

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

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

Längsschnittanalyse von Stimmparametern
bei gesunden Säuglingen
im zweiten Lebenshalbjahr

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

vorgelegt von
Maren Wanner
aus Würzburg

Würzburg, Oktober 2023

Referent bzw. Referentin: Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke
Korreferent bzw. Korreferentin: Prof. Dr. med. Wafaa Shehata-Dieler
Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 12.06.2024

Die Promovendin ist Zahnärztin.

Für Ma-Pa.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
2	Material und Methoden.....	12
2.1	Studiendesign und ethische Aspekte.....	12
2.2	Probanden.....	13
2.3	Datengrundlage.....	16
2.3.1	Rohdatenkorpus.....	16
2.3.2	Selektion der Lautaufnahmen für die finale Datenbasis.....	18
2.3.2.1	Auswertung der Schmalbandspektrogramme.....	18
2.3.2.2	Finale Datenbasis.....	23
2.4	Datenanalyse.....	25
2.4.1	Melodiekontrolle.....	25
2.4.2	Melodieanalyse in CDAP (Cry-Data-Analysis-Program).....	27
2.4.2.1	Bestimmung der Vokalisationstypen.....	30
2.4.2.2	Auswertung der Bogenstruktur.....	33
2.4.2.3	Typisierung der unterschiedlichen Melodiestrukturtypen.....	34
2.4.2.4	Dokumentation der Melodiestruktur.....	36
2.4.2.5	An- und Endlaute.....	37
2.4.2.6	Anmerkung zu segmentierten Lauten.....	38
2.4.2.7	Zusätzliche perzeptiv identifizierte Merkmale.....	39
	Auditive Parameter.....	39
	Visuelle Parameter.....	42
2.4.3	Analyse auftretender Silbenbausteine im Alter des Babbelns.....	43
2.5	Melodiekomplexitätsindex (MCI).....	43
2.6	Modifizierter Segmentierungs-Komplexitäts-Index (SCI*).....	44
2.7	Statistische Auswertung.....	45
3	Ergebnisse.....	47
3.1	Melodiestrukturentwicklung vom 7. – 12. Lebensmonat.....	47
3.1.1	Vokalisationstyp U-Laut.....	49
3.1.2	Vokalisationstyp Marginales Babbeln (BM).....	50
3.1.3	Kanonisches Babbeln (BK).....	51
3.1.4	Einfache vs. Komplexe Melodiestrukturen.....	52
3.1.4.1	MCI und SCI*.....	54
3.2	Auftrittshäufigkeit der Feinstrukturmerkmale.....	59

3.2.1	Melodieintervalle (IV)	60
3.2.2	Rhythmischer Charakter (Rh)	64
3.2.3	An- und Endlaut	66
3.2.4	Vibrato.....	67
3.2.5	Konstriktionen (KA / KE)	69
3.2.6	Konsonanten in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp	71
3.2.7	Auftrittshäufigkeit der Feinstrukturmerkmale in einfachen Melodiestrukturen (1B)	72
3.2.7.1	Intervallstrukturen in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp.....	74
3.2.7.2	Konsonanten in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp	75
3.2.8	Zusammenhang auditiv wahrgenommener Silben und Melodiestruktur.....	76
4	Diskussion	80
4.1	Entwicklung der Melodiekontur	81
4.2	Differenzierte Betrachtung der Melodieentwicklung in den einzelnen Vokalisationstypen	85
4.3	Prosodie & Feinstrukturmerkmale	95
4.3.1	Intonation	95
4.3.2	Feinstrukturmerkmale der Melodie	96
4.3.2.1	Melodieintervalle.....	96
4.3.2.2	Rhythmischer Charakter	98
4.3.2.3	Laryngeale Konstriktionen und Konsonanten	99
4.3.2.4	Vibrato-Elemente	101
4.3.2.5	An- und Endlaute	101
4.4	(Proto-)Silben und CV-Struktur.....	103
4.4.1	CV-Struktur	103
4.4.2	Analyse der Silbenanzahl	104
4.5	Zusammenhang zwischen Segmentierungen und Silbenbildung, insbesondere bei Säuglingen mit OFS.....	107
4.5.1	Maßzahl für die Segmentierungshäufigkeit (SCI*).....	109
4.6	Limitationen + Ausblick	110
5	Zusammenfassung	112
6	Literaturverzeichnis	113

Appendix

- I Abkürzungsverzeichnis
- II Abbildungsverzeichnis
- III Tabellenverzeichnis
- IV Danksagung
- V Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

1 Einleitung

„Die Sprache gleicht dem im Stein schlummernden Feuerfunken. Ehe man gelernt hatte, ihn hervorzulocken, schien sein Dasein nur durch ein Wunder erklärlich. Einmal entzündet, pflanzte er sich mit unglaublicher Leichtigkeit fort“.

Wilhelm von Humboldt
(Wettig, 2009, S. 36)

Mütter sprechen mit ihren Säuglingen von Anfang an intuitiv in einer speziell an das Kind gerichteten, auffallend rhythmisch-melodischen Weise („motherese“) (Cooper & Aslin, 1990; Garnica et al., 1977; Newport et al., 1977; Papousek et al., 1985). Für die frühkindliche Sprachentwicklung des Säuglings scheint dies eine entscheidende Rolle zu spielen, da die Wahrnehmung der Umgebungssprache zunächst primär über die melodische Komponente erfolgt (Trehub, 1990). Das Gesprochene wird dem Säugling durch die Tonhöhe, die Lautstärke, die Intonation und weitere prosodische Eigenschaften vermittelt. In den frühkindlichen Lautäußerungen (z.B. im Schrei und im Babbeln) von Säuglingen finden sich genau diese typischen Merkmale der Muttersprache wieder (de Boysson-Bardies, 2001; Fernald & Simon, 1984; Mampe et al., 2009). Es besteht mittlerweile Einigkeit darüber, dass der Einstieg der Säuglinge in die Sprache über die Prosodie erfolgt. Dies unterstreicht die Bedeutung der melodischen Komponenten bei der Entwicklung der Vokalisationen auf dem Weg zur Sprache. Ein Säugling steht lange vor dem ersten Wort im kommunikativen Austausch mit seiner Umwelt. Da der Wunsch nach Kommunikation nicht zuletzt evolutionsbiologisch sehr hoch ist (vgl. Wermke, 2002, S. 125), ist der Säugling darauf angewiesen, anhand der prosodischen, rhythmisch-melodischen Komponenten zu „verstehen“ (vgl. Gervain & Werker, 2013). Wie sensibel Säuglinge für diesen Aspekt der auditiv wahrgenommenen Laute sind, zeigt ihre hohe Differenzierungsfähigkeit. Zu Beginn des zweiten Lebenshalbjahres sind Säuglinge in der Lage, Unterschiede in einer Sprache wahrzunehmen, mit der sie zuvor noch nie in Kontakt gekommen sind (Aslin et al., 1998; Streeter, 1976; Werker & Tees, 1984). Mit zunehmendem Alter, entsprechender sprachlicher Erfahrung und Prägung durch die Muttersprache geht diese Fähigkeit allerdings wieder verloren (Krishnan & Gandour, 2009; Krishnan et al., 2005; Kuhl, 2000; Werker & Tees, 1984).

Seit einigen Jahren wird die Sprachentwicklung mit den unterschiedlichsten Forschungsmethoden und Untersuchungsansätzen analysiert, wobei den frühkindlichen

Lauten eine immer größere Bedeutung beigemessen wird. Die Analysen sollen unter anderem mehr Verständnis über die Zusammenhänge zwischen den frühkindlichen Vokalisationen und der späteren Sprachentwicklung schaffen.

Die im ersten Lebensjahr erlernten vokalischen Grundlagen bilden die Basis für einen kontinuierlichen und dynamischen Prozess (Hsu et al., 2000), der sich auch danach kontinuierlich fortsetzt (Friedl, 2007). Die Vokalisationen des ersten Lebensjahres, die sich zwar rein phonetisch noch von der Erwachsenensprache unterscheiden, sind bei näherer Betrachtung entscheidende Schritte des Spracherwerbs. Jede noch so spielerische frühkindliche Lautäußerung ist als Übung in einem Lernprozess zu verstehen, in dem aus einfachen Melodien mit zunehmender Reife linguistische Strukturen wie Silben, Wörter und Sätze werden (Wermke & Mende, 2006, 2011). Der Säugling lernt individuell durch ständiges Ausprobieren und Üben, die eigene Lautproduktion zu kontrollieren (Robb et al., 2020) und gezielt einzusetzen. Die Annahme, dass der Entwicklung trotz interindividueller Variabilität ein universelles Programm zugrunde liegen könnte, das die Säuglinge durchlaufen, tauchte in der Literatur bereits mehrfach auf (vgl. Menn & Stoel-Gammon, 2017). Oller (1980), Stark (1980), Roug et al. (1989), Koopmans-van Beinum und Stelt (1986) lieferten diesbezüglich bekannte „Stufenmodelle“. Dabei durchläuft jeder Säugling (nacheinander oder teilweise gleichzeitig) Phasen, die durch verschiedene Vokalisationsarten gekennzeichnet sind. Obwohl es Unterschiede in der Definition und dem beschriebenen Alter der einzelnen Stadien gibt, scheinen alle Arbeitsgruppen, unabhängig vom spezifischen Modell, eine Kontinuität in der Analyse der vorsprachlichen Entwicklung festgestellt zu haben. Dies wird auch von Mende und Wermke (1992) bestätigt. Im Gegensatz zu den genannten Stufenmodellen postulieren die Autoren erstmals ein Modell, in dem auch das natürliche Weinen berücksichtigt wird. Obwohl das Weinen nicht als „sprachähnlich“ wahrgenommen wird, ist es ein bedeutungstragender Teil des Entwicklungskonzepts, in dem die Melodie und ihre Strukturtypen im Fokus stehen. Die Autoren sprechen vom „Melody Development (MD)-Modell“, in dem einfache, angeborene Lautstrukturen die Basis der Sprachentwicklung bilden. Der Melodiebogen wird dabei als angeborenes Grundmodul angesehen, das bereits in den ersten Lebenstagen eines Säuglings in verschiedenen Variationen bei der Lautproduktion auftritt. (Wermke, 2002; Wermke & Mende, 2011; Wermke et al., 2002) Durch Training, Stabilisierungsphasen und Variabilität der Lautäußerungen vergrößert sich das Gesamtrepertoire des Säuglings im Laufe der Zeit und verändert bzw. erhöht damit einhergehend die Komplexität der frühkindlichen Vokalisationen. Das MD-Modell konnte

bereits in einigen Untersuchungen von Säuglingsvokalisationen des ersten Lebenshalbjahres bestätigt werden (z.B. Armbruster et al., 2021; Birr, 2009; Ehlert, 2019; Kottmann, 2023; Lind, 2007; Wermke et al., 2021). Der aktuelle Stand der Wissenschaft zum Entwicklungskonzept im zweiten Lebenshalbjahr, mit dem sich die vorliegende Arbeit beschäftigt, ist bisher wenig erforscht. Im Sinne der Kontinuitätstheorie wird erwartet, dass sich das MD-Modell über das gesamte erste Lebensjahr erstreckt. Soweit der Autorin bekannt ist, gibt es dazu bisher keine systematischen Längsschnittuntersuchungen. Die aus einzelnen Bögen bestehende Grundfrequenzkontur (Melodie) ist nach dem MD-Modell als „Träger“ der vorsprachlichen Laute anzusehen. Sie wird von den Säuglingen auch als Gerüst für die Artikulationsentwicklung genutzt. (Wermke et al., 2002)

Für die vorliegende Arbeit wurden Lautäußerungen des zweiten Lebenshalbjahres von zehn gesunden Säuglingen mit monolingualer deutscher Umgebungssprache analysiert. Kottmann (2023) untersuchte mit derselben Methodik bereits die Aufnahmen des ersten Lebenshalbjahres, wodurch erstmals eine Längsschnittanalyse über das gesamte erste Lebensjahr möglich geworden ist. Da frühkindliche Lautäußerungen sich nicht wie die adulte Sprache mit linguistischen Messgrößen beschreiben lassen (Buder et al., 2013; Kent & Murray, 1982), wurden in der vorliegenden Arbeit Methoden verwendet, die eine reproduzierbare Klassifizierung und Auswertung der Lautäußerungen ermöglichten. Dabei wurde jeder Laut einem von vier Vokalisationstypen zugeordnet, die sich auf Kategorien der Fachliteratur stützen (z.B. Buder et al., 2013). Neben der Analyse der Melodiestructur und bestimmter Feinstrukturmerkmale wurden vor allem auch innermelodische Segmentierungen betrachtet. Die Auswahl der Messgrößen war auf die Untersuchung der Entwicklung artikulatorisch-motorischer Fähigkeiten abgestimmt.

Während sich Arbeitsgruppen in früheren Studien vor allem mit Aspekten wie dem Konsonanteninventar und der Lautproduktion an sich beschäftigten (z.B. Locke & Studdert-Kennedy, 1983), ist mittlerweile die Entwicklung von Vokalisationen über die Zeit und beispielsweise speziell ein Vokalisationstyp wie das Babbeln (Erzeugung von Silbenfolgen) in den Fokus gerückt (z.B. Fagan, 2009; McCune & Vihman, 2001). Da das Babbeln den dominierenden Anteil der Lautäußerungen im zweiten Lebenshalbjahr ausmacht, setzt die vorliegende Arbeit hier an. Obwohl die Angaben über den Beginn des Babbelns in der Fachliteratur unterschiedlich sind, so findet er doch in etwa zwischen dem 6. und dem 12. Lebensmonat statt, also im zweiten Lebenshalbjahr (z.B. Vihman (1996)). Die unterschiedlichen Angaben sind auch darauf zurückzuführen, dass das

Babbeln in verschiedene Entwicklungsstadien eingeteilt werden kann. Die ersten silbenartige Lautsequenzen werden als *marginales* Babbeln bezeichnet, während das spätere silbische Babbeln als *kanonisch* beschrieben wird. In der vorliegenden Arbeit wurden noch frühere Lautäußerungen beschrieben, die einen Übergang zwischen natürlichem Weinen und Komfortvokalisationen darstellen.

Da ein hohes Maß an Kontinuität zwischen den späten Babbellauten und den ersten bedeutungstragenden Wörtern besteht (z.B. Locke & Studdert-Kennedy, 1983; Oller et al., 1976; Singleton & Ryan, 2004), liegt es nahe, anhand der Babbelvokalisationen potenzielle spätere Sprachschwierigkeiten vorherzusagen. Auch eine klinische Relevanz ist dabei gegeben, da ein verspäteter Beginn des kanonischen Babbelns auf eine später auftretende Sprachentwicklungsstörung hinweisen kann und somit eine frühzeitige Intervention bzw. entsprechende Förderung ermöglicht (vgl. Oller, Eilers, et al., 1998). Inzwischen ist gut belegt, dass die früheren Vokalisationen für die *Vorsprachliche Diagnostik* bedeutsam sind (z.B. Armbrüster, 2020; Eisenmann, 2021; Kempf, 2009; Schenk, 2022). Aus diesem Grund liefert die vorliegende Arbeit auch einen Beitrag zu diesem Forschungsgebiet.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zum einen, erkennbare vokale Entwicklungstendenzen innerhalb und zwischen den einzelnen Vokalisationstypen herauszuarbeiten. Zum anderen sollten Alterseffekte berücksichtigt werden und Spezifika einzelner Vokalisationstypen beschrieben werden.

Trotz zu erwartender interindividueller Unterschiede sollte dabei untersucht werden, inwiefern das postulierte Entwicklungskonzept des MD-Modells (Wermke, 2002; Wermke & Mende, 2011; Wermke & Mende, 2016b) auch auf Vokalisationen des zweiten Lebenshalbjahres anwendbar ist.

Auf diesen Grundlagen ergaben sich folgende Fragestellungen:

1. Welche klassischen Melodiestrukturkategorien finden sich in den drei Vokalisationstypen im Untersuchungszeitraum und zeigen diese in ihrer Auftrittshäufigkeit eine Altersabhängigkeit?
2. Kommt es mit zunehmendem Alter zu einer Komplexitätszunahme bei der Unterscheidung von einfachen und komplexen Melodiemustern bzw. innermelodischen Segmentierungspausen?
3. Gibt es weitere auditiv wahrnehmbare Merkmale in den Vokalisationen im Untersuchungszeitraum und zeigen diese eine Altersabhängigkeit?
4. Welche Bedeutung haben die untersuchten Messgrößen für die Erzeugung von Silben?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und ethische Aspekte

In der vorliegenden Längsschnittstudie wurden die im zweiten Lebenshalbjahr aufgezeichneten Spontanlaute von zehn gesunden Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache untersucht. Da es sich hier um eine retrospektive Auswertung anonymisierter Daten handelt, war ein erneutes Ethikvotum nicht erforderlich.

Die verwendeten Lautaufnahmen wurden ursprünglich im Rahmen der interdisziplinären deutschen Sprachentwicklungsstudie (GLaD-Studie) erhoben. Sie wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie dem Max-Planck-Institut (Leipzig) für Kognitions- und Neurowissenschaften gefördert und von der zuständigen Ethikkommission positiv bewertet. Die GLaD-Studie ist die bisher einzige Studie zum Spracherwerb und zu Spracherwerbsstörungen von Geburt an bei Kindern mit deutscher Umgebungssprache. Die für die vorliegende Arbeit verwendeten Aufnahmen stammen alle aus dem Teilprojekt „Normale und gestörte Sprachentwicklung – Sprachproduktion“. Darüber hinaus beinhaltet die Studie eine umfangreiche entwicklungsdiagnostische Dokumentation der Probanden.

Alle Eltern haben der Teilnahme an der Studie sowie der Verwendung der Daten für wissenschaftliche Zwecke zugestimmt.

2.2 Probanden

Die im Rahmen der Dissertation durchgeführte Analyse der Lautaufnahmen des zweiten Lebenshalbjahres ist eine Weiterführung der Arbeit von Kottmann (2023), in der bereits frühkindliche Stimmparameter des ersten Lebenshalbjahres untersucht wurden.

Für die systematische Längsschnittanalyse der frühkindlichen Vokalisationen wurden zehn gesunde deutsche Säuglinge ausgewählt, von denen über den gesamten Untersuchungszeitraum (von der Geburt bis zur Vollendung des ersten Lebensjahres) möglichst viele Lautaufnahmen in dichten Aufnahmeintervallen vorlagen.

In Tabelle 1 werden die anthropometrischen Daten der zehn Säuglinge aufgeführt, deren Lautaufnahmen sowohl bei Kottmann (2023) als auch in der vorliegenden Arbeit analysiert wurden.

