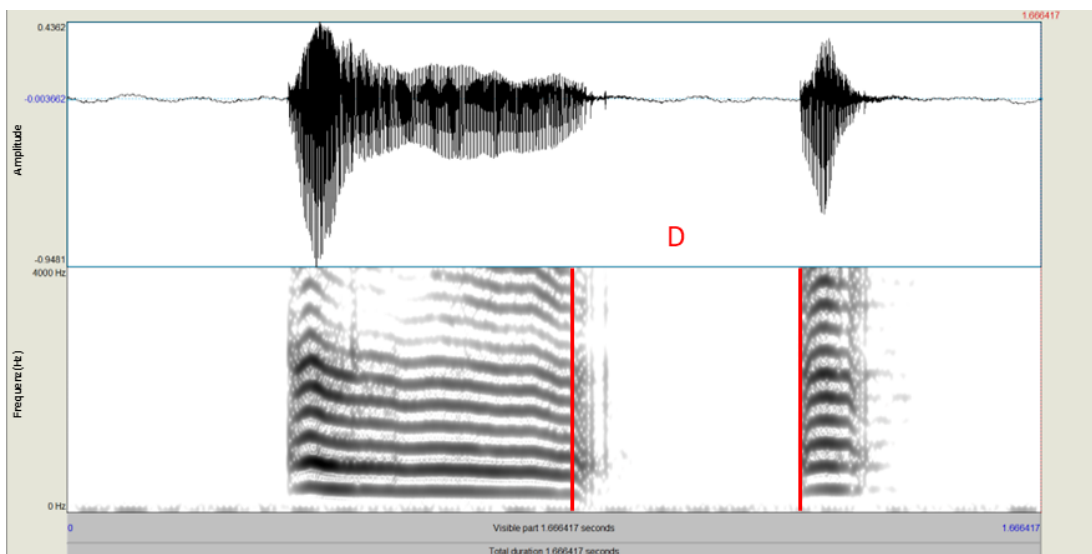


Abbildung 14: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie M_v

Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad D ist rot markiert.

D innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster
 M_v vollständige laryngeale Konstriktion in der Mitte/am Ende des Lautes

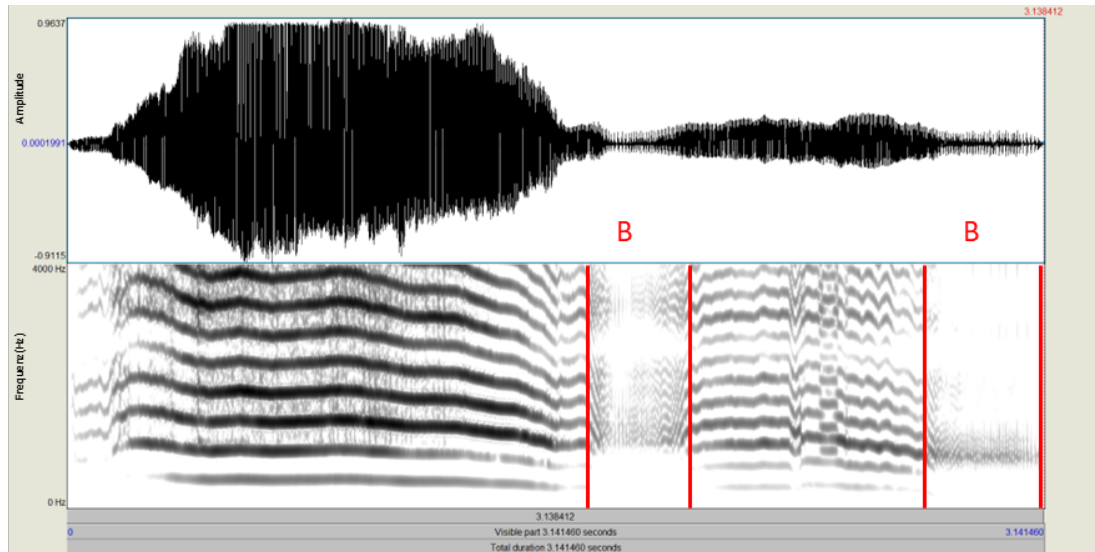


Abbildung 15: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_uv

Die beiden Bereiche der laryngealen Konstriktionen vom Ausprägungsgrad B sind rot markiert.

B Pressen und Pulse
 mM_uv mehrere unvollständige laryngeale Konstriktionen in der Mitte/am Ende des Lautes

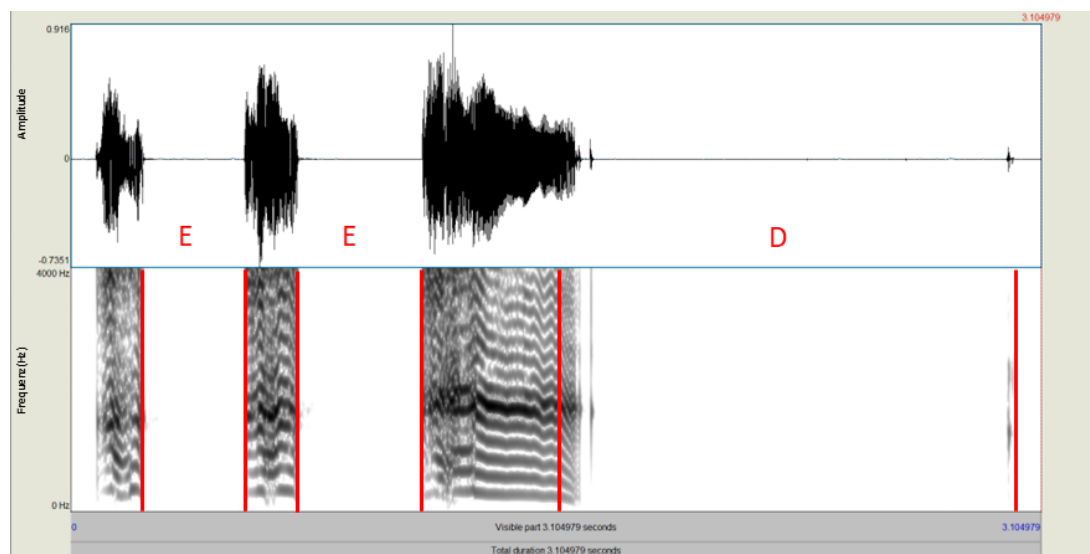


Abbildung 16: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_v

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade E, E und D sind rot markiert.

D innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster
 E innerlautliche Oszillationspause
 mM_v mehrere vollständige laryngeale Konstriktionen in der Mitte/am Ende des Lautes

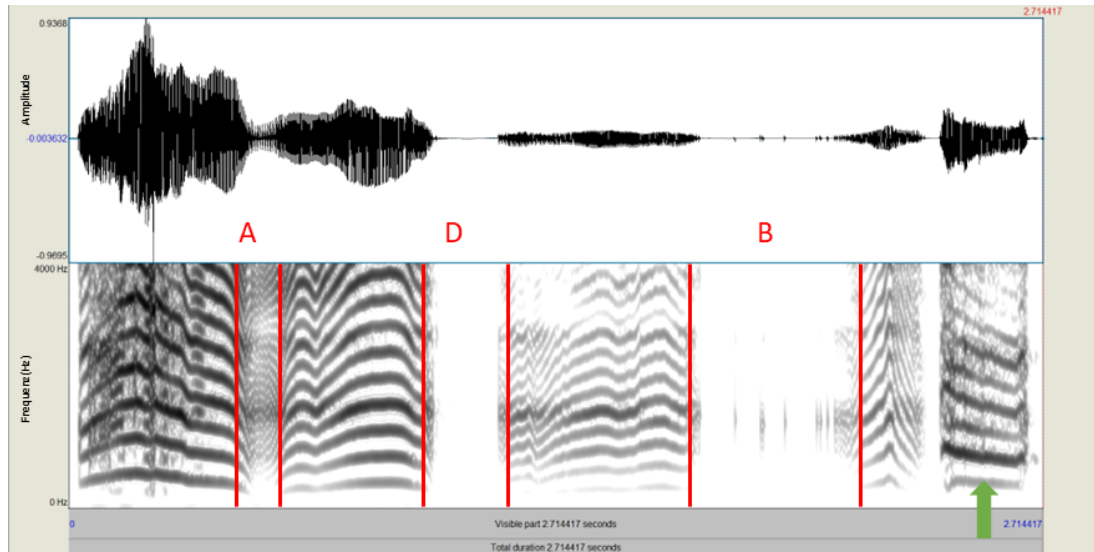


Abbildung 17: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_mix

Die Bereiche der laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade A, D und B sind rot markiert. Der grüne Pfeil kennzeichnet die Inspiration.

A	Pressen
B	Pressen und Pulse
D	innerlautliche Oszillationspause mit Pressen/Pulsen an den Übergängen zum harmonischen Lautmuster
mM_mix	mehrere un/vollständige laryngeale Konstriktionen in der Mitte/am Ende des Lautes

2.5.2.1 Sonderformen und Sonderkategorie „fuzzy“

Sonderformen stellen einige wenige Einzelsignale dar, die sich direkt von Lautbeginn in einer Konstriktionskonfiguration befanden. Diese konnte sich über den gesamten Laut erstrecken (Abbildung 19) oder sich erst ganz am Ende des Einzelsignals auflösen (Abbildung 18). Beide Formen wurden aufgrund ihres geringen Vorkommens lediglich gezählt und nicht weiter vermessen.

Bei Einzelsignalen der Sonderkategorie „fuzzy“ handelte es sich um Laute mit mindestens einer I.K., die jedoch aufgrund zusätzlich vorhandener Unschärfbereiche nicht eindeutig in die beschriebenen regulären Kategorien (Tabelle 6) eingeordnet werden konnten.

Die nachfolgenden Spektrogramme stellen typische Beispiele der *Sonderformen* (Abbildungen 18 und 19) und der Sonderkategorie „fuzzy“ (Abbildung 20) dar.

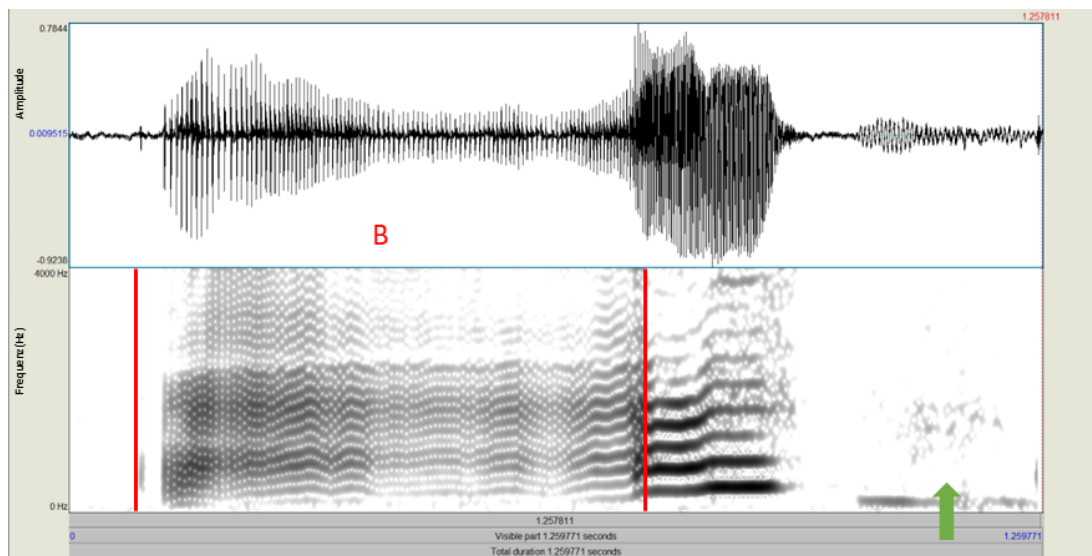


Abbildung 18: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches eine Sonderform darstellt

Die laryngeale Konstriktion erstreckt sich annähernd über den gesamten Laut. Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad B ist rot markiert. Der grüne Pfeil kennzeichnet die Inspiration.

B Pressen und Pulse

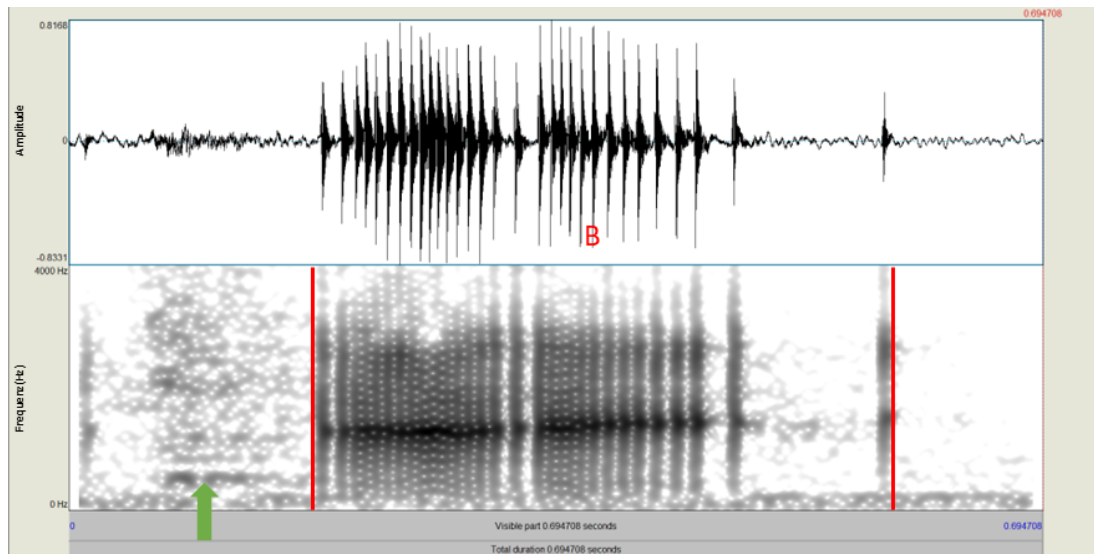


Abbildung 19: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches eine Sonderform darstellt

Die laryngeale Konstriktion erstreckt sich über den gesamten Laut.
Der Bereich der laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad B ist rot markiert.
Der grüne Pfeil kennzeichnet die Inspiration.

B Pressen und Pulse

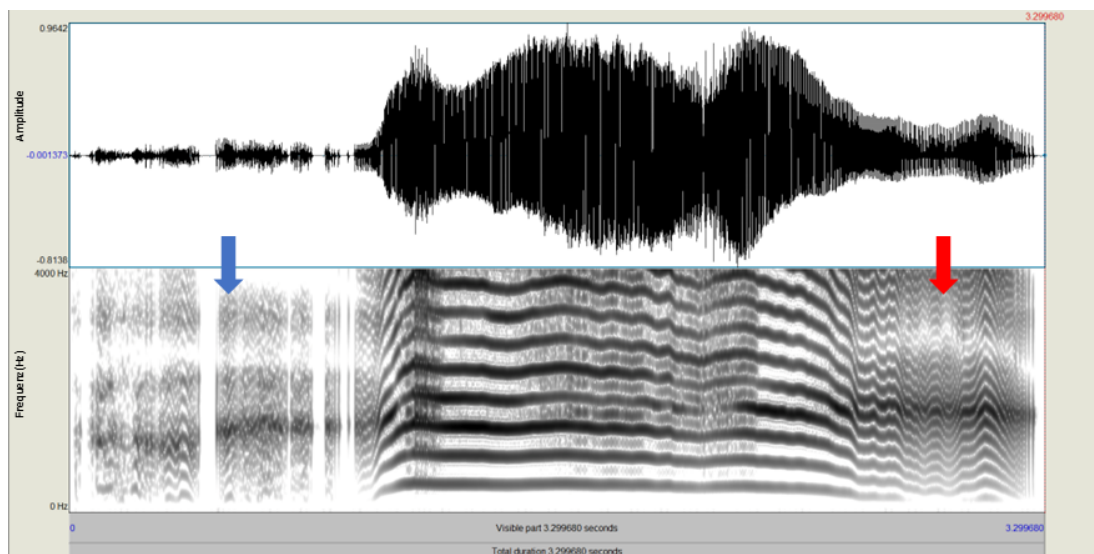


Abbildung 20: Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches in die Sonderkategorie „fuzzy“ fiel

Der blaue Pfeil markiert den unscharfen Lautbereich, der nicht eindeutig als laryngeale Konstriktion identifizierbar war. Es handelte sich hier um ein rhythmisiertes *phonatorisches Rauschen* mit Unterbrechungen. Der Bereich der laryngealen Konstriktion ist mit einem roten Pfeil gekennzeichnet.

2.5.3 Quantitative Auswertung temporaler Eigenschaften

Bei der quantitativen Analyse temporaler Eigenschaften wurden die Gesamtlänge der Einzelsignale und die Längen der I.K. untersucht. Dafür wurden PRAAT-Skripte von Michael Eisenmann (2021) verwendet, welche im direkten Arbeitsprozess an die vorliegende Arbeit spezifisch angepasst wurden. Mit Hilfe der Skripte war es möglich, die zeitliche Dauer der I.K. sowie die Gesamtlänge der expiratorischen Einzelsignale automatisch anhand der im PRAAT-Textgrid gesetzten Cursorpositionen zu ermitteln. Vorab wurden in PRAAT Grundeinstellungen vorgenommen, die während des gesamten Arbeitsprozesses nicht verändert wurden. Dadurch konnte eine standardisierte temporale Vermessung der Laute sichergestellt werden.

2.5.3.1 Bestimmung der Cursorpositionen in der Zeitbereichsdarstellung (Oszillogramm)

Der Beginn und das Ende eines Einzelsignals sowie die Begrenzungen von I.K. wurden in der jeweiligen Zeitbereichsdarstellung (Oszillogramm) bestimmt. Bei der Bestimmung der Gesamtlautlänge erfolgte das Cursorsetzen im Maximum des ersten und letzten Ausschlags der Pegelamplitude im Zeitsignal am Anfang bzw. Ende der egressiven Vokalisation. Die zeitlichen Begrenzungen der I.K. wurden nach dem gleichen Prinzip festgelegt (Abbildung 21).

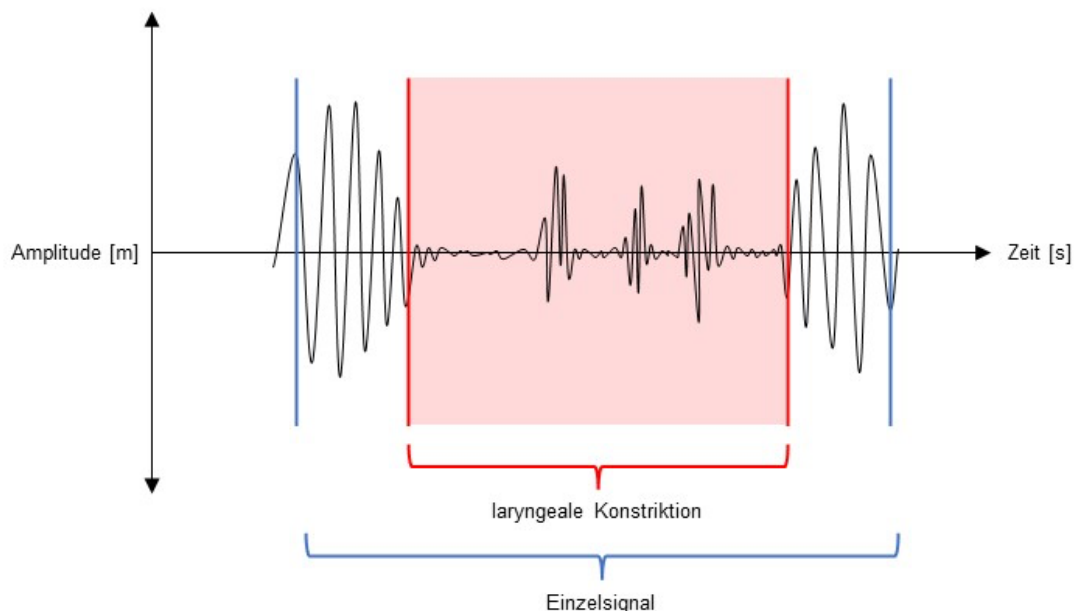


Abbildung 21: Schematische Darstellung zur Bestimmung der Cursorpositionen in der Zeitbereichsdarstellung für die temporale Vermessung eines Einzelsignals mit einer laryngealen Konstriktion

Die blauen Linien stellen die Cursorpositionen zur Begrenzung der Einzelsignallänge dar. Die roten Linien kennzeichnen die Cursorpositionen am Beginn und Ende der laryngealen Konstriktion. Der Bereich der laryngealen Konstriktion ist farbig (rosa) hinterlegt.

2.5.3.2 Bestimmung der Cursorpositionen im Frequenzspektrogramm

In einigen Fällen wurden I.K. durch einen kontinuierlichen Frequenzabfall ein- oder ausgeleitet. Erzeugt wurde dieser durch eine zunehmende laryngeale Verengung mit verlangsamer Stimmlippenschwingung und damit einhergehender kontinuierlicher Abnahme des laryngealen Luftstroms. In der Zeitbereichsdarstellung stellten sich die Übergänge zum harmonischen Bereich fließend, ohne eindeutige Unterbrechung der oszillatorischen Ausschläge, dar. Aus diesem Grund war eine reproduzierbare Bestimmung der Cursorpositionen zur Begrenzung der I.K. in der Zeitbereichsdarstellung nicht möglich. Anstelle dessen wurden hier typische visuelle Merkmale im Frequenzspektrogramm herangezogen. Ähnlich wie bei einem Registerwechsel in der Stimme Erwachsener konnte an den Übergängen zwischen dem harmonischen Lautmuster und der I.K. ein abrupter und steiler Frequenzabfall bzw.-anstieg beobachtet werden, der sich visuell im Spektrogramm in Form einer „Frequenz-Zacke“ zeigte (Svec et al., 1999). Die „Frequenz-Zacke“ wurde daher für die reproduzierbare Bestimmung der Cursorpositionen zur Begrenzung von I.K. im Spektrogramm verwendet (Abbildung 22).

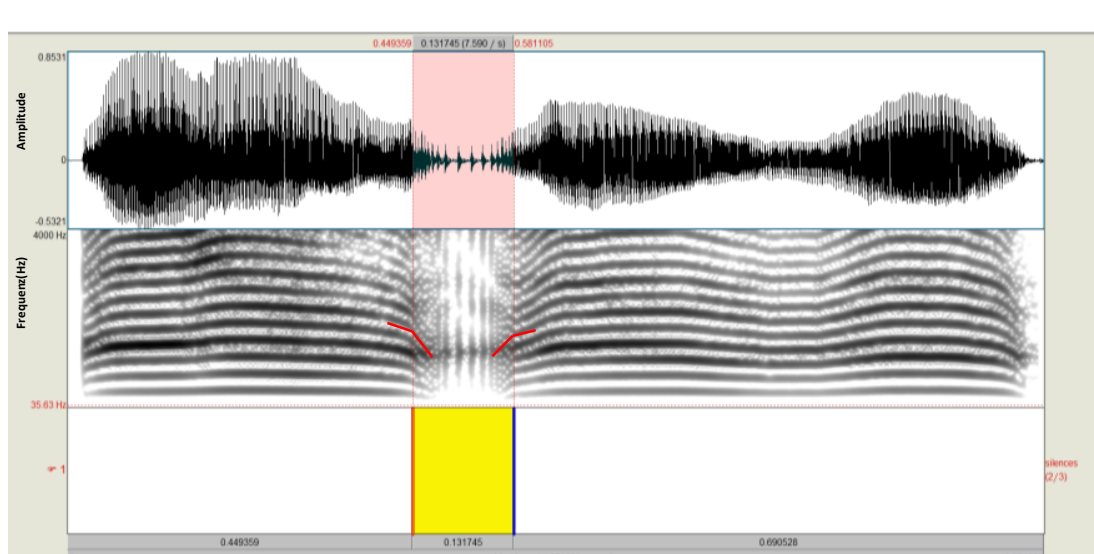


Abbildung 22: Festlegung der Cursorpositionen im Frequenzspektrogramm (0 - 4000 Hz) für die temporale Vermessung einer laryngealen Konstriktion im Falle eines kontinuierlichen Übergangs ohne eindeutige Oszillationsunterbrechung in der Zeitbereichsdarstellung

Die Cursorpositionen sind als rote und blaue Linien dargestellt. Die „Frequenz-Zacken“ sind rot hervorgehoben und der Bereich der laryngealen Konstriktion ist farbig (gelb/rosa) hinterlegt.

2.6 Statistische Datenauswertung

Die mit den Sprachprogrammen CDAP und der Open-Source-Software PRAAT (Kapitel 2.4) durchgeführten Datenanalysen wurden automatisch in Exceltabellen festgehalten. Im Anschluss erfolgte eine statistische Auswertung mit dem Programm IBM SPSS Statistics (Version 27) für Windows.