Tabelle 1: Anthropometrische Daten zum Geburtszeitpunkt der zehn untersuchten Säuglinge

LGG = längenbezogenes Geburtsgewicht [g/cm] (Voigt, 1994);
SSW = vollendete Schwangerschaftswoche

Kind	Geschlecht	SSW	Gewicht [g]	Größe [cm]	Kopfumfang [cm]	LGG (g/cm)
AB	männlich	40	2710	51	31,0	53,1
AJ	weiblich	37	2790	48	35,0	58,1
BD	weiblich	41	3170	51	34,5	62,2
GG	weiblich	40	3215	49	35,0	65,6
GO	weiblich	38	3380	51	35,0	66,3
GW	männlich	38	3100	50	36,0	62,0
GY	weiblich	39	3005	53	36,0	56,7
GZ	männlich	40	3870	55	35,0	70,4
HB	weiblich	39	2830	47	34,0	60,2
HC	männlich	38	3935	53	37,0	74,3

2 Material und Methoden

Da die Probanden aus der GLaD-Studie stammen, erfüllten alle die in Tabelle 2 aufgelisteten Auswahlkriterien.

Tabelle 2: Auswahlkriterien der GLaD-Studie (Lind (2007), S. 8 - 9) Deutsche Sprachentwicklungsstudie & med. Teilprojekt, Prof. Dr. med. Volker Hesse

- mind. 5 Vorsorgeuntersuchungen während der Schwangerschaft (SW)
- keine längeren gravierenden Erkrankungen während der Schwangerschaft (SW)
- Spontangeburt, keine Zangengeburt
- Sectio aus mütterlicher Indikation / bei Fehllage
- Ein- und Mehrlingsgeburten
- Gestationsalter zwischen 37+0 und 41+6 Schwangerschaftswoche (SSW)
- eutroph (Grenzen 10. und 90. Perzentile nach Voigt et al. (1996))
- Apgar 5' \geq 8; 10' \geq 9
- Nabelschnur pH $>$ 7,20
- Bilirubin $<$ 360 μ mol/l
- kein Verdacht auf ein Syndrom mit Intelligenzdefekt (Einzelfallentscheidung)
- Säure-Basen-Exzess (ABE) $>$ -10 und $<$ 10
- keine symptomatische Hypoglykämie
- TSH-Werte $<$ 20 mU/l (Ausschluss einer Schilddrüsenunterfunktion)
- Otoakustische Emissionen (OAE) beidseits unauffällig
- unauffällige neurologische Erstuntersuchung nach Prechtel & Beintema (1976)
- beide Eltern deutscher Nationalität und monolinguale deutsche Umgebungssprache

Für Details zur GLaD-Studie sei an dieser Stelle auf die Arbeit von Lind (2007) verwiesen. Hier werden nur die für diese Arbeit wesentlichen Informationen wiedergegeben.

Die im Rahmen der GLaD-Studie durchgeführten entwicklungsdiagnostischen Untersuchungen der Probanden sind in Tabelle 3 aufgelistet. Alle Probanden wiesen bei den durchgeführten Untersuchungen unauffällige Befunde auf.

2 Material und Methoden

Tabelle 3: *Somatische & entwicklungsdiagnostische relevante Untersuchungen anderer Teilprojekte⁷ im Rahmen der GLaD-Studie (Lind (2007), S. 11)*

BERA = (Brainstem Evoked Response Audiometry) frühe akustisch evozierte Potentiale, LM = Lebensmonat, OAE = Otoakustische Emissionen

Alter	Untersuchung im Rahmen der GLaD-Studie
3.-5. Lebenstag	Neurologische Untersuchung (nach Precht/Beintema, 1976)
1., 3., 6., 9., 12. und 18. LM	Neurologische Untersuchung (nach Michaelis, 1999) Motorische Bewertung (nach Touwen, 1982) Entwicklungsdiagnostik anhand der Griffiths Entwicklungsskalen (nach Brandt und Sticker, 2001)
1., 2., 4., 6., 8., 12., 13. und 18. LM	Pädaudiologische Untersuchung mittels OAE und BERA

In der GLaD-Studie wurden Säuglinge mit deutscher Umgebungssprache während ärztlicher Untersuchungen oder familiärer Interaktionen akustisch nicht-invasiv aufgezeichnet. Die digitale Aufzeichnung der Vokalisationen erfolgte mithilfe eines tragbaren Digitalrecorders, Modell Sony TCD-D100 (48 kHz Abtastfrequenz, 16 Bit Dynamikbereich) und eines Sony Kondensatormikrofons (ECM-MS950) (Lind, 2007).

Die zeitlich dichten Abstände der Lautaufnahmen im Untersuchungszeitraum garantierten, dass die Entwicklung der Säuglinge im medizinischen, psychomotorischen und sprachlichen Bereich mehrfach untersucht und bei allen zehn Probanden als unauffällig eingestuft werden konnte.

⁷Medizinisches Teilprojekt, Prof. Dr. V. Hesse, Teilprojekt „Pädaudiologische Basisdiagnostik“, Prof. Dr. M. Gross und Teilprojekt „Sprachproduktion und Sprachverständnis“, PD Dr. Z. Penner

2.3 Datengrundlage

Die nachfolgend beschriebenen Rohdaten wurden der Autorin freundlicherweise von Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke (ZVES, Universität Würzburg) für die Analyse zur Verfügung gestellt.

2.3.1 Rohdatenkorpus

Die insgesamt 5292 aufgezeichneten Lautäußerungen stammen alle aus dem zweiten Lebenshalbjahr der zehn Säuglinge (Kapitel 2.2) und bildeten den Rohdatenkorpus dieser Arbeit. Einige dieser Aufnahmen mussten jedoch vor der Analyse aussortiert werden, was im nachfolgenden Kapitel (2.3.2) beschrieben wird. Als Lautäußerung (nachfolgend auch als *Vokalisation* bezeichnet) wird die vokale Lautproduktion während der Expiration, d.h. die Phonation zwischen zwei Inspirationen, definiert.

Die einzelnen Aufnahmetage im untersuchten Entwicklungszeitraum wurden zu Monatsintervallen zusammengefasst (Tabelle 4).

Tabelle 4: Zuordnung der Aufnahmetage in Monat 7 - 12

Aufnahmetag entspricht dem Alter des Probanden in Tagen, d = Tag(e),
Monat = Lebensmonat der Probanden

7. Monat	8. Monat	9. Monat	10. Monat	11. Monat	12. Monat
180d - 213d	214d - 244d	245d - 274d	275d - 305d	306d - 335d	336d - 373d

2 Material und Methoden

Tabelle 5 zeigt die Vokalisationen des Rohdatenkorpus in ihrer monatlichen Verteilung aller Säuglinge im Alter von 7,0 - 12,1 Monaten auf. Die Daten der finalen Analyse sind in Kapitel 2.3.2.2 zu finden.

Tabelle 5: *Monatliche Verteilung der Anzahl der Vokalisationen pro Kind – Rohdatenkorpus*

		Alter in Monaten						Gesamt
		7	8	9	10	11	12	
Kind	AB	30	0	44	3	0	0	77
	AJ	21	0	47	18	0	0	86
	BD	110	28	27	32	33	0	230
	GG	0	0	0	62	212	0	274
	GO	0	127	96	103	201	0	527
	GW	77	60	103	138	75	0	453
	GY	114	118	209	166	169	0	776
	GZ	0	30	221	70	296	90	707
	HB	99	175	206	224	54	212	970
	HC	160	239	199	120	244	230	1192
Gesamt		611	777	1152	936	1284	532	5292

2.3.2 Selektion der Lautaufnahmen für die finale Datenbasis

Alle Lautaufnahmen des Rohdatenkorpus (Kap. 2.3.1) wurden von der Autorin einer Vorselektion unterzogen. Diese wurde einerseits visuell anhand der Schmalbandspektrogramme und andererseits auditiv anhand des zugehörigen Höreindrucks überprüft.

2.3.2.1 Auswertung der Schmalbandspektrogramme

Schmalbandspektrogramme, die routinemäßig in der *Vorsprachlichen Diagnostik* eingesetzt werden, liefern eine visuelle Darstellung der aufgezeichneten Laute. Die automatische Berechnung der Spektrogramme für jede Vokalisation erfolgte mithilfe des CSL 4500 (KayPentax, USA).

Abbildung 1 zeigt ein solches Schmalbandspektrogramm (erstellt mit dem CSL-System [KayPentax/USA]).

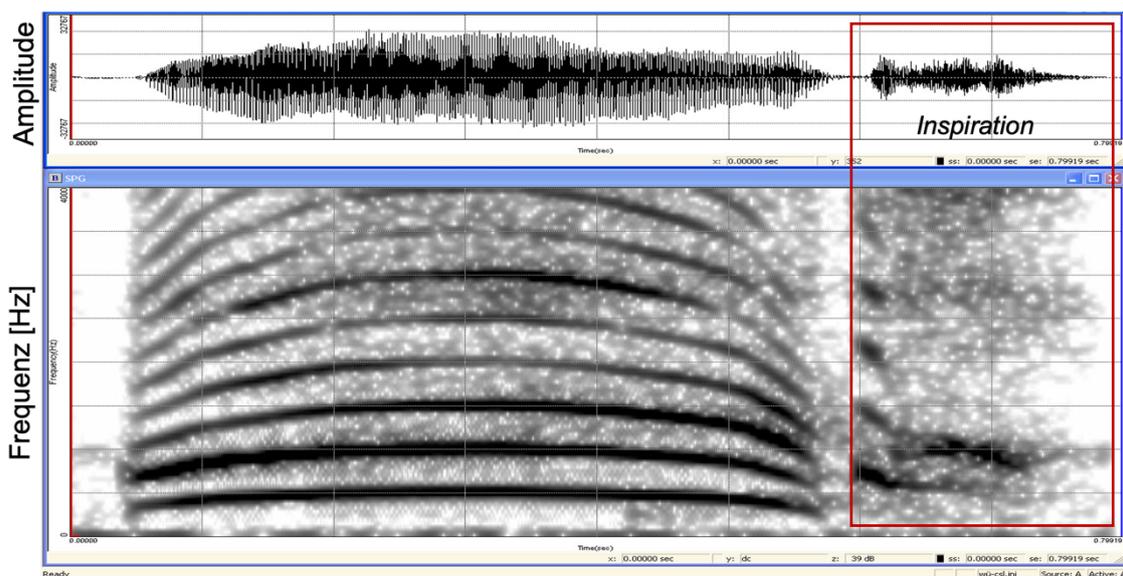


Abbildung 1: Schmalbandspektrogramm einer Vokalisation einer einfachen Melodie mit nachfolgender Inspiration

Schmalbandspektrogramm: Die x-Achse zeigt die Zeit in Sekunden (abhängig von der Signallänge), die y-Achse die Frequenz der Datenpunkte bis 4 kHz (linear). Die Signalintensität wird durch die Grauskalierung kodiert. Das obere Fenster zeigt die Zeitbereichsdarstellung mit dem Amplitudenverlauf der Vokalisation.

Rot markiert = Inspiration (markiert definitionsgemäß das Ende der jeweiligen Vokalisation)

Das Spektrogramm als Frequenz-Zeit-Darstellung liefert eine Visualisierung des Grundfrequenzverlaufs. Während die x-Achse den Zeitverlauf in Sekunden abbildet, sind

auf der y-Achse die Frequenzkomponenten linear aufgetragen (0 kHz - 4 kHz). Jedem Spektrogramm ist außerdem die Signalintensität und deren Veränderung über die Dauer der Vokalisation zu entnehmen. Die Grauskalierung zeigt dabei den Energiegehalt, wobei schwarz den höchsten Wert kennzeichnet.

Im untersten Frequenzband des Spektrogramms, das die Schwingungen der menschlichen Stimmlippen visualisiert, erkennt man den Verlauf der Grundfrequenz F_0 . Parallel dazu verlaufen ganzzahlige Vielfache, die sogenannten *Harmonischen*. Bei der Überprüfung der automatisch berechneten Verläufe durch die Software PRAAT (Kap. 2.4.1) erleichtern die Harmonischen häufig das Erkennen der Melodiekontur. Zusätzlich werden im Schmalbandspektrogramm, falls vorhanden, Subharmonische, phonatorische Rauschbanden und plötzliche Grundfrequenzsprünge (*Shifts*) dargestellt. Als Ursache für das Auftreten von Subharmonischen in den ersten Lebensmonaten von Säuglingen wird die „Desynchronisation [der] Stimmlippen“ (Birr, 2009, S. 77) als Folge einer noch nicht ausgereiften laryngealen Kontrolle angesehen (Mende et al., 1990). Sie erscheinen im Schmalbandspektrogramm zwischen den Harmonischen, häufig verkürzt und oftmals in Kombination mit Rauschbanden.

Visuelle und auditive Voranalyse

Die visuell-auditive Voranalyse führte zum Ausschluss einiger Lautaufnahmen. Die Ausschlusskriterien sind in Tabelle 6 aufgelistet und werden im Folgenden näher erläutert.

Tabelle 6: *Ausschlusskriterien der Vorselektion für die Analyse geeigneter Lautäußerungen*

F_0 = Grundfrequenz

Ausschlusskriterien	Kategorie
<ul style="list-style-type: none">- Weinen	cry
<ul style="list-style-type: none">- Lachen- Instabile / nicht auswertbare F_0- Frequenzdaten nicht abrufbar / zu viele Datenpunkte fehlend	???
<ul style="list-style-type: none">- Phonatorisches Rauschen- Pressen / reine Konstriktion (laryngeal)- Überlagerung von F_0 durch starke Hintergrundgeräusche	Rauschen

Da das natürliche Weinen (**cry**) bereits in der Arbeit von Kottmann (2023) ausführlich analysiert wurde und für die weitere Sprachentwicklung im zweiten Lebenshalbjahr von untergeordneter Bedeutung ist, wurde dieser Vokalisationstyp in der vorliegenden Arbeit von den Untersuchungen ausgeschlossen.

Neben fehlerhaften Audiodateien (keine Frequenzdatenpunkte), die nicht geöffnet werden konnten, gab es einige Lautaufnahmen, die aufgrund eines zu instabilen Melodiekonturverlaufs nicht auswertbar waren („???“). Die Vokalisationen, die als Lachen klassifiziert wurden, fielen ebenfalls in diese Ausschlusskategorie und wurden nicht in die weitere Analyse einbezogen.

Bei der Vorselektion wurden außerdem Schmalbandspektrogramme mit einem Rauschanteil von > 75 % („**Rauschen ganz**“, Abbildung 3) aussortiert. Ein weiteres Kriterium waren zu starke Hintergrundgeräusche, die die eigentliche Vokalisation überlagerten.

Abbildung 2 liefert einen Überblick über die relative Verteilung der Ausschlusskategorien für die insgesamt 606 aussortierten Lautaufnahmen.

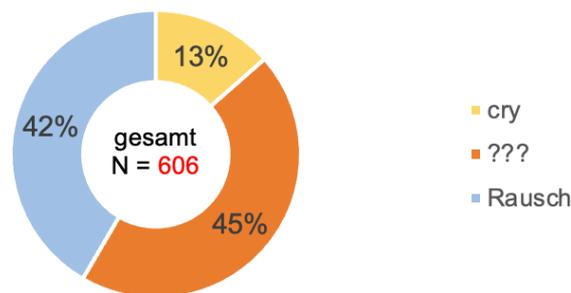


Abbildung 2: Übersicht der aussortierten Lautäußerungen

Prozentuale Verteilung der aussortierten Lautäußerungen; cry = natürliches Weinen / Krampflaute; N = Anzahl; Rausch = Rauschen ganz / laryngeale Konstriktion und Pressen / Überlagerung; „???“ = Lachen / Frequenzdaten nicht abrufbar / Daten nicht auswertbar

In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind zwei Originalbeispiele dargestellt, die im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung aussortiert wurden.

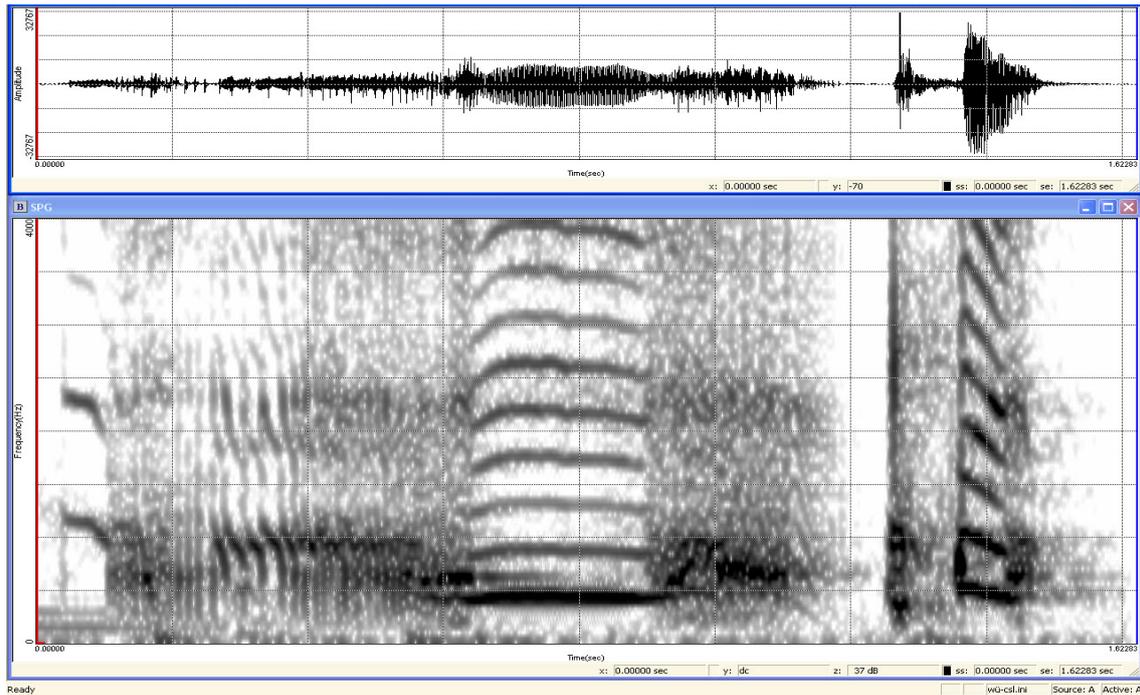


Abbildung 3: Beispielbild Spektrogramm „Rauschen ganz“

oberes Fenster = Zeitbereichsdarstellung (Signal im Zeitverlauf (Amplitude gegen Zeit)); unteres Fenster = Schmalbandspektrogramm mit Frequenzkomponenten (Frequenz gegen Zeit); x-Achse: Zeit [s], y-Achse: Amplitude (oben) bzw. Frequenz [Hz] (unten)

Keine Darstellung der Melodiekontur möglich: Das Spektrogramm wird als „Rauschen ganz“ kategorisiert und die Lautaufnahme fließt nicht in die weitere Analyse mit ein.

Die Abbildung 4 zeigt das Melodie-Intensitäts-Diagramm eines Lautes mit instabiler Melodiekontur („???“) für den keine Strukturanalyse möglich war und der daher im Rahmen der Vorselektion aussortiert wurde.

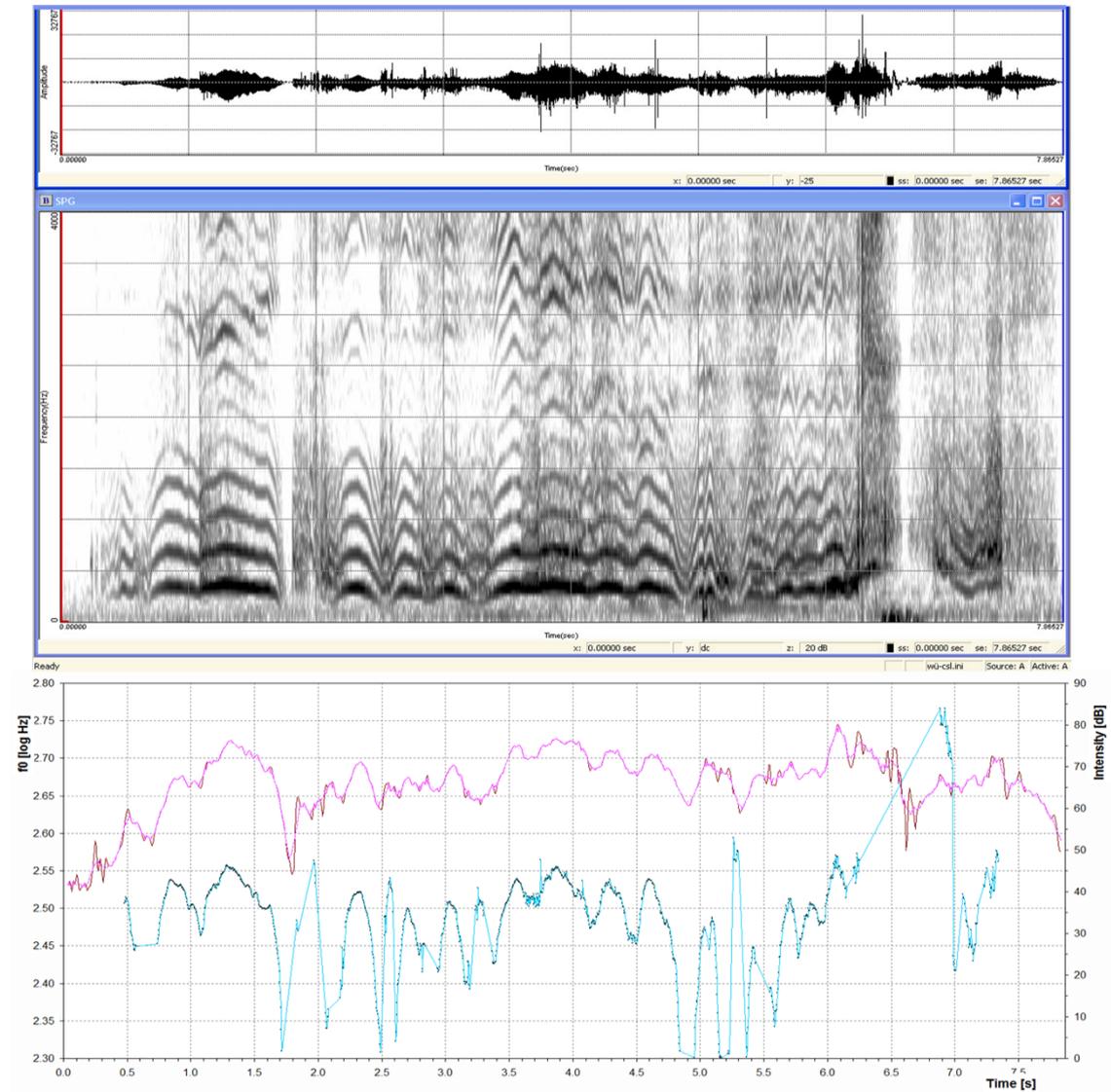


Abbildung 4: Schmalbandspektrogramm mit zugehörigem Melodie-Intensitäts-Diagramm: instabiler Grundfrequenzverlauf

Schmalbandspektrogramm (oben) mit Frequenzkomponenten: x-Achse = Zeit [s], y-Achse = Amplitude (Zeitbereichsdarstellung) bzw. Frequenz [Hz] (Spektrogramm)

Melodie-Intensitäts-Diagramm (unten): x-Achse = Zeit [s]; y-Achse = logarithmierte Frequenz (gehörlich) [logHz]; hellblau = Melodie (Zeitfunktion der Grundfrequenz F_0), magenta = Intensität (Zeitfunktion der Energie)

Analyse aufgrund der starken Sprünge und Rauschelementen nicht möglich.

2.3.2.2 *Finale Datenbasis*

Insgesamt wurden 606 (11,5 %) Lautäußerungen anhand audiovisueller Kriterien aussortiert. Zur besseren Übersicht und Darstellung der nachfolgend beschriebenen analysierten Laute zeigt Abbildung 5 das Resultat der Lautselektion.

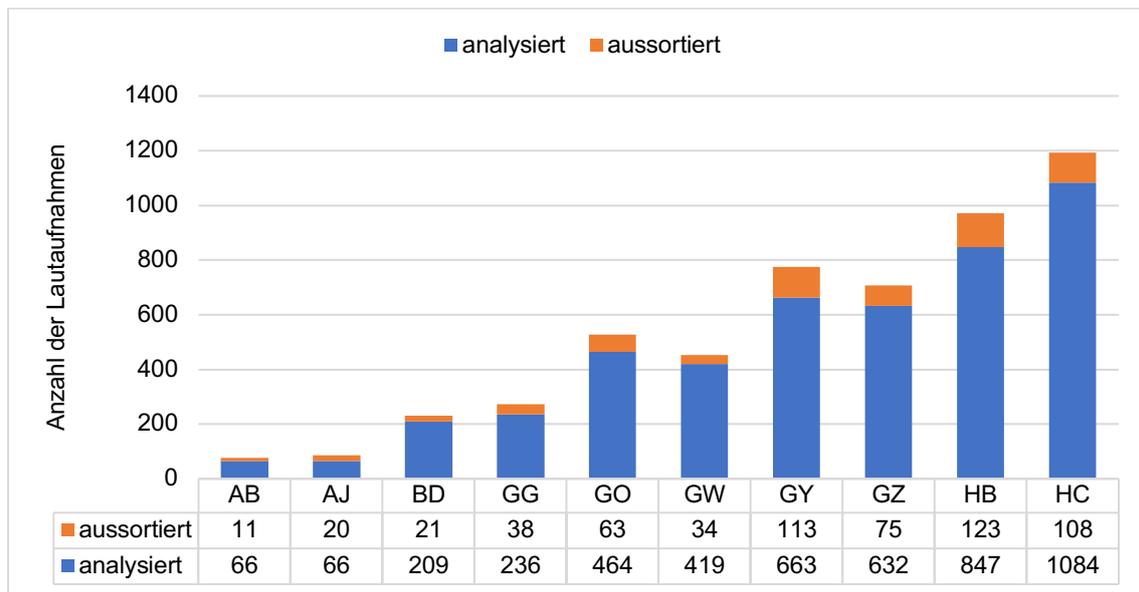


Abbildung 5: Anzahl der analysierten und aussortierten Lutaufnahmen pro Säugling

Blau = analysierte Lutaufnahmen, orange = aussortierte Lutaufnahmen
Säulen „AB“ - „HC“ = Probanden (Säuglinge)

Insgesamt konnten 4686 Audiodaten als finale Datenbasis in die nachfolgenden Analysen mit einbezogen werden und geben exemplarisch einen Überblick über das Lautrepertoire im zweiten Lebenshalbjahr.

Die analysierten Lutaufnahmen des Untersuchungszeitraumes sind in ihrer Verteilung pro Säugling und Monat in Tabelle 7 aufgeführt.

2 Material und Methoden

Tabelle 7: Anzahl analysierter Lautaufnahmen pro Kind und Monat

		Alter in Monaten						
		7	8	9	10	11	12	Gesamt
Kind	AB	25	0	39	2	0	0	66
	AJ	21	0	28	17	0	0	66
	BD	101	23	25	29	31	0	209
	GG	0	0	0	60	176	0	236
	GO	0	117	90	97	160	0	464
	GW	70	58	98	121	72	0	419
	GY	102	111	178	141	131	0	663
	GZ	0	27	206	65	255	79	632
	HB	74	155	188	203	44	183	847
	HC	132	234	187	99	231	201	1084
Gesamt		525	725	1039	834	1100	463	4686

2.4 Datenanalyse

Zur Beurteilung der Melodiestrukturentwicklung wurden die vorliegenden Frequenzspektren und Melodiekonturdiagramme bezüglich melodischer Strukturcharakteristika analysiert. Dabei wurde jeweils der Verlauf der Grundfrequenz sowie die zugehörige Intensitätskurve betrachtet. Die melodischen Strukturcharakteristika sind zum einen Melodiebögen (Kap. 2.4.2.2 f.) und innermelodische Segmentierungen (Kap. 2.4.2.6), zum anderen Besonderheiten wie bspw. An- oder Endlaute (Kap. 2.4.2.5), Kurzlaute und Konstruktionen (Kap. 2.4.2.7).

Die in Abbildung 6 dargestellten Schritte der Lautanalyse wurden von der Autorin selbst durchgeführt.

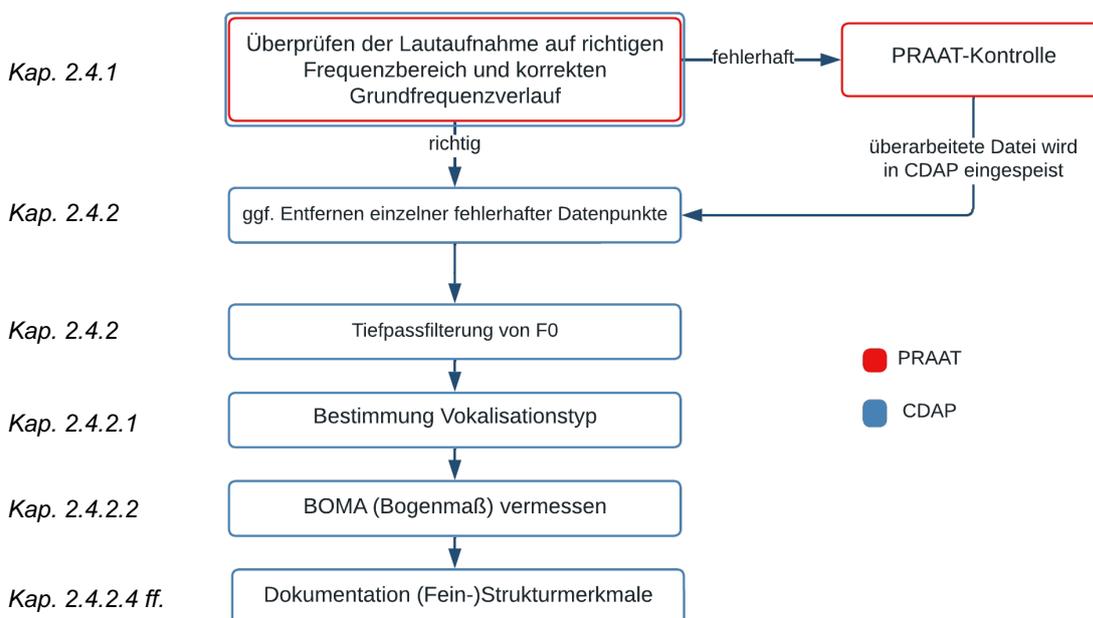


Abbildung 6: Ablauf Datenverarbeitung

Rot umrandete Schritte erfolgten mit dem Programm PRAAT (Boersma und Weenink, 2011), blau umrandete Schritte mit CDAP (pw-project)

Die einzelnen Bearbeitungsschritte werden in den nachfolgenden Kapiteln näher beschrieben.

2.4.1 Melodiekontrolle

Das Open-Source-Programm PRAAT (Boersma und Weenink, 2011) dient der quantitativen Analyse von aufgenommenen Lautsignalen. Die Darstellung des

Spektrogramms sowie des zugehörigen berechneten Grundfrequenzverlaufs (Melodie) bzw. der Intensität über die Zeit ermöglicht eine vielseitige Untersuchung der Sprachdaten. Dabei kann das Frequenzspektrum für die Grundfrequenz so gewählt werden, dass es der korrekten Tonhöhe (Frequenzdaten) der Lautäußerung entspricht. Das Programm wurde bereits mehrfach für vorsprachliche Analysen eingesetzt (Clement, 2004; Esteve-Gibert & Prieto, 2013; Wermke et al., 2013; Wermke et al., 2021) und wird im ZVES routinemäßig für die *Vorsprachliche Diagnostik* von Säuglingen verwendet (z.B. Eiband, 2018; Eisenmann, 2021; Pachtner, 2016; Prochnow, 2013).

Die Abbildung 7 zeigt das PRAAT-Ausgabefenster einer Lautäußerung in der Zeitbereichsdarstellung mit zugehörigem Schmalbandspektrogramm (unten).

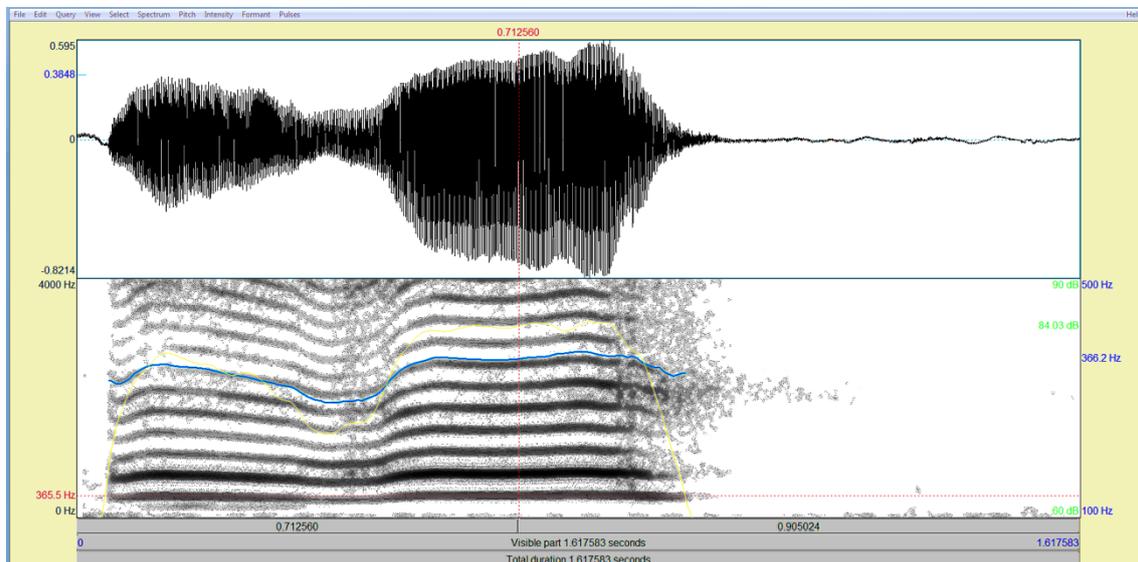


Abbildung 7: Verwendetes PRAAT Ausgabefenster

Lautaufnahme im PRAAT Programm; unteres Fenster stellt das Spektrogramm mit den Frequenzbändern (Grundfrequenz, Harmonische und Subharmonische) dar. Die obere Hälfte des Fensters visualisiert das Signal im Zeitverlauf (Zeitbereichsdarstellung).

x-Achse = Zeit [s]; y-Achse = Amplitude (oben) bzw. Frequenz [0 - 4 kHz] (unten); blau = Grundfrequenzverlauf; gelb = Intensitätsverlauf; zudem können jeweiligen Zeitpunkte und Frequenzhöhen mit dem roten Cursorkreuz abgelesen werden.

Die Grundfrequenzverläufe (Melodien) lagen bereits berechnet im Archiv vor. Aus Gründen der Qualitätssicherung wurden alle Melodien von der Autorin der vorliegenden Arbeit nochmals auf die Korrektheit der berechneten Datenpunkte überprüft. Die nachfolgende Abbildung 8 zeigt das PRAAT-Kontrollfenster (Boersma und Weenink, 2011), mit dem der korrekte Frequenzbereich der Grundfrequenz überprüft werden kann.

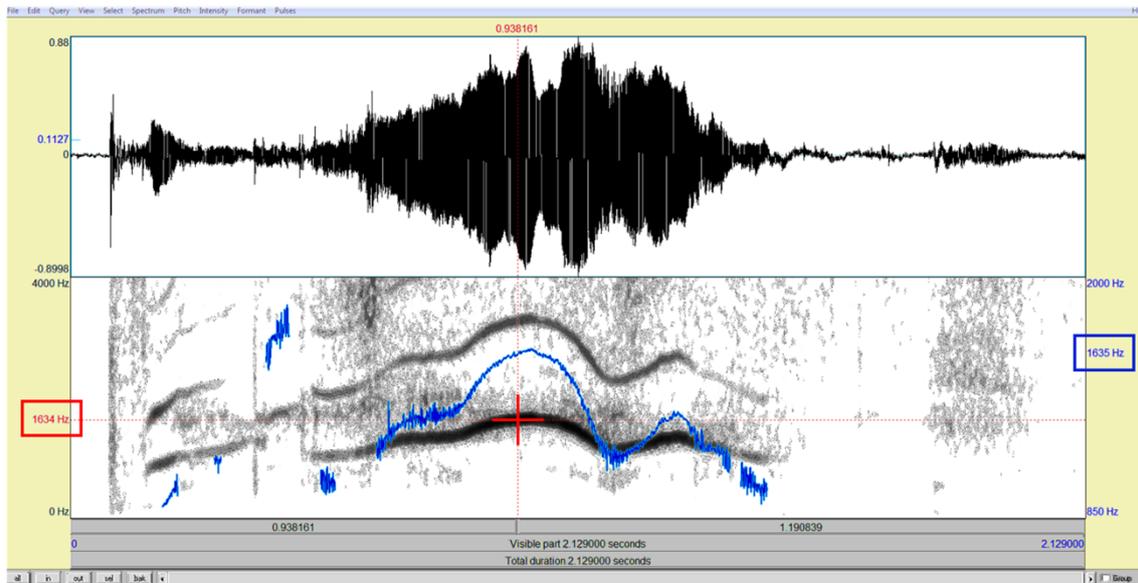


Abbildung 8: Zeitbereichsdarstellung, Spektrogramm und Melodie im PRAAT-Ausgabefenster

Zeitbereichsdarstellung (oben) und zugehöriges Schmalbandspektrogramm (unten) einer Lautäußerung; der Grundfrequenzverlauf (Melodiekontur) ist dem Spektrum überlagert als blaue Kurve dargestellt.