Bei den deskriptiven Datenanalysen der Auftrittshäufigkeiten laryngealer Phänomene innerhalb eines Lautes wurden zunächst pro Aufnahmezeitpunkt und Säugling arithmetische Mittelwerte berechnet, die ins Säuglings-, Gruppen- und Monatsmittel einfließen. Mit dieser Datensatzgrundlage konnten die Untersuchungen von absoluten und relativen Auftrittshäufigkeiten bezüglich des Auftretens von I.K. für die Variablen *Säugling*, *Spaltgruppe*, *monatliches Alter* und *biologisches Geschlecht* durchgeführt werden. Die Ergebnisse zu den Häufigkeiten wurden in Tabellen und grafisch durch Boxplotdiagramme dargestellt. Durch tabellarische Berichte der Verteilungseigenschaften wurden die entsprechenden Mittelwerte, Standardabweichungen, Medianwerte sowie die Maxima und Minima der einzelnen Messgrößen präsentiert.

Das vorwiegend zur Darstellung der Häufigkeitsverteilungen verwendete Boxplotdiagramm lässt sich folgendermaßen beschreiben:

50 % der vorhandenen Daten werden durch die Box präsentiert, welche durch die 25. und 75. Perzentile begrenzt wird. Der entsprechende Abstand wird als Interquartilabstand bezeichnet. Minima und Maxima stellen sich durch die Ausläufer der Whisker dar. Sind Ausreißer vorhanden, zeigen sich diese entweder durch einen Kreis (Extremwert liegt 1,5 bis 3 Boxlängen entfernt) oder durch einen Stern (Extremwert liegt mehr als 3 Boxlängen entfernt).

Ein weiterer Datensatz, der nur Laute mit I.K. enthielt, wurde für die Untersuchung der typischen Muster von I.K. (Kategorien; Kapitel 2.5.2) herangezogen. Es erfolgten Analysen hinsichtlich ihrer jeweiligen Auftrittshäufigkeiten sowie ihrer temporalen Eigenschaften. Letztere umfassten die Konstriktionsdauer sowie den Anteil der I.K. an der Gesamtdauer des Einzelsignals. Die deskriptiven Analysen wurden unter Berücksichtigung des Patientenalters und der Spaltgruppen auf Einzelsignalebene durchgeführt. Grafisch veranschaulicht wurden die entsprechenden Ergebnisse durch Häufigkeitstabellen, gestapelte Flächendiagramme und Boxplots.

Für weiterführende statistische Fragestellungen bezüglich der Gaumenplatte, der Spaltgruppe und dem Alter waren, aufgrund der komplexen und hierarchischen Datenstruktur mit Messwiederholungen und Fehlwerten, Multilevel-Analysen erforderlich. Diese erfolgten auf Einzelsignalebene mit Hilfe der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (Generalized Estimating Equations, GEE)*. Die Autorin wurde hierfür durch Herrn Prof. Dr. Dr. Götz Gelbrich (Institut für Klinische Epidemiologie und Biometrie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg) unterstützt und ausführlich beraten. Bei den GEE handelt es sich um eine Weiterentwicklung klassischer Regressionsmodelle, die es gestatten, wiederholte Messungen an derselben Beobachtungseinheit zu verarbeiten. Dabei wird die statistische Abhängigkeit wiederholter Messungen am gleichen Individuum oder Objekt adäquat berücksichtigt. Das Signifikanzniveau betrug bei allen durchgeführten Tests $p = 0,05$. Es konnten somit die Effekte der Plattenkonditionen, der Spaltgruppen und des Alters auf die relativen Auftretswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit I.K. untersucht werden.

3 Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden von 26 Säuglingen mit orofazialen Spalten (OFS) für den Zeitraum von 91 bis 180 Tagen insgesamt 9.800 Einzelsignale untersucht. Die Hauptanalyse umfasste 9.345 Einzelsignale der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP (Kapitel 2.2) mit insgesamt 23 Säuglingen. Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, erhielten die drei Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP, aufgrund ihrer geringen Spaltausprägung, keine kieferorthopädische Frühbehandlung. Sie wurden daher aus der Hauptanalyse ausgeschlossen, um einen homogenen Datensatz sowie eine repräsentative Analyse der Plattentherapie und des Spaltausmaßes zu ermöglichen. Für die drei Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP (Kapitel 2.2) erfolgte eine separate deskriptive Auswertung, die im Appendix aufgeführt ist.

Wie in Kapitel 2.6 beschrieben, werden zunächst die Auftrittshäufigkeiten laryngealer Konstriktionen (I.K.) mit Hilfe von Tabellen und Boxplots berichtet. Hierbei findet eine Differenzierung in Bezug auf das Säuglingsalter (4. bis 6. Lebensmonat), die Spaltgruppen und das biologische Geschlecht statt. Daran anschließend werden die Ergebnisse für die typischen Muster von I.K. innerhalb der definierten Kategorien (Kapitel 2.5.2) hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit und ihrer temporalen Eigenschaften berichtet.

Eine detailliertere statistische Analyse erfolgte mit Hilfe der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (Generalized Estimating Equations, GEE)* in Kapitel 3.5. Zusätzlich zum Einfluss der Spaltgruppen und des Patientenalters wurden hier die Plattenkonditionen berücksichtigt und die relativen Auftrittswahrscheinlichkeiten laryngealer Phänomene untersucht.

3.1 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen

Im vorliegenden Kapitel werden die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Auftrittshäufigkeiten von I.K. in 9.345 Vokalisationen berichtet. Die Tabellen 7 und 8 veranschaulichen die individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit bzw. ohne I.K.. Für das beschriebene Gesamtkollektiv von 23 mit einer Gaumenplatte versorgten Säuglingen mit OFS, werden die absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. allgemein (Tabelle 7) und differenziert nach dem monatlichen Lebensalter (Tabelle 8) zum Zeitpunkt der Aufnahme aufgeführt.

Tabelle 7: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K.

Geschlecht m: männlich, w: weiblich
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale	
				mit I.K.	ohne I.K.
IGS_mP	BA	m	464	122 (26%)	342 (74%)
	BB	m	303	134 (44%)	169 (56%)
	BC	w	172	19 (11%)	153 (89%)
	BD	w	284	63 (22%)	221 (78%)
	BE	w	53	12 (23%)	41 (77%)
	BF	w	601	59 (10%)	542 (90%)
	BG	m	119	24 (20%)	95 (80%)
	BH	w	475	59 (12%)	416 (88%)
e_LKGS_mP	CA	m	574	58 (10%)	516 (90%)
	CB	m	182	17 (9%)	165 (91%)
	CC	w	2332	276 (12%)	2056 (88%)
	CD	m	198	31 (16%)	167 (84%)
	CE	m	175	28 (16%)	147 (84%)
	CF	m	308	47 (15%)	261 (85%)
	CG	m	396	30 (8%)	366 (92%)
	CH	w	222	26 (12%)	196 (88%)
	CI	m	1196	99 (8%)	1097 (92%)
	CJ	m	36	6 (17%)	30 (83%)
CK	w	204	51 (25%)	153 (75%)	
b_LKGS_mP	DA	w	422	74 (18%)	348 (82%)
	DB	m	226	30 (13%)	196 (87%)
	DC	m	154	37 (24%)	117 (76%)
	DD	m	249	83 (33%)	166 (77%)

Es wird deutlich, dass eine große interindividuelle Variabilität zwischen den Patientinnen und Patienten bezüglich der Zahl geäußelter Einzelsignale und der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. vorlag. Eine Differenzierung hinsichtlich der Auftrittshäufigkeiten von I.K. im Altersverlauf wird in Tabelle 8 berichtet.

Tabelle 8: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. im Altersverlauf

Geschlecht m: männlich, w: weiblich
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale		
					mit I.K.	ohne I.K.	
IGS_mP	BA	m	4	62	18 (29%)	44 (71%)	
			5	39	8 (21%)	31 (79%)	
			6	363	96 (26%)	267 (74%)	
	BB	m	4	158	85 (54%)	73 (46%)	
			5	81	37 (46%)	44 (54%)	
			6	64	12 (19%)	52 (81%)	
	BC	w	4	61	5 (8%)	56 (92%)	
			5	57	9 (16%)	48 (84%)	
			6	54	5 (9%)	49 (91%)	
	BD	w	4	175	40 (23%)	135 (77%)	
			5	0	-	-	
			6	109	23 (21%)	86 (79%)	
	BE	w	4	0	-	-	
			5	25	9 (36%)	16 (64%)	
			6	28	3 (11%)	25 (89%)	
	BF	w	4	281	37 (13%)	244 (87%)	
			5	275	19 (7%)	256 (93%)	
			6	45	3 (7%)	42 (93%)	
	BG	m	4	68	11 (16%)	57 (84%)	
			5	51	13 (25%)	38 (75%)	
			6	0	-	-	
	BH	w	4	159	29 (18%)	130 (82%)	
			5	150	19 (13%)	131 (87%)	
			6	166	11 (7%)	155 (93%)	
	e_LKGS_mP	CA	m	4	308	38 (12%)	270 (88%)
				5	204	13 (6%)	191 (94%)
				6	62	7 (11%)	55 (89%)
CB		m	4	24	3 (13%)	21 (88%)	
			5	117	9 (8%)	108 (92%)	
			6	41	5 (12%)	36 (88%)	
CC		w	4	816	58 (7%)	758 (93%)	
			5	222	28 (13%)	194 (87%)	
			6	1294	190 (15%)	1104 (85%)	
CD		m	4	109	17 (16%)	92 (84%)	
			5	70	13 (19%)	57 (81%)	
			6	19	1 (5%)	18 (95%)	
CE		m	4	43	21 (49%)	22 (51%)	
			5	0	-	-	
			6	132	7 (5%)	125 (95%)	
CF		m	4	134	9 (7%)	125 (93%)	
			5	124	32 (26%)	92 (74%)	
			6	50	6 (12%)	44 (88%)	
CG		m	4	82	6 (7%)	76 (93%)	
			5	81	4 (5%)	77 (95%)	
			6	233	20 (9%)	213 (91%)	

Fortsetzung Tabelle 8:

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale	
					mit I.K.	ohne I.K.
e_LKGS_mP	CH	w	4	98	2 (2%)	96 (98%)
			5	65	10 (15%)	55 (85%)
			6	59	14 (24%)	45 (76%)
	CI	m	4	284	33 (12%)	251 (88%)
			5	468	36 (8%)	432 (92%)
			6	444	30 (7%)	414 (93%)
	CJ	m	4	0	-	-
			5	36	6 (17%)	30 (83%)
			6	0	-	-
	CK	w	4	1	-	1 (100%)
			5	0	-	-
			6	203	51 (25%)	152 (75%)
b_LKGS_mP	DA	w	4	191	42 (22%)	149 (78%)
			5	216	23 (11%)	193 (89%)
			6	15	9 (60%)	6 (40%)
	DB	m	4	0	-	-
			5	144	20 (14%)	124 (86%)
			6	82	10 (12%)	72 (88%)
	DC	m	4	77	9 (12%)	68 (88%)
			5	77	28 (36%)	49 (64%)
			6	0	-	-
	DD	m	4	55	24 (44%)	31 (56%)
			5	63	27 (43%)	36 (57%)
			6	131	32 (24%)	99 (76%)

Tabelle 9 berichtet die deskriptive Statistik für die Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. für das Gesamtkollektiv. Der Gruppenmedian lag bei 13 %. Die große Spannweite zwischen Minimum und Maximum lässt erneut den Rückschluss zu, dass eine große interindividuelle Variabilität hinsichtlich der Auftrittshäufigkeiten von Lauten mit I.K. vorlag.

Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen aller Säuglinge

SD Standardabweichung

Aufnahmetage	Mittelwert (±SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
161	18,4 ± 14,8	13,3	0,8	70,2

3.1.1 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen im Spaltgruppenvergleich

Um einen Vergleich zwischen den Spaltgruppen in Hinblick auf die Auftrittshäufigkeit von Konstriktionslauten ziehen zu können, wurde eine entsprechende Differenzierung zwischen den Gruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP (Kapitel 2.2)

vorgenommen. Tabelle 10 berichtet die deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. innerhalb der drei Spaltgruppen.

Tabelle 10: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen

n Anzahl der Säuglinge innerhalb der jeweiligen Spaltgruppe
 SD Standardabweichung
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
IGS_mP n=8	46	21,06 \pm 15,27	18,99	1,49	70,21
e_LKGS_mP n=11	81	12,86 \pm 10,35	9,80	0,75	52,63
b_LKGS_mP n=4	34	27,96 \pm 17,38	25,30	3,33	66,67

Der Boxplot (Abbildung 23) stellt die Verteilung der prozentualen Häufigkeitswerte der Einzelsignale mit laryngealen Phänomenen innerhalb der Spaltgruppen dar.

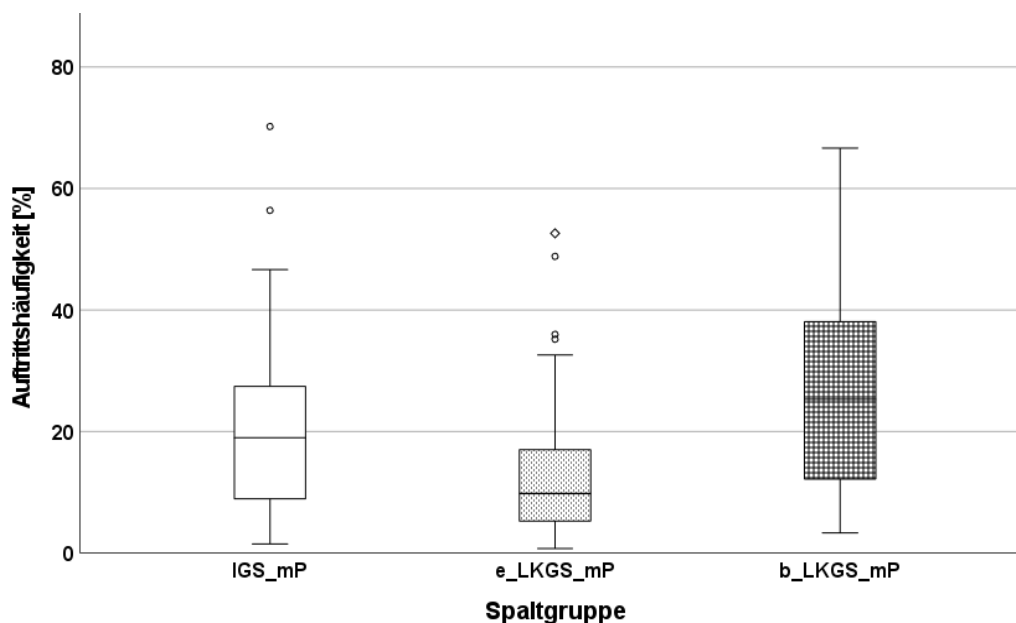


Abbildung 23 Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen

Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Bei Betrachtung der drei Boxplots fiel besonders die Gruppe mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP) auf, da hier der Medianwert mit 25 % deutlich über denen der Spaltgruppen IGS_mP und e_LKGS_mP lag (Tabelle 10).

3.1.2 Deskriptive geschlechtsspezifische Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen

Eine weitere Differenzierung fand in Bezug auf das biologische Geschlecht der untersuchten Säuglinge statt. Es erfolgte ein Vergleich hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit von Einzelsignalen mit I.K. zwischen den 14 männlichen und 9 weiblichen Säuglingen. Die deskriptive Statistik zur Auftrittshäufigkeit von I.K. im Geschlechtervergleich (Tabelle 11) zeigt, dass die mittlere Auftrittshäufigkeit (Median) von Konstriktionslauten bei den Patienten mit 16 % insgesamt größer ausfiel als bei den Patientinnen (11 %).

Tabelle 11: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen der männlichen und weiblichen Säuglinge

Geschlecht m: männlich; w: weiblich
 n Anzahl der Säuglinge
 SD Standardabweichung

biologisches Geschlecht	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
m n=14	88	20,7 \pm 15,9	16,2	1,0	70,2
w n=9	73	15,6 \pm 12,9	11,1	0,8	60,0

Das Boxplotdiagramm (Abbildung 24) veranschaulicht die geschlechtsspezifische Verteilung der prozentualen Häufigkeitswerte innerhalb der jeweiligen Spaltgruppe über den gesamten Untersuchungszeitraum.

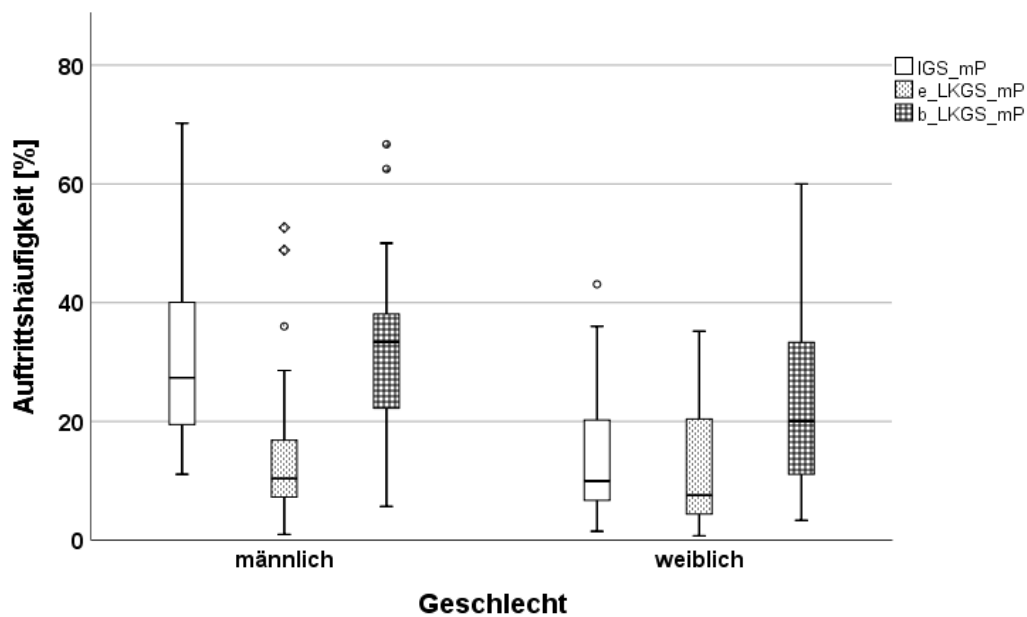


Abbildung 24: Boxplot der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen der männlichen und weiblichen Säuglinge innerhalb der Spaltgruppen

Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Auch im Vergleich der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP blieb die Auftrittshäufigkeit von I.K. bei den männlichen Säuglingen oberhalb der weiblichen.

3.1.3 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne laryngeale Konstriktionen im Altersverlauf

In dem vorliegenden Kapitel erfolgte eine Differenzierung der Auftrittshäufigkeit von I.K. nach dem Alter der Säuglinge (4. bis 6. Lebensmonat). Die deskriptiven Analysen lieferten Ergebnisse für 19 Säuglinge in Monat 4 sowie für jeweils 20 in den Monaten 5 und 6. Für die übrigen Säuglinge existierten keine auswertbaren Daten in den jeweiligen Monaten. In Tabelle 12 ist die entsprechende deskriptive Statistik berichtet, die aufzeigt, dass die Medianwerte der einzelnen Lebensmonate nah beieinander lagen und im Altersverlauf minimal abnahmen.

Tabelle 12: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen für den Untersuchungszeitraum

n Anzahl der Säuglinge innerhalb des jeweiligen Lebensmonats
SD Standardabweichung

Alter [Monate]	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
4 n=19	59	20,3 \pm 16,8	13,4	2,0	70,2
5 n=20	52	17,6 \pm 14,6	12,9	1,3	66,7
6 n=20	50	17,0 \pm 12,4	12,4	0,8	60,0

Bei Betrachtung der prozentualen Häufigkeitsverteilungen innerhalb der Spaltgruppen (Abbildung 25) fiel auf, dass die Medianwerte der Gruppe mit der größten Spaltausprägung (b_LKGS_mP) in jedem Lebensmonat über denen der Gruppen IGS_mP und e_LKGS_mP lagen. Zusätzlich zeigte sich nur bei diesen Säuglingen eine leicht steigende Tendenz in der Auftrittshäufigkeit von I.K. in Einzelsignalen mit zunehmendem Alter.

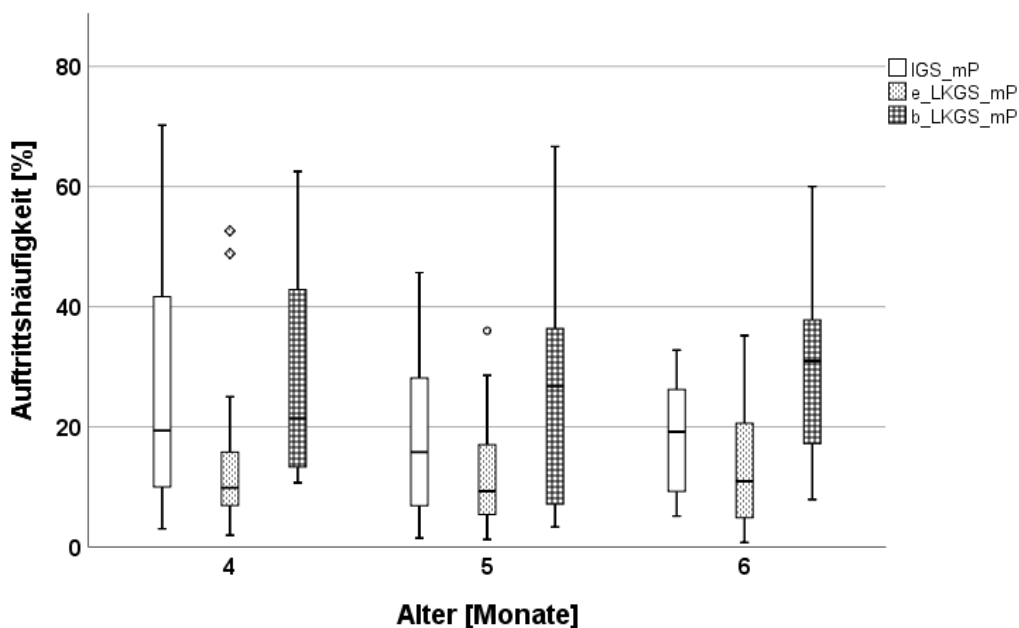


Abbildung 25: Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen für den Untersuchungszeitraum innerhalb der Spaltgruppen

Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

3.2 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von einzelnen und mehreren laryngealen Konstriktionen innerhalb eines Einzelsignals

In Kapitel 2.5.2 wurde die kategoriale Einteilung der Konstriktionslaute beschrieben (Tabelle 6). Es zeigte sich bei der Untersuchung der prozentualen Auftrittshäufigkeiten innerhalb jeder Kategorie, dass einige Säuglinge nur geringe Besetzungen in einzelnen Kategorien aufwiesen. Daher erfolgte in dem vorliegenden Kapitel ein inhaltlich sinnvoller Zusammenschluss von Kategorien.

Die gesamte Datengrundlage belief sich auf 9.345 Einzelsignale und wird in Tabelle 13 berichtet. Differenziert wurde zwischen Lauten die keine, nur eine oder eine Kombination mehrerer I.K. innerhalb eines Einzelsignals aufwiesen. Demnach war hier für die Lautenteilung lediglich die Auftrittshäufigkeit von I.K. innerhalb eines Einzelsignals entscheidend. Laute der Sonderkategorie „fuzzy“ und die *Sonderformen* (Kapitel 2.5.2.1) wurden im vorliegenden Kapitel aus den deskriptiven Untersuchungen ausgeschlossen.

Tabelle 13: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K.

Geschlecht m: männlich, w: weiblich
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit von Einzelsignalen		
				ohne I.K.	mit nur einer I.K.	mit mehreren I.K.
IGS_mP	BA	m	464	342 (74%)	89 (19%)	27 (6%)
	BB	m	303	169 (56%)	89 (29%)	42 (14%)
	BC	w	172	153 (89%)	12 (7%)	7 (4%)
	BD	w	284	221 (78%)	41 (14%)	18 (6%)
	BE	w	53	41 (77%)	8 (15%)	4 (8%)
	BF	w	601	542 (90%)	45 (7%)	14 (2%)
	BG	m	119	95 (80%)	20 (17%)	4 (3%)
	BH	w	475	416 (88%)	36 (8%)	17 (4%)
e_LKGS_mP	CA	m	574	516 (90%)	42 (7%)	12 (2%)
	CB	m	182	165 (91%)	11 (6%)	4 (2%)
	CC	w	2332	2056 (88%)	174 (7%)	76 (3%)
	CD	m	198	167 (84%)	23 (12%)	7 (4%)
	CE	m	175	147 (84%)	18 (10%)	10 (6%)
	CF	m	308	261 (85%)	32 (10%)	9 (3%)
	CG	m	396	366 (92%)	22 (6%)	6 (2%)
	CH	w	222	196 (88%)	20 (9%)	5 (2%)
	CI	m	1196	1097 (92%)	71 (6%)	20 (2%)
	CJ	m	36	30 (83%)	6 (17%)	-
CK	w	204	153 (75%)	42 (21%)	5 (2%)	
b_LKGS_mP	DA	w	422	348 (82%)	59 (14%)	13 (3%)
	DB	m	226	196 (87%)	26 (12%)	4 (2%)
	DC	m	154	117 (76%)	20 (13%)	15 (10%)
	DD	m	249	166 (67%)	60 (24%)	22 (9%)

Tabelle 13 zeigt die absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mit mehreren I.K.. Alle 23 Säuglinge erzeugten Laute ohne und mit nur einer I.K.. Bei 22 Säuglingen wurden mehrere I.K. in einem Laut beobachtet. Es fiel auch hier die hohe interindividuelle Variabilität in allen drei Spaltgruppen auf. Insgesamt zeigte sich ein deutliches Vorherrschen von Einzelsignalen mit nur einer I.K..