Mittels des roten Kreuzes kann die Höhe der Grundfrequenz am linken Bildschirmrand angezeigt werden (roter Kasten: 1634 Hz). Rechts ist in blau entsprechend die Frequenzhöhe der automatisch berechneten Melodiekontur (blauer Kasten: 1635 Hz). *(Anmerkung: Die Genauigkeit des gesetzten Kreuzes bedingt eine geringfügige Abweichung der Werte bei der Anzeige voneinander, die aber nur graphisch, nicht metrisch existiert.)*

Bei offensichtlich falsch berechneten Frequenzhöhen im Falle von Sprüngen in die Subharmonischen, lokalen Artefakten oder anderen Inkorrektheiten im Verlauf der Grundfrequenz wurden diese von der Autorin mittels PRAAT-Routinen (Prochnow, 2013) neu berechnet und abgespeichert. Dieser Vorgang wird in Abbildung 6 als „PRAAT Kontrolle“ bezeichnet. Anschließend wurden die neu berechneten Melodien (mit korrigierten Frequenzdatenpunkten) in das Analyseprogramm CDAP (Cry Data Analysis Program, pw-project) eingespeist, wo ggf. einzelne Ausreißer oder Datenfehler nachträglich korrigiert werden konnten.

2.4.2 Melodieanalyse in CDAP (Cry-Data-Analysis-Program)

Das Sprachanalyseprogramm CDAP ist eine von Peter Wermke (pw-project) speziell für die Analyse von Säuglingsschreien und anderen frühkindlichen Lautäußerungen entwickelte Software, die im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen routinemäßig eingesetzt wird.

Das Programm stellt die von PRAAT berechnete Melodiekontur (Grundfrequenz F0) einer Aufnahme zusammen mit der Intensität dar und visualisiert den Verlauf der Grundfrequenz (blau) und den der Intensität (magenta/pink). Anhand dieser Melodie-Intensitäts-Diagramme, die die Grundlage für die Datenanalyse der hier vorliegenden Arbeit bilden, wurden die Melodievermessung sowie die Melodiestrukturanalyse durchgeführt. Alle Mess- bzw. Analysedaten wurden automatisch in Excel-Tabellen gespeichert.

Für die Auswertung in CDAP wurden die Verläufe der beiden Kurven in der Regel mit standardisierten Achsenwerten abgebildet, um die Aufnahmen in der späteren Analyse miteinander vergleichen zu können. Die gewählten Standardwerte sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Standardwerte CDAP

dB = Dezibel, Hz = Hertz, s = Sekunden

Zeitachse	0 - 2 s
Intensitätsachse	Δ 40 dB (Bsp.: 50 - 90 dB)
Frequenzachse	Δ 0,3 Hz (Bsp.: 2,37 - 2,67)

Die Abbildung 9 zeigt das CDAP-Ausgabefenster mit einem Melodie-Intensitäts-Diagramm im zentralen Bildbereich. Das Programm erlaubt das manuelle Setzen von Cursors, um die zu vermessenen Teilbereiche zu markieren. Im gezeigten Beispiel sind neben einem kurzen Einschwingvorgang der Anfang und das Ende des Melodiebogens markiert.

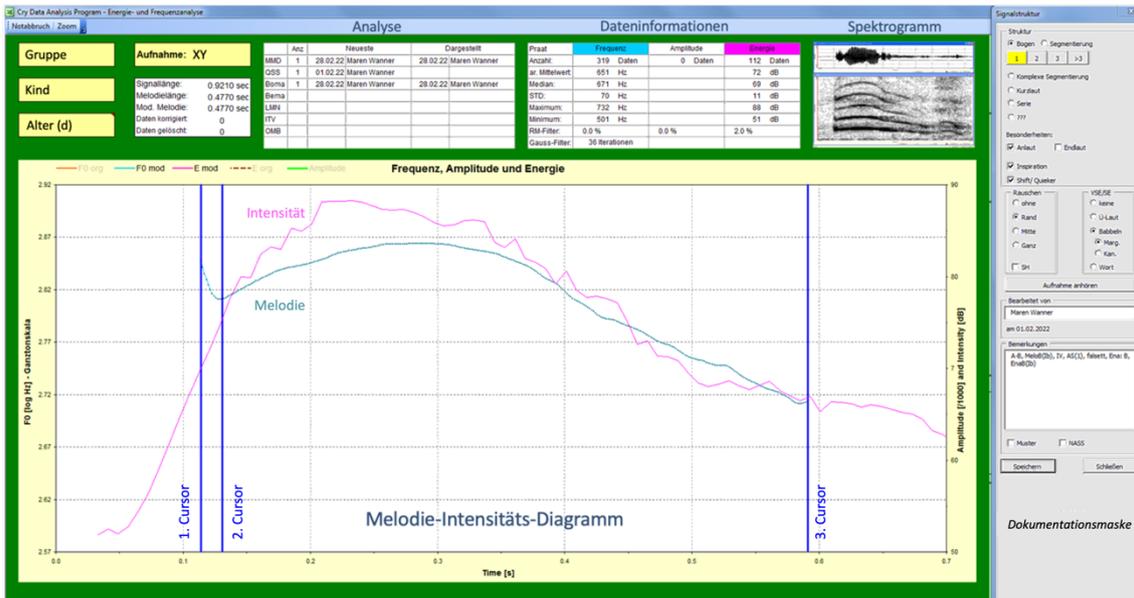


Abbildung 9: CDAP-Ausgabefenster mit Melodie-Intensitäts-Diagramm und Dokumentationsmaske

Maske des Programms CDAP zur Analyse von Lautaufnahmen

dunkelblau = manuell gesetzt Cursor zur Vermessung der Melodiestructur (hier: A-B = einfache Melodie bzw. ein Bogen mit Einschwingvorgang), hellblau = Grundfrequenzverlauf, magenta = Intensitätsverlauf

Über dem Melodie-Intensitäts-Diagramm sind die Daten und Informationen des Lautes abzulesen, rechts (grauer Bereich) die Dokumentationsmaske inkl. Bemerkungsfenster, in dem die charakteristischen Merkmale des Lautes notiert wurden.

Das Audiosignal der dargestellten Lautäußerung kann in CDAP wiedergegeben werden, sodass unklare Bereiche, die z.B. Hintergrundgeräusche enthalten, eindeutig identifiziert und auch zeitlich genau bestimmt werden können. Für die eigentliche Melodieanalyse irrelevante Bereiche oder artifizielle Ausreißerpunkte können im Programm manuell gelöscht werden und haben keinen Einfluss auf die weitere Analyse.

Erst auf diese finale, als korrekt befundene Melodie wurde die Tiefpassfilterung von ca. 40 Hz angewendet.

2.4.2.1 *Bestimmung der Vokalisationstypen*

Eine Grundlage für die spätere Auswertung der hier vorliegenden Daten und daher unerlässlich war die Kategorisierung der Lautaufnahmen in Vokalisationstypen. Jede vermessene bzw. analysierte Lautäußerung wurde einem Vokalisationstyp zugeordnet und in CDAP dokumentiert. Neben der primär auf dem subjektiven Höreindruck basierenden Zuordnung spielten auch die visuellen Informationen des Spektrogramms eine Rolle. In der vorliegenden Arbeit wurden zwischen vier Vokalisationstypen unterschieden: Übergangslaute (U-Laut), marginales Babbeln (BM), kanonisches Babbeln (BK) und erste (Proto-)Wörter (Wort).

Übergangslaute bezeichnen Lautäußerungen, die in einer von der Autorin subjektiv wahrgenommenen negativen Gestimmtheit des Säuglings erzeugt wurden, sich aber dennoch deutlich vom natürlichen Weinen unterscheiden. Sie stellen nicht-silbische Lautäußerungen dar und können als *einfaches Babbeln* bezeichnet werden. Dieser Vokalisationstyp ist in der Literatur nicht beschrieben und wird bisher ausschließlich in der *Vorsprachlichen Diagnostik* am ZVES verwendet.

Beim marginalen und kanonischen Babbeln handelt es sich um Lautäußerungen mit silbenähnlicher Struktur (BM) bzw. Lautäußerungen mit wohlgeformter Silbenstruktur (BK). „These are the most advanced of the protophones. They are sounds with syllable-like patterns generated by supraglottal articulation.“ (Buder et al., 2013, S. 106)

Die Autoren beschreiben das marginale Babbeln (BM) als die ersten silbenähnlichen Lautäußerungen (ebd.). Sie weisen einen primitiven Silbenkern und Silbenrand auf, wohingegen die artikulatorischen und phonatorischen Eigenschaften noch sehr zufällig seien und nicht denen der Erwachsenensprache entsprechen. (Oller, 1980, 1986, 2000; Stark, 1980)

Das kanonische Babbeln (BK) hingegen weist bereits viele phonetische Ähnlichkeiten mit der Erwachsenensprache auf. Nach der präkanonischen Phase, die häufig als intensives Training auf dem Weg zur Zielsprache angesehen wird, ist der Säugling zunehmend in der Lage phonetisch wohlgeformte (kanonische) Silben zu produzieren. Das kanonische Babbeln weist demnach deutlich hörbare Silbensequenzen mit Konsonanten und Vokalen auf (sog. CV-Silbensequenzen). Die temporalen und spektralen Eigenschaften dieser Silben stimmen mit denen der Zielsprache überein. (Oller, 2000)

Wie Buder et al. (2013) postulieren, stellt das Babbeln den Übergang zu den ersten Wörtern und damit einen Meilenstein auf dem Weg zur Zielsprache dar. Innerhalb des Babbelns gibt es einige wesentliche Merkmale, die kanonische von marginalen Babbellaute unterscheiden. Oller (2000) definiert vier wesentliche Kriterien für das kanonische Babbeln, die als Grundlage für die hier vorliegende Arbeit dienen:

Ein Kriterium stellt der schnelle Übergang zwischen den Formanten dar: Der Übergang zwischen Silbenkern und Silbenrand darf demnach maximal 120 ms betragen (Oller, 1986). In der hier angewandten Methodik konnte dies aufgrund der Datenmenge nicht für alle Lautaufnahmen in Breitbandspektrogrammen untersucht werden. Es wurde jedoch in Einzelfällen überprüft, wenn der auditive Eindruck der „Wohlgeformtheit“ einer Silbe nicht eindeutig war. Auch Buder et al. (2013) beschreiben den akustischen Höreindruck ebenfalls als ausreichend aussagekräftig. Dabei könne von einem kanonischen Element ausgegangen werden, wenn der Übergang zwischen Silbenkern und Silbenrand aufgrund seiner Schnelligkeit auditiv nicht als solcher wahrgenommen wird. Einige Studien haben bereits gezeigt, dass Eltern in der Lage sind, die kanonischen Babbellaute ihrer Kinder auch ohne spezifisches Hintergrundwissen zuverlässig zu identifizieren (Koopmans-van Beinum & Stelt, 1986; Oller et al., 2001; Oller et al., 1994).

Kanonische Silben weisen einen Silbenkern (vokalisches Element) auf, der mit normaler Phonation (auch *Brustregister* genannt) produziert wird (Oller, 2000). Dass ein Kind jedoch ebenfalls in anderen Registern (z.B. hochfrequentes „Falsett“ = Kopfstimme) kanonisch babbeln kann, zeigten bereits Untersuchungen von Pachtner (2016). Das Kriterium „normale Phonation“ wurde daher in der vorliegenden Analyse nicht berücksichtigt.

Darüber hinaus soll der Silbenkern vollresonant sein, wobei sich der Vokaltrakt in einer vokalspezifischen Position befindet, d.h. die Artikulationsorgane werden bei der Lautproduktion mit eingesetzt.

Als vierten Punkt muss der Vokalisationstyp BK nach der Definition von Oller mindestens einen supraglottal artikulierten Silbenrand (konsonantisches Element) enthalten. Durch den Einbau von Konsonanten entstehen aus diesen „vollresonanten“ Vokalen silbenähnliche Bausteine, die der Zielsprache immer ähnlicher werden (Oller, 1980, 1986, 2000).

Die hier beschriebenen Definitionen von Buder und Oller wurden der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt und durch eigene Kriterien spezifiziert.

Es gibt Lautäußerungen, in denen marginale und kanonische Silben miteinander kombiniert auftreten. Nach der Definition von Buder et al. (2013) gilt eine Lautäußerung als kanonisch, sobald sie mindestens eine kanonische Silbe enthält: „The most advanced (canonical) syllables in the sequence are used as the basis for the overall judgement“ (Buder et al., 2013, S. 111). In der vorliegenden Arbeit wurde davon abgewichen und stattdessen der dominante Höreindruck der Kanonizität bzw. Nicht-Kanonizität herangezogen. So wurde eine Vokalisation nur dann dem kanonischen Babbeln zugeordnet, wenn die Autorin die Lautäußerung als „kanonisch dominierend“ wahrgenommen hat. Entgegen der Definition der Autoren konnte eine kanonische Silbe also auch in einem marginalen Babbellaut vorkommen.

Insgesamt wurden im Untersuchungszeitraum lediglich sieben Lautaufnahmen von der Autorin als Wort-Vokalisation kategorisiert. Diese werden für die statistische Auswertung zu den kanonischen Babbellauten gezählt, da es sich um eine zu geringe Anzahl an Lautäußerungen handelt, um daraus spezifische Schlüsse ziehen zu können. Zudem lassen sich die ersten Wörter oft nicht eindeutig von den kanonischen Babbellauten abgrenzen, da der Übergang fließend ist und sich darin vor allem die im BK entwickelte Silbenstruktur wiederfindet (Elbers & Ton, 1985; Kent & Bauer, 1985; Locke, 1989; Majorano & D'Odorico, 2011; Stoel-Gammon & Cooper, 1984; Vihman et al., 1986; Vihman et al., 1985).

2.4.2.2 Auswertung der Bogenstruktur

Für die Analyse der Bogenstruktur wurden alle Grundfrequenzverläufe (= Melodien) im Melodie-Intensitäts-Diagramm des Lautanalyseprogramms CDAP (Kap. 2.4.2) in ihrem Verlauf unterteilt.

Die Gliederung durch manuell gesetzte Cursor ermöglichte eine Kategorisierung der Grundfrequenzverläufe in Melodiestructurtypen, die in Kap. 2.4.2.3 beschrieben werden.

Es gab feste Kriterien für die Definition eines Bogens und die daraus resultierende Melodiebogenstruktur. Pro Melodie wurden mindestens zwei Cursor gesetzt, die den Anfang und das Ende jeder analysierten Lautaufnahme markieren und damit gleichzeitig die Gesamtdauer dokumentierten. Frühkindliche Lautäußerungen, die kürzer als 300 ms waren, wurden als *Kurzlaute* kategorisiert. Zusätzlich wurden neben den einzelnen Bögen, sofern vorhanden, auch innermelodische Pausen (Kap. 2.4.2.6) dokumentiert und mithilfe der Cursor vermessen.

Die Überprüfung der Zuverlässigkeit und Messgenauigkeit der in Kapitel 2.4 beschriebenen Arbeitsschritte wurde durch ein erneutes Hören und Klassifizieren verifiziert, wobei die (Retest-)Reliabilität bei 98 % lag.

Hubkriterium

Zur Definition eines Bogens wurde die Amplitude der Frequenzmodulation (Hub) herangezogen. Um eine Vergleichbarkeit über das gesamte erste Lebensjahr mit der Vorgängerarbeit von Kottmann (2023) zu ermöglichen (Längsschnittanalyse), wurden die dort definierten Bogenkriterien übernommen. Kottmann (2023) modifizierte die Frequenzhubkriterien in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp unter Berücksichtigung der Ergebnisse einer Melodiebogenmodellierung von Wermke und Mende (2011).

Während bei Babbellauten bereits der Hub eines Halbtons (HT) für die Vermessung eines neuen Bogens ausreichte, musste bei Übergangslauten ein Frequenzunterschied von mindestens 1,5 Halbtönen (ggf. beidseits) vorliegen. Das Beispiel in Abbildung 10 veranschaulicht den beschriebenen Sachverhalt und verdeutlicht, dass in der vorliegenden Arbeit die Cursorsetzung in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp erfolgte.

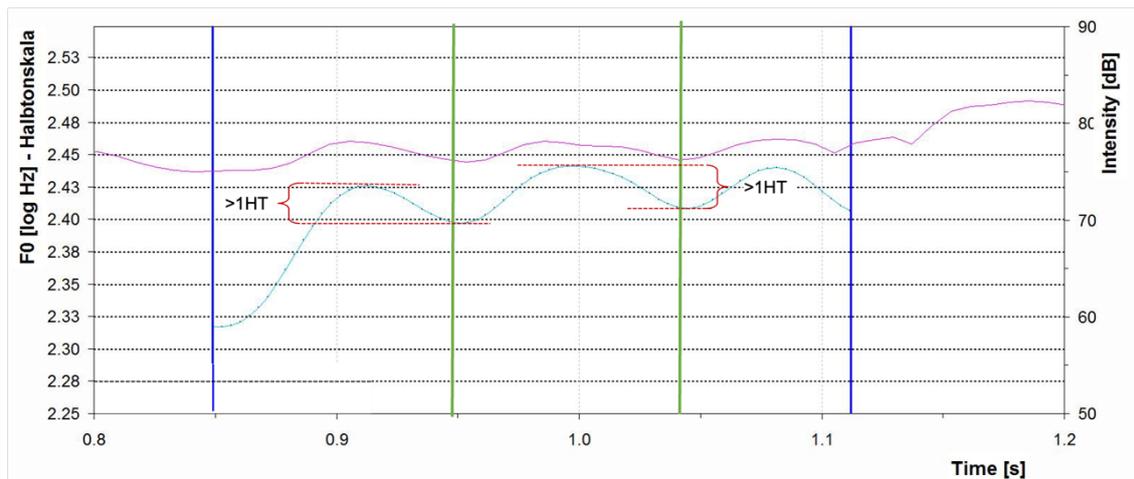


Abbildung 10: Hubkriterium Babbeln vs. U-Laut

Das Beispiel soll die Bestimmung des Melodiestructurtyps in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp veranschaulichen: Grün markiert sind zusätzliche Boma-Cursor, die gesetzt worden wären, wenn der Laut dem Vokalisationstyp Babbeln (1 HT) statt U-Laut (mind. 1,5 HT) zugeordnet worden wäre.

Melodie-Intensitäts-Diagramm: x-Achse = Zeit [s]; linke Ordinate = logarithmierte Frequenz [logHz] in Halbtonskala; rechte Ordinate = Intensität (Energie) [dB]; HT = Halbton;

dunkelblau = Cursor zur Vermessung der Bogenstruktur; hellblau = Melodie (Zeitfunktion der Grundfrequenz); magenta = Intensitätsverlauf

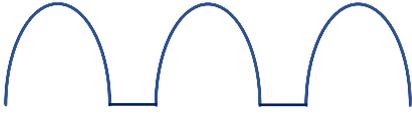
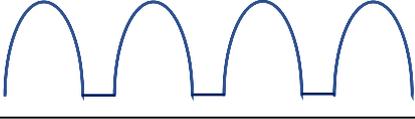
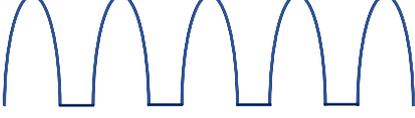
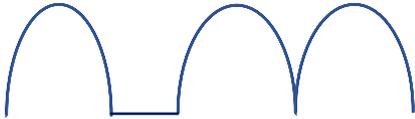
Die in Abbildung 10 dargestellte Grundfrequenz (Melodie) stammt von einer Lautaufnahme, die den Übergangslauten (U-Lauten) zugeordnet wurde. Wäre die gleiche Struktur die eines marginalen oder kanonischen Babbellautes, so wären aufgrund des Hubkriteriums zwei zusätzliche Cursor (grün) gesetzt worden. Im Ergebnis wäre die Melodiestructur also dreibogig (3B), während sie im vorliegenden Fall des U-Lauts als einfache, einbogige Melodie (1B) vermessen wurde (blaue Cursor).

2.4.2.3 *Typisierung der unterschiedlichen Melodiestructurtypen*

Um die vorliegenden Grundfrequenzverläufe hinsichtlich ihrer Melodiestructur analysieren zu können, wurden die Melodie-Intensitäts-Diagramme mithilfe von Cursors gegliedert (Kap. 2.4.2.2). Die von Wermke und Mende (2000; 2009) definierte Typisierung der Lautmelodien hat sich bereits in wissenschaftlichen Arbeiten bewährt (z.B. Kottmann, 2023; Lind, 2007; Wermke, 2002). Nachfolgend hat die Autorin dieser Arbeit die Grundtypen der verschiedenen Lautmelodien tabellarisch zusammengefasst.

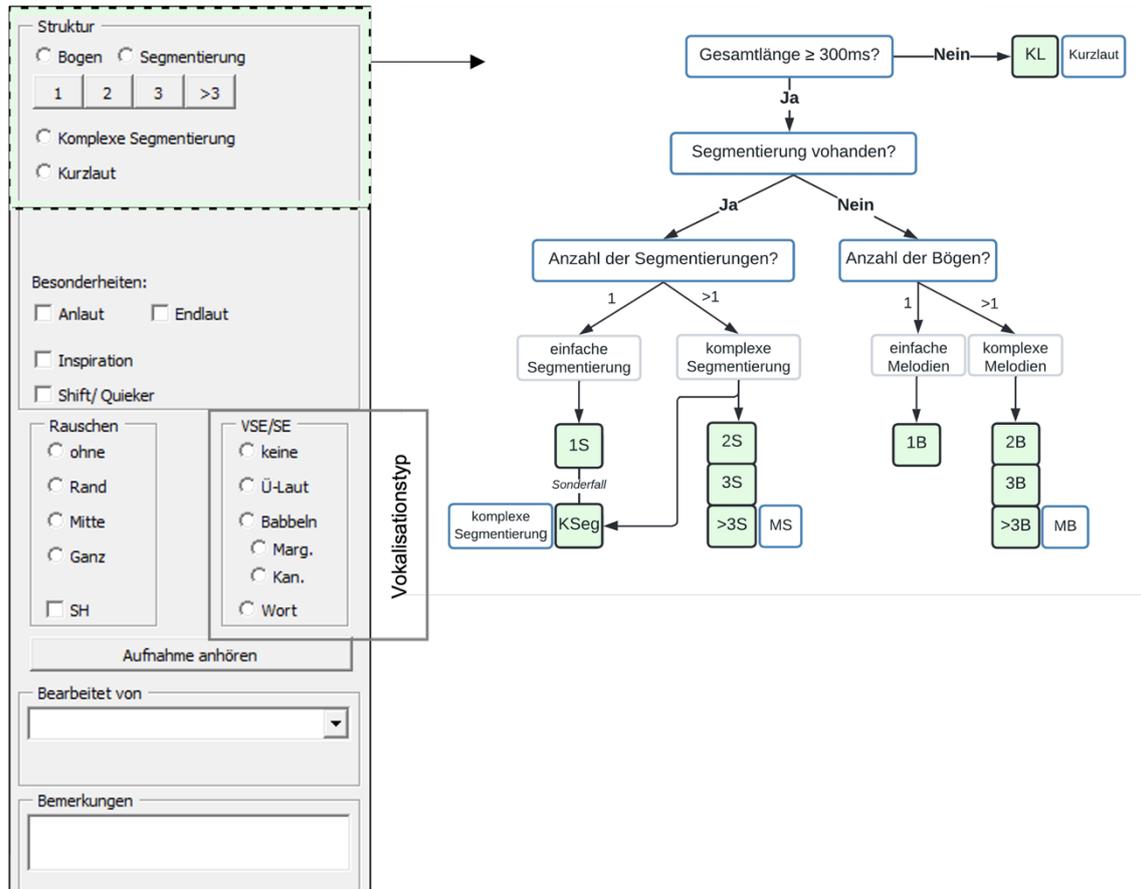
2 Material und Methoden

Tabelle 9: Grundtypen der Lautmelodien nach Wermke (2002)

Einfache Melodien	Beispielskizze (schematisch)	Beschreibung
1B = 1 Bogen	 <p>Mindesthub: 1,5 Halbtöne (HT) bei U-Lauten bzw. 1 HT bei Babbeln</p>	Grundfrequenzverlauf F0 mit einmaligem Anstieg bzw. Abfall Dauer ≥ 300 ms
<i>Sonderform: KL = Kurzlaute</i>	<i>Dauer < 300 ms entspricht einem Kurzlaut</i>	
Komplexe Melodien	Beispielskizze (schematisch)	Beschreibung
2B = 2 Bögen		Grundfrequenzverlauf F0 mit mehreren aufeinanderfolgenden Einfachbögen ohne Unterbrechung
3B = 3 Bögen		
MB > 3 Bögen		
Segmentierungen	Beispielskizze (schematisch)	Beschreibung
1S = 1 Segmentierung		Grundfrequenzverlauf F0 zeigt zwei Einfachbögen, die durch eine Pause segmentiert werden
2S = 2 Segmentierungen		Grundfrequenzverlauf F0 zeigt zwei-, drei- oder mehrfach segmentierte Einfachbögen
3S = 3 Segmentierungen		
MS = Mehrfach- segmentierung		
KSeg = komplexe Segmentierung		Grundfrequenzverlauf F0 zeigt Mehrfachbögen, die durch eine Pause segmentiert sind, mind. eine Seite der Pause ist komplex, d.h. > 1B

2.4.2.4 Dokumentation der Melodiestructur

Das Programm CDAP bietet für die Dokumentation der Melodiestructur eine Maske, die in Abbildung 11 dargestellt und beschrieben ist.



a)

b)

Abbildung 11: CDAP Dokumentationsmaske (a) und Flussdiagramm zur Bestimmung des Melodiestructurtyps (b)

eigene Darstellung, Erklärung im nachfolgenden Text

In der Dokumentationsmaske (Abbildung 11a: linker, grau markierter Bereich) wurde von der Autorin der vorliegenden Arbeit für jeden Laut festgehalten, welche visuellen und akustischen Merkmale die Vokalisationen bzw. ihre Melodiekonturverläufe aufweisen. Im oberen Bereich der Maske wurde der zutreffende Melodiestructurtyp ausgewählt (siehe Tabelle 9): Die Anzahl der Bögen (1, 2, 3, > 3) oder die Anzahl der innermelodischen Segmentierungen (1, 2, 3, > 3) bzw. als Sonderfall die komplexe Segmentierung oder der Kurzlaut (< 300 ms Gesamtlänge).

Die Abbildung 11b zeigt schematisch, wie die Autorin bei der Bestimmung des Melodiestructurtyps vorgegangen ist. Zusätzlich wurden Besonderheiten wie An- und Endlaut (Ein- und Ausschwingvorgänge), auffällige Inspirationen und Frequenzsprünge (Shift/Quieker) vermerkt. Die Ausprägung des phonatorischen Rauschens bzw. das Auftreten von Subharmonischen (SH) konnte ebenfalls dokumentiert werden. Des Weiteren wurde der Vokalisationstyp der Lautäußerungen ausgewählt und zusätzliche Besonderheiten (Kap. 2.4.2.7) im Freitext (Bemerkungen) notiert.

2.4.2.5 An- und Endlaute

Eine Besonderheit sind Ein- und Ausschwingvorgänge (An- und Endlaute), die bei allen Melodiestructurtypen auftreten können. Der Anlaut geht der Bogenstruktur voraus, während der Endlaut ihr nachgestellt ist, allerdings stehen sie nie unmittelbar vor oder nach einer Segmentierung. Neben der visuellen Erkennbarkeit durch die Melodiekontur sind An- und Endlaute oftmals auch akustisch wahrnehmbar.

Sie werden wie die Melodiebögen mit Boma-Cursorn markiert und vermessen, zählen aber nicht als eigenständige Bögen, da ihre maximale Dauer 150 ms beträgt. Der Grundfrequenzverlauf der An- und Endlaute kann eine Vielzahl an Formen annehmen (*Verweis Dissertation Mampe-Keller (2012)*).

Es ist sowohl ein isoliertes als auch ein kombiniertes Auftreten beider Strukturen möglich, was Abbildung 12 schematisch veranschaulicht.

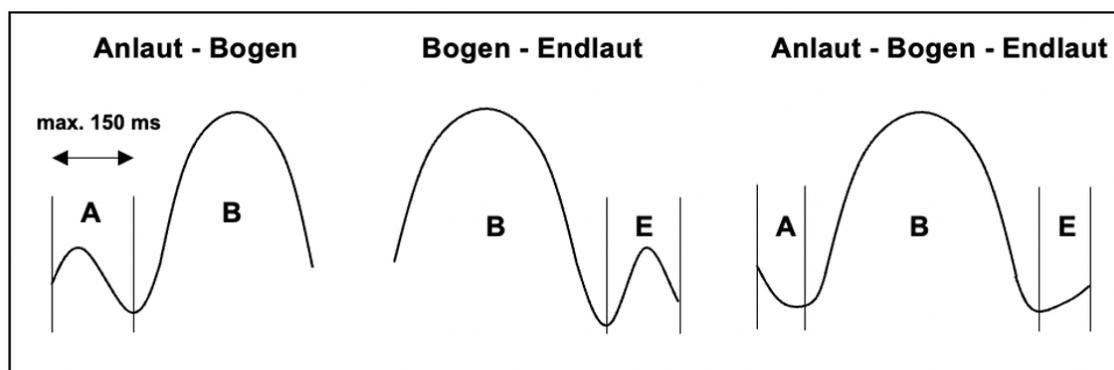


Abbildung 12: Schematische Darstellung von An- und Endlaut

Schematische Darstellung von An- und/oder Endlauten, die in unterschiedlichster Form auftreten können. A = Anlaut, B = Bogen, E = Endlaut

Abbildung 13 zeigt die kombinierte Variante anhand eines Originalbeispiels, das im Rahmen der vorliegenden Arbeit analysiert wurde.

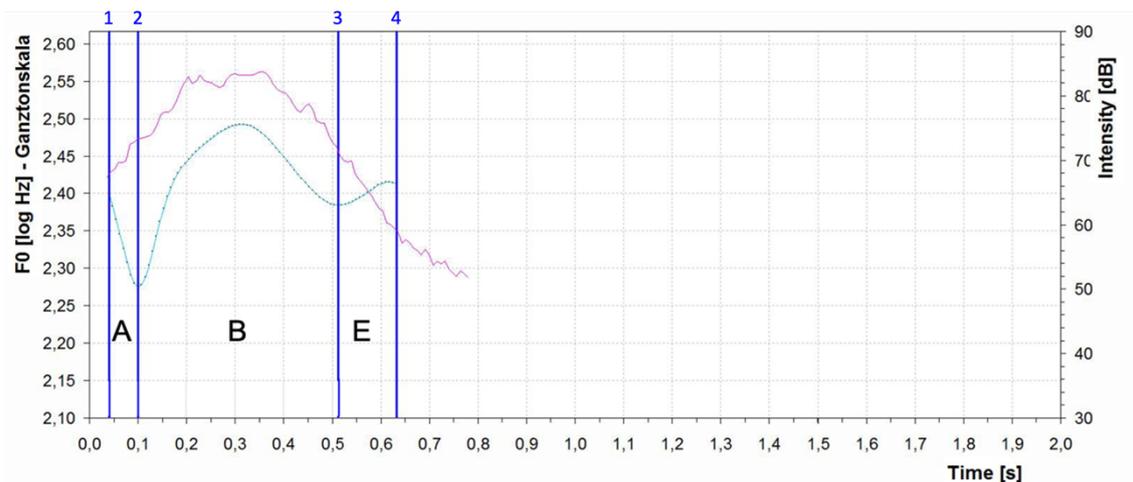


Abbildung 13: Melodie-Intensitäts-Diagramm einer Melodie mit An- und Endlaut, Struktur A-B-E

A = Anlaut (Einschwingvorgang), B = Bogen, E = Endlaut (Ausschwingvorgang)

dunkelblau = gesetzte Cursor markieren Bogenstruktur: Cursor 1-2 = Anlaut (A), Cursor 2-3 = Bogen (B), Cursor 3-4 = Endlaut (E)

Melodie-Intensitäts-Diagramm:

x-Achse = Zeit [s], y-Achse: linke Ordinate = Frequenz [log Hz], rechte Ordinate = Intensität [dB]; hellblau = F0-Verlauf/Melodie, magenta = Intensitätskurve

2.4.2.6 Anmerkung zu segmentierten Lauten

Segmentierte Laute sind Vokalisationen, die innerhalb der Lautäußerung eine phonatorische Pause enthalten (nachfolgend auch *innermelodische Segmentierung* genannt). Obwohl die Bogenelemente dadurch voneinander getrennt sind, gehören sie, da sie innerhalb einer Expirationsphase liegen, zur selben Lautäußerung.

Segmentierungen können akustisch und/oder visuell erkannt werden. Visuell identifizierbare Segmentierungen zeichnen sich vor allem durch eine Unterbrechung des Grundfrequenzverlaufs F0 aus. Ein weiteres Kriterium stellt ein Intensitätsabfall dar: In der vorliegenden Arbeit kennzeichnete ein Abfall von ≥ 10 dB definitionsgemäß eine Pause.

In der Dokumentationsmaske des Programms CDAP konnte für jeden segmentierten Laut erfasst werden, ob es sich bei den einzeln vermessenen Pausen um *vollständige* oder *unvollständige Segmentierungen* handelte. Eine vollständige Segmentierung stellt sich im Spektrogramm als Unterbrechung des Melodieverlaufs dar, in der weder Konstruktions- noch Rauschbänder auftreten. Andernfalls wird die Segmentierung als unvollständig bezeichnet. Die Originalbeispiele, die im Folgenden beigegefügt sind, sollen die hier beschriebene Thematik veranschaulichen.

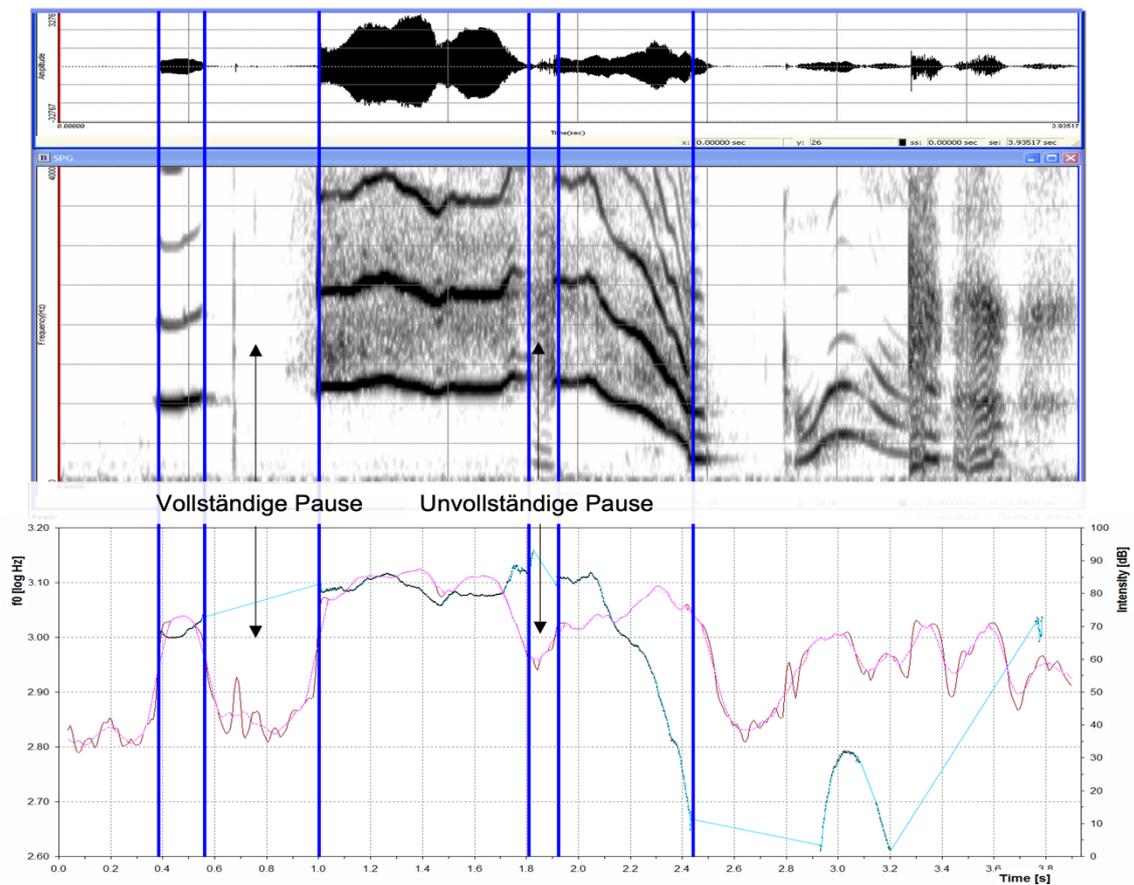


Abbildung 14: Vollständige vs. unvollständige Pause

Zweifach segmentierter Laut = 2S (Anmerkung: Ab 2,45 s folgt eine Inspiration)
 Die Pausen sind visuell erkennbar; die erste Pause wird als eine **vollständige** Pause (ohne Rauschbanden), die zweite Pause als **unvollständig** mit Rausch kategorisiert. Zudem sieht man in den Segmentierungen jeweils den oben beschriebenen Intensitätsabfall von ≥ 10 dB.
 Schmalbandspektrogramm (oben) und zugehöriges Melodie-Intensitäts-Diagramm (unten): x-Achse = Zeit [s], y-Achse: linke Ordinate = Frequenz [logHz], rechte Ordinate = Intensität [dB]; hellblau = Grundfrequenzverlauf/ Melodie, magenta = Energie

2.4.2.7 Zusätzliche perzeptiv identifizierte Merkmale

Unter perzeptiven Merkmalen werden in der vorliegenden Arbeit Eigenschaften und Strukturen verstanden, die subjektive Besonderheiten von Melodien darstellen und primär auditiv wahrgenommen werden. Im Bemerkungsfeld der Dokumentationsmaske wurden im Analyseprogramm CDAP nach einem standardisierten Vorgehen Kürzel für die identifizierten Besonderheiten eingetragen.