Die Analyseergebnisse, differenziert nach den Lebensmonaten 4 bis 6 sind in Tabelle 14 aufgeführt. Es lagen bei 22 von insgesamt 23 Säuglingen für mindestens zwei der drei Lebensmonate digitalisierte Einzelsignale vor. Auch bei Altersdifferenzierung ließ sich beobachten, dass die Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer I.K. deutlich überwogen.

Tabelle 14: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. im Altersverlauf

Geschlecht m: männlich, w: weiblich
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale		
					ohne I.K.	mit nur einer I.K.	mit mehreren I.K.
IGS_mP	BA	m	4	62	44 (78%)	9 (15%)	9 (15%)
			5	39	31 (79%)	7 (18%)	1 (3%)
			6	363	267 (74%)	73 (20%)	17 (5%)
	BB	m	4	158	73 (46%)	58 (37%)	25 (16%)
			5	81	44 (54%)	23 (28%)	13 (16%)
			6	64	52 (81%)	8 (13%)	4 (6%)
	BC	w	4	61	56 (92%)	3 (5%)	2 (3%)
			5	57	48 (84%)	6 (11%)	3 (5%)
			6	54	49 (91%)	3 (6%)	2 (4%)
	BD	w	4	175	135 (77%)	27 (15%)	11 (6%)
			5	0	-	-	-
			6	109	86 (79%)	14 (13%)	7 (6%)
	BE	w	4	0	-	-	-
			5	25	16 (64%)	7 (28%)	2 (8%)
			6	28	25 (89%)	1 (4%)	2 (7%)
	BF	w	4	281	244 (87%)	28 (10%)	9 (3%)
			5	275	256 (93%)	15 (5%)	4 (1%)
			6	45	42 (93%)	2 (4%)	1 (2%)
	BG	m	4	68	57 (84%)	10 (15%)	1 (1%)
			5	51	38 (75%)	10 (20%)	3 (6%)
			6	0	-	-	-
	BH	w	4	159	130 (82%)	17 (11%)	10 (6%)
			5	150	131 (87%)	10 (7%)	5 (3%)
			6	166	155 (93%)	9 (5%)	2 (1%)
e_LKGS_mP	CA	m	4	308	270 (88%)	26 (8%)	9 (3%)
			5	204	191 (94%)	11 (5%)	2 (1%)
			6	62	55 (89%)	5 (8%)	1 (2%)
	CB	m	4	24	21 (88%)	2 (8%)	1 (4%)
			5	117	108 (92%)	7 (6%)	1 (1%)
			6	41	36 (88%)	2 (5%)	2 (5%)
	CC	w	4	816	758 (93%)	42 (5%)	11 (1%)
			5	222	194 (87%)	21 (9%)	6 (3%)
			6	1294	1104 (85%)	111 (9%)	59 (5%)
	CD	m	4	109	92 (84%)	12 (11%)	5 (5%)
			5	70	57 (81%)	10 (14%)	2 (3%)
			6	19	18 (95%)	1 (5%)	-
	CE	m	4	43	22 (51%)	12 (28%)	9 (21%)
			5	0	-	-	-
			6	132	125 (95%)	6 (5%)	1 (1%)
	CF	m	4	134	125 (93%)	6 (4%)	2 (1%)
			5	124	92 (74%)	20 (16%)	7 (6%)
			6	50	44 (88%)	6 (12%)	-
	CG	m	4	82	76 (93%)	4 (5%)	2 (2%)
			5	81	77 (95%)	2 (2%)	1 (1%)
			6	233	213 (91%)	16 (7%)	3 (1%)

Fortsetzung Tabelle 14:

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale		
					ohne I.K.	mit nur einer I.K.	mit mehreren I.K.
e_LKGS_mP	CH	w	4	98	96 (98%)	2 (2%)	-
			5	65	55 (85%)	4 (6%)	5 (8%)
			6	59	45 (76%)	14 (24%)	-
	CI	m	4	284	251 (88%)	19 (7%)	9 (3%)
			5	468	432 (92%)	30 (6%)	4 (1%)
			6	444	414 (93%)	22 (5%)	7 (2%)
	CJ	m	4	0	-	-	-
			5	36	30 (83%)	6 (17%)	-
			6	0	-	-	-
	CK	w	4	1	1 (100%)	-	-
			5	0	-	-	-
			6	203	152 (75%)	42 (21%)	5 (2%)
b_LKGS_mP	DA	w	4	191	149 (78%)	33 (17%)	8 (4%)
			5	216	193 (89%)	18 (8%)	5 (2%)
			6	15	6 (40%)	8 (53%)	-
	DB	m	4	0	-	-	-
			5	144	124 (86%)	16 (11%)	4 (3%)
			6	82	72 (88%)	10 (12%)	-
	DC	m	4	77	68 (88%)	3 (4%)	5 (6%)
			5	77	49 (64%)	17 (22%)	10 (13%)
			6	0	-	-	-
	DD	m	4	55	31 (56%)	15 (27%)	8 (15%)
			5	63	36 (57%)	20 (32%)	7 (11%)
			6	131	99 (76%)	25 (19%)	7 (5%)

Tabelle 15 berichtet die deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeit von Einzelsignalen mit nur einer und mehreren laryngealen Konstriktionen für alle Säuglinge. Einzelsignale mit nur einer I.K. (Medianwert = 11 %) kamen gegenüber Einzelsignalen mit mehreren I.K. (Medianwert = 5 %) deutlich häufiger vor.

Tabelle 15: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. für das Gesamtkollektiv

I.K. laryngeale Konstriktion/en
SD Standardabweichung

Einzelsignal mit ...	Aufnahmetage	Mittelwert (±SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
nur einer I.K.	155	13,7 ±11,0	11,1	0,8	55,6
mehreren I.K.	105	6,8 ±5,2	5,3	0,6	25,0

3.2.1 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen und mehreren laryngealen Konstriktionen im Spaltgruppenvergleich

In diesem Kapitel wurde die Auftrittshäufigkeit von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP untersucht. Die entsprechende deskriptive Statistik wird in Tabelle 16 berichtet.

Tabelle 16: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Säuglinge innerhalb der jeweiligen Spaltgruppe
 SD Standardabweichung
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Einzelsignal mit ...	Spaltgruppe	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
nur einer I.K.	IGS_mP n=8	46	15,0 \pm 11,0	12,9	1,5	53,2
	e_LKGS_mP n=11	75	9,5 \pm 7,3	7,6	0,8	36,8
	b_LKGS_mP n=4	34	21,2 \pm 13,5	21,3	3,3	55,6
mehreren I.K.	IGS_mP n=8	37	6,5 \pm 4,7	5,0	1,5	17,0
	e_LKGS_mP n=10	46	5,6 \pm 4,9	3,9	0,6	20,9
	b_LKGS_mP n=4	22	9,6 \pm 5,5	7,1	1,1	25,0

Abbildung 26 veranschaulicht, dass sich auch hier wieder die Tendenz eines Vorherrschens der einzeln auftretenden I.K. innerhalb eines Einzelsignals zeigt. Die Medianwerte für die Auftrittshäufigkeit mehrerer I.K. waren in jeder Spaltgruppe geringer als die für das Auftreten nur einer I.K. innerhalb einer Vokalisation.

Eine große interindividuelle Variabilität in den relativen Auftrittshäufigkeiten von I.K. fand sich in der Spaltgruppe mit der geringsten (IGS_mP) und in der mit der größten Spaltausprägung (b_LKGS_mP). Innerhalb der Spaltgruppe b_LKGS_mP ließ sich zudem die größte Differenz zwischen den Medianwerten der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einer bzw. mehreren I.K. feststellen. Diese lag bei 14 Prozentpunkten.

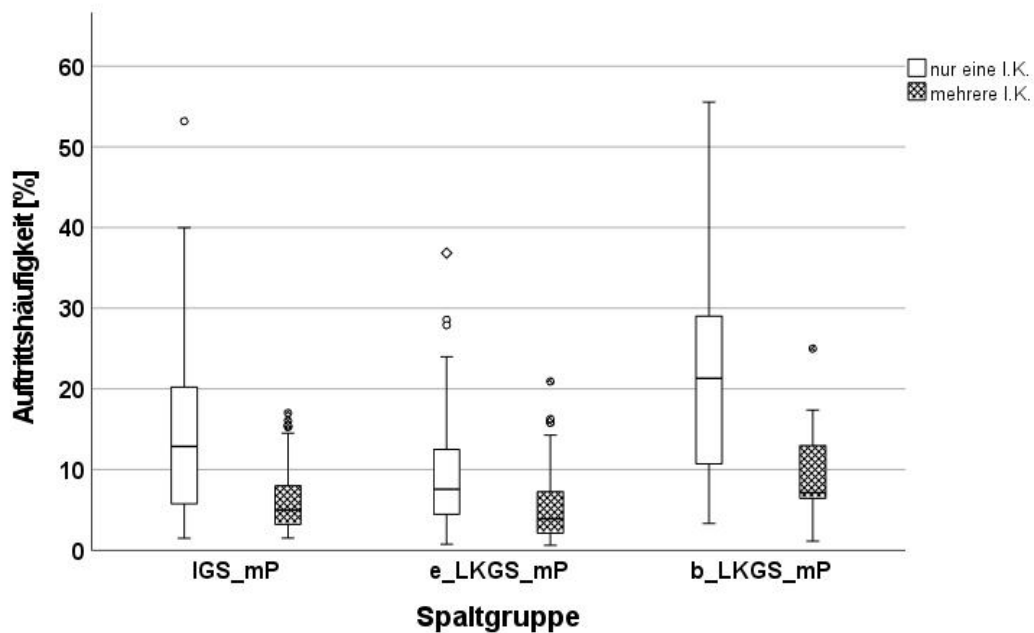


Abbildung 26: Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

3.2.2 Deskriptive geschlechtsspezifische Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen oder mehreren laryngealen Konstriktionen

In die geschlechtsspezifische deskriptive Analyse eingeschlossen wurden alle 14 männlichen und 9 weiblichen Säuglinge. Da bei einem männlichen Patienten keine Laute mit mehreren I.K. vorhanden waren, konnten hier nur die Laute der 13 anderen männlichen Säuglinge untersucht werden. Die zugehörigen Werte finden sich in Tabelle 17.

Tabelle 17: Deskriptive geschlechtsspezifische Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K.

Geschlecht m: männlich; w: weiblich
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Säuglinge innerhalb des jeweiligen biologischen Geschlechts
 SD Standardabweichung

Einzelsignal mit ...	biologisches Geschlecht	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
nur einer I.K.	m n=14	83	15,8 \pm 11,7	12,5	1,0	55,6
	w n=9	72	11,4 \pm 11,2	8,5	0,8	53,3
mehreren I.K.	m n=13	59	7,5 \pm 5,9	5,3	0,6	25,0
	w n=9	46	5,8 \pm 5,3	5,3	0,9	15,9

Das Boxplotdiagramm (Abbildung 27) stellt die Verteilung der geschlechtsspezifischen relativen Auftrittshäufigkeiten grafisch dar.

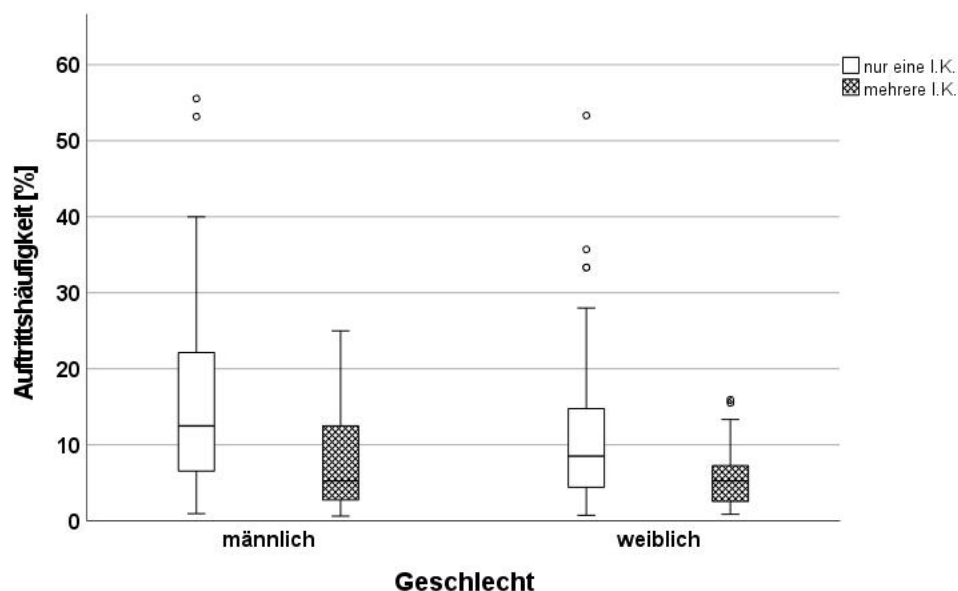


Abbildung 27: Boxplots der geschlechtsspezifischen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K.

I.K. laryngeale Konstriktion/en

Sowohl bei den weiblichen als auch bei den männlichen Säuglingen zeigte sich die Tendenz eines Vorherrschens von Einzelsignalen mit nur einer I.K..

3.2.3 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen oder mehreren laryngealen Konstriktionen im Altersverlauf

Das Auftreten von Lauten mit nur einer bzw. mehreren I.K. wurde auch differenziert nach dem Alter der Säuglinge analysiert. In Monat 4 konnten archivierte Einzelsignale von insgesamt 19 Säuglingen und im 5. und 6. Monat von jeweils 20 Patientinnen und Patienten in die deskriptive Analyse aufgenommen werden. Diese wird in Tabelle 18 berichtet.

Tabelle 18: Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. im Altersverlauf

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Säuglinge im jeweiligen Lebensmonat
 SD Standardabweichung

Einzelsignal mit ...	Alter [Monat]	Aufnahmetage	Mittelwert (\pm SD) [%]	Median [%]	Minimum [%]	Maximum [%]
nur einer I.K.	4 n=19	57	14,3 \pm 11,6	10,7	2,0	53,2
	5 n=20	48	13,8 \pm 11,0	10,6	1,3	55,6
	6 n=20	50	12,8 \pm 10,4	12,1	0,8	53,3
mehreren I.K.	4 n=18	40	8,5 \pm 6,6	6,6	1,7	25,0
	5 n=19	33	6,3 \pm 4,6	5,3	0,6	17,4
	6 n=15	32	5,0 \pm 3,7	4,3	0,8	15,9

In allen drei Monaten herrschten Laute mit nur einer I.K. vor. Zusätzlich konnte eine Tendenz zur Häufigkeitsabnahme von Lauten mit mehreren Konstriktionen von Monat 4 zu 6 anhand der Medianwerte beobachtet werden.

Abbildung 28 zeigt die Verteilung der relativen Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer oder mehreren I.K. für die Lebensmonate 4 bis 6 differenziert nach den Spaltgruppen.

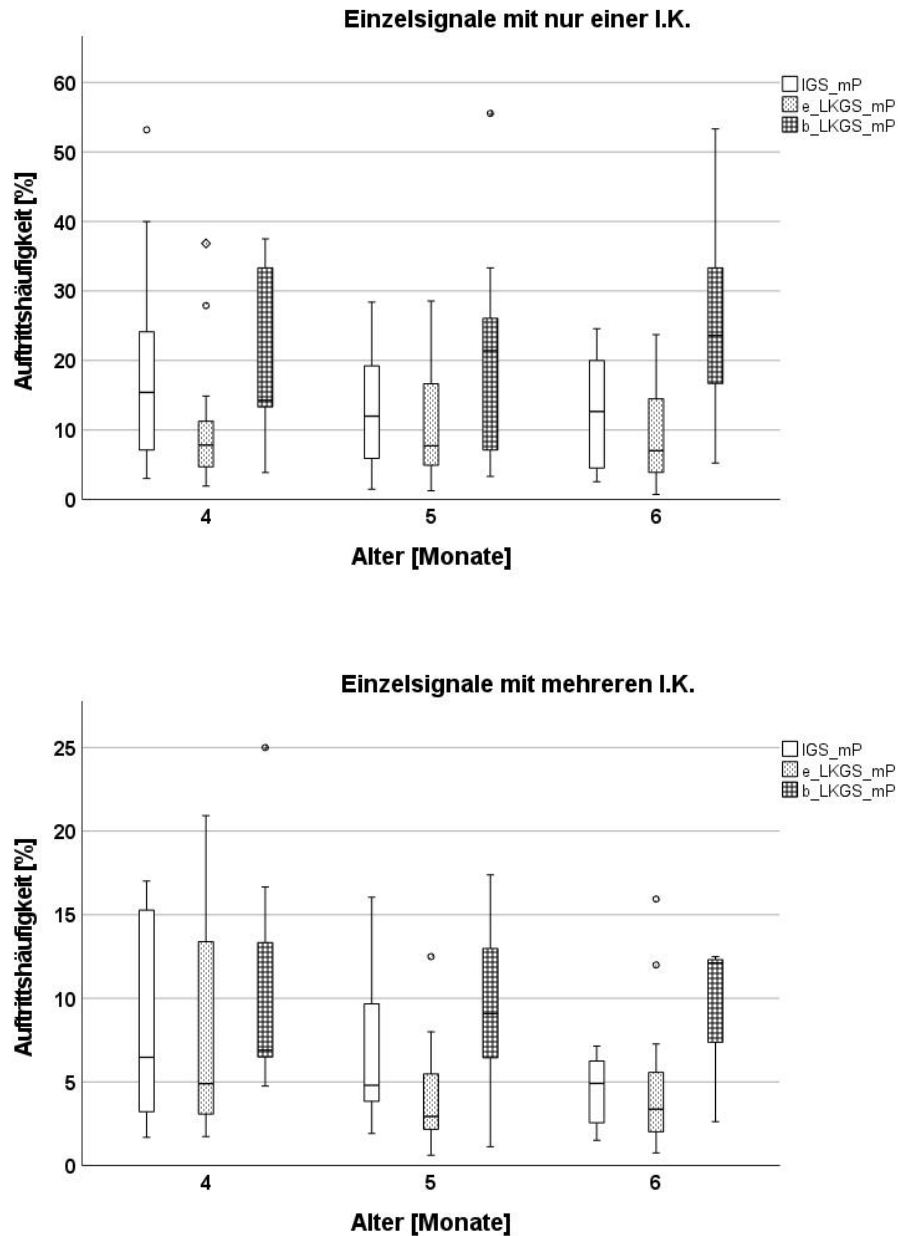


Abbildung 28: Boxplots der Auftretshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen im Altersverlauf

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Die Säuglinge mit der größten Spaltausprägung (b_LKGS_mP) bildeten insbesondere in den Monaten 5 und 6 prozentual mehr I.K. (einzelne und mehrere) innerhalb einer Vokalisation als die Patientinnen und Patienten der Spaltgruppen IGS_mP und e_LKGS_mP. Am deutlichsten stellte sich dies im 6. Lebensmonat dar. Die Medianwerte lagen hier für Einzelsignale mit nur einer I.K. bei 24 % und für das Auftreten von Einzelsignalen mit mehreren I.K. bei 12 %. Die geringsten prozentualen Häufigkeiten fanden sich, sowohl für das Auftreten von einzelnen als auch von mehreren laryngealen Phänomenen innerhalb eines Lautes bei Säuglingen mit einer einseitigen OFS (e_LKGS_mP).

3.3 Deskriptive Analyse der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Kategorien

Nachdem in Kapitel 3.2 die Ergebnisse der deskriptiven Analyse von Einzelsignalen mit nur einzelnen bzw. mehreren I.K. berichtet wurden, wird im vorliegenden Kapitel aufgeführt, wie häufig I.K. in den definierten Kategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) beobachtet wurden. Als Datengrundlage dienten hier ausschließlich Vokalisationen mit I.K.. Laute ohne I.K. wurden nicht berücksichtigt. Der Datensatz belief sich somit auf 1.385 Einzelsignale, deren Auftrittshäufigkeiten innerhalb der definierten Kategorien zunächst für das Gesamtkollektiv (Tabelle 19) und ergänzend für die Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP (Tabelle 20) untersucht wurden.

Tabelle 19: Absolute und prozentuale Auftrittshäufigkeiten aller Einzelsignale mit I.K. für jede Kategorie im Altersverlauf

A	I.K. am Anfang des Einzelsignals
fuzzy	Einzelsignal beinhaltet mindestens eine I.K., kann aber aufgrund von zusätzlich vorhandenen Unschärfebereichen keiner anderen Kategorie zugeordnet werden
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
M	I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
mix	Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
mM	mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
SF	Sonderform
uv	unvollständige I.K.
v	vollständige I.K.

Kategorie	Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K.			
	Gesamt	Monat 4	Monat 5	Monat 6
A	186 (13%)	33 (7%)	55 (15%)	98 (18%)
M_v	322 (23%)	126 (26%)	78 (21%)	118 (22%)
M_uv	436 (31%)	161 (33%)	122 (34%)	153 (29%)
mM_v	39 (3%)	12 (2%)	13 (4%)	14 (3%)
mM_uv	103 (7%)	46 (9%)	28 (8%)	29 (5%)
mM_mix	105 (8%)	48 (10%)	19 (5%)	38 (7%)
AM_v	23 (2%)	4 (1%)	5 (1%)	14 (3%)
AM_uv	56 (4%)	19 (4%)	17 (5%)	20 (4%)
AmM_v	3 (0,2%)	2 (0,4%)	-	1 (0,2%)
AmM_uv	8 (1%)	4 (1%)	1 (0,2%)	3 (1%)
AmM_mix	4 (0,3%)	1 (0,2%)	2 (1%)	1 (0,2%)
fuzzy	78 (6%)	23 (5%)	18 (5%)	37 (7%)
SF	22 (2%)	8 (2%)	5 (1%)	9 (2%)

Insgesamt betrachtet lässt sich feststellen, dass für jede Kategorie Konstriktionslaute vorlagen, die aber in ihrer Auftrittshäufigkeit sowohl in ihrer Gesamtzahl als auch innerhalb der einzelnen Lebensmonate stark variierten. Die meisten Konstriktionslaute traten prozentual innerhalb der Kategorie M_uv auf. Es handelte sich hier um Laute mit einer einzelnen unvollständigen I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals. Innerhalb

der genannten Kategorie lag die höchste Auftrittshäufigkeit mit 34 % für den 5. Lebensmonat vor. Tabelle 19 veranschaulicht, dass bei Betrachtung der korrespondierenden Kategorien (z. B. M_uv vs. M_v) tendenziell mehr unvollständige (uv) als vollständige (v) I.K. gebildet wurden. Mehrfachkonstruktionen innerhalb eines Einzelsignals traten insgesamt weniger häufig auf als nur einzelne Konstruktionen (z. B. M_v vs. mM_v). Einzelsignale der Kategorie A, die nur eine einzelne I.K. zu Lautbeginn aufwiesen, nahmen mit jedem Lebensmonat zu.

3.3.1 Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstruktionen innerhalb der Kategorien und der Spaltgruppen im Altersverlauf

Tabelle 20 führt die absoluten und relativen Auftrittshäufigkeiten von Konstruktionslauten innerhalb der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP in den einzelnen Kategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) auf. Der Altersverlauf wurde dabei zusätzlich berücksichtigt.

Tabelle 20: Absolute und prozentuale Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. innerhalb der Kategorien und der Spaltgruppen im Altersverlauf

A I.K. am Anfang des Einzelsignals
 fuzzy Einzelsignal beinhaltet mindestens eine I.K., kann aber aufgrund von zusätzlich vorhandenen Unschärfebereichen keiner anderen Kategorie zugeordnet werden
 I.K. laryngeale Konstriktion/en
 M I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
 mix Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
 mM mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
 n Anzahl der Säuglinge in der jeweiligen Spaltgruppe
 SF Sonderform
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie
 uv unvollständige I.K.
 v vollständige I.K.

Spaltgruppe	Kategorien	Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K.			
		Gesamt	Monat 4	Monat 5	Monat 6
IGS_mP (n=8)	A	49 (10%)	20 (9%)	10 (9%)	19 (12%)
	M_v	121 (25%)	49 (22%)	27 (24%)	45 (29%)
	M_uv	161 (33%)	78 (35%)	39 (34%)	44 (29%)
	mM_v	12 (2%)	2 (1%)	4 (4%)	6 (4%)
	mM_uv	39 (8%)	24 (11%)	9 (8%)	6 (4%)
	mM_mix	46 (9%)	26 (12%)	9 (8%)	11 (7%)
	AM_v	7 (1%)	2 (1%)	1 (1%)	4 (3%)
	AM_uv	25 (5%)	10 (4%)	7 (6%)	8 (5%)
	AmM_v	1 (0,2%)	1 (0,4%)	-	-
	AmM_uv	1 (0,2%)	1 (0,4%)	-	-
	AmM_mix	2 (0,4%)	1 (0,4%)	1 (1%)	-
	fuzzy	19 (4%)	6 (3%)	5 (4%)	8 (5%)
	SF	9 (2%)	5 (2%)	2 (2%)	2 (1%)
e_LKGS_mP (n=11)	A	97 (15%)	11 (6%)	23 (15%)	63 (19%)
	M_v	176 (26%)	69 (37%)	39 (26%)	68 (21%)
	M_uv	175 (26%)	42 (22%)	46 (30%)	87 (26%)
	mM_v	24 (4%)	9 (5%)	7 (5%)	8 (2%)
	mM_uv	36 (5%)	12 (6%)	5 (3%)	19 (6%)
	mM_mix	53 (8%)	18 (10%)	8 (5%)	27 (8%)
	AM_v	15 (2%)	2 (1%)	3 (2%)	10 (3%)
	AM_uv	19 (3%)	5 (3%)	3 (2%)	11 (3%)
	AmM_v	2 (0,3%)	1 (1%)	-	1 (0,3%)
	AmM_uv	3 (1%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (0,3%)
	AmM_mix	2 (0,3%)	-	1 (1%)	1 (0,3%)
	fuzzy	54 (8%)	14 (7%)	12 (8%)	28 (8%)
	SF	13 (2%)	3 (2%)	3 (2%)	7 (2%)
b_LKGS_mP (n=4)	A	40 (18%)	2 (3%)	22 (22%)	16 (31%)
	M_v	25 (11%)	8 (11%)	12 (12%)	5 (10%)
	M_uv	100 (45%)	41 (55%)	37 (38%)	22 (43%)
	mM_v	3 (1%)	1 (1%)	2 (2%)	-
	mM_uv	28 (13%)	10 (13%)	14 (14%)	4 (8%)
	mM_mix	6 (3%)	4 (5%)	2 (2%)	-
	AM_v	1 (0,4%)	-	1 (1%)	-
	AM_uv	12 (5%)	4 (5%)	7 (7%)	1 (2%)
	AmM_v	0	-	-	-
	AmM_uv	4 (2%)	2 (3%)	-	2 (4%)
	AmM_mix	0	-	-	-
	fuzzy	5 (2%)	3 (4%)	1 (1%)	1 (2%)
	SF	0	-	-	-

Zunächst wurden die relativen Auftrittshäufigkeiten laryngealer Phänomene für die Säuglinge mit dem geringsten Spaltausmaß (IGS_mP) betrachtet. Das Auftrittsmaximum lag mit 35 % innerhalb der Kategorie M_uv im 4. Lebensmonat vor. Unvollständige I.K. (Kategorien M_uv, mM_uv, AM_uv) wurden gegenüber den vollständigen I.K. (Kategorien M_v, mM_v, AM_v) tendenziell mehr ausgeübt. Allerdings traf diese Beobachtung nicht auf die Kategorien AMM_uv und AMM_v zu, da hier der prozentuale Gesamtanteil mit 0,2 % gleichauf lag.

Innerhalb der Patientengruppe e_LKGS_mP ließ sich die höchste relative Gesamtauftrittshäufigkeit mit jeweils 26 % in den Kategorien M_uv und M_v finden. Innerhalb der anderen korrespondierende Einzelsignalkategorien überwogen wieder insgesamt die prozentualen Anteile von unvollständigen gegenüber vollständigen I.K. (z. B. AM_uv vs. AM_v) sowie die einzelnen gegenüber mehreren I.K. (z. B. M_v vs. mM_v).

Die zuletzt beschriebene Beobachtung zeigte sich auch bei der Spaltgruppe b_LKGS_mP. Der größte relative Anteil an Konstriktionslauten ließ sich innerhalb der Kategorie M_uv finden und betrug 45 %. Der Anteil an Lauten mit mehreren I.K. war sehr gering und in den Kategorien AMM_v und AMM_mix gar nicht vertreten.

Das Auftreten von Einzelsignalen mit einer einzelnen I.K. nur zu Lautbeginn (Kategorie A) dominierte bei allen drei Spaltgruppen innerhalb des 6. Lebensmonats.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Ergebnisse in Abbildung 29 auch grafisch präsentiert.

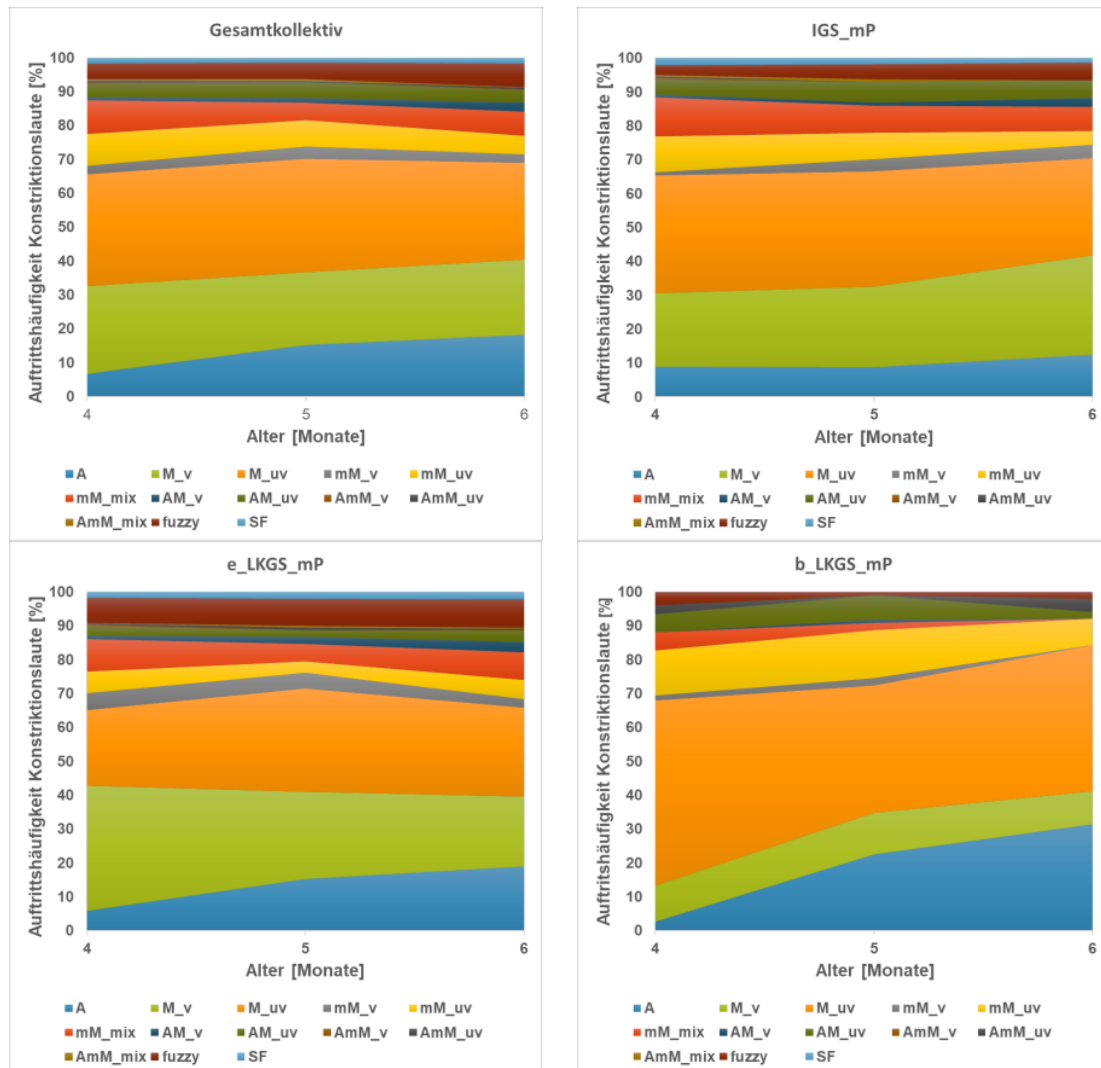


Abbildung 29: Visualisierung der prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. für jede Kategorie innerhalb des Gesamtkollektivs (oben links) sowie in den Spaltgruppen IGS_mP (oben rechts), e_LKGS_mP (unten links) und b_LKGS_mP (unten rechts)

- A I.K. am Anfang des Einzelsignals
- fuzzy Einzelsignal beinhaltet mindestens eine I.K., kann aber aufgrund von zusätzlich vorhandenen Unschärfebereichen keiner anderen Kategorie zugeordnet werden
- I.K. laryngeale Konstriktion/en
- M I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
- mix Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
- mM mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
- SF Sonderform
- Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie
- uv unvollständige I.K.
- v vollständige I.K.

3.4 Deskriptive Analysen temporaler Eigenschaften

3.4.1 Deskriptive temporale Analysen von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Kategorien

Die folgende Analyse bezieht sich auf eine temporale Eigenschaft der Konstriktionslaute ($n = 1.385$), die Dauer der laryngealen Konstriktionen (I.K.). Die deskriptiven Untersuchungen wurden allgemein (Tabelle 21) und anschließend unter Berücksichtigung eines möglichen Einflusses der Spaltgruppen (Tabelle 22) sowie des Alters (Tabelle 23) der Säuglinge auf die Konstriktionslängen vorgenommen. Alle temporalen deskriptiven Daten werden innerhalb der Kategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) präsentiert. Vokalisierungen der Kategorie „fuzzy“ sowie die *Sonderformen* (Kapitel 2.5.2.1) wurden aus den Untersuchungen ausgeschlossen.

Deskriptive Ergebnisse zu den Gesamtlautlängen von Einzelsignalen mit I.K. sind im Appendix zu Referenzzwecken aufgeführt.

Tabelle 21: Deskriptive Statistik der absoluten Dauer aller I.K. innerhalb der Kategorien für das Gesamtkollektiv

A	I.K. am Anfang des Einzelsignals
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
M	I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
mix	Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
mM	mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
uv	unvollständige I.K.
v	vollständige I.K.

Kategorie	Anzahl Einzelsignale	Mittelwert (\pm SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
A	185	0,24 (\pm 0,19)	0,17	0,10	1,41
M_uv	322	0,49 (\pm 0,46)	0,33	0,07	4,08
M_uv	436	0,39 (\pm 0,54)	0,21	0,04	4,28
mM_v	80	0,40 (\pm 0,42)	0,25	0,04	2,66
mM_uv	225	0,37 (\pm 0,43)	0,22	0,04	2,67
mM_mix	257	0,39 (\pm 0,44)	0,24	0,04	4,47
AM_v	46	0,33 (\pm 0,32)	0,23	0,05	1,40
AM_uv	112	0,29 (\pm 0,40)	0,16	1,06	2,99
AmM_v	9	0,41 (\pm 0,34)	0,31	0,10	1,15
AmM_uv	25	0,34 (\pm 0,39)	0,23	0,68	2,01
AmM_mix	12	0,61 (\pm 0,65)	0,32	0,13	2,05

Tabelle 21 veranschaulicht, dass die mittleren Konstriktionslängen zwischen den Kategorien keine große Variabilität aufwiesen. Die Differenz zwischen dem größten

Medianwert (Kategorie Mv = 0,33 s) und dem niedrigsten Medianwert (Kategorie AM_uv = 0,16 s) lag bei lediglich 0,17 Sekunden. Es zeigte sich, dass I.K. innerhalb der Kategorien mit vollständigen I.K. gegenüber den korrespondierenden Kategorien mit unvollständigen I.K. tendenziell länger waren (z. B. M_v = 0,33 s (Median) vs. M_uv = 0,21 s. (Median)). Dies ließ sich unabhängig davon, ob es sich um einzelne (z. B. M_uv) oder mehrere I.K. (z. B. mM_uv) innerhalb eines Lautes handelte, beobachten.

3.4.2 Analyse der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen

Tabelle 22 führt die deskriptiven Ergebnisse der Dauer von I.K. in Lauten innerhalb der Spaltgruppen und Kategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) auf. Auch hier ließ sich zwischen den Kategorien, sowohl innerhalb als auch unterhalb der Spaltgruppen, keine große Variabilität der mittleren Konstriktionslängen beobachten. Die Variabilität der Konstriktionslängen nahm tendenziell mit zunehmendem Spaltausmaß ab. Außerdem zeigte sich eine Tendenz zu längeren Konstriktionszeiten bei vollständigen I.K. innerhalb jeder Spaltgruppe. Zu beachten ist hier jedoch, dass für die Säuglinge der Gruppe b_LKGS_mP nur wenige Einzelsignale mit vollständigen I.K. vorlagen.

Tabelle 22: Deskriptive Statistik der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen und der Einzelsignalkategorien

A	I.K. am Anfang des Einzelsignals
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
M	I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
mix	Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
mM	mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
n	Anzahl der Säuglinge innerhalb der jeweiligen Spaltgruppe
uv	unvollständige I.K.
v	vollständige I.K.
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
Spaltgruppe	b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Kategorien	Anzahl Einzelsignale	Mittelwert (\pm SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
IGS_mP (n=8)	A	48	0,28 (\pm 0,23)	0,18	0,10	1,07
	M_uv	121	0,61 (\pm 0,63)	0,36	0,07	4,08
	M_uv	161	0,55 (\pm 0,71)	0,25	0,74	4,28
	mM_v	25	0,54 (\pm 0,65)	0,28	0,04	2,66
	mM_uv	89	0,45 (\pm 0,50)	0,25	0,05	2,27
	mM_mix	115	0,45 (\pm 0,45)	0,29	0,04	2,25
	AM_v	14	0,31 (\pm 0,17)	0,27	0,05	0,66
	AM_uv	50	0,35 (\pm 0,48)	0,19	0,10	2,99
	AmM_v	3	0,30 (\pm 0,17)	0,38	0,10	0,41
	AmM_uv	3	0,33 (\pm 0,16)	0,25	0,23	0,51
	AmM_mix	6	0,90 (\pm 0,82)	0,58	0,15	2,05
e_LKGS_mP (n=11)	A	97	0,24 (\pm 0,19)	0,18	0,10	1,41
	M_uv	176	0,42 (\pm 0,30)	0,33	0,07	1,49
	M_uv	175	0,32 (\pm 0,44)	0,19	0,06	3,61
	mM_v	49	0,32 (\pm 0,23)	0,24	0,05	1,23
	mM_uv	76	0,35 (\pm 0,46)	0,19	0,05	2,67
	mM_mix	127	0,35 (\pm 0,46)	0,23	0,05	4,47
	AM_v	30	0,35 (\pm 0,38)	0,20	0,09	1,40
	AM_uv	38	0,28 (\pm 0,40)	0,15	0,07	1,97
	AmM_v	6	0,46 (\pm 0,40)	0,26	0,15	1,15
	AmM_uv	10	0,22 (\pm 0,08)	0,24	0,68	0,32
	AmM_mix	6	0,32 (\pm 0,20)	0,26	0,13	0,70
b_LKGS_mP (n=4)	A	40	0,17 (\pm 0,13)	0,13	0,10	0,87
	M_uv	24	0,35 (\pm 0,23)	0,27	0,11	1,08
	M_uv	100	0,27 (\pm 0,21)	0,20	0,04	1,18
	mM_v	6	0,39 (\pm 0,24)	0,29	0,17	0,71
	mM_uv	60	0,26 (\pm 0,16)	0,24	0,04	0,85
	mM_mix	15	0,28 (\pm 0,21)	0,21	0,08	0,77
	AM_v	2	0,26 (\pm 0,07)	0,26	0,21	0,30
	AM_uv	24	0,16 (\pm 0,08)	0,13	0,06	0,40
	AmM_v	0	-	-	-	-
	AmM_uv	12	0,43 (\pm 0,55)	0,21	0,11	2,01
	AmM_mix	0	-	-	-	-

Das nachfolgende Boxplotdiagramm (Abbildung 30) berichtet das Verhältnis zwischen der Summe der Konstriktionslängen innerhalb eines Lautes (Sum_IK) und der Gesamtlänge der Einzelsignale (Lges) für jede untersuchte Spaltgruppe.

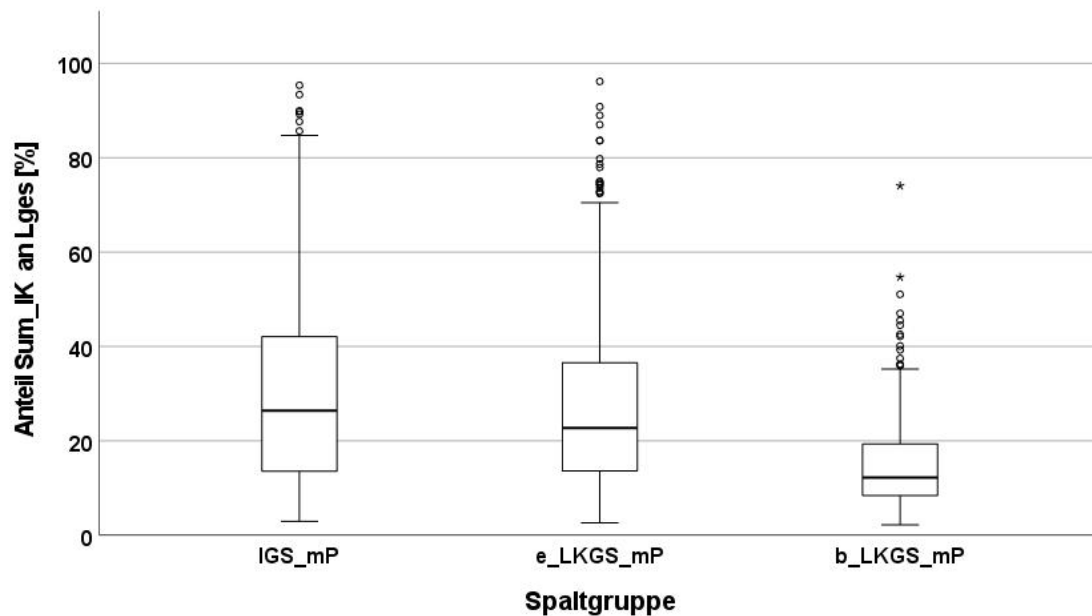


Abbildung 30: Boxplotdiagramm zu den prozentualen Anteilen der Summe der Konstriktionslängen eines Einzelsignals (Sum_IK) an der Einzelsignalgamtlänge (L.ges) innerhalb der Spaltgruppen

Spaltgruppe	b_LKGS_mP	Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
	e_LKGS_mP	Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
	IGS_mP	isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

3.4.3 Analyse der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Lebensmonate 4 bis 6

Tabelle 23 berichtet die deskriptiven Ergebnisse der Dauer von I.K. innerhalb der Einzelsignalkategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) für die untersuchten Lebensmonate 4 bis 6. Eine große Variabilität der Konstriktionslängen lag auch differenziert nach den untersuchten Lebensmonaten der Säuglinge vor. Die Länge einer anfänglichen I.K. ohne eine weitere innerhalb desselben Lautes (Kategorie A, Kapitel 2.5.2) zeigte mit zunehmendem Alter eine minimal abnehmende Tendenz. Ein Alterseffekt in Bezug auf eine bereits beobachtete längere Dauer vollständiger I.K. gegenüber unvollständigen konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 23: Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. innerhalb der Kategorien im Altersverlauf

A	I.K. am Anfang des Einzelsignals
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
M	I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
mix	Kombination von mindestens einer unvollständigen und vollständigen I.K. in einem Einzelsignal
mM	mehrere I.K. in der Mitte oder am Ende des Einzelsignals
n	Anzahl der Säuglinge innerhalb des jeweiligen Lebensmonat
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
uv	unvollständige I.K.
v	vollständige I.K.

Alter [Monate]	Kategorien	Anzahl Einzelsignale	Mittelwert (\pm SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
4 (n=19)	A	32	0,31 (\pm 0,23)	0,19	0,11	1,07
	M_v	126	0,49 (\pm 0,42)	0,34	0,08	2,32
	M_uv	161	0,43 (\pm 0,61)	0,23	0,07	4,10
	mM_v	25	0,34 (\pm 0,28)	0,25	0,48	1,23
	mM_uv	100	0,41 (\pm 0,47)	0,22	0,04	2,27
	mM_mix	120	0,37 (\pm 0,36)	0,26	0,43	2,25
	AM_v	8	0,44 (\pm 0,43)	0,28	0,12	1,40
	AM_uv	38	0,26 (\pm 0,32)	0,17	0,07	1,97
	AmM_v	6	0,43 (\pm 0,37)	0,35	0,10	1,15
	AmM_uv	12	0,49 (\pm 0,53)	0,29	0,11	2,01
	AmM_mix	3	0,26 (\pm 0,14)	0,24	0,15	0,42
5 (n=20)	A	55	0,23 (\pm 0,18)	0,17	0,10	0,90
	M_v	78	0,57 (\pm 0,60)	0,38	0,77	4,08
	M_uv	122	0,46 (\pm 0,67)	0,21	0,04	4,28
	mM_v	26	0,53 (\pm 0,63)	0,30	0,04	2,66
	mM_uv	62	0,35 (\pm 0,40)	0,25	0,07	2,67
	mM_mix	44	0,50 (\pm 0,44)	0,31	0,06	1,75
	AM_v	10	0,40 (\pm 0,36)	0,24	0,11	1,11
	AM_uv	34	0,35 (\pm 0,57)	0,16	0,06	2,99
	AmM_v	0	-	-	-	-
	AmM_uv	4	0,21 (\pm 0,10)	0,24	0,68	0,30
	AmM_mix	6	0,89 (\pm 0,83)	0,55	0,13	2,05
6 (n=20)	A	98	0,22 (\pm 0,19)	0,16	0,10	1,41
	M_v	118	0,43 (\pm 0,37)	0,29	0,07	2,28
	M_uv	153	0,29 (\pm 0,27)	0,20	0,06	2,05
	mM_v	29	0,33 (\pm 0,21)	0,24	0,05	0,79
	mM_uv	63	0,31 (\pm 0,37)	0,20	0,05	2,24
	mM_mix	93	0,35 (\pm 0,53)	0,20	0,06	4,47
	AM_v	28	0,28 (\pm 0,27)	0,20	0,05	1,36
	AM_uv	40	0,25 (\pm 0,29)	0,15	0,09	1,58
	AmM_v	3	0,37 (\pm 0,33)	0,20	0,15	0,75
	AmM_uv	9	0,18 (\pm 0,07)	0,17	0,11	0,28
	AmM_mix	3	0,39 (\pm 0,27)	0,27	0,21	0,70

Das Boxplotdiagramm (Abbildung 31) stellt die Verteilung der Dauer aller Konstriktionslängen innerhalb eines Einzelsignals (Sum_IK) im Verhältnis zur entsprechenden Gesamtlänge des Einzelsignals (Lges) im Altersverlauf dar.

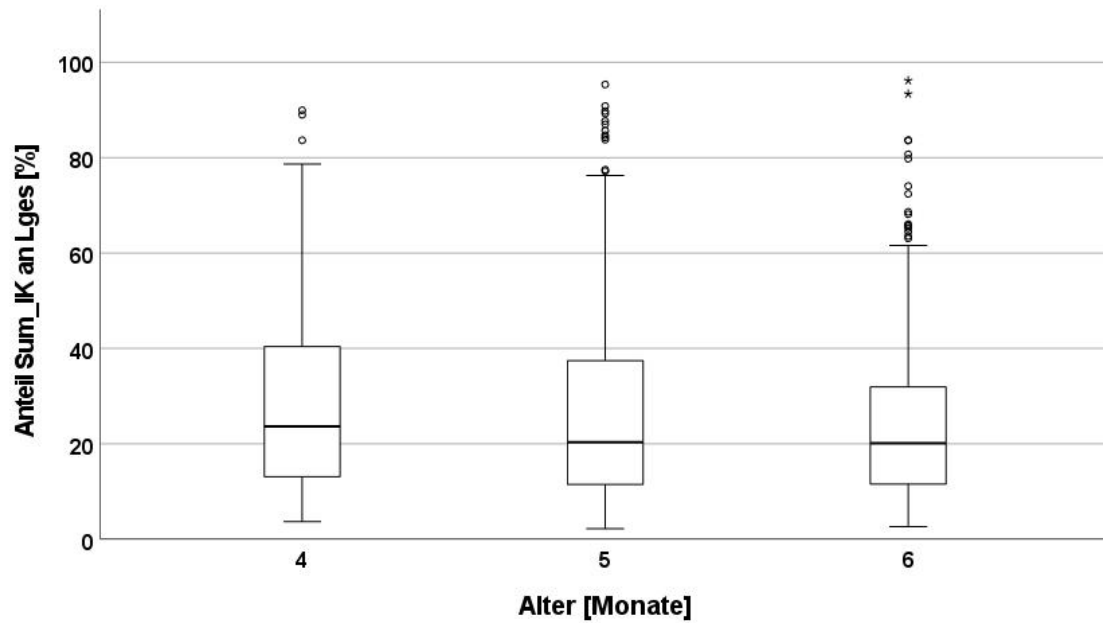


Abbildung 31: Boxplotdiagramm zu den prozentualen Anteilen der Summe der Konstriktionslängen eines Einzelsignals (Sum_IK) an der Einzelsignalgamtlänge (L.ges) im Altersverlauf

3.5 Statistische Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen unter Berücksichtigung der Plattenkonditionen

Eine der Fragen der vorliegenden Arbeit betraf den Einfluss der Zustandsänderung der Plattenkonditionen (PK) auf die Auftrittswahrscheinlichkeit von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen (I.K.). Die PK X, Y und Z stellten die unterschiedlichen Situationen zum Zeitpunkt der Lautaufnahmen dar:

- *PK X*: Gaumenplatte wurde zum Zeitpunkt der Lautaufnahme getragen.
- *PK Y*: Gaumenplatte wurde zum Zeitpunkt der Lautaufnahme nicht getragen.
- *PK Z*: Gaumenplatte wurde zum Zeitpunkt der Lautaufnahme getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.