Auditive Parameter

Auf der Grundlage eines subjektiv bewerteten Höreindrucks wurden für jede Lautaufnahme die entsprechenden Kürzel aus Tabelle 10 in das Bemerkungsfeld

(siehe Abbildung 11a) eingetragen. Die auditiven Parameter sind keine messbaren Größen und können daher nicht als definitiv angesehen werden. Alle Laute wurden jedoch von der Autorin selbst nach einem standardisierten Vorgehen analysiert, sodass eine einheitliche und detaillierte Beschreibung der Vokalisationen anhand der Kürzel erfolgen konnte.

Die als Kurzlaute vermessenen Lautäußerungen wurden bei der Analyse der auditiven Feinstrukturmerkmale nicht weiter berücksichtigt, da diese aufgrund der kurzen Vokalisationsdauer nicht eindeutig identifizierbar waren und deshalb nicht dokumentiert wurden.

Tabelle 10: Kürzel auditiver Parameter

KÜRZEL	BEDEUTUNG
IV	Melodieintervall <i>Frequenzänderung innerhalb der Lautäußerung</i>
Rh	Rhythmischer Charakter
AS (x)	Auditive (Proto-)Silben (x = Anzahl)
CA	Konsonant am Bogenanfang
C?A	„Protokonsonant“ am Bogenanfang
vibrato	Leicht instabiles „Zittern“ der Melodie
KA	Laryngeale Konstriktion am Bogenanfang

Es wurden weitere Merkmale dokumentiert, die jedoch im Datensatz zu selten vorkamen, um im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit ausgewertet zu werden.

Melodieintervalle

Ein Melodieintervall (IV) ist ein deutlich hörbarer und visuell erkennbarer Tonhöhenwechsel in der Melodiekontur. Es besteht aus einem F0-Plateau, einem Übergangsbereich und einem zweiten F0-Plateau, das entweder höher oder tiefer liegt. Abbildung 15 zeigt ein Originalbeispiel aus der vorliegenden Arbeit sowie die schematische Darstellung der beiden Melodieintervalle.

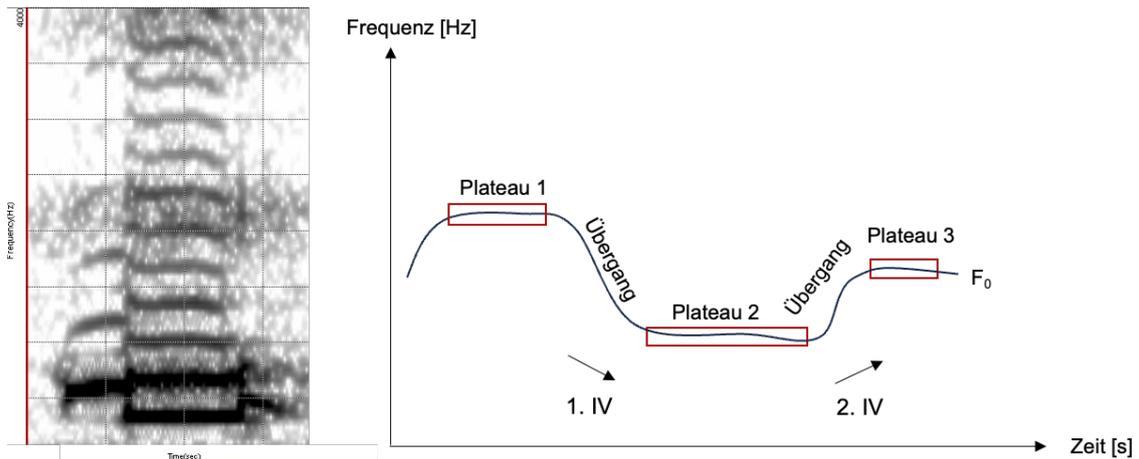


Abbildung 15: Melodieintervalle

Originalbeispiel eines Schmalbandspektrogramm-Ausschnitts mit zwei Frequenzsprüngen sowie eine schematische Darstellung des Grundfrequenzverlaufs F_0 ; 1. IV = erstes Melodieintervall (fallend) von Plateau 1 zu Plateau 2, 2. IV = zweites Melodieintervall (steigend) von Plateau 2 zu Plateau 3 (jeweils mit Übergang) x-Achse = Zeit [Sekunden], y-Achse = Frequenz [Hertz]

„Sie erinnern an Intervallstrukturen in der Musik und stellen Frequenzmodulationen dar, die die Leistungsfähigkeit der laryngealen Stimmerzeugung reflektieren“ (Ehlert, 2019, S. 3). Im Unterschied zu den Arbeiten von Armbrüster (2020) und Ehlert (2019) wurden die Intervalle in der vorliegenden Arbeit nur auditiv erfasst und nicht vermessen.

Vibrato

Kleinere Frequenzmodulationen, die mit einem Zittern der Stimme vergleichbar sind, wurden in der vorliegenden Arbeit als *Vibrato* bezeichnet. Abbildung 16 zeigt ein Beispiel für eine solche Vibratostruktur.

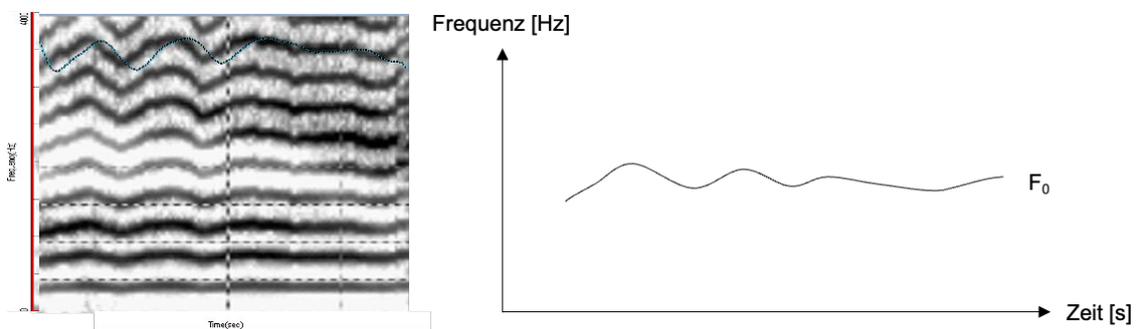


Abbildung 16: Vibrato-Struktur

Originalbeispiel eines Schmalbandspektrogramm-Ausschnitts mit Vibrato-Struktur sowie eine schematische Darstellung des Grundfrequenzverlaufs F_0 ; x-Achse = Zeit [Sekunden], y-Achse = Frequenz [Hertz]

Rhythmischer Charakter

Ein weiteres perzeptives Merkmal stellt der rhythmische Charakter dar, der durch eine gleichmäßige zeitliche Gliederung der Vokalisation entsteht. Dies geschieht beispielsweise durch die Sprachmelodie (Intonation) oder durch innermelodische Segmentierungen. Zum anderen entsteht der Eindruck einer rhythmischen Äußerung durch einen Wechsel von langen und kurzen oder betonten und unbetonten Silben.

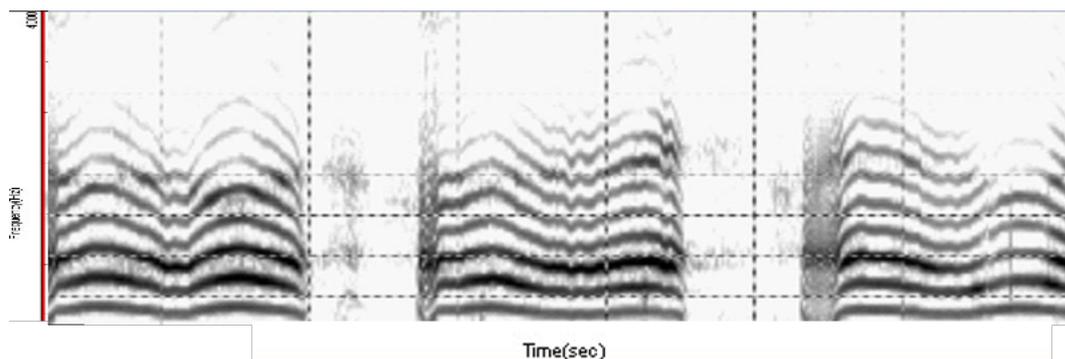


Abbildung 17: Schmalbandspektrum einer Lautaufnahme mit rhythmischem Charakter

Originalbeispiel Schmalbandspektrogramm einer Lautaufnahme mit rhythmischem Charakter (akustisch wahrgenommen): Bogenstruktur mit zwei Segmentierungen

x-Achse = Zeit [Sekunden], y-Achse = Frequenz [Hertz]

Visuelle Parameter

In Tabelle 11 sind die Kürzel der visuellen Parameter mit ihrer jeweiligen Bedeutung aufgelistet, die von der Autorin anhand der Spektrogramme und Melodiekonturen beschrieben und im Bemerkungsfeld in CDAP vermerkt wurden.

Tabelle 11: Kürzel visueller Parameter

KÜRZEL	BEDEUTUNG
B	Bogen
P	Pause
KL	Kurzlaut
A(shift) / E(shift)	Anlaut / Endlaut (mit Shift)
z.B. B-P-KL	Abfolge der Lautstruktur (Bogen-Pause-Kurzlaut)

Es wurden weitere visuelle Parameter bei der Analyse dokumentiert, die in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht ausgewertet wurden und deshalb hier keine Erwähnung finden.

2.4.3 Analyse auftretender Silbenbausteine im Alter des Babbelns

Bei einem Lautsignal, das als Babbelvokalisation (BM/BK) kategorisiert wurde, wurde die wahrgenommene Silbenanzahl dokumentiert. Sie wurde als „AS(x)“ für auditive Silben und die jeweils gehörte Anzahl im Bemerkungsfeld von CDAP notiert. Für die U-Laute wurde die Silbenanzahl nicht angegeben, da die meisten Lautäußerungen dieser Kategorie in Bezug auf eine Silbenstruktur zu instabil sind.

Mögliche Intervallsprünge erschweren die subjektive Zuordnung, da der Tonhöhenwechsel oftmals fälschlicherweise als neue Silbe interpretiert wird. Bei den Babbellauten mit Intervallen wurde ein erneutes, hörbares „Anschlagen“ der Stimmlippen und der Zunge des Säuglings als Beginn einer neuen Silbe gewertet.

Die Autorin möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, dass es sich bei den Silbenbausteinen „AS“ unter anderem um Protosilben als Vorstufen von Protowörtern handelt und nicht ausschließlich um „reife“ Silben, die in späteren Wortstrukturen vorkommen.

2.5 Melodiekomplexitätsindex (MCI)

Die Komplexität des Lautrepertoires eines Kindes oder einer Gruppe kann mithilfe des von Wermke et al. (2007) eingeführten Melodiekomplexitätsindex (Melody-Complexity-Index = MCI) bestimmt werden. Der MCI ist definiert als der Quotient aus komplexen Melodiestructuren und der Summe aller Strukturen (komplex und einfach) innerhalb eines untersuchten Datensatzes (siehe Tabelle 12). Der Index, der Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, beschreibt somit den Anteil komplexer Strukturen am Gesamtrepertoire: Je größer der errechnete Wert, desto höher ist der Anteil komplexer Strukturen in den untersuchten Daten.

Tabelle 12: Übersicht MCI

$MCI = \frac{KS}{ES+KS}$	Einfache Strukturen (ES)	Einfachbögen (1B)	Ohne Segmentierung
	Komplexe Strukturen (KS)	Mehrfachbögen (2B, 3B, MB)	
		Segmentierte Laute	Mit Segmentierung

Wie aus Tabelle 12 hervorgeht, gehören zu den einfachen Strukturen nur Melodien mit einem einzigen Bogen ohne Segmentierung. Alle mehrbogigen Melodien sowie jede Form segmentierter Lautäußerungen werden zu den komplexen Strukturen gezählt (vgl. Tabelle 9).

Der MCI kann anderen Arbeiten als Referenzwert dienen und es ermöglicht den Vergleich der Melodiekomplexität innerhalb eines Datensatzes. In der vorliegenden Arbeit wurde für jeden Säugling, unabhängig von der Anzahl der Lautaufnahmen, jeweils ein Mittelwert pro Vokalisationstyp bzw. Monat gebildet. Dieser „*kindgemittelte*“ Wert ist anschließend in die Gesamtberechnung eingeflossen.

2.6 Modifizierter Segmentierungs-Komplexitäts-Index (SCI*)

Entsprechend des MCI kann zudem der Anteil bzw. der Index berechnet werden, der sich auf die Komplexität der segmentierten Melodiestructuren bezieht.

Er basiert auf dem von Wermke et al. (2011) beschriebenen SI (Segmentierungsindex), der den Anteil einfach segmentierter Melodien an allen Mehrfachbögen beschreibt (ebd.). Dieser Index wurde von der Autorin der vorliegenden Arbeit leicht modifiziert und bezieht sich ausschließlich auf segmentierte Lautäußerungen. Der hier verwendete SCI* wurde von der Autorin, wie in Tabelle 13 beschrieben, definiert.

Tabelle 13: Übersicht SCI*

$SCI^* = \frac{KS}{ES+KS}$	Einfache Strukturen (ES)	Einfachsegmentierung (1S)
	Komplexe Strukturen (KS)	Mehrfachsegmentierungen (2S, 3S, MS)
		Komplexe Segmentierung (KSeg)

Äquivalent zum MCI stellen die einfach segmentierten Laute (1S) die einfachen Strukturen (ES) dar, während unter die komplexen Strukturen (KS) Mehrfachsegmentierungen (2S, 3S, MS) und komplexe Segmentierungen (KSeg) fallen. Der SCI* kann als Maß für die Rhythmisierungsgröße bezüglich des Vokalisationstyps und des Alters herangezogen werden.

2.7 Statistische Auswertung

Die Daten für die Statistik der vorliegenden Arbeit wurden von CDAP vermessen und in Microsoft Excel bzw. anschließend in SPSS transferiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 27) der Firma IBM (Somers, NY / USA). Die für die Datenstruktur geeigneten statistischen Verfahren wurden gemeinsam mit Daniela Keller (Statistik-Akademie) erarbeitet und von der Autorin der vorliegenden Arbeit selbstständig durchgeführt.

Im ersten Schritt wurde die deskriptive Analyse in Form von Häufigkeits- und Kreuztabellen durchgeführt, um einen Überblick über die Verteilung der Lautäußerungen zu erhalten. Alle Tabellen und statistischen Grafiken (Kreis-, Säulen-, Flächen- und Liniendiagramme) der Ergebnisse wurden mit SPSS und Excel erstellt. Zur Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurden Q-Q-Diagramme verwendet.

Neben einer Auswertung auf kindlevelbasierter Datenebene wurden die Parameter überwiegend signallevelbasiert analysiert, da die Anzahl der in die Statistik eingegangenen Lautäußerungen pro Säugling unterschiedlich war.

Für die anschließend berechneten verallgemeinerten gemischten Modelle (VGM) wurden die Modellvoraussetzungen jeweils mit Streudiagrammen überprüft. Dabei wurde auf die Passung von Varianz und Mittelwert von den Modellen und den Daten getestet. Bei einem Vorliegen einer Interaktion zwischen dem Alter und dem Vokalisationstyp – und damit einer Beeinflussung beider Komponenten – erfolgte die Berechnung des verallgemeinerten gemischten Modells (VGM) für jeden Vokalisationstyp separat. Wurde keine Interaktion festgestellt, gingen sowohl das Alter als auch der Vokalisationstyp als feste Effekte in das final gerechnete und interpretierte VGM ein.

Die Hierarchie der Daten, die die Notwendigkeit eines verallgemeinerten gemischten Modells zeigt, ist in Abbildung 18 dargestellt.

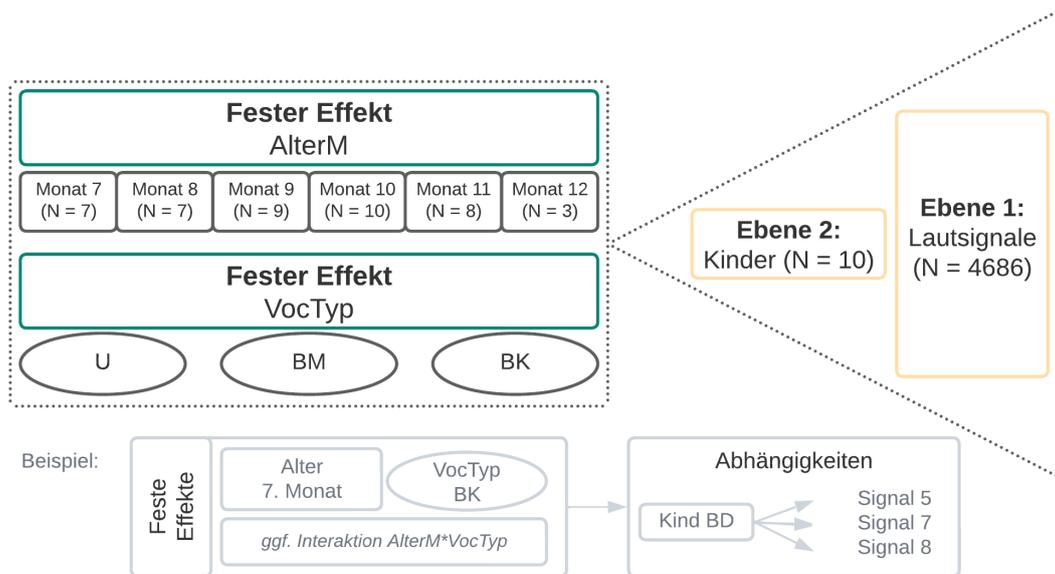


Abbildung 18: Datenhierarchie VGM

AlterM = Alter in Monaten, BM = Marginales Babbeln, BK = Kanonisches Babbeln, N = Anzahl, U = U-Laut, VocTyp = Vokalisationstyp

Da die Einzelsignale (N = 4686) von insgesamt zehn Säuglingen stammen, ist die Voraussetzung (unabhängige Datenerhebung) für eine logistische Regression nicht gegeben. Stattdessen liegt eine statistische Abhängigkeit aufgrund der Analyse auf Signalebene vor, die das VGM berücksichtigt.

Unabhängig vom Testverfahren wurde ein Ergebnis bei $p < 0,05$ als signifikant eingestuft.

3 Ergebnisse

Im Rahmen der Analysen der vorliegenden Arbeit wurde erstmalig systematisch die Melodiestructurentwicklung im zweiten Lebenshalbjahr an zehn gesunden Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache untersucht.

Die Ergebnisse gliedern sich in folgende Bereiche: Das erste Kapitel (3.1) liefert einen Überblick über die analysierten Lautäußerungen und deren Verteilung. Die Melodiestructurentwicklung wurde bezüglich des Alters und in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp untersucht. Dies wurde unter Differenzierung von einfachen und komplexen Strukturen vorgenommen.

Neben den klassischen Strukturen der Melodiekontur betrachtet Kapitel 3.2 die Ergebnisse hinsichtlich der Feinstrukturmerkmale. Es wird Bezug zu der sich entwickelnden Silbenstruktur genommen sowie zur Intonation, die einen wesentlichen Bestandteil der Sprache darstellt.

3.1 Melodiestructurentwicklung vom 7. – 12. Lebensmonat

Die Ergebnisse dieses Kapitels sollen Antworten auf die erste Fragestellung der Arbeit liefern: Welche klassischen Melodiestructurkategorien finden sich in den drei Vokalisationstypen im Untersuchungszeitraum und zeigen diese in ihrer Auftrittshäufigkeit eine Altersabhängigkeit?

Dazu wurden alle analysierten Lautäußerungen einschließlich der Kurzlaute von der Autorin einem der vier definierten Vokalisationstypen zugeordnet (Kap. 2.4.2.1) – Tabelle 14 zeigt das Ergebnis der Kategorisierung.

3 Ergebnisse

Tabelle 14: *Monatliche Verteilung der analysierten Lautaufnahmen auf die Vokalisationstypen*

AlterM = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln
 U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp, W = Wort

		Alter in Monaten							
		7	8	9	10	11	12	Gesamt	
VocTyp	BK	Anzahl	27	83	149	156	230	93	738
		% von AlterM	5,1%	11,4%	14,3%	18,7%	20,9%	20,1%	15,7%
	BM	Anzahl	392	523	743	573	715	289	3235
		% von AlterM	74,7%	72,1%	71,5%	68,7%	65,0%	62,4%	69,0%
	U	Anzahl	106	119	146	102	152	81	706
		% von AlterM	20,2%	16,4%	14,1%	12,2%	13,8%	17,5%	15,1%
	W	Anzahl	0	0	1	3	3	0	7
		% von AlterM			0,1%	0,4%	0,3%		0,1%
Gesamt		Anzahl	525	725	1039	834	1100	463	4686
		% von AlterM	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Die Anzahl der Lautäußerungen, die als „Wort“ klassifiziert werden konnten, ist mit 0,1 % aller analysierten Laute so gering, dass sie in weiteren Statistiken in die der kanonischen Babbellaute mit eingeflossen sind (siehe auch Kap. 2.4.2.1).

Nachfolgend werden die Lautäußerungen, gegliedert nach Vokalisationstyp, näher betrachtet.

3.1.1 Vokalisationstyp U-Laut

U-Laute traten im Untersuchungszeitraum mit einem Anteil von 15 % fast so häufig wie kanonische Babbellaute auf (Tabelle 14).

Das in Abbildung 19 abgebildete Flächendiagramm zeigt die Melodiestrukturentwicklung aller U-Laute im Untersuchungszeitraum.

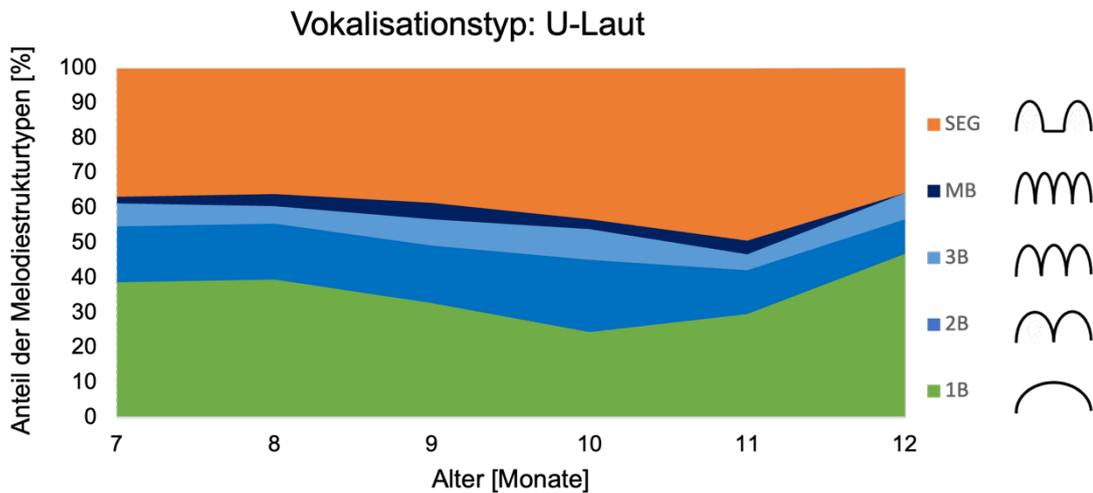


Abbildung 19: Flächendiagramm der Melodiestrukturentwicklung für den Vokalisationstyp U-Laut (Monat 7 - 12)

100 % entsprechen allen analysierten U-Lauten pro Monat;

MB = Mehrfachbogenstruktur, SEG = segmentierte Laute, 1B = einbogige Melodiestruktur, 2B = doppelbogige Melodiestruktur, 3B = dreibogige Melodiestruktur (Definition in Kap 2.4.2.3)

Das Flächendiagramm in Abbildung 19 zeigt, dass es im gesamten Untersuchungszeitraum mehr U-Laute mit komplexer Melodiekontur gab als mit nur einbogiger, einfacher Kontur. Der Anteil an komplexen Melodien betrug zwischen 60 - 70 % und erreichte im 10. Monat sein Maximum. Innerhalb der komplexen Formen hatten segmentierte Strukturen den größten Anteil, gefolgt von Doppelbogenstrukturen.

3.1.2 Vokalisationstyp Marginales Babbeln (BM)

Im Lautrepertoire des gesamten Untersuchungszeitraumes kamen marginale Babbellaute mit 69 % am häufigsten vor (Tabelle 14).

Das in Abbildung 20 abgebildete Flächendiagramm zeigt die Melodiestrukturentwicklung aller BM-Laute im Untersuchungszeitraum.

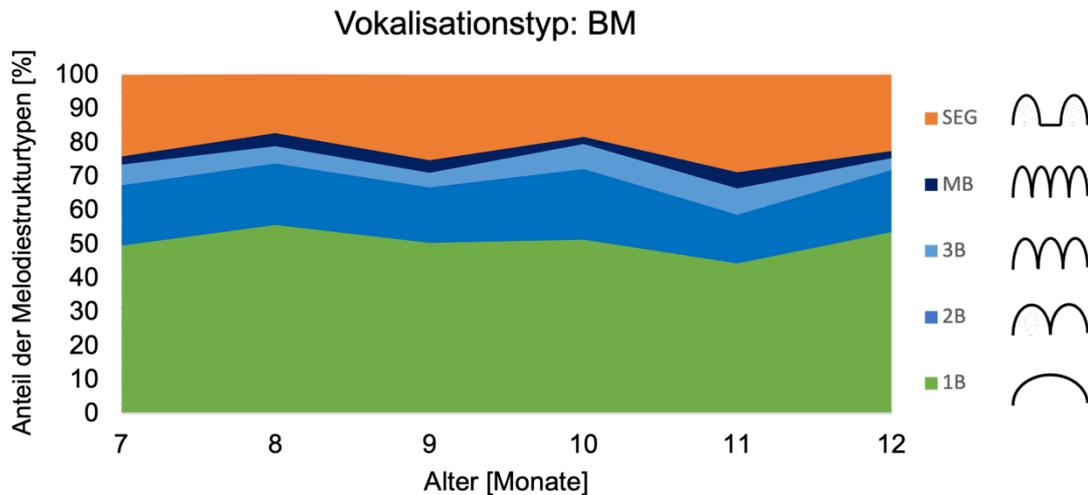


Abbildung 20: Flächendiagramm der Melodiestrukturentwicklung für den Vokalisationstyp Marginales Babbeln (BM) (Monat 7 - 12)

100 % entsprechen allen analysierten marginalen Babbellaute pro Monat;

MB = Mehrfachbogenstruktur, SEG = segmentierte Laute, 1B = einbogige Melodiestruktur, 2B = doppelbogige Melodiestruktur, 3B = dreibogige Melodiestruktur

Im marginalen Babbeln zeigte sich über den gesamten Untersuchungszeitraum ein relativ konstant hoher Anteil an einbogigen Melodien (1B) (ca. 50 %). Auch die anderen Melodiestrukturtypen haben sich in ihren Anteilen über den Untersuchungszeitraum hinweg nur relativ wenig verändert.

3.1.3 Kanonisches Babbeln (BK)

Im Lautrepertoire des gesamten Untersuchungszeitraumes betrug der Anteil der kanonischen Babbellaute 16 % (Tabelle 14). Die Verteilung der Melodiestructurtypen in kanonischen Babbellauten im Verlauf des zweiten Lebenshalbjahres ist in Abbildung 21 abgebildet.

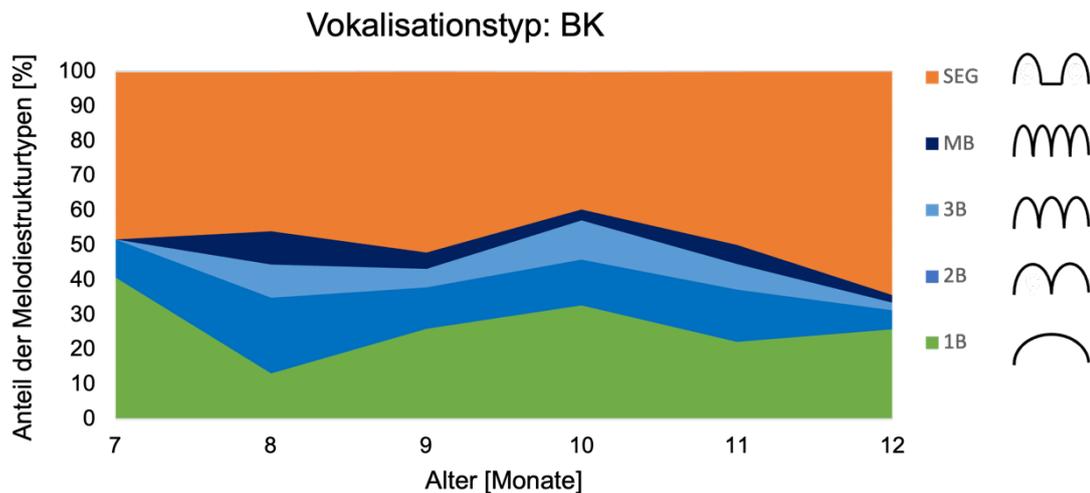


Abbildung 21: Flächendiagramm der Melodiestructurentwicklung für den Vokalisationstyp Kanonisches Babbeln (BK) (Monat 7 - 12)

100 % entsprechen allen analysierten kanonischen Babbellauten pro Monat;

MB = Mehrfachbogenstruktur, SEG = segmentierte Laute, 1B = einbogige Melodiestructur, 2B = doppelbogige Melodiestructur, 3B = dreibogige Melodiestructur

Bei den kanonischen Babbellauten wurde ein vergleichsweise geringer Anteil an einbogigen Melodiestructuren und ein hoher Anteil an segmentierten Vokalisationen festgestellt.

Die segmentierten Melodien machten in jedem Monat etwa die Hälfte aller kanonischen Lautäußerungen aus und erreichten ihr Maximum im 12. Monat. Die einbogige Struktur hatte ihr Minimum im 8. Monat.

3.1.4 Einfache vs. Komplexe Melodiestrukturen

In diesem Kapitel soll anhand der vorliegenden Ergebnisse folgende Frage beantwortet werden: Zeigt sich in den Vokalisationstypen bei Unterscheidung von einfachen und komplexen Melodiekonturen eine Komplexitätszunahme mit dem Alter?

Um diese Frage zu beantworten, wurde ein verallgemeinertes gemischtes Modell (VGM) mit der dichotomen Variablen (komplex / nicht komplex) berechnet. Basierend auf den Vermessungen wurde für jede Vokalisation bestimmt, ob ihre Melodiekontur einfach (1B) oder komplex (mehrbogig/segmentiert) war (vgl. Kap 2.5). Die Interaktion zwischen Alter (in Monaten) und dem Vokalisationstyp war nicht signifikant und ging deshalb nicht in das finale Modell in Tabelle 15 mit ein. Die dichotome Variable wurde als Melodiekomplexität (MK) bezeichnet.

Tabelle 15: Verallgemeinertes gemischtes Modell: Melodiekomplexität (MK) ohne Interaktion

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = U-Laut, VocTyp = Vokalisationstyp

Schätzer = 0,064, p-Wert = 0,043; AIC / Akaike = 20144,243

a) Referenz VocTyp = U

Modellterm	Feste Koeffizienten ^a							95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	Unterer	Oberer
					Unterer	Oberer			
Konstanter Term	0,646	0,2570	2,512	0,012	0,141	1,151	1,907	1,151	3,160
AlterM0	0,037	0,0454	0,818	0,413	-0,052	0,126	1,038	0,949	1,134
VocTyp=BK	0,401	0,2803	1,432	0,152	-0,148	0,951	1,494	0,862	2,588
VocTyp=BM	-0,665	0,1472	-4,513	<0,001	-0,953	-0,376	0,515	0,386	0,687
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: MK

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

3 Ergebnisse

b) Referenz VocTyp = BK

Modellterm	Feste Koeffizienten ^a							95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
	Koeffizient	Std.- Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
Konstanter Term	1,047	0,2393	4,375	<0,001	0,576	1,518	2,849	1,047	0,2393
AlterM0	0,037	0,0454	0,818	0,413	-0,052	0,126	1,038	0,037	0,0454
VocTyp=U	-0,401	0,2803	-1,432	0,152	-0,951	0,148	0,669	-0,401	0,2803
VocTyp=BM	-1,066	0,2170	-4,912	<0,001	-1,491	-0,640	0,344	-1,066	0,2170
VocTyp=BK	0 ^b	.	.	.	.	.	.	0 ^b	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: MK

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Zur Interpretation des gemischten Modells wird in Tabelle 16 zusätzlich die deskriptiven Häufigkeiten komplexer Strukturen berichtet.

Tabelle 16: *Auftrittshäufigkeiten komplexer Strukturen in den Vokalisationstypen U, BM, BK*

100 % entsprechen allen Lautaufnahmen eines Vokalisationstyps pro Monat;

AlterM = Alter in Monaten; BK = kanonisches Babbeln, BM = marginales Babbeln, U = U-Laut

		Alter in Monaten						Gesamt
		7	8	9	10	11	12	
U	Anzahl	65	72	98	77	107	43	462
	% von AlterM	61,3%	60,5%	67,1%	75,5%	70,4%	53,1%	65,4%
BM	Anzahl	198	232	368	279	399	134	1610
	% von AlterM	50,5%	44,4%	49,5%	48,7%	55,8%	46,4%	49,8%
BK	Anzahl	16	72	111	107	181	69	556
	% von AlterM	59,3%	86,7%	74,0%	67,3%	77,7%	74,2%	74,6%
Gesamt	Anzahl	279	376	577	463	687	246	2628
	% von AlterM	53,1%	51,9%	55,5%	55,5%	62,5%	53,1%	56,1%

3 Ergebnisse

Während aus Tabelle 16 ersichtlich wird, dass komplexe Strukturen am häufigsten im BK zu erwarten sind, zeigte das entsprechende VGM in Tabelle 15, dass die Komplexität im BM sowohl im Vergleich zum Vokalisationstyp U (Tabelle 15a) als auch zu BK (Tabelle 15b) signifikant geringer war.

Tabelle 17: VGM: MK in U, BM und BK

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = U-Laut, Voctypep = Vokalisationstyp

Voc Typ	Parameter	Koeffizient	Std.-fehler	T	Sig.	95% Konfidenz-Intervall		Akaike [AIC]	Zufälliger Konstanter Term	
						Untergrenze	Obergrenze		Koeffizient	Sig.
						U	Konstanter Term		0,665	0,0868	7,665	0,152	-2,696	4,027	3088,657	0,160	0,110
	AlterM0	0,047	0,0519	0,912	0,362	-0,055	0,149			
BM	Konstanter Term	-0,011	0,1655	-0,064	0,949	-0,340	0,318	13708,114	0,056	0,040
	AlterM0	0,034	0,0534	0,645	0,519	-0,070	0,139			
BK	Konstanter Term	0,947	0,4251	2,228	0,027	0,107	1,787	3398,740	0,275	0,194
	AlterM0	0,038	0,1351	0,283	0,777	-0,227	0,303			

Die drei separat gerechneten Modelle (VGM) zeigen für keinen der drei Vokalisationstypen einen signifikanten Alterseffekt (Tabelle 17), d.h. dass die Anzahl der als komplex identifizierter Einzelsignale mit dem Alter nicht signifikant zunahm.