Die absoluten und relativen Häufigkeiten der auf die PK bezogenen Auftrittshäufigkeiten von Lauten mit und ohne I.K. sind in Tabelle 24 aufgeführt.

Tabelle 24: Absolute und relative Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. unter Berücksichtigung der Spaltgruppen, des Alters und der PK X, Y, Z

I.K. laryngeale Konstriktion/en
n Anzahl der Säuglinge in der jeweiligen Spaltgruppe
PK Plattenkondition
PK X Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
PK Y Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
PK Z Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Alter [Monat]	PK	Anzahl Säuglinge	Anzahl Einzelsignale	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale	
					mit I.K.	ohne I.K.
IGS_mP (n=8)	4	X	6	570	142 (25%)	428 (75%)
		Y	6	280	58 (21%)	222 (79%)
		Z	4	114	25 (22%)	89 (78%)
	5	X	6	375	59 (16%)	316 (84%)
		Y	7	280	46 (16%)	234 (84%)
		Z	1	23	9 (39%)	14 (61%)
	6	X	7	468	75 (16%)	393 (84%)
		Y	4	321	68 (21%)	253 (79%)
		Z	1	40	10 (25%)	30 (75%)
e_LKGS_mP (n=11)	4	X	9	1033	106 (10%)	927 (90%)
		Y	8	729	75 (10%)	654 (90%)
		Z	3	137	6 (4%)	131 (96%)
	5	X	6	682	82 (12%)	600 (88%)
		Y	8	442	45 (10%)	397 (90%)
		Z	5	263	24 (9%)	239 (91%)
	6	X	5	1141	116 (10%)	1025 (90%)
		Y	9	1251	199 (16%)	1052 (84%)
		Z	3	145	16 (11%)	129 (89%)
b_LKGS_mP (n=4)	4	X	3	221	47 (21%)	174 (79%)
		Y	2	79	18 (23%)	61 (77%)
		Z	1	23	10 (43%)	13 (57%)
	5	X	3	329	48 (15%)	281 (85%)
		Y	4	92	23 (25%)	69 (75%)
		Z	2	79	27 (34%)	52 (66%)
	6	X	2	40	17 (43%)	23 (58%)
		Y	2	97	21 (22%)	76 (78%)
		Z	2	91	13 (14%)	78 (86%)

In dem vorliegenden Kapitel wurde die Auswirkung auf die Auftrittswahrscheinlichkeiten von Konstriktionslauten durch eine direkte Zustandsänderung bezüglich der PK am selben Aufnahmetag eines Säuglings statistisch untersucht.

Hinsichtlich der Zustandsänderungen der PK wurden gepaarte Einzelsignale analysiert, die wie folgt gruppiert wurden:

- *PK XY Einzelsignale gepaart:* Alle Einzelsignale der PK X und Y, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden. Die Gaumenplatte wurde zunächst getragen (PK X) und dann herausgenommen (PK Y).
- *PK YZ Einzelsignale gepaart:* Alle Einzelsignale der PK Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden. Die Gaumenplatte wurde zunächst nicht getragen (PK Y) und nach Anpassungen durch Einschleifen wieder eingesetzt (PK Z).
- *PK XYZ Einzelsignale gepaart:* Alle Einzelsignale der PK X, Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden. Die Gaumenplatte wurde zunächst getragen (PK X), dann herausgenommen (PK Y) und nach Anpassungen durch Einschleifen wieder eingesetzt (PK Z).

3.5.1 **Verallgemeinerte Schätzungsgleichungen (GEE) zur Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen**

In das berechnete GEE-Modell (Tabelle 25) wurden binär codierte Daten einbezogen, die zwischen Einzelsignalen ohne und mit I.K. unterschieden ($n = 9.345$).

Tabelle 25 präsentiert die analysierten Zustandsänderungen der PK, die Anzahlen der in die jeweilige Berechnung eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale sowie die Ergebnisse der Parameterschätzer.

Tabelle 25: Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von I.K. innerhalb eines Lautes für die gepaarten PK XY, YZ und XYZ Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale

- CI Konfidenzintervall
- I.K. laryngeale Konstriktion/en
- PK Plattenkondition
- PK X Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
- PK Y Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
- PK Z Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
- PK XY Alle Einzelsignale mit PK X und Y, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- PK YZ Alle Einzelsignale mit PK Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- PK XYZ Alle Einzelsignale mit PK X, Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- Spaltgruppe
 b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Ergebnis	Variablen		Einzelsignale XY gepaart	
Einzelsignal mit I.K.	Anzahl	Säuglinge Einzelsignale	17 4125	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Interaktion	PK * Alter [Monate]	-	0,012
	für Referenz PK X			
	Alter [Monate]		1,00 (0,79-1,26)	0,308
	für Referenz PK Y			
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP e_LKGS_mP vs. IGS_mP	1,28 (0,98-1,67) 1,46 (0,88-2,40)	0,308 0,142
PK	Y vs. X	0,56 (0,36-0,89) 0,31 (0,13-0,74)	0,013 0,009	
Ergebnis	Variablen		Einzelsignale YZ gepaart	
Einzelsignal mit I.K.	Anzahl	Säuglinge Einzelsignale	14 1382	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,77 (0,60-0,98)	0,030
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP e_LKGS_mP vs. IGS_mP	1,13 (0,74-1,72) 0,19 (0,13-0,29)	0,574 <0,001
	PK	Z vs. Y	0,86 (0,64-1,15)	0,301
Ergebnis	Variablen		Einzelsignale XYZ gepaart	
Einzelsignal mit I.K.	Anzahl	Säuglinge Einzelsignale	6 830	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,95 (0,77-1,17)	0,618
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP e_LKGS_mP vs. IGS_mP	1,09 (0,78-1,52) 0,19 (0,10-0,36)	0,623 <0,001
	PK	Y vs. X	0,94 (0,67-1,33)	0,727
		Z vs. X	0,85 (0,55-1,30)	0,448

In einer ersten Berechnung wurden für jede Einzelsignalpaarung signifikante Interaktionen zwischen der PK und dem Alter bzw. der PK und der Spaltgruppe geprüft. Für die Einzelsignalpaarungen der PK YZ und XYZ ließen sich keine signifikanten Interaktionen verzeichnen, sodass in Tabelle 25 lediglich die Haupteffekte aufgeführt wurden.

Für die Einzelsignalpaarung XY zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen der PK und dem Alter hinsichtlich der Auftrittswahrscheinlichkeit von I.K. ($p = 0,012$). Die Alterseffekte wurden hier daher innerhalb der Referenzkategorien, also PK X und PK Y, abgelesen. Es lag keine Signifikanz vor ($p = 0,308$). Für die Einzelsignalpaarung der PK XY zeigte sich außerdem ein signifikanter Platteneffekt ($p = 0,009$). Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von I.K. innerhalb eines Lautes war somit signifikant kleiner nach Herausnehmen der Gaumenplatte.

Ein signifikanter Alterseffekt ($p = 0,030$) lag für die Einzelsignale, die nach dem Wiedereinsetzen der eingeschliffenen Gaumenplatte (PK YZ gepaart) aufgenommen wurden, vor. Mit zunehmendem Alter nahm hier demnach die Auftrittswahrscheinlichkeit von I.K. um den Faktor 0,77 ab.

Des Weiteren fanden sich innerhalb jeder Einzelsignalpaarung (PK XY, PK YZ, PK XYZ) deutliche signifikante Effekte der Spaltgruppe (e_LKGS_mP vs IGS_mP) auf die relative Auftrittswahrscheinlichkeit von Konstriktionslauten. Die relative Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Konstriktionslauten war demzufolge für die Säuglinge der Spaltgruppe e_LKGS_mP signifikant geringer als für solche in der Gruppe IGS_mP. Auf die beschriebenen signifikanten Effekte des Alters und der Spaltgruppen wird weiterführend in Kapitel 3.5.1.1 eingegangen.

3.5.1.1 Weiterführende Analyse zum Einfluss der Spaltgruppen und des Alters

Mit Hilfe der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen* wurde weiterführend analysiert, inwiefern das Alter und die Spaltgruppe der Säuglinge Einfluss auf die relative Auftrittswahrscheinlichkeit von Konstriktionslauten haben. Für die Untersuchung der beiden Einflussgrößen (monatliches Alter, Spaltgruppe) wurden nur die Einzelsignale der PK X untersucht. Dies bot den Vorteil, dass mögliche Effekte durch eine Zustandsänderung der PK ausgeschlossen wurden und gleichzeitig deutlich höhere Patienten- und Einzelsignalzahlen einbezogen werden konnten. Wie sich schon in der vorherigen statistischen Untersuchung abzeichnete (Kapitel 3.5.1), lässt sich dem GEE-Modell (Tabelle 26) entnehmen, dass die relative Auftrittswahrscheinlichkeit von Konstriktionslauten für die Spaltgruppe e_LKGS_mP signifikant geringer als für die Gruppe IGS_mP ausfiel ($p < 0,001$). Für die Spaltgruppe b_LKGS_mP lag kein signifikanter Effekt vor ($p = 0,908$). Ein Alterseffekt konnte ebenfalls nicht dargestellt werden ($p = 0,179$).

Tabelle 26: Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von I.K. innerhalb eines Lautes für die PK X Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale

CI	Konfidenzintervall
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
PK	Plattenkondition
PK X	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
Spaltgruppe	b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
	e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
	IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK X	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
Einzelsignal mit I.K.	Anzahl	Säuglinge	21	
		Einzelsignale	4859	
	Alter [Monate]	b_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,87 (0,70-1,07)	0,179
	Spaltgruppe	e_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,49 (0,33-0,74)	<0,001

3.5.2 **Verallgemeinerte Schätzungsgleichungen (GEE) zur Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren laryngealen Konstriktionen**

In Kapitel 3.2 wurden bereits deskriptiv die Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit einzelnen bzw. mehreren laryngealen Konstriktionen (I.K.) beschrieben. Weiterführend wurden mittels der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (GEE)* die Effekte der Plattenkonditionen (PK), der Spaltgruppen sowie des Patientenalters auf die Auftrittswahrscheinlichkeit von Einzelsignalen mit mehreren I.K. statistisch untersucht.

Tabelle 27 berichtet die absoluten und relativen Häufigkeiten für die gesamte Datengrundlage (n = 9.345 Einzelsignale). Aus diesem Datensatz wurden für die GEE-Analyse binär codierte Teildaten (n = 1.385) verwendet, die sich nur aus den Einzelsignalen mit I.K. zusammensetzten. Einzelsignale mit nur einer I.K. wurden mit „0“, solche mit mehreren I.K. mit „1“ codiert. Laute ohne I.K. wurden in der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen, ebenso wie die „fuzzy“-Einzelsignale und die *Sonderformen* (Kapitel 2.5.2.1).

Tabelle 27: Absolute und relative Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. unter Berücksichtigung der Spaltgruppen, des Alters und der PK X, Y, Z

I.K.	laryngeale Konstriktion/en
n	Anzahl der Säuglinge in der jeweiligen Spaltgruppe
PK	Plattenkondition
PK X	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
PK Y	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
PK Z	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
Spaltgruppe	b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
	e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
	IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Spaltgruppe	Alter [Monat]	PK	Anzahl Säuglinge	Anzahl Einzelsignale	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale		
					ohne I.K.	mit einer I.K.	mit mehreren I.K.
IGS_mP (n=8)	4	X	6	570	428 (75%)	101 (18%)	36 (6%)
		Y	6	280	222 (79%)	37 (13%)	20 (7%)
		Z	4	114	89 (78%)	14 (12%)	11 (10%)
	5	X	6	375	316 (84%)	43 (11%)	14 (4%)
		Y	7	280	234 (84%)	28 (10%)	15 (5%)
		Z	1	23	14 (61%)	7 (30%)	2 (9%)
	6	X	7	468	393 (84%)	51 (11%)	19 (4%)
		Y	4	321	253 (79%)	50 (16%)	15 (5%)
		Z	1	40	30 (75%)	9 (23%)	1 (3%)
e_LKGS_mP (n=11)	4	X	9	1033	927 (90%)	68 (7%)	28 (3%)
		Y	8	729	654 (90%)	52 (7%)	19 (3%)
		Z	3	137	131 (96%)	5 (4%)	1 (1%)
	5	X	6	682	600 (88%)	59 (9%)	16 (2%)
		Y	8	442	397 (90%)	34 (8%)	8 (2%)
		Z	5	263	239 (91%)	18 (7%)	4 (2%)
	6	X	5	1141	1025 (90%)	78 (7%)	30 (3%)
		Y	9	1251	1052 (84%)	133 (11%)	46 (4%)
		Z	3	145	129 (89%)	14 (10%)	2 (1%)
b_LKGS_mP (n=4)	4	X	3	221	174 (79%)	32 (14%)	13 (6%)
		Y	2	79	61 (77%)	13 (16%)	4 (5%)
		Z	1	23	13 (57%)	6 (26%)	4 (17%)
	5	X	3	329	281 (85%)	37 (11%)	11 (3%)
		Y	4	92	69 (75%)	18 (20%)	4 (4%)
		Z	2	79	52 (66%)	16 (20%)	11 (14%)
	6	X	2	40	23 (58%)	14 (35%)	2 (5%)
		Y	2	97	76 (78%)	20 (21%)	1 (1%)
		Z	2	91	78 (86%)	9 (10%)	4 (4%)

Wie in Kapitel 3.5.1 beschrieben, wurden auch hier die Einzelsignale für die Kombinationen der PK gruppiert, um die Zustandsänderung am selben Aufnahmetag eines Säuglings untersuchen zu können. Tabelle 28 veranschaulicht die Ergebnisse der Parameterschätzer der durchgeführten GEE für die gepaarten Einzelsignale der PK XY, YZ und XYZ.

Tabelle 28 Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren I.K. für die gepaarten PK XY, YZ und XYZ Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale

- CI Konfidenzintervall
- I.K. laryngeale Konstriktion/en
- PK Plattenkondition
- PK X Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
- PK Y Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
- PK Z Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
- PK XY Alle Einzelsignale mit PK X und Y, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- PK YZ Alle Einzelsignale mit PK Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- PK XYZ Alle Einzelsignale mit PK X, Y und Z, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
- Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK XY gepaart	
Einzelsignal mit mehreren I.K.	Anzahl	Säuglinge	17	
		Einzelsignale	568	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,89 (0,71-1,10)	0,278
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,53 (0,30-0,92)	0,023
		e_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,81 (0,49-1,34)	0,413
	PK	Y vs. X	1,15 (0,74-1,78)	0,531
Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK YZ gepaart	
Einzelsignal mit mehreren I.K.	Anzahl	Säuglinge	14	
		Einzelsignale	249	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,63 (0,49-0,81)	<0,001
	Interaktion	PK * Spaltgruppe	-	<0,001
			für Referenz PK Y	
			3,36 (1,56-7,24)	0,001
	Spaltgruppe	e_LKGS_mP vs. IGS_mP	2,79 (1,11-7,00)	0,027
			für Referenz PK Z	
			1,87 (0,94-3,69)	0,073
			0,51 (0,22-1,15)	0,105
			für Referenz Spaltgruppe IGS_mP	
		Z vs. Y	0,59 (0,35-1,00)	0,048
		für Referenz Spaltgruppe e_LKGS_mP		
	Z vs. Y	0,83 (0,29-2,40)	0,062	
		für Referenz Spaltgruppe b_LKGS_mP		
	Z vs. Y	3,67 (1,58-8,51)	0,002	
Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK XYZ gepaart	
Einzelsignal mit mehreren I.K.	Anzahl	Säuglinge	6	
		Einzelsignale	184	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,66 (0,61-0,73)	<0,001
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP	1,04 (0,58-1,86)	0,903
		e_LKGS_mP vs. IGS_mP	1,34 (0,58-3,07)	0,494
	PK	Y vs. X	1,64 (0,73-3,65)	0,228
		Z vs. X	1,55 (0,77-3,14)	0,220

Auch hier erfolgte eine erste Berechnung, in der für jede Einzelsignalpaarung signifikante Interaktionen zwischen der PK und dem Alter bzw. der PK und der Spaltgruppe geprüft wurden. Für die Einzelsignalpaarungen der PK XY und XYZ konnten signifikante Interaktionen ausgeschlossen werden, sodass in Tabelle 28 jeweils lediglich die Haupteffekte der Parameterschätzer aufgeführt wurden.

Für die gepaarten Einzelsignale YZ konnte eine signifikante Interaktion zwischen der PK und der Spaltgruppe festgestellt werden (Interaktion PK * Spaltgruppe: $p < 0,001$). Somit war der Effekt der Spaltgruppe unterschiedlich für die verschiedenen PK. Umgekehrt zeigte sich der Platteneffekt unterschiedlich für die drei Spaltgruppen. Die in Tabelle 28 aufgeführten Haupteffekte galten hier daher jeweils nur innerhalb der jeweiligen Referenzkategorie.

Bei nicht getragener Gaumenplatte (Referenzkategorie PK Y) war die Auftrittswahrscheinlichkeit für mehrere I.K. innerhalb eines Lautes in den Spaltgruppen e_LKGS_mP ($p = 0,027$) und b_LKGS_mP ($p = 0,001$) signifikant größer als in der Gruppe mit dem geringsten Spaltausmaß (IGS_mP). Für die PK Z konnten weder für die Gruppe b_LKGS_mP ($p = 0,073$) noch für die Gruppe e_LKGS_mP ($p = 0,105$) signifikante Effekte bestätigt werden.

Die Effekte der PK wurden, entsprechend der signifikanten Interaktion, für die jeweilige Spaltgruppe angegeben. Es zeigte sich ein signifikanter Platteneffekt für die Spaltgruppe IGS_mP, der besagte, dass hier die Auftrittswahrscheinlichkeit mehrerer I.K. innerhalb eines Lautes bei nicht getragener Gaumenplatte (PK Y) gegenüber der wieder eingesetzten Platte (PK Z) signifikant höher war ($p = 0,048$). Für die Spaltgruppe b_LKGS_mP stellte sich dies gegenteilig dar ($p = 0,002$). Hier war die Auftrittswahrscheinlichkeit mehrerer I.K. innerhalb einer Vokalisation bei Wiedereinsetzen der Platte (PK Z) signifikant höher. Für die Spaltgruppe e_LKGS_mP konnte kein signifikanter Effekt der Platte bestätigt werden ($p = 0,062$).

Tabelle 28 zeigt des Weiteren für die gepaarten Einzelsignale der PK YZ und XYZ deutliche signifikante Haupteffekte für das Alter (jeweils $p < 0,001$). Demnach nahm die Auftrittswahrscheinlichkeit für mehrere I.K. innerhalb dieser Vokalisation mit zunehmendem Alter ab. Hinsichtlich der Spaltausprägung ließ sich feststellen, dass die Auftrittswahrscheinlichkeit für mehrere I.K. innerhalb eines Lautes beim Herausnehmen der

Gaumenplatte (PK XY gepaart) für die Säuglinge mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP) im Vergleich zur Spaltgruppe IGS_mP geringer war ($p = 0,023$).

Auf die beschriebenen signifikanten Effekte der Spaltausprägung und des Alters in Bezug auf die Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit Mehrfachkonstriktionen soll weiterführend in Kapitel 3.5.2.1 eingegangen werden.

3.5.2.1 *Weiterführende Analysen zum Einfluss der Spaltgruppen und des Alters*

Um die relativen Auftrittswahrscheinlichkeiten von Vokalisationen mit mehreren I.K. innerhalb eines Einzelsignals hinsichtlich der Einflüsse der Spaltausprägung und des Patientenalters genauer untersuchen zu können, wurden erneut die *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (GEE)* angewendet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 29 aufgeführt.

Tabelle 29 Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren I.K. für die PK X Einzelsignale und die ungepaarten PK XY Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale

CI	Konfidenzintervall
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
PK	Plattenkondition
PK X	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
PK Y	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht getragen.
PK Z	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
PK XY	Alle Einzelsignale mit PK X und Y, die am selben Aufnahmetag beim selben Säugling aufgezeichnet wurden (gepaart).
Spaltgruppe	b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK X	
Einzelsignal mit mehreren I.K.	Anzahl	Säuglinge	20	
		Einzelsignale	641	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,97 (0,78-1,22)	0,816
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,89 (0,54-1,48)	0,653
e_LKGS_mP vs. IGS_mP		1,01 (0,65-1,57)	0,950	
Ergebnis	Variablen		Einzelsignale PK XY ungepaart	
Einzelsignal mit mehreren I.K.	Anzahl	Säuglinge	23	
		Einzelsignale	1157	
			Odds Ratio (95%CI)	p-Wert
	Alter [Monate]		0,91 (0,76-1,08)	0,293
	Spaltgruppe	b_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,68 (0,45-1,01)	0,057
		e_LKGS_mP vs. IGS_mP	0,87 (0,62-1,21)	0,390
PK	Y vs. X	0,99 (0,70-1,38)	0,928	

Wie in Kapitel 3.5.1.1 wurde auch hier zunächst eine Berechnung für die Einzelsignale der PK X durchgeführt, um eine möglichst hohe Patienten- und Einzelsignanzahl in die Analyse einschließen zu können. Das entsprechende GEE-Modell (Tabelle 29) zeigt, dass sowohl die Spaltgruppen als auch das monatliche Alter keinen signifikanten Einfluss auf die relative Auftrittswahrscheinlichkeit mehrerer I.K. innerhalb eines Einzelsignals hatten. In Kapitel 3.5.2 präsentierte das GEE-Modell der gepaarten Einzelsignale der PK X und Y bereits, dass kein Effekt der Gaumenplatte festgestellt werden konnte. Damit war eine weiterführende Untersuchung der Einzelsignale der PK X und Y, unabhängig von Säugling und Aufnahmetag, möglich. Es konnten nun alle Säuglinge (n = 23) und eine maximale Einzelsignanzahl (n = 1.157) in die statistische Analyse eingeschlossen werden. Tabelle 29 zeigt, dass ein Auftreten von mehreren I.K. im Einzelsignal in Abhängigkeit des Alters oder der Spaltgruppe auch für ungepaarte Einzelsignale der PK X und Y nicht signifikant bestätigt werden konnte.

4 Diskussion

Wie einleitend zu dieser Arbeit angeführt, sind laryngeale Konstriktionen (I.K.) „Stilmittel“, um die Phonation rhythmisch zu segmentieren und damit ein wesentlicher Aspekt der vorsprachlichen Entwicklung in Hinblick auf die spätere Silbenbildung (Buder et al., 2013; Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Wermke & Mende, 2009, 2016). Inwieweit solche Phänomene analog zu der Erzeugung von Konsonanten im Babbeln von Säuglingen intentional erzeugt werden, ist bislang ungeklärt. Folgt man aber dem aktuellen theoretischen Konzept zu Konstriktionsphänomenen (Esling, 2005, 2012, 2019) sind I.K. genauso wie Konsonantenvorstufen zu interpretieren, die etwa vom 1. bis zum 4. Lebensmonat gebildet werden. Die sogenannten „Closants“ wurden in der vorliegenden Arbeit, aufgrund ihres supralaryngealen Entstehungsortes, aus den Analysen ausgeschlossen. Sie werden, wie auch I.K., zu den ersten primitiven Formen der Artikulation gezählt (Kent & Murray, 1982; Nathani et al., 2006; Stark, 1980).

Es ist bekannt, dass sich Patientinnen und Patienten mit orofazialen Spalten (OFS) präoperativ von Säuglingen ohne OFS unter anderem hinsichtlich der Konsonantenbildung unterscheiden. Durch die angeborene Malformation des Vokaltraktes ist das Konsonantenrepertoire geringer (Chapman et al., 2001; Eiband, 2018; Hutters et al., 2001). Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Arbeit erstmalig explorativ analysiert, ob es auch bereits in präartikulatorischen Vorgängen, bei der Erzeugung von I.K. als konsonantische Vorstufen, zu bestimmten Besonderheiten kommt. Im Sinne einer Längsschnittstudie wurden unter Anwendung der Methodik der vorliegenden Arbeit (Kapitel 2.5) parallel Vokalisationen derselben Säuglinge in den Lebensmonaten 1 bis 3 untersucht (Klein, 2023 – Dissertationsschrift eingereicht).

Eine thematisch ähnliche Untersuchung führte Ostermann (2010) durch, in dessen Arbeit auch ein Teil der in der vorliegenden Arbeit eingeschlossenen Patientinnen und Patienten analysiert wurde. Die von Ostermann (2010) verwendete Beschreibung rhythmischer Muster in den Vokalisationen von Säuglingen im Alter von 2 bis 3 Monaten mit OFS basierten, wie teilweise auch in der vorliegenden Arbeit, auf der audio-visuellen Auswertung von Frequenzspektren. Ostermann (2010) fand heraus, dass vollständige und unvollständige Oszillationspausen, also I.K., in den Grundfrequenzkonturen (Melodien) der spontan geäußerten Laute von Säuglingen mit OFS etwas häufiger auftraten als bei Säuglingen ohne OFS. Er untersuchte 19 Säuglinge mit OFS verschiedener Ausprägung sowie die gleiche Probandenzahl einer Kontrollgruppe ohne OFS.

Die Versorgung mit einer Gaumenplatte wurde nicht berücksichtigt. Ostermann (2010) kam zu dem Ergebnis, dass die von ihm untersuchten Säuglinge mit OFS eine Auftrittshäufigkeit an innermelodischen Segmentierungen von 28 % zeigten. Damit erzeugten sie etwa 10 Prozentpunkte mehr Unterbrechungen der Phonation als die gesunden Probanden der Kontrollgruppe (19 %). Dies deutete bereits darauf hin, dass rhythmische Segmentierungen der Phonation bei Säuglingen mit OFS häufiger vorkommen könnten. Das hätte bedeutet, dass artikulatorische Vorstufen bei Säuglingen mit OFS also entweder im Vergleich zu Säuglingen ohne OFS stärker ausgeprägt sind oder dass sie aufgrund fehlender supralaryngealer Mechanismen eine Art frühes „Substitutionsverhalten“ repräsentieren. Aufgrund der Fachliteratur, die eine abweichende Artikulationsfähigkeit bei OFS-Säuglingen beschreibt (Chapman et al., 2001; Jocelyn et al., 1996; Kuehn & Moller, 2000; Morris & Ozanne, 2003; Richman, 1997; Richman & Ryan, 2003; Russell & Grunwell, 1993; Schönweiler et al., 1995) ist erstere Annahme sehr unwahrscheinlich. Mit der vorliegenden Arbeit wurde im Längsschnittdesign eine objektivere Analyse zur Auftrittshäufigkeit von I.K. in Vokalisationen von OFS-Säuglingen durchgeführt. Die Annahme, dass es sich hier um ein „Substitutionsverhalten“ handelt, wurde bestätigt, wofür nachfolgend detailliert eingegangen werden soll.

4.1 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit laryngealen Konstriktionen

In der vorliegenden Arbeit wurden zunächst in einer deskriptiven Analyse die Auftrittshäufigkeiten von I.K. im 4. bis 6. Lebensmonat untersucht. Die relative Auftrittshäufigkeit von Konstriktionslauten lag für die untersuchten Säuglinge zwischen 8 und 44 % und präsentierte damit eine hohe interindividuelle Variabilität. Im Median zeigte die gesamte Patientengruppe eine Auftrittshäufigkeit von 13 % im Untersuchungszeitraum (4. bis 6. Monat). Der arithmetische Mittelwert betrug 18 %, die Standardabweichung 15 %. Damit wurde im Vergleich zu Ostermann (2010) eine geringere prozentuale Auftrittshäufigkeit von I.K. festgestellt, die eher dem Wert seiner Kontrollgruppe entsprach. Bei differenzierter Betrachtung der relativen Auftrittshäufigkeiten von Vokalisationen mit I.K. innerhalb der Spaltgruppen zeigten sich sowohl im Median als auch im arithmetischen Mittelwert innerhalb der Spaltgruppe b_LKGS_mP, Werte, die denen von Ostermann entsprachen. Ostermann (2010) untersuchte drei Säuglinge mit einer beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte (LKGS), in der vorliegenden Arbeit waren es vier.

Die prinzipiellen Unterschiede in der Auftrittshäufigkeit von I.K. zwischen beiden Arbeiten könnten einerseits methodisch sein, andererseits aber auch dadurch bedingt sein, dass in der vorliegenden Arbeit ein späteres Alter untersucht wurde. Die Autorin untersuchte die vorsprachlichen Laute von OFS-Säuglingen in den Lebensmonaten 4 bis 6, Ostermann (2010) hingegen in den Monaten 2 und 3. In einer parallel durchgeführten Forschungsarbeit (Klein, 2023 – Dissertationsschrift eingereicht) wurden dieselben Säuglingsvokalisationen wie in der vorliegenden Arbeit, mit der gemeinsam entwickelten Methodik (Kapitel 2.5), für die ersten 3 Lebensmonate untersucht. Es konnte hier deskriptiv eine abnehmende Tendenz von I.K. mit zunehmendem Alter beobachtet werden. Damit fand sich eine Übereinstimmung zu Ostermann (2010) und zugleich eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, durch die angenommen werden kann, dass die hier berichtete Auftrittshäufigkeit von I.K. repräsentativ zu sein scheint. In Fortführung der vorliegenden Arbeit wurde im ZVES eine Gruppe von Säuglingen ohne OFS nach denselben Untersuchungskriterien analysiert. Im Rahmen einer nachfolgenden Publikation wird ein Vergleich der Auftrittshäufigkeiten von I.K. vorgenommen. Die Ergebnisse werden helfen, das Phänomen der I.K. besser zu interpretieren.

Eine erste qualitative Untersuchung von gesunden Säuglingen in Bezug auf I.K. für die Lebensmonate 1 bis 5 ist bereits im Rahmen der Untersuchungen von Yavarzadeh (2020) erfolgt. In einer darauf aufbauenden publizierten Arbeit (Robb et al., 2020) wurde der von ihm verwendete Datensatz bis zum 7. Lebensmonat erweitert. Es zeigte sich eine Auftrittshäufigkeit von I.K. im Alter von 4 bis 6 Monaten von ca. 15 %, die damit also dem Durchschnitt des Gesamtkollektivs der vorliegenden Arbeit (Medianwert = 13 %) in etwa entspricht. Allerdings muss beachtet werden, dass bei der Untersuchung von Yavarzadeh (2020) eine vereinfachte Methodik zur Analyse von I.K. verwendet wurde, die tendenziell zu einer Überschätzung der Auftrittshäufigkeit von I.K. in Vokalisationen geführt hat. Aufgrund dessen wurde in Ergänzung zur vorliegenden Arbeit eine Kontrollgruppe mit derselben Methodik (Kapitel 2.5) untersucht. Die Ergebnisse lagen zum Zeitpunkt der Erstellung der Dissertation nicht vor, sodass eine vergleichende Bewertung zwischen Säuglingen mit und ohne OFS hier noch nicht erfolgen konnte.

4.2 Auftrittshäufigkeit von Vokalisationen mit laryngealen Konstriktionen unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren (Spaltgruppe, biologisches Geschlecht, Alter, Plattentherapie)

In der vorliegenden Arbeit fanden sich erstmals auch Belege dafür, dass der Spalttyp einen Einfluss auf die Auftrittshäufigkeit von I.K. in Vokalisationen haben könnte. In der deskriptiven Analyse lag die höchste Auftrittshäufigkeit in der Patientengruppe mit einer beidseitigen LKGS (b_LKGS_mP; Medianwert = 25 %) vor, gefolgt von der Gruppe mit dem kleinsten Spaltausmaß (IGS_mP; Medianwert = 19 %). Die geringste Auftrittshäufigkeit von I.K. fand sich mit einem Medianwert von 10 % bei der Gruppe mit einer einseitigen LKGS (e_LKGS_mP). Allerdings wurde auch eine hohe interindividuelle Variabilität beobachtet, indem sich in allen drei Spaltgruppen sehr kleine (1 bis 3 %) bis sehr hohe Werte (53 bis 70 %) fanden.

Die deskriptive geschlechtsspezifische Analyse der Auftrittshäufigkeit von I.K. zeigte für das Gesamtkollektiv, dass die männlichen Säuglinge (Medianwert = 16 %) etwas mehr I.K. bildeten als die weiblichen Säuglinge (Medianwert = 11 %). Diese Beobachtung konnte auch innerhalb der drei Spaltgruppen gemacht werden. In der Fachliteratur gibt es eine Reihe von Hinweisen darauf, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede in der frühen Sprachentwicklung gibt (c.f. Übersicht in Wermke et al., 2018). Auch Yavarzadeh (2020) beobachtete in seiner Arbeit an gesunden Säuglingen, dass die Auftrittshäufigkeit von I.K. bei den männlichen Patienten etwas höher ausfiel. Es müsste in weiterführenden Untersuchungen, unter Einbeziehung größerer Patienten- und Vokalisationszahlen, geprüft werden, ob es sich bei dem Ergebnis der vorliegenden Arbeit zum Vorliegen geschlechtsspezifischer Unterschiede um einen „robusten“ Befund handelt. Interessant wären diesbezügliche zukünftige Untersuchungen in Kombination mit der Sexualhormonkonzentration im Blut. Verschiedene Arbeiten weisen bereits auf einen Zusammenhang der Testosteron- bzw. Estradiolkonzentration im Blut und Eigenschaften in der vorsprachlichen Entwicklung hin (Borysiak et al., 2017; Quast et al., 2016; Wermke et al., 2018). Es zeigte sich in der vorliegenden Arbeit allerdings zumindest deskriptiv, dass nicht das Geschlecht primär ein relevanter Einflussfaktor auf die Auftrittshäufigkeit von I.K. zu sein scheint, sondern eher die Spaltgruppe. Sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Säuglingen hatte die Gruppe mit der beidseitigen Spalte (b_LKGS_mP) die höchste und die Gruppe mit der einseitigen (e_LKGS_mP) die geringste relative Auftrittshäufigkeit an I.K..

Zusammenfassend kann also postuliert werden, dass die höchste relative Auftrittshäufigkeit von I.K. innerhalb der Gruppe mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP) vorlag. Im Vergleich zu den Säuglingen mit einer einseitigen Spaltbildung (e_LKGS_mP) zeigte sich hier im Median eine mehr als doppelt so große relative Auftrittshäufigkeit in jedem Untersuchungsmonat. Allerdings muss an dieser Stelle der limitierende Faktor einer kleinen Stichprobe berücksichtigt werden, da sich nur vier Säuglinge in der Gruppe b_LKGS_mP befanden.

Die weiterführende komplexere Analyse, die mit Hilfe der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (GEE)* durchgeführt wurde, bestätigte den deskriptiv beschriebenen Befund, dass die Gruppe e_LKGS_mP die signifikant geringste Auftrittswahrscheinlichkeit von I.K. im Untersuchungszeitraum vom 4. bis zum 6. Lebensmonat zeigte. Dieses Ergebnis stand nicht im Zusammenhang mit einer Zustandsänderung der Plattenkondition (PK) und war also unabhängig davon, ob mit oder ohne Gaumenplatte lautiert wurde. Damit scheint es insgesamt so, dass für die Patientengruppen mit dem größten (b_LKGS_mP) und dem geringsten (IGS_mP) Spaltausmaß, unabhängig vom Säuglingsalter, eine höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von I.K. vorliegt als für die Gruppe mit der einseitigen Spalte (e_LKGS_mP). Dieser Befund impliziert, dass nicht die Spaltausprägung allein, durch mögliche Rückkopplungseffekte der velopharyngealen Insuffizienz auf glottale Mechanismen (Sapienza et al., 1996), für die Auftrittshäufigkeit von I.K. verantwortlich sein kann. Insbesondere für die Säuglinge der Gruppe IGS_mP, die ein geringeres Spaltausmaß aufweisen, ist dieser Erklärungsansatz unzureichend, weshalb ein Zusammenhang mit neurophysiologischen Ursachen nicht außer Acht gelassen werden sollte (Cheour et al., 1999; Conrad et al., 2020). Bei den hier untersuchten Säuglingen mit einer isolierten Gaumenspalte (IGS_mP) waren zwar auch in der weiteren Entwicklung keine neurologischen Auffälligkeiten in den vorhandenen Patientendokumentationen vermerkt, dennoch lässt sich eventuell vermuten, dass eine Gaumenspaltbildung, die in einem sehr frühen Stadium der Gehirnentwicklung initiiert wird (Kraus & Stellzig-Eisenhauer, 2019), Langzeitwirkungen auf die spätere regionale oder funktionale Gehirnorganisation hat. Ob solche Mechanismen minimalster Ausprägungen bei den untersuchten Säuglingen möglicherweise der Grund dafür sein könnten, dass die Säuglinge mit einer isolierten Gaumenspalte (IGS_mP) vergleichsweise hohe Auftrittshäufigkeiten an I.K. hatten, kann hier nicht eindeutig geklärt werden. Auch das mögliche Vorhandensein verdeckter Syndrome mit damit einhergehenden

beeinträchtigten neurologischen Regulationsvorgängen kann nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Die Untersuchung eines möglichen Einflusses des Alters auf das Auftreten von I.K. zeigte, dass die mittleren Auftrittshäufigkeiten der einzelnen Lebensmonate sehr dicht beieinander lagen (Medianwerte: Monat 4 = 13 %; Monat 5 = 13 %; Monat 6 = 12 %). Für den Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit (4. bis 6. Lebensmonat) wurde eine leicht abnehmende Tendenz für das Auftreten von Konstriktionslauten verzeichnet, die mittels der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen (GEE)* für Einzelsignale, die nach dem Wiedereinsetzen der eingeschliffenen Gaumenplatte (PK YZ gepaart) aufgenommen wurden, signifikant bestätigt werden konnte. Im Gesamtlängsschnitt konnte ebenfalls über die Monate 1 bis 6 eine signifikante Abnahme der Auftrittshäufigkeit von Lauten mit I.K. ermittelt werden (Publikation in Vorbereitung). Im Spaltgruppenvergleich zeigten sich für den Untersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit allerdings verschiedene Auftrittshäufigkeiten von I.K. im Altersverlauf. So konnte deskriptiv bei den Säuglingen mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP) keine Abnahme, sondern eine Zunahme von Lauten mit I.K. von Monat 4 nach Monat 6 um rund 10 Prozentpunkte festgestellt werden. Diese Entwicklung lässt sich vermutlich zum einen auf multifaktorielle, individuelle Einflussgrößen und zum anderen auf die kleine Patientenzahl ($n = 4$) der Spaltgruppe b_LKGS_mP bei gleichzeitig ausgeprägter hoher interindividueller Variabilität zurückführen. Für ein besseres Verständnis sind daher zukünftige Untersuchungen größerer Stichproben im Längsschnittdesign erstrebenswert.

Ein möglicher Einfluss der Plattentherapie wurde mit Hilfe der *Verallgemeinerten Schätzungsgleichung (GEE)* geprüft. Es zeigte sich ein signifikanter Platteneffekt für die Einzelsignalarpaarung der PK XY ($p = 0,009$), der darauf hinwies, dass die entsprechenden Säuglinge am selben Untersuchungstag bei getragener Gaumenplatte signifikant häufiger I.K. erzeugten. Das Tragen der Gaumenplatte scheint damit tendenziell eine positive Wirkung auf die Motivation artikulatorischer Aktivitäten zu haben. Andererseits könnte die Gaumenplatte das Üben konsonantischer Vorstufen durch Rhythmisierung der Phonation verbessern. Um diese Hypothesen zu prüfen, müsste weiterführend untersucht werden, ob dieselben Säuglinge tatsächlich bezüglich ihres Konsonanten- bzw. Silbenrepertoires im Alter von 2 bis 3 Jahren bereits weiter entwickelt waren als vergleichbare Säuglinge ohne eingesetzte Gaumenplatte. Dazu wären multizentrische Studien erforderlich. Zu berücksichtigen ist bei der Interpretation der PK im Rahmen der vorliegenden Arbeit allerdings auch, dass die Gaumenplatte nur zu Untersuchungszwecken und für

die erforderlichen Einschleifmaßnahmen während der Lautaufnahmen kurzzeitig herausgenommen wurde. Die Säuglinge waren an das Lautieren mit eingesetzter Gaumenplatte gewöhnt, sodass die PK X den „trainierten“ Zustand reflektierte. Um einen temporär förderlichen Effekt oder eine Langzeitwirkung der Gaumenplatte auf die frühe Sprachentwicklung zu untersuchen, ist es erforderlich, dass auch Kohorten ohne Plattenversorgung untersucht und verglichen werden. Erst dann ist es möglich, den Effekt verlässlich zu beurteilen.

Zusammenfassend hat die vorliegende Arbeit das erhöhte Auftreten von I.K. in präartikulatorischen Vokalisationen (Schreilaute, Übergangslaute, marginales Babbeln) durch „Substitutionseffekte“ wahrscheinlich gemacht. Es ist bekannt, dass OFS-Säuglinge supralaryngeal erzeugte Vokalisationen wie Plosiv- und Frikativlaute, aufgrund der velopharyngealen Insuffizienz, nur erschwert bilden können und sie im Vergleich zu gleichaltrigen Säuglingen ohne OFS ein kleineres Konsonantenrepertoire aufweisen (Chapman et al., 2001; Harding & Grunwell, 1996; O’Gara & Logemann, 1988). Mangels supralaryngealer Artikulationsfähigkeiten produzieren die betroffenen Säuglinge offenbar vermehrt I.K.. Der „Normalzustand“ mit Platte (PK X) regt demnach offenbar das vokale Explorationsverhalten an. Ob dies ein positiver oder negativer Effekt ist, kann nicht beurteilt werden, da das Explorieren hier das „Substitutionsverhalten“ antreibt und somit regeltechnisch manifestiert. Insbesondere Säuglinge mit einer ausgeprägten peripheren Ausführungsstörung bilden aufgrund von abweichenden zerebral gespeicherten artikulatorischen Mustern kompensatorische vorsprachliche Laute, die häufig auch nach dem operativen Gaumenverschluss verbleiben (Grunwell & Russell, 1987; O’Gara & Logemann, 1988).

4.3 Typische Muster laryngealer Konstriktionen und ihre Auftrittshäufigkeit in Vokalisationen

Die deskriptive Analyse des Auftretens von nur einer bzw. mehreren I.K. im Lautrepertoire der untersuchten Säuglinge lieferte eine sehr hohe interindividuelle Variabilität. Unabhängig von der Spaltgruppe und dem biologischen Geschlecht der Säuglinge traten mehrfache I.K. innerhalb eines Einzelsignals seltener auf als nur einzelne. Besonders deutlich zeigte sich diese Verteilung innerhalb der Gruppe mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP). Hier lagen die Medianwerte der prozentualen Auftrittshäufigkeit für nur eine einzelne I.K. innerhalb eines Lautes bei 21 % und die für mehrere Konstriktionen bei nur 7 %. Es scheint so, dass die Säuglinge mit dem größten

Spaltausmaß (b_LKGS_mP) weniger in der Lage sind, komplexe Melodiemuster, die hier mit Mehrfachkonstruktionen innerhalb eines Lautes gleichzusetzen sind, bilden zu können. Das GEE-Modell (*Verallgemeinerte Schätzungsgleichungen*) präsentierte zusätzlich für die Gruppe b_LKGS_mP einen signifikanten Effekt für eine geringere Auftrittswahrscheinlichkeit von Mehrfachkonstruktionen innerhalb eines Lautes beim Herausnehmen der Gaumenplatte (PK XY gepaart) im Vergleich zu den Säuglingen der Gruppe IGS_mP. Dies könnte ein weiteres Indiz dafür zu sein, dass die Gaumenplatte ein Explorieren von I.K. animiert. Es ist davon auszugehen, dass der beschriebene Effekt besonders deutlich bei den Säuglingen mit der größten peripheren Ausführungsstörung (b_LKGS_mP) ist, da der Einfluss der Gaumenplatte auf die velopharyngeale Insuffizienz hier am größten ist. Hinsichtlich des Alters zeigte sich bei Betrachtung der relativen Auftrittshäufigkeit mehrerer I.K. innerhalb der Vokalisationen tendenziell eine Abnahme über den Untersuchungszeitraum vom 4. bis zum 6. Lebensmonat. Das berechnete GEE-Modell bestätigte ebenfalls für die gepaarten Einzelsignale der PK YZ und XYZ eine signifikante Abnahme der Auftrittswahrscheinlichkeit von Vokalisationen mit mehreren I.K. vom 4. bis zum 6. Lebensmonat. Das Gegenteil war der Fall bei Lauten mit einzelnen I.K.. Hier zeigte sich eine zunehmende Tendenz von den Monaten 4 und 5 zu Monat 6.

Frank (2022) beschreibt in ihrer Arbeit, dass Säuglinge ohne OFS im Alter von 3 bis 7 Monaten einen Lautanteil von ca. 70 % mit nur einem artikulatorischen (konsonantischen) Element aufweisen. Sie geht davon aus, dass Säuglingsvokalisationen ab einem Alter von 3 Monaten intentional artikuliert werden. Da bei Säuglingen mit OFS die Produktion von supralaryngeal erzeugten Konsonanten durch die Malformationen des Vokaltraktes eingeschränkt bzw. spezifisch ist (Chapman et al., 2001), könnte es durchaus sein, dass das häufigere Auftreten nur einzelner I.K. hier ein Ausdruck des physiologischen Reifungsprogramms ist. Zusätzlich konnte mittels der GEE für die Einzelsignale der PK Y und Z, die am gleichen Aufnahmetag beim gleichen Säugling aufgezeichnet wurden, eine signifikante Interaktion zwischen der PK und der Spaltgruppe festgestellt werden, die diese Interpretation unterstützt. Die Ergebnisse der GEE ließen darauf schließen, dass für die Auftrittswahrscheinlichkeit von Mehrfachkonstruktionen die Effekte der Spaltgruppe bzw. der Gaumenplatte unterschiedlich ausfielen. Dadurch ist gut zu erkennen, dass es sich hier um sehr komplexe Geschehen mit multifaktoriellen Einflüssen handelt, die für eine seriöse Interpretation größere Stichproben erforderlich machen.

Auch die deskriptiven statistischen Analysen zeigten, dass I.K. in sehr unterschiedlichen Varianten bzw. Mustern auftreten können, die hier anhand der definierten Kategorien (Kapitel 2.5.2) untersucht wurden. Dabei wurde prinzipiell eine hohe Übereinstimmung in den typischen Mustervarianten zwischen den Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP beobachtet. Insbesondere die Kategorien, die eine I.K. in der Mitte eines Lautes beinhalteten, waren aussagekräftig. Diese Kategorien weisen auf einen Zusammenhang zwischen frühester Rhythmisierung der Phonation und einer späteren Silbenbildung hin. Es zeigte sich, dass einzelne Kategorien in der Spaltgruppe der bilateralen Typen (b_LKGS_mP) seltener oder gar nicht in einzelnen Lebensmonaten vertreten waren. Das betraf z. B. die Kategorien AM_v, AmM_v und AmM_mix, also jene Kategorien, die mehrere unvollständige bzw. vollständige I.K., die am Anfang, in der Mitte oder am Ende eines Einzelsignals lokalisiert waren, beinhalteten (Kapitel 2.5.2). Kategorie M_uv wurde spaltgruppen- und altersunabhängig am meisten beobachtet. Bei dieser Kategorie handelte es sich um Vokalisationen, bei denen der Säugling in der Mitte oder am Ende des Lautes eine unvollständige I.K. „einbaut“. Bei der Gruppe mit bilateraler Spaltbildung (b_LKGS_mP) kam die Kategorie drei- bis fünfmal häufiger vor als die vollständige Mittelkategorie M_v, was hier auf eine Art „Ausführungsschwäche“ in der Bildung von I.K. durch die Größe der oronasalen Insuffizienz hinweisen könnte.

Im Sinne des *LAM* des kanadischen Linguisten John Esling (2005, 2012, 2019) sind I.K. als präartikulatorische Übungen und Vorläufer von Konsonanten zu interpretieren. Sie stehen nach neuesten Ansichten am Beginn der vorsprachlichen Entwicklung (Buder et al., 2013; Esling, 2012; Robb et al., 2020; Wermke et al., 2002; Wermke & Mende, 1992). Aus dieser Perspektive gibt es sehr früh eine Interaktion zwischen der Phonation und Artikulationsvorstufen. Zunehmend geschickter werden melodische Konturen mit supralaryngealen Aktivitäten vom 3. bis 6. Lebensmonat koordiniert. Diese Entwicklung lässt sich auf ein exploratives, spielerisches Üben der Säuglinge zurückführen, das universal ist (Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Oller, 1980; Stark, 1980; Wermke & Mende, 1992). Wenn die Melodiebögen Bezug zu späteren Vokalen haben, könnte es sich bei den eingefügten I.K. um Vorläuferstufen späterer Konsonanten handeln. Die für die Silbenbildung notwendige Rhythmisierung wird offenbar bereits vorbereitet.

Die Beobachtung, dass unvollständige I.K. häufiger als vollständige in der vorliegenden Arbeit vorkamen, könnte auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen. Während die unvollständigen I.K., wie beschrieben, als Platzhalter für die späteren supralaryngealen Konsonanten dienen könnten, scheinen die vollständigen I.K. eher mit rhythmischen

Aspekten der Silbenbildung in der vorsprachlichen Entwicklung in Verbindung zu stehen. Diese sind weitaus universaler und konstanter als das Konsonantenrepertoire. Die Interpretation der I.K. als artikulatorische und rhythmische Vorstufen der späteren kanonischen Silbensequenzen, die der eigentlichen Wortproduktion unmittelbar vorausgehen, wird auch dadurch gestützt, dass das Auftreten mehrerer I.K. innerhalb eines Lautes vom 4. bis zum 6. Monat abnimmt. Von Säuglingen ohne OFS ist bekannt, dass im gleichen Zeitraum Vokalisationen mit supralaryngealen Artikulationen zunehmen (Koopmans-van Beinum & van der Stelt, 1986; Oller, 2000; Stark, 1980).

Des Weiteren soll erwähnt werden, dass bei einigen Einzelsignalen eine I.K. zu Lautbeginn beobachtet wurde (Kategorie A; Kapitel 2.5.2). Wagner (2004) beschreibt, dass es in der deutschen Sprache bei jedem vokalischem Anlaut zu einem vorausgehenden laryngealen, artikulatorischen Mechanismus in Form des Verschlusses der Glottis kommt. Da sich die Patientengruppe der vorliegenden Arbeit im Säuglingsalter befand, lagen hier hauptsächlich Schrei- und Übergangslaute vor, die häufig mit Vokalen begannen. Das von Wagner (2004) beschriebene Phänomen könnte sich demnach in Vorstufen andeuten und sich auf einen Teil der vorsprachlichen Entwicklung in der deutschen Muttersprache zurückführen lassen. Bei dieser Annahme handelt es sich um eine Hypothese, die durch weitere Untersuchungen geprüft werden muss. Dafür wäre der Einbezug eines größeren Patientenkollektivs mit und ohne OFS und die zusätzliche Untersuchung supralaryngealer Phänomene erforderlich.

In der Fachliteratur wird bisher bei Patientinnen und Patienten mit OFS nur über die Spezifik des Konsonantenrepertoires und damit verbundenen aktiven und passiven artikulatorischen Besonderheiten berichtet. Passive (obligatorische) artikulatorische Veränderungen beschreiben die, durch die Malformation bedingte, eingeschränkte Konsonantenbildung mit nasalen Friktionsgeräuschen (Bressmann et al., 1998; Harding & Grunwell, 1996; Hutter et al., 2001). Aktive artikulatorische Veränderungen betreffen kompensatorische Mechanismen, durch die der eingeschränkte intraorale Druckaufbau ausgeglichen werden soll. Dies geschieht durch eine Konstriktion hinter der velopharyngealen Insuffizienz, die mit einer rückverlagerten Artikulation und einer laryngealen Substitution von oralen Plosiv- und Frikativlauten einhergeht (Chapman et al., 2003; Chapman & Hardin, 1992; Hutter et al., 2001). Für ein zukünftiges besseres Verständnis der vorsprachlichen Entwicklung von OFS-Säuglingen ist daher entscheidend, dass neben der Konsonantenentwicklung auch I.K. als artikulatorische Vorstufen betrachtet werden.

4.4 Temporale Eigenschaften laryngealer Konstriktionen

Die deskriptiven Ergebnisse der gemittelten Zeitdauer von I.K. wurden für die definierten Kategorien (Kapitel 2.5.2, Tabelle 6) berichtet. Es zeigte sich, dass die mittleren Konstriktionslängen hier keine große Variabilität aufwiesen. Allerdings war die Standardabweichung sehr groß, sodass der arithmetische Mittelwert hier nicht viel Aussagekraft hatte. Die Medianwerte der Konstriktionslängen in einer Vokalisation bewegten sich innerhalb der Kategorien zwischen 0,17 und 0,33 Sekunden. L.K., die einer vollständigen innerlautlichen Oszillationspause (Kategorien M_v, mM_v, AM_v, AmM_v) entsprachen, waren tendenziell von längerer Dauer als unvollständige I.K. (Kategorien M_uv, mM_uv, AM_uv, AmM_uv). Da Vergleichswerte aus der Fachliteratur bisher nicht vorliegen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich hier um spielerische Muster handelt. Die Ergebnisse der vorliegenden Dissertation liefern erste Referenzwerte für zukünftige Arbeiten.

Neben der absoluten Konstriktionsdauer innerhalb einer Vokalisation wurde auch die relative Dauer von I.K. zur Gesamtlautlänge berechnet. Es zeigte sich, dass die Gruppe mit dem größten Spaltausmaß (b_LKGS_mP) den geringsten mittleren prozentualen Anteil (Median) von Konstriktionslängen an der Gesamtlautlänge aufwies. Dies könnte bedeuten, dass Säuglinge mit einer ausgeprägten OFS beim Ausüben von I.K. weniger variieren und vorwiegend Laute mit nur einer I.K. bilden. Im Altersverlauf ließen sich nur minimale Schwankungen hinsichtlich der mittleren Konstriktionslängen verzeichnen.

Es wurde aber die Tendenz beobachtet, dass mit zunehmendem Alter der Säuglinge eine leicht abnehmende Konstriktionslängenvariation innerhalb der untersuchten Laute vorliegen könnte. So lag die Differenz zwischen dem niedrigstem und dem höchsten Medianwert für Monat 4 bei 0,18 Sekunden und in Monat 6 bei 0,13 Sekunden. Allerdings liegt der Unterschied an der Grenze der Messgenauigkeit.

Zusammenfassend lässt sich vorläufig eine geringe Variabilität der mittleren Konstriktionslängen innerhalb der drei Spaltgruppen und im Altersverlauf vom 4. bis zum 6. Lebensmonat postulieren. Laut Oller (2000) ist eine reife Silbe im Median zwischen 200 und 300 Millisekunden lang. Die in der vorliegenden Arbeit gemessenen Durchschnittswerte für die mittleren Konstriktionslängen entsprechen damit in etwa der späteren mittleren Silbenlänge. Dies unterstützt die Annahme, dass I.K. als artikulatorische (rhythmische) Vorstufen für spätere kanonische Silben angesehen werden könnten (Benner, 2009; Esling, 2005, 2012; Robb et al., 2020; Schenk, 2022; Wermke et al., 2002; Wermke & Mende, 1992; Yavarzadeh, 2020). Die geringe Variabilität der mittleren

Konstriktionslängen könnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich bei I.K. um einen regelhaften, intentionalen und „robusten“ Mechanismus in der vorsprachlichen Entwicklung handelt. Allerdings ist auch dies bisher nur eine Hypothese, die durch weitere Studien getestet werden muss.

Der Einfluss der auditiven Rückkopplung auf die Untersuchung von I.K. ist hier nicht berücksichtigt. Es ist erwiesen, dass für die Sprech- und Sprachentwicklung das Hören der Umgebungssprache von Bedeutung ist (Höfler, 1983). Patientinnen und Patienten mit OFS weisen häufig Hörminderungen durch Schalleitungsstörungen auf, die durch eine verminderte Tubenbelüftung und Mittelohrentzündungen bedingt sind (Mühler, 1996, 1996; Schwenzer & Ehrenfeld, 2011). Es gibt aber einen Grund, warum nicht anzunehmen ist, dass dies auf die Ergebnisse Einfluss hatte: In einer parallel durchgeführten Arbeit von Schenk (2022) wurden Säuglinge in den Lebensmonaten 3 bis 5 mit einer hochgradigen sensorineuralen Hörstörung mit derselben Methodik auf das Vorkommen von I.K. und ihrer temporalen Eigenschaften untersucht. Es zeigten sich im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede zu den hörgeschädigten Säuglingen hinsichtlich der Auftrittshäufigkeit und der temporalen Eigenschaften von I.K.. Dies lässt vermuten, dass es sich bei der Erzeugung von I.K. um den Ausdruck eines angeborenen Entwicklungsprogramms handelt (Esling, 2005, 2012, 2019; Robb et al., 2020; Wermke et al., 2002; Yavarzadeh, 2020), welches auf kinästhetisch-reflektorische Mechanismen (Schultz-Coulon, 1976) zurückgeht und gegen äußere „Störgrößen“ relativ robust zu sein scheint. Bei Schalleitungsstörungen sind propriozeptive Stimuli sogar noch deutlicher hörbar.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten temporalen Analysen dazu beigetragen haben, das Phänomen der I.K. besser zu verstehen und sie zukünftigen Arbeiten als erste Referenzwerte zur Verfügung stehen.

Aktuell werden am ZVES im Rahmen einer Publikation Vokalisationen einer gesunden Kontrollgruppe hinsichtlich der hier postulierten Fragestellungen untersucht. Dafür wird ebenfalls die Methodik angewendet, die in der vorliegenden Arbeit entwickelt wurde. Weiterführend wären Analysen laryngealer und supralaryngealer Phänomene unter Einbezug größerer Patienten- und Einzelsignalzahlen, gegebenenfalls ohne eine Vorauswahl des Lautrepertoires, wünschenswert, um die vorsprachliche Entwicklung von Säuglingen mit OFS noch besser zu begreifen und Therapiemaßnahmen bestmöglich anzupassen.

4.5 Limitationen vorliegender Untersuchungen

Trotz einer gewissenhaften, detaillierten Vorarbeit und Durchführung der Analysen ließen sich Limitationen in der vorliegenden Arbeit nicht vermeiden. Diese werden im Folgenden berichtet. Limitierende Faktoren stellten die Säuglingsanzahl sowie die Heterogenität des Patientenkollektivs dar. Es wurden im Vorfeld Auswahlkriterien getroffen, die Patientinnen und Patienten mit hochgradigen sensorineuralen Hörstörungen und syndromalen Spaltbildungen ausschlossen. Säuglinge mit dem Van-der-Woude-Syndrom und einer Pierre-Robin-Sequenz sowie Säuglinge, die vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche zur Welt kamen (Frühgeborene), wurden in die Untersuchungen mit einbezogen, da sie sich laut Aktendokumentation vorsprachlich unauffällig entwickelten. Die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP wurden aus den finalen Untersuchungen ausgeschlossen, da bei ihnen, aufgrund eines geringen Spaltausmaßes, keine Indikation für die Plattentherapie vorlag. Ein Vergleich mit den anderen Spaltgruppen, in denen alle Säuglinge eine Plattentherapie erhielten, war so nicht sinnvoll. Für einige Säuglinge lagen nur geringe auswertbare Anzahlen an Einzelsignalen vor. Hinzu kam, dass die Aufnahmen unter nicht standardisierten Bedingungen in häuslicher Umgebung und/oder im Rahmen der Spaltsprechstunde der Poliklinik für Kieferorthopädie in Würzburg durchgeführt wurden und damit verbundene Einflüsse nicht auszuschließen sind.

5 Zusammenfassung

Basierend auf den Fragestellungen der vorliegenden Dissertation wurde erstmalig systematisch untersucht, wie häufig und in welcher Ausprägung laryngeale Konstriktionsphänomene in vorsprachlichen Vokalisationen von Säuglingen mit orofazialen Spalten (OFS) in den Lebensmonaten 4 bis 6 auftraten. Eine statistische Analyse zur zeitlichen Dauer der laryngealen Konstriktionen wurde ebenfalls vorgenommen. Dabei wurde der potenzielle Einfluss der Spaltausprägung, der kieferorthopädischen Frühbehandlung mit einer Gaumenplatte, des Alters sowie des biologischen Geschlechts berücksichtigt.

Die Analyse von 9.345 vorsprachlichen Vokalisationen von 23 Säuglingen mit einer OFS, die im Rahmen der kieferorthopädischen Frühbehandlung eine Gaumenplatte erhielten, erfolgte vor dem theoretischen Hintergrund des Modells *des laryngealen Artikulators (LAM)* (Esling, 2005). Das LAM postuliert, dass die Entwicklung artikulatorischer Fähigkeiten bereits mit Lautmodifikationen im Larynx beginnt, den laryngealen Konstriktionen (I.K.). Je nach Ausprägungsgrad führen I.K. zu unvollständigen oder vollständigen Unterbrechungen des glottalen Luftstroms und damit zu rhythmisch segmentierten Phonationen. Für die Stichprobe konnte mit Hilfe der angewandten Methodik gezeigt werden, dass Säuglinge mit einer OFS bereits vor den bekannten supralaryngealen Artikulationsstörungen Auffälligkeiten in laryngeal erzeugten präartikulatorischen Funktionen zeigen. Es konnte gezeigt werden, dass die Dysfunktion mit dem Spalttyp im direkten Zusammenhang steht, wobei Säuglinge mit der größten oronasalen Malformation, die Träger bilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten, am stärksten betroffen waren. Ein kausaler Zusammenhang zwischen den beschriebenen Phonationsabweichungen und zentral neurologischen Mechanismen wurde mitdiskutiert.

Das vermehrte Auftreten von I.K. wurde auf *Substitutionseffekte* zurückgeführt, die die eingeschränkte Erzeugung supralaryngealer Laute ausgleichen könnte. Diese Hypothese muss jedoch durch weitere Studien getestet werden.

Der Befund, dass die männlichen Säuglinge tendenziell mehr I.K. bilden als die weiblichen Säuglinge, wurde auf die Wirkung hormoneller Faktoren zurückgeführt, deren Einfluss auf die Phonation während der „Minipubertät“ bekannt ist.

Hinsichtlich der Untersuchung des Einflusses der Plattentherapie auf vorsprachliche Vokalisationen von Säuglingen mit OFS ließen sich erste Hinweise finden, dass die Gaumenplatte einen positiven Effekt auf das artikulatorische Explorationsverhalten haben könnte. Da die getragene Gaumenplatte allerdings den „Normalzustand“ der hier untersuchten Säuglinge repräsentierte, wären vergleichende Untersuchungen mit einer

Patientengruppe mit den gleichen Spaltausprägungen, aber ohne Plattentherapie erforderlich, um die Wirkung der Gaumenplatte zuverlässig einschätzen zu können.

Die geringe Variabilität der Konstriktionslängen deutet auf regelhafte Prozesse hin und stützt vorhergehende Studien. Um die tatsächliche artikulatorische Entwicklung der Patientinnen und Patienten mit OFS prä- und postoperativ besser verstehen zu können, genügt der alleinige Blick auf die Konsonantenentwicklung nicht. Nur wenn diese gemeinsam mit den laryngealen Konstriktionsphänomenen als artikulatorische Vorstufen betrachtet werden, wird es möglich sein, in Zukunft diagnostische Risikomarker für die Sprech- und Sprachentwicklung bei Säuglingen zu identifizieren und unter Berücksichtigung des Spalttyps und der kieferorthopädischen bzw. kieferchirurgischen Maßnahmen langfristig frühtherapeutische logopädische Therapien individuell zu optimieren. Aufgrund der großen intra- und interindividuellen Variabilität liefern die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zunächst nur Hypothesen, die als Ausgangspunkt für weiterführende Forschungen auf diesem Gebiet anzusehen sind.

6 Literaturverzeichnis

- Benner, A. (2009). *Production and perception of laryngeal constriction in the early vocalizations of Bai and English infants* [University of Victoria]. dspace.library.uvic.ca.
- Bergé, S. J., Plath, H., Van de Vondel, P. T., Appel, T., Niederhagen, B., Lindern, J. J. von, Reich, R. H. & Hansmann, M. (2001). Fetal cleft lip and palate: sonographic diagnosis, chromosomal abnormalities, associated anomalies and postnatal outcome in 70 fetuses. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 18(5), 422–431.
- Birr, M. (2009). *Melodiekomplexität – ein geeigneter Frühindikator potentieller Sprachentwicklungsstörungen bei Säuglingen mit orofazialen Spalten? Melodiestructuranalysen in Lautäußerungen der ersten zwölf Lebenswochen* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Borysiak, A., Hesse, V., Wermke, P., Hain, J., Robb, M. & Wermke, K. (2017). Fundamental Frequency of Crying in Two-month-old Boys and Girls: Do Sex Hormones During Mini-puberty Mediate Differences? *Journal of Voice*, 31(1), 128.e21-128.e28.
- Bressmann, T., Sader, R., Merk, M., Ziegler, W., Busch, R., Zeilhofer, H. F. & Horch, H. H. (1998). Perzeptive und apparative Untersuchung der Stimmqualität bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 77(12), 700–708.
- Buder, E. H., Warlaumont, A. S. & Oller, D. K. (2013). An acoustic phonetic catalog of prespeech vocalisations from a developmental perspective. In B. Peter & A. MacLeod (Hrsg.), *Languages and linguistics. Comprehensive perspectives on speech sound development and disorders: Pathways from linguistic theory to clinical practice* (S. 103–134). Nova Science Publishers.
- Chapman, K. L. & Hardin, M. A. (1992). Phonetic and phonologic skills of two-year-olds with cleft palate. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*(29(5), 435–443.
- Chapman, K. L., Hardin-Jones, M. & Halter, K. A. (2003). The relationship between early speech and later speech and language performance for children with cleft lip and palate. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 17(3), 173–197.
- Chapman, K. L., Hardin-Jones, M., Schulte, J. & Halter, K. A. (2001). Vocal Development of 9-Month-Old Babies With Cleft Palate. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(6), 1268–1283.
- Cheour, M., Ceponiene, R., Hukki, J., Haapanen, M. L., Näätänen, R. & Alho, K. (1999). Brain dysfunction in neonates with cleft palate revealed by the mismatch negativity. *Clinical Neurophysiology*, 110(2), 324–328.
- Cohen, M. M. (1978). Syndromes with Cleft Lip and Cleft Palate. *The Cleft palate journal*, 15(4), 306–328.

- Conrad, A. L., Wermke, K., Eisenmann, M., Kuhlmann, E., Benavides, A., Kosciak, T. & Magnotta, V. (2020). Preliminary evaluation of pre-speech and neurodevelopmental measures in 7-11-week-old infants with isolated oral clefts. *International Pediatric Research Foundation*, 89(1), 85–90.
- Edmondson, J. A. & Esling, J. H. (2006). The valves of the throat and their functioning: laryngoscopic case studies. *Phonology*(23(2), 157–191.
- Eiband, D. (2018). *Charakterisierung vorsprachlicher Komfortvokalisationen von Kindern mit orofazialen Spaltbildungen vor und nach operativem Gaumenverschluss* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Eisenmann, M. (2021). *Entwicklung, Testung und Anwendung von PRAAT Skripten zur semi-automatischen Vokalisationsanalyse im Rahmen der Vorsprachlichen Diagnostik am ZVES* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Esling, J. H. (2005). There Are No Back Vowels: The Laryngeal Articulator Model. *Canadian Journal of Linguistics*, 50(1), 13–44.
- Esling, J. H. (2012). The Articulatory Function of the Larynx and the Origins of Speech. *Proceeding of the Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, 38, 121–149.
- Esling, J. H. (2019). Voice and Voice Quality. In J. H. Esling, S. R. Moisik, A. Benner & L. Crevier-Buchman (Hrsg.), *Cambridge studies and linguistics: Bd. 162. Voice Quality: The Laryngeal Articulator Model* (S. 1–36). Cambridge University Press.
- Fischer, L. & Stellzig-Eisenhauer, A. (2019). Gutes Timing ist alles! Der richtige Zeitpunkt für eine kieferorthopädische Behandlung. *Bayerisches Zahnärzteblatt*, 56(6), 62–70.
- Frank, V. (2022). *Charakterisierung akustischer und artikulatorischer Eigenschaften von Komfortvokalisationen bei Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache im Alter von 3-7 Monaten* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Fuamenya, N. A. (2011). *Quantitative analysis of subharmonic and noise phenomena in vocalizations of young infants: Comparing infants with and without orofacial clefts* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg.
- Grunwell, P. & Russell, V. J. (1987). Vocalisations before and after cleft palate surgery: a pilot study. *The British journal of disorders of communication*, 22(1), 1–17.
- Harding, A. & Grunwell, P. (1996). Characteristics of cleft palate speech. *European journal of disorders of communication: the journal of the College of Speech and Language Therapists, London*, 31(4), 331–357.

- Hauschildt, S. (2006). *Akustische Eigenschaften von Säuglingslauten bei eingesetzter versus nicht eingesetzter Oberkieferplatte - ein Beitrag zur Untersuchung des Einflusses der kieferorthopädischen Frühbehandlung auf die vorsprachliche Entwicklung von Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Hinderer, K. (2013). *Untersuchung der laryngealen Regelleistung in Form der Kurzzeitvariabilität der Grundfrequenz in vorsprachlichen Vokalisationen des 2. und 3. Lebensmonats von Säuglingen mit und ohne oro-faziale Spaltbildungen* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Hirschberg, J. (1999). Dysphonia in infants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 49, 293-296.
- Höfler, H. (1983). Spezielle Oto-Rhino-Laryngologie bei Spaltpatienten. *Der Sprachheilpädagoge*(15/1), 51–56.
- Hutters, B., Bau, A. & Brøndsted, K. (2001). A longitudinal group study of speech development in Danish children born with and without cleft lip and palate. *International journal of language & communication disorders*, 36(4), 447–470.
- Jocelyn, L. J., Penko, M. A. & Rode, H. L. (1996). Cognition, Communication, and Hearing in Young Children With Cleft Lip and Palate and in Control Children: A Longitudinal Study. *Pediatrics*, 97(4), 529–534.
- 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.
- Klein, J. (2023). *Quantitative und qualitative Analyse laryngealer Konstriktionsphänomene in vorsprachlichen Vokalisationen der Lebensmonate 1 bis 3 von Säuglingen mit angeborenen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Koch, J. (1984). Erstbehandlung der Lippen-, Kiefer-, Gaumen- und Segelspalträger-Physiologisches Konzept. *Ethicon op Forum*(119), 2–32.
- Koch, J., Koch, H., Grzonka, M. & Gundlach, K. K. H. (2003). Die LKGS(N)-Spalten und ihre Kodierung mit der LAHS-Nomenklatur. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 7(6), 339–344.
- Koopmans-van Beinum, F. J. & van der Stelt, J. M. (1986). Early Stages in the Development of Speech Movements. In B. Lindblom & R. Zetterström (Hrsg.), *Precursors of Early Speech* (S. 37–50). Palgrave Macmillan UK.
- Krastl, G. & Stellzig-Eisenhauer, A. (2019). Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten. In C. Speer, M. Gahr & J. Dötsch (Hrsg.), *Springer eBook Collection Medicine. Pädiatrie* (5. Aufl., S. 807–808). Springer.
- Kuehn, D. P. & Moller, K. T. (2000). Speech and Language Issues in the Cleft Palate Population: The State of the Art. *The Cleft Palate-Craniofacial journal*, 37(4), 1–35.

- Levelt, W. J., Roelofs, A. & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *The Behavioral and brain sciences*, 22(1), 1-75.
- Locke, J. L. (1983). Phonological acquisition and change. *New York: Academic Press*.
- Mangold, E., Kreiß, M. & Nöthen, M. M. (2017). Syndromale und nichtsyndromale orofaziale Spalten. *Medizinische Genetik*, 29(4), 397–412.
- McCune, L., Vihman, M. M., Roug-Hellichius, L., Delery, D. B. & Gogate, L. (1996). Grunt communication in human infants (Homo sapiens). *Journal of Comparative Psychology*, 110(1), 27–37.
- Mende, W., Herzel, H. & Wermke, K. (1990a). Bifurcations and chaos in newborn infant cries. *Physics Letters A*, 145(8,9), 418–424.
- Morris, H. & Ozanne, A. (2003). Phonetic, Phonological, and Language Skills of Children With a Cleft Palate. *The Cleft Palate-Craniofacial journal*, 40(5), 460–470.
- Mossey, P. & Castilla, E. (2001). Global Registry and Database on Craniofacial Anomalies: Report of a WHO Registry Meeting on Craniofacial Anomalies, World Health Organization, Bauru, Brazil.
- Mühler, G. (1996). Hals-Nasen-Ohren-ärztliche Betreuung und Behandlung von Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. In A. N. Andrä (Hrsg.), *Lippen, Kiefer-, Gaumenspalten. Entstehung, Klinik, Behandlungskonzepte* (S. 280–302). Einhorn Presse.
- Nathani, S., Ertmer, D. J. & Stark, R. E. (2006). Assessing Vocal Development in Infants and Toddlers. *Clinical linguistics & phonetics*, 20(5), 351–369.
- O'Gara, M. M. & Logemann, J. A. (1988). Phonetic analysis of the speech development of babies with cleft palate. *The Cleft palate journal*, 45(2), 122–134.
- Oller, D. K. (1980). The Emergence of the Sounds of Speech in Infancy. In G. H. Yeni-Komshian, J. F. Kavanagh & C. A. Ferguson (Hrsg.), *Perspectives in neurolinguistics, neuropsychology, and psycholinguistics: Bd. 7. Child phonology* (S. 93–112). Academic Press.
- Oller, D. K. (2000). *The Emergence of the Speech Capacity* (1. Aufl.). Psychology Press.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., Neal, A. R. & Cobo-Lewis, A. B. (1998). Late Onset Canonical Babbling: A Possible Early Marker of Abnormal Development. *American Journal on Mental Retardation*, 103(3), 249–263.
- Ostermann, T. (2010). *Die Analyse segmentierter vorsprachlicher Melodiestrukturen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im Alter von 2-3 Monaten* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.

- Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW. (2022). *Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten*. Universitätsklinikum Würzburg. <https://www.ukw.de/kieferorthopaedie/schwerpunkte/spezifische-krankheitsbilder/lippen-kiefer-gaumen-segelspalten/> (zitiert am 03.03.2023).
- 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.
- Richman, L. C. (1997). Facial and Speech Relationships to Behavior of Children With Clefts across Three Age Levels. *The Cleft Palate-Craniofacial journal, 34*(5), 390–395.
- Richman, L. C. & Ryan, S. M. (2003). Do the Reading Disabilities of Children With Cleft Fit Into Current Models of Developmental Dyslexia? *The Cleft Palate-Craniofacial journal, 40*(2), 154–157.
- Robb, M. P., Yavarzadeh, F., Schluter, P. J., Voit, V., Shehata-Dieler, W. & Wermke, K. (2020). Laryngeal Constriction Phenomena in Infant Vocalizations. *Journal of Speech, Language, and Hearing*(63), 49–58.
- Russell, V. J. & Grunwell, P. (1993). Speech Development in Children With Cleft Lip and Palate. In P. Grunwell (Hrsg.), *Analysing Cleft Palate Speech*. Whurr Publishers.
- Sapienza, C. M., Brown, W. S., Williams, W. N., Wharton, P. W. & Turner, G. E. (1996). Respiratory and Laryngeal Function Associated with Experimental Coupling of the Oral and Nasal Cavities. *The Cleft Palate-Craniofacial journal, 33*(2), 118–126.
- Schenk, J. (2022). *Vergleich laryngealer Konstriktionsphänomene in Komfortvokalisierungen normalhörender und hochgradig hörbeeinträchtigter Säuglinge im 3.-5. Lebensmonat* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Schönweiler, R., Schönweiler, B., Schmelzeisen, R. & Ptok, M. (1995). Sprach- und Sprechleistungen bei 417 Kindern mit Spaltbildungen [The language and speech skills in 417 children with cleft formations]. *Fortschritte der Kieferorthopädie, 56*(1), 1–6.
- Schultz-Coulon, H.-J. (1976). Zur Bedeutung der kinästhetisch-reflektorischen Phonationskontrolle für die Genauigkeit der Stimme. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 28*(6), 335–348.
- Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (Hrsg.). (2011). *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* (4. Aufl.). Georg Thieme Verlag.
- Stark, R. E. (1980). Stages of speech development in the first year of life. In G. H. Yeni-Komshian, J. F. Kavanagh & C. A. Ferguson (Hrsg.), *Perspectives in neurolinguistics, neuropsychology, and psycholinguistics: Bd. 7. Child phonology* (S. 73–92). Academic Press.

- Stark, R. E. (1981). Infant vocalization: A comprehensive view. *Infant Mental Health Journal*, 2(2), 118–128.
- Steck-Walter, S. M. (2007). *Quantitative Strukturanalyse vorsprachlicher Vokalisierungen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im zweiten Lebenshalbjahr bei kieferorthopädischer Frühbehandlung* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Stuppia, L., Capogreco, M., Marzo, G., La Rovere, D., Antonucci, I., Gatta, V., Palka, G., Mortellaro, C. & Tetè, S. (2011). Genetics of syndromic and nonsyndromic cleft lip and palate. *The Journal of craniofacial surgery*, 22(5), 1722–1726.
- Svec, J. G., Schutte, H. K. & Miller, D. G. (1999). On pitch jumps between chest and falsetto registers in voice: Data from living and excised human larynges. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(3), 1523–1531.
- Thurman, L. D., Welch, G., Theimer, A. & Klitzke, C. J. (Oktober 2004). *Addressing Vocal Register Discrepancies: An Alternative, Science-Based Theory Of Register Phenomena*. National Center for Voice and Speech. Second International Conference, The Physiology and Acoustics of Singing, Denver, Colorado, USA.
- Titze, I. R. (April 1994). *Voice Quality*. National Center for Voice and Speech. 8th Vocal Fold Physiology Conference, Kurume-shi, Japan.
- Tolarová, M. M. & Cervenka, J. (1998). Classification and Birth Prevalence of Orofacial Clefts. *American Journal of Medical Genetics*, 75(2), 126–137.
- Vihman, M. M., DePaolis, R. A. & Keren-Portnoy, T. (2009). A dynamic systems approach to babbling and words. In E. L. Bavin (Hrsg.), *Cambridge Handbooks in Language and Linguistics. The Cambridge Handbook of Child Language* (S. 163–182). Cambridge University Press.
- Wagner, K. H. (2004, 5. Februar). *Einführung in die Phonetik und Phonologie: Der Phonationsprozess*. Universität Bremen. Phonetik und Phonologie, Bremen.
- Wermke, K. (2004). Vom Schreien zur Sprache. Was die Schrei-Melodien von Säuglingen über die vorsprachliche Entwicklung aussagen. *Frühförderung interdisziplinär*, 23(2), 61–68.
- Wermke, K. (2015). Neonatal Crying Behaviors. In J. D. Wright (Hrsg.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (2. Aufl., Bd. 16, S. 475–480). Elsevier.
- 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., 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. (1992). Sprache beginnt mit dem ersten Schrei. *Spektrum der Wissenschaft*(12), 115–118.
- 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*, 13, 151–173.
- 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 (Hrsg.), *Melodies, Rhythm and Cognition in Foreign Language Learning* (S. 24–47). Cambridge Scholars Publishing.
- 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., Quast, A. & Hesse, V. (2018). From melody to words: The role of sex hormones in early language development. *Hormones and behavior*, 104, 206–215.
- Yavarzadeh, F. (2020). *Auftreten laryngealer Konstriktionsphänomene in verschiedenen Vokalisationstypen der ersten 7 Lebensmonate bei Säuglingen ohne Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten* [Dissertation]. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.

Appendix

I Abkürzungsverzeichnis

BERA	Brainstem evoked response audiometry/ Hirnstammaudiometrie
b_LKGS_mP	Beidseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte mit Plattentherapie
CDAP	Cry Data Analysis Program
CI	Konfidenzintervall
cm	Zentimeter
CSL	Computer-Speech-Lab
e_LKGS_mP	einseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte mit Plattentherapie
g	Gramm
GEE	Generalized Estimating Equations; Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen
Hz	Hertz
IGS_mP	isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie
IGS_oP	isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie
LAM	Modell des laryngealen Artikulators (John Esling)
I.K.	laryngeale Konstriktion/en
LKGS	Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalte
m	männlich
n	Anzahl der Fälle

OFS	orofaziale Spalte
PK	Plattenkondition
PK X	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen.
PK Y	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt nicht Getragen.
PK Z	Gaumenplatte wurde zum Aufnahmezeitpunkt getragen, nachdem sie zuvor neu eingeschliffen wurde.
P.-R.-S.	Pierre-Robin-Sequenz
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
UKW	Universitätsklinikum Würzburg
vSSW	vollendete Schwangerschaftswoche
w	weiblich
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW (Leitung: Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke)

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zeitbereichsdarstellung und Frequenzspektrogramm (0 – 4000 Hz) eines Einzelsignals (CSL-Display)	18
Abbildung 2:	Zeitbereichsdarstellung und Frequenzspektrogramm (0 – 4000 Hz) eines Einzelsignals mit phonatorischem Rauschen.....	20
Abbildung 3:	Graduierung laryngealer Konstriktionen durch die fünf Ausprägungsgrade A bis E	23
Abbildung 4:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade A und B.....	24
Abbildung 5:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit einer laryngealen Konstriktion vom Ausprägungsgrad C.....	24
Abbildung 6:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals mit laryngealen Konstriktionen der Ausprägungsgrade E und D	25
Abbildung 7:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie A.....	28
Abbildung 8:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AM_uv	28
Abbildung 9:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AM_v	29
Abbildung 10:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_uv	29
Abbildung 11:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_v	30
Abbildung 12:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie AmM_mix	30
Abbildung 13:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie M_uv	31
Abbildung 14:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie M_v	31
Abbildung 15:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_uv	32
Abbildung 16:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_v	32
Abbildung 17:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals der Kategorie mM_mix.....	33

Abbildung 18:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches eine Sonderform darstellt.....	34
Abbildung 19:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches eine Sonderform darstellt.....	35
Abbildung 20:	Zeitbereichsdarstellung und Spektrogramm (0 - 4000 Hz) eines Einzelsignals, welches in die Sonderkategorie „fuzzy“ fiel	35
Abbildung 21:	Schematische Darstellung zur Bestimmung der Cursorpositionen in der Zeitbereichsdarstellung für die temporale Vermessung eines Einzelsignals mit einer laryngealen Konstriktion	36
Abbildung 22:	Festlegung der Cursorpositionen im Frequenzspektrogramm (0 - 4000 Hz) für die temporale Vermessung einer laryngealen Konstriktion im Falle eines kontinuierlichen Übergangs ohne eindeutige Oszillationsunterbrechung in der Zeitbereichsdarstellung.....	37
Abbildung 23	Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen	44
Abbildung 24:	Boxplot der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen der männlichen und weiblichen Säuglinge innerhalb der Spaltgruppen	46
Abbildung 25:	Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen für den Untersuchungszeitraum innerhalb der Spaltgruppen	47
Abbildung 26:	Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen	53
Abbildung 27:	Boxplots der geschlechtsspezifischen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K.....	54
Abbildung 28:	Boxplots der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen im Altersverlauf.....	56
Abbildung 29:	Visualisierung der prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. für jede Kategorie innerhalb des Gesamtkollektivs (oben links) sowie in den Spaltgruppen IGS_mP (oben rechts), e_LKGS_mP (unten links) und b_LKGS_mP (unten rechts).....	62
Abbildung 30:	Boxplotdiagramm zu den prozentualen Anteilen der Summe der Konstriktionslängen eines Einzelsignals (Sum_IK) an der Einzelsignalgesamtlänge (L.ges) innerhalb der Spaltgruppen	66
Abbildung 31:	Boxplotdiagramm zu den prozentualen Anteilen der Summe der Konstriktionslängen eines Einzelsignals (Sum_IK) an der Einzelsignalgesamtlänge (L.ges) im Altersverlauf	68

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 :	Zuordnung der 26 Säuglinge in ihre jeweilige Spaltgruppe	10
Tabelle 2:	Anthropometrische Daten sowie Entwicklungsbesonderheiten der Säuglinge zum Zeitpunkt der Geburt.....	11
Tabelle 3:	Hörbefunde der Säuglinge im ersten Lebenshalbjahr	13
Tabelle 4:	Anzahl der Vokalisationen im Untersuchungszeitraums für die PK X, Y und Z	15
Tabelle 5:	Anzahl der Vokalisationen pro Lebensmonat	16
Tabelle 6:	Übersicht über die final gebildeten Kategorien von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation, ihrer Auftrittshäufigkeit und ihrem Ausprägungsgrad	27
Tabelle 7:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K.....	41
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. im Altersverlauf.....	42
Tabelle 9:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen aller Säuglinge.....	43
Tabelle 10:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen	44
Tabelle 11:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen der männlichen und weiblichen Säuglinge.....	45
Tabelle 12:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit laryngealen Konstriktionen für den Untersuchungszeitraum	47
Tabelle 13:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K.....	49
Tabelle 14:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. im Altersverlauf.....	50
Tabelle 15:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. für das Gesamtkollektiv	51

Tabelle 16:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. innerhalb der Spaltgruppen	52
Tabelle 17:	Deskriptive geschlechtsspezifische Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K.	54
Tabelle 18:	Deskriptive Statistik der Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit nur einer bzw. mehreren I.K. im Altersverlauf	55
Tabelle 19:	Absolute und prozentuale Auftrittshäufigkeiten aller Einzelsignale mit I.K. für jede Kategorie im Altersverlauf	58
Tabelle 20:	Absolute und prozentuale Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit I.K. innerhalb der Kategorien und der Spaltgruppen im Altersverlauf.....	60
Tabelle 21:	Deskriptive Statistik der absoluten Dauer aller I.K. innerhalb der Kategorien für das Gesamtkollektiv	63
Tabelle 22:	Deskriptive Statistik der Dauer von laryngealen Konstriktionen innerhalb der Spaltgruppen und der Einzelsignalkategorien	65
Tabelle 23:	Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. innerhalb der Kategorien im Altersverlauf	67
Tabelle 24:	Absolute und relative Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. unter Berücksichtigung der Spaltgruppen, des Alters und der PK X, Y, Z.....	70
Tabelle 25:	Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von I.K. innerhalb eines Lautes für die gepaarten PK XY, YZ und XYZ Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale.....	72
Tabelle 26:	Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von I.K. innerhalb eines Lautes für die PK X Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale	74
Tabelle 27:	Absolute und relative Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. unter Berücksichtigung der Spaltgruppen, des Alters und der PK X, Y, Z	76
Tabelle 28	Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren I.K. für die gepaarten PK XY, YZ und XYZ Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale.....	77

Tabelle 29	Ergebnisse der GEE (Parameterschätzer) zur statistischen Analyse der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Einzelsignalen mit mehreren I.K. für die PK X Einzelsignale und die ungepaarten PK XY Einzelsignale sowie die Anzahlen der in die jeweilige Analyse eingeschlossenen Säuglinge und Einzelsignale.....	80
Tabelle 30:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. innerhalb der Spaltgruppe IGS_oP in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten	
Tabelle 31:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. innerhalb der Spaltgruppe IGS_oP in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten im Altersverlauf	
Tabelle 32:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten	
Tabelle 33:	Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten	
Tabelle 34:	Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP	
Tabelle 35:	Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP	
Tabelle 36:	Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP	
Tabelle 37:	Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP	
Tabelle 38:	Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. differenziert nach den Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP	
Tabelle 39:	Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP im Altersverlauf	

IV Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlich bei Frau Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer (Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie des UKW) und Frau Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke (Leiterin des Zentrums für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen, ZVES) für das Ermöglichen meiner Promotion mit dem interessanten Thema bedanken.

Während der gesamten Promotionszeit betreute mich Frau Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke mit großem zeitlichem Engagement und ihrer Begeisterung für das wissenschaftliche Arbeiten. Mein großer Dank gilt ihrer herzlichen, motivierenden und professionellen fachlichen Unterstützung, die zum Gelingen meiner Dissertation maßgeblich beigetragen hat.

Für die geduldige, kompetente und zeitintensive Unterstützung bei allen Anliegen im IT-Bereich möchte ich mich herzlich bei Herrn Peter Wermke bedanken.

Insbesondere bedanke ich mich für die Hilfestellung bei der tabellarischen Aufbereitung meiner komplexen Untersuchungsdaten.

Ich bedanke mich sehr bei Herrn Prof. Dr. Dr. Götz Gelbrich für die ausführliche statistische Beratung und Unterstützung bei den Berechnungen der Verallgemeinerten Schätzungsgleichungen.

Den Mitarbeiter:innen des ZVES danke ich für die jederzeit freundliche und kollegiale Zusammenarbeit, durch die ich die Zeit in sehr guter Erinnerung behalten werde. Mein besonderer Dank gilt Jasmin Klein, meiner guten Freundin und Projektpartnerin. Danke, dass wir die Höhen und Tiefen des wissenschaftlichen Arbeitens zusammen meistern konnten und für viele schöne gemeinsame Stunden dabei.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Antje und Arved Hammerstädt, die mich in jeglicher Hinsicht unterstützten und jederzeit in meinem Vorhaben bestärkten.

Ein weiterer großer Dank gilt Wolfgang Schumacher für die Korrektur meiner Arbeit.

Von Herzen bedanke ich mich abschließend bei meinem Mann Paul Hammerstädt, der mir immer unterstützend, liebevoll und motivierend zur Seite stand.

V Eigene Veröffentlichung

Eine Publikation mit Ergebnissen der vorliegenden Arbeit sowie Teilergebnissen der Arbeit von Jasmin Klein, um den gesamten Längsschnitt der Lebensmonate 1 bis 6 darzustellen, befindet sich derzeit unter dem Titel „Laryngeal constriction phenomena in vocalizations of infants with orofacial clefts“ für das *Journal of Speech, Language, and Hearing* in Vorbereitung.

VI Ergänzende Anlagen

Anlage 1: Deskriptive Tabellen für die Spaltgruppe IGS_oP ergänzend zum Kapitel 3.1

Tabelle 30: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. innerhalb der Spaltgruppe IGS_oP in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten

Geschlecht w: weiblich
I.K. laryngeale Konstriktion/en
Spaltgruppe IGS_oP: isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale	
				mit I.K.	ohne I.K.
IGS_oP	AA	w	194	24 (12%)	170 (88%)
	AB	w	203	3 (1%)	200 (99%)
	AC	w	58	1 (2%)	57 (98%)
Summen			455	28 (6%)	427 (94%)

Tabelle 31: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen mit und ohne I.K. innerhalb der Spaltgruppe IGS_oP in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten im Altersverlauf

Geschlecht w: weiblich
I.K. laryngeale Konstriktion/en
Spaltgruppe IGS_oP: isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale	
					mit I.K.	ohne I.K.
IGS_oP	AA	w	4	36	9 (25%)	27 (75%)
			5	87	13 (15%)	74 (85%)
			6	71	2 (3%)	69 (97%)
	AB	w	4	27	1 (4%)	26 (96%)
			5	40	-	40 (100%)
			6	136	2 (1%)	134 (99%)
	AC	w	4	0	-	-
			5	37	1 (3%)	36 (97%)
			6	21	-	21 (100%)

Anlage 2: Deskriptive Tabellen für die Spaltgruppe IGS_oP ergänzend zum Kapitel 3.2

Tabelle 32: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten

Geschlecht w: weiblich
I.K. laryngeale Konstriktion/en
Spaltgruppe: IGS_oP: isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit von Einzelsignalen		
				ohne I.K.	mit einer I.K.	mit mehreren I.K.
IGS_oP	AA	w	194	170 (88%)	18 (9%)	6 (3%)
	AB	w	203	200 (99%)	3 (1%)	-
	AC	w	58	57 (98%)	1 (2%)	-
Summen			455	427 (94%)	22 (5%)	6 (1%)

Tabelle 33: Deskriptive Statistik der individuellen Auftrittshäufigkeiten von Einzelsignalen ohne, mit nur einer bzw. mehreren I.K. in ihrer absoluten Gesamtzahl und aufgeteilt nach den absoluten und prozentualen Auftrittshäufigkeiten

Geschlecht w: weiblich
I.K. laryngeale Konstriktion/en
Spaltgruppe: IGS_oP: isolierte Gaumenspalte ohne Plattentherapie

Spaltgruppe	Säugling	biologisches Geschlecht	Alter [Monate]	Einzelsignale gesamt	Auftrittshäufigkeit Einzelsignale		
					ohne I.K.	mit einer I.K.	mit mehreren I.K.
IGS_oP	AA	w	4	36	27 (75%)	8 (22%)	1 (3%)
			5	87	74 (85%)	8 (9%)	5 (6%)
			6	71	69 (97%)	2 (3%)	-
	AB	w	4	27	26 (96%)	1 (4%)	-
			5	40	40 (100%)	-	-
			6	136	134 (99%)	2 (1%)	-
	AC	w	4	0	-	-	-
			5	37	36 (97%)	1 (3%)	-
			6	21	21 (100%)	-	-

Anlage 3: Deskriptive Tabellen temporaler Daten für die Spaltgruppe IGS_oP ergänzend zum Kapitel 3.4

Tabelle 34: Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Einzelsignale mit laryngealen Konstriktionen
 s Sekunde
 SD Standardabweichung

Konstriktionslängen (n=28)						
Spaltgruppe	Säugling	Anzahl	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
		Einzelsignale	(\pm SD) [s]	[s]	[s]	[s]
IGS_oP	AA	24	0,46 \pm 0,50	0,20	0,10	2,02
	AB	3	0,59 \pm 0,18	0,60	0,42	0,78
	AC	1	0,20	0,16	0,16	0,16

Tabelle 35: Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppe IGS_oP

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Einzelsignale mit laryngealen Konstriktionen
 s Sekunde
 SD Standardabweichung

Gesamtlautlänge (n=28)			
Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
(\pm SD) [s]	[s]	[s]	[s]
1,57 \pm 1,09	1,30	0,43	5,36

Anlage 4: Deskriptive Tabellen temporaler Daten für die Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP ergänzend zum Kapitel 3.4

Tabelle 36: Deskriptive Statistik der Dauer von I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP

I.K. laryngeale Konstriktion/en
s Sekunde

SD Standardabweichung

Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie

e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie

IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Konstriktionslängen (n=1385)						
Spaltgruppe	Säugling	Anzahl Einzelsignale	Mittelwert (\pm SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
IGS_mP	BA	148	0,35 (\pm 0,37)	0,23	0,04	2,25
	BB	184	0,86 (\pm 0,81)	0,64	0,07	4,28
	BC	28	0,25 (\pm 0,18)	0,20	0,04	0,83
	BD	76	0,27 (\pm 0,17)	0,22	0,05	1,07
	BE	16	0,55 (\pm 0,35)	0,40	0,14	1,15
	BF	79	0,26 (\pm 0,22)	0,19	0,05	1,38
	BG	28	0,42 (\pm 0,49)	0,22	0,11	2,46
	BH	76	0,39 (\pm 0,42)	0,22	0,09	2,28
e_LKGS_mP	CA	65	0,31 (\pm 0,23)	0,25	0,05	1,14
	CB	38	0,61 (\pm 0,61)	0,42	0,07	2,67
	CC	344	0,33 (\pm 0,36)	0,21	0,05	4,47
	CD	22	0,20 (\pm 0,12)	0,16	0,06	0,62
	CE	39	0,31 (\pm 0,30)	0,26	0,07	1,97
	CF	54	0,36 (\pm 0,49)	0,25	0,07	3,61
	CG	34	0,28 (\pm 0,25)	0,20	0,07	1,21
	CH	30	0,35 (\pm 0,35)	0,18	0,08	1,32
	CI	108	0,37 (\pm 0,37)	0,25	0,05	3,05
	CJ	6	0,68 (\pm 1,05)	0,25	0,13	2,80
	CK	50	0,26 (\pm 0,22)	0,20	0,09	1,41
b_LKGS_mP	DA	85	0,27 (\pm 0,19)	0,21	0,06	0,85
	DB	34	0,30 (\pm 0,23)	0,21	0,09	1,08
	DC	57	0,37 (\pm 0,30)	0,30	0,08	2,01
	DD	108	0,19 (\pm 0,14)	0,14	0,04	1,18

Tabelle 37: Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Einzelsignale mit I.K.
 s Sekunde
 SD Standardabweichung

Gesamtlautlänge (n=1385)			
Mittelwert (±SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
1,92 ± 1,10	1,67	0,35	9,44

Tabelle 38: Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. differenziert nach den Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Einzelsignale mit I.K. in der jeweiligen Spaltgruppe
 s Sekunde
 SD Standardabweichung
 Spaltgruppe b_LKGS_mP: Gaumenspalte und beidseitige Lippen-(Kiefer)spalte mit Plattentherapie
 e_LKGS_mP: Gaumenspalte und einseitige Lippen-Kieferspalte mit Plattentherapie
 IGS_mP: isolierte Gaumenspalte mit Plattentherapie

Gesamtlautlängen je Spaltgruppe				
Spaltgruppe	Mittelwert (±SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
IGS_mP (n=492)	2,07 ± 1,32	1,69	0,38	9,45
e_LKGS_mP (n=669)	1,71 ± 0,95	1,52	0,35	7,03
b_LKGS_mP (n=224)	2,19 ± 0,89	2,11	0,56	5,64

Tabelle 39: Deskriptive Statistik der Gesamtdauer von Einzelsignalen mit I.K. für die Säuglinge der Spaltgruppen IGS_mP, e_LKGS_mP und b_LKGS_mP im Altersverlauf

I.K. laryngeale Konstriktion/en
 n Anzahl der Einzelsignale mit I.K. im jeweiligen Monat
 s Sekunde
 SD Standardabweichung

Gesamtlautlängen je Lebensmonat				
Alter [Monate]	Mittelwert (±SD) [s]	Median [s]	Minimum [s]	Maximum [s]
4 (n=487)	1,92 ± 1,14	1,63	0,38	9,45
5 (n=363)	2,05 ± 1,16	1,81	0,42	7,23
6 (n=535)	1,82 ± 1,02	1,57	0,45	7,03