3.1.4.1 MCI und SCI*

Eine Differenzierung der komplexen Strukturtypen in nicht-segmentierte und durch innermelodische Pausen segmentierte Melodiekonturen erlaubt den Vergleich der Maßzahlen MCI und SCI* (Kapitel 2.5 und 2.6)

Zunächst erfolgte die Berechnung des monatlichen MCI bzw. SCI* für jedes Kind. Davon wurde ein Mittelwert über die Kinder ermittelt und in Abbildung 22 für den MCI bzw. in Abbildung 24 für den SCI* graphisch dargestellt.

Melodie-Komplexitäts-Index (MCI)

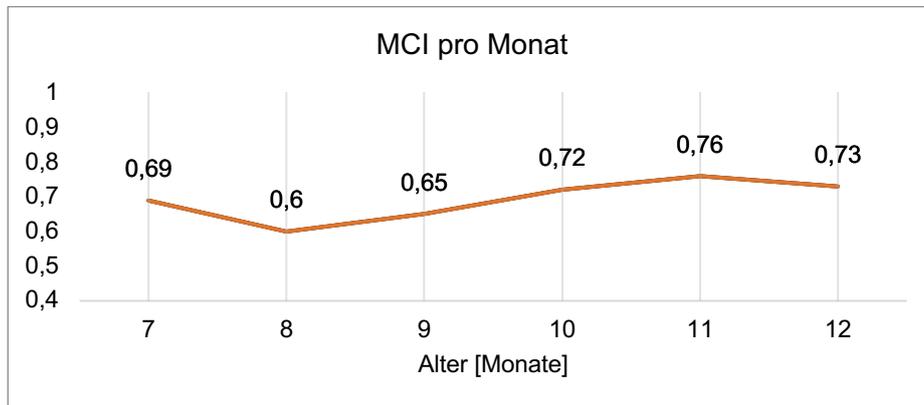


Abbildung 22: Liniendiagramm des MCI pro Monat

MCI (Melodiekomplexitätsindex); die monatlichen MCI-Werte sind Mittelwerte der zuvor berechneten Maßzahlen pro Kind

Da keine lineare Zunahme des MCI vorlag und im VGM der Melodiekomplexität (Tabelle 15) eine Abhängigkeit vom Vokalisationstyp erkennbar war, wurde eine Korrelationsanalyse vom MCI mit dem Alter durchgeführt. Aufgrund der Normalverteilung und der Hypothese, dass der MCI mit dem Alter zunimmt, wurde einseitig nach Pearson getestet.

Tabelle 18: Pearson-Korrelationen MCI mit dem Alter

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, MCI = Melodiekomplexitätsindex, N = Anzahl, Sig. = Signifikanzniveau, U = U-Laut, * = signifikante Korrelation

1-seitige Testung aufgrund einer gerichteten Hypothese (erwartete Zunahme)

Korrelationen

		MCI	Alter
MCI	Pearson-Korrelation	1	,330*
	Sig. (1-seitig)		,014
	N	44	44

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.

Korrelationen		MCI U	MCI BM	MCI BK
Alter	Pearson-Korrelation	,094	,228	,320*
	Sig. (1-seitig)	,286	,068	,028
	N	39	44	36

Tabelle 18 zeigt die Person-Korrelation des MCI vom gesamten Vokalisationsrepertoire im zweiten Lebenshalbjahr, die einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter und des MCI bestätigen konnte. Bei der Betrachtung pro Vokalisationstyp war dieser signifikante Zusammenhang nur beim Vokalisationstyp BK erkennbar.

Segmentierungs-Komplexitäts-Index* (SCI*)

Der Segmentierungs-Komplexitäts-Index* berechnet sich aus dem Quotienten der Anzahl an komplex segmentierten Vokalisationen (KS = KSeg, 2S, 3S, MS) und der Gesamtzahl der segmentierten Vokalisationen, einschließlich der einfach segmentierten (ES = 1S) (Kapitel 2.6). Ein Überblick über die relative Verteilung der segmentierten Melodiestructurtypen liefert Abbildung 23.

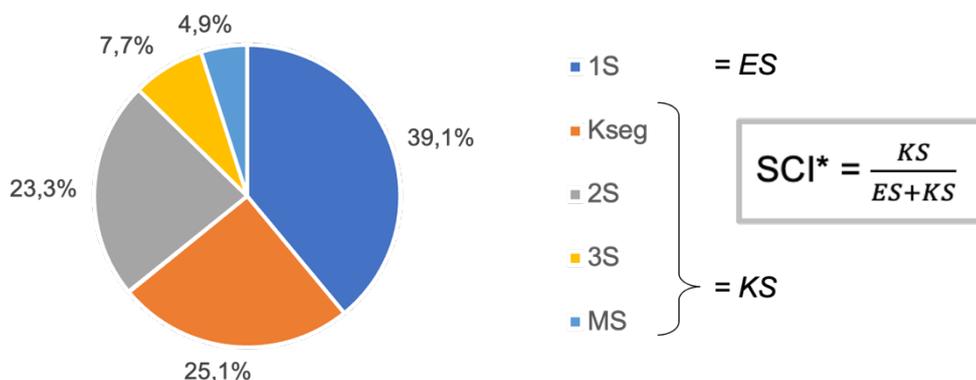


Abbildung 23: Relative Verteilung der segmentierter Melodiestructurtypen

1S/2S/3S = 1/2/3 Segmentierung(en), ES = einfach segmentiert, MS = Mehrfachsegmentierung, KS = komplex segmentiert, KSeg = Komplexe Segmentierung, SCI* = Segmentierungs-Komplexitäts-Index*

Der SCI* drückt hier in einer Maßzahl aus, was bereits in den Entwicklungsdiagramme der drei Vokalisationstypen (Abbildung 19, Abbildung 20 und Abbildung 21) deutlich wurde – die auffällige Zunahme segmentierter Lautstrukturen. Sowohl beim Betrachten der drei Vokalisationstypen (Tabelle 19) als auch beim Verlauf über die Monate des zweiten Lebenshalbjahres (Abbildung 24) zeigte sich eine Veränderung des Segmentierungs-Komplexitäts-Index*.

3 Ergebnisse

Tabelle 19: SCI* in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, U = U-Laut

	BK	BM	U
SCI*	0,70	0,57	0,59

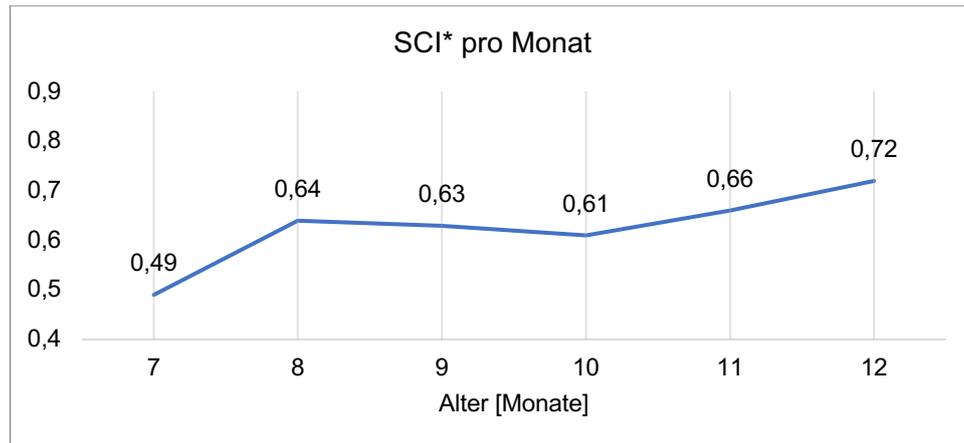


Abbildung 24: Liniendiagramm des SCI* pro Monat

Der SCI* war im kanonischen Babbeln im Vergleich zu den anderen Vokalisationstypen mit 0,7 (entspricht 70 %) deutlich höher als bei BM (57 %) und U (59 %). Das Maximum des SCI* in Abhängigkeit vom Alter fand sich überdies am Ende des zweiten Lebenshalbjahres in Monat 12 mit 0,72 (72 %).

In der Pearson-Korrelation konnte allerdings weder im kindgemittelten SCI* des Gesamtdatenkorpus noch bei Betrachtung der einzelnen Vokalisationstypen eine Signifikanz bezüglich eines Alterseffekts gefunden werden (Tabelle 20).

3 Ergebnisse

Tabelle 20: Pearson-Korrelation SCI* mit dem Alter

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, N = Anzahl, SCI = Segmentierungskomplexitätsindex*, Sig. = Signifikanzniveau, U = U-Laut

1-seitige Testung aufgrund einer gerichteten Hypothese (erwartete Zunahme)

Korrelationen			
		Alter	SCI*
Alter	Pearson-Korrelation	1	,236
	Sig. (1-seitig)		,061
	N	44	44

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.

Korrelationen		SCI*U	SCI*BM	SCI*BK
Alter	Pearson-Korrelation	,135	,164	,087
	Sig. (1-seitig)	,219	,149	,309
	N	35	42	35

3.2 Auftrittshäufigkeit der Feinstrukturmerkmale

Neben den Hauptmerkmalen, die die Bogenstruktur der Melodien betreffen, wurden von der Autorin auch Feinstrukturmerkmale untersucht und analysiert. Die Fragestellung lautete: Gibt es weitere auditiv wahrnehmbare Merkmale in den Vokalisationen im Untersuchungszeitraum und zeigen diese eine Altersabhängigkeit?

Das Auftreten der fünf von der Autorin ausgewählten, perzeptiv analysierten Elemente der Lautaufnahmen ist in Tabelle 21 in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp aufgelistet.

Die als Kurzlaute vermessenen Lautäußerungen gingen nicht in die Feinstrukturanalyse mit ein (vgl. Kap. 2.4.2.7).

Tabelle 21: Häufigkeiten der perzeptiv wahrgenommenen Elemente pro Vokalisationstyp

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Rh = rhythmischer Charakter, IV = Melodieintervall, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp; 100 % entsprechen allen Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

		VocTyp			Gesamt
		BK	BM	U	
Gesamtanzahl		745	3235	706	4686
IV	Anzahl	360	1834	371	2565
	% von VocTyp	48,3%	56,7%	52,5%	54,7%
Rh	Anzahl	461	1127	199	1787
	% von VocTyp	61,9%	34,8%	28,2%	38,1%
Anlaut	Anzahl	200	925	211	1336
	% von VocTyp	26,8%	28,6%	29,9%	28,5%
Endlaut	Anzahl	250	1219	242	1711
	% von VocTyp	33,6%	37,7%	34,3%	36,5%
vibrato	Anzahl	11	185	69	265
	% von VocTyp	1,5%	5,7%	9,8%	5,7%

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die hier dokumentierten, auditiv wahrgenommenen Feinstrukturmerkmale in den nachfolgenden Kapiteln separat aufgeführt.

Die Regelmäßigkeit des Auftretens wurde für jedes dieser fünf Feinstrukturmerkmale durch ein *verallgemeinertes, gemischtes Modell* (VGM) überprüft (siehe Kap. 2.7).

3.2.1 Melodieintervalle (IV)

Die subjektiv wahrgenommene und dokumentierte Variable „Melodieintervalle“ ist in der vorliegenden Arbeit in Kap. 2.4.2.7 (S. 40) beschrieben. Mit 2565 Lautäußerungen lag bei über 50 % aller Vokalisationen im untersuchten Datenkorpus ein Melodieintervall vor. Die relative Auftrittshäufigkeit pro Monat über alle Vokalisationstypen zeigt Abbildung 25.

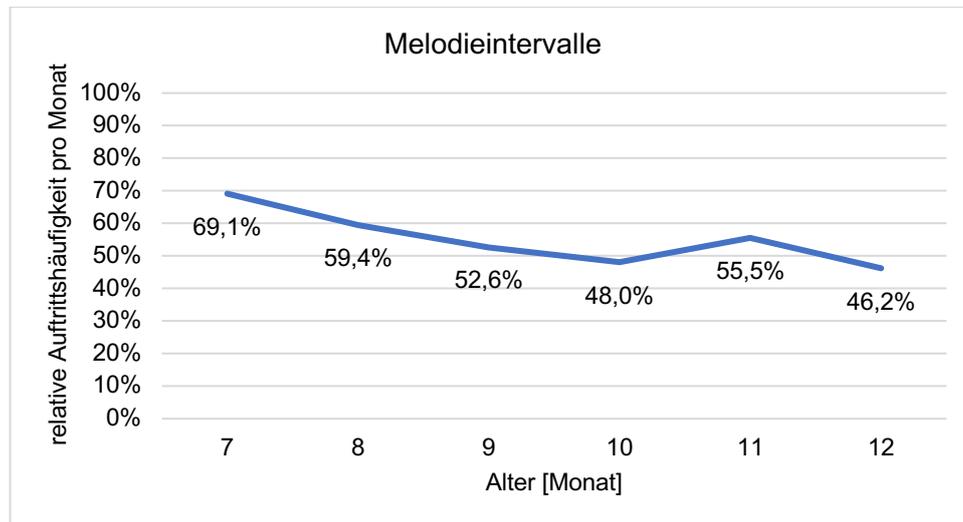


Abbildung 25: Relative Auftrittshäufigkeit von Melodieintervallen pro Monat (Gesamtdatenkorpus)

Im Untersuchungszeitraum konnte für die Melodieintervalle im Vokalisationstyp BK eine signifikante Interaktion mit dem Alter beobachtet werden (Tabelle 22). Auch beim Vokalisationstyp BM war die Interaktion mit dem Alter tendenziell signifikant (Tabelle 22).

3 Ergebnisse

Tabelle 22: Verallgemeinertes gemischtes Modell: Melodieintervalle

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp, * = Interaktion

Schätzer = 0,098; p-Wert = 0,055; AIC = 20016,070

Modellterm	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp(Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
					Konstanter Term	0,573		0,1876	3,056	0,003	0,200	0,947	1,774	1,221	2,577
AlterM0	-0,207	0,0276	-7,528	<0,001	-0,261	-0,153	0,813	0,770	0,858
VocTyp=BK	-0,739	0,3967	-1,862	0,063	-1,516	0,039	0,478	0,220	1,040
VocTyp=BM	0,052	0,2116	0,248	0,804	-0,362	0,467	1,054	0,696	1,596
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.
AlterM0* [VocTyp=BK]	0,232	0,0638	3,635	<0,001	0,107	0,357	1,261	1,113	1,429
AlterM0* [VocTyp=BM]	0,066	0,0349	1,897	0,058	-0,002	0,135	1,068	0,998	1,144
AlterM0* [VocTyp=U]	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: IV

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Da die Interaktion eine Interpretation der Haupteffekte verfälschen würde, wurde das Modell für die drei Vokalisationstypen jeweils separat gerechnet.

In Tabelle 23 sind die Ergebnisse der VGMs für die Vokalisationstypen U, BM und BK zusammengefasst.

3 Ergebnisse

Tabelle 23: VGM: Melodieintervalle in U, BM, BK

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, IV = Melodieintervall, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, Voctyp = Vokalisationstyp

Voc Typ	Para- meter	Ko- effizient	Std.- fehler	T	Sig.	95% Konfidenz- Intervall		Akaike [AIC]	Zufälliger Konstanter Term	
						Untergrenze	Obergrenze		Koeffizient	Sig.
U	Konstanter Term	0,720	0,1927	3,736	0,009	0,250	1,190	3050,729	0,291	0,190
	AlterM0	-0,198	0,0187	-10,591	<0,001	-0,235	-0,161			
BM	Konstanter Term	0,633	0,1212	5,224	<0,001	0,376	0,891	13819,787	0,085	0,051
	AlterM0	-0,136	0,0324	-4,203	<0,001	-0,200	-0,073			
BK	Konstanter Term	-0,223	0,2715	-0,822	0,414	-0,764	0,317	3174,334	0,120	0,104
	AlterM0	0,005	0,0644	0,084	0,933	-0,121	0,132			

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit

a. Ziel: IV

In den Lautäußerungen, die als Übergangslaute kategorisiert wurden, trat ein signifikanter Alterseffekt auf, bei dem es zu einer Abnahme der Auftrittswahrscheinlichkeit von Melodieintervallen im Laufe des Untersuchungszeitraumes kam. Dasselbe Phänomen trat bei den marginalen Babbellauten auf. Demgegenüber steht der Zusammenhang der Intervallstrukturen mit dem Alter im kanonischen Babbeln: Der p-Wert (AlterM0) war mit $p = 0,933$ im Vergleich zu den anderen beiden Vokalisationstypen nicht signifikant.

Die relative Auftrittshäufigkeit der wahrgenommenen Melodieintervalle pro Monat und pro Vokalisationstyp sind in Abbildung 26 graphisch dargestellt.

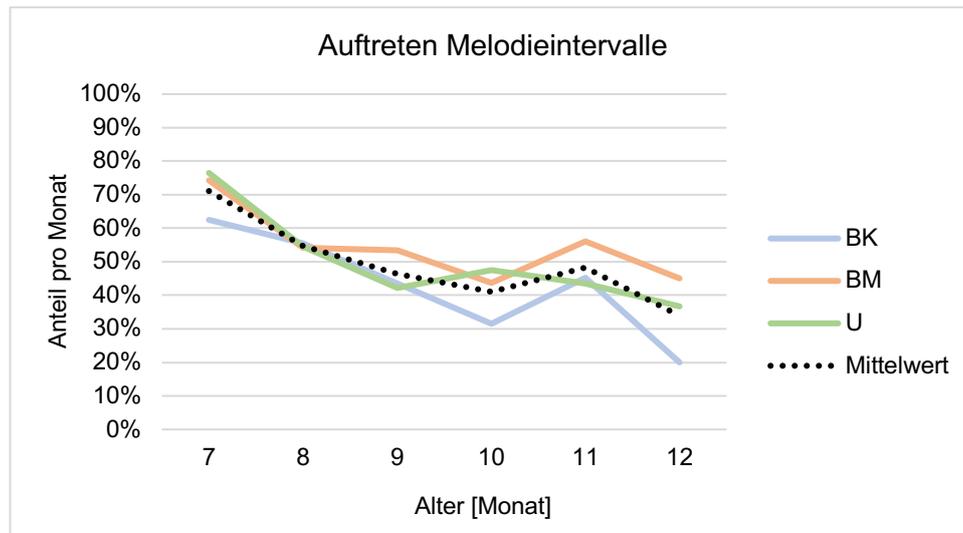


Abbildung 26: Relative Auftrittshäufigkeit von Melodieintervallen pro Monat und Vokalisationstyp

Für die Verdeutlichung der Tendenz stellt die schwarz gepunktete Linie den Mittelwert der Ergebnisse der drei Vokalisationstypen dar, um den Einfluss der unterschiedlichen Signalanzahlen auszugleichen. Dabei wird ersichtlich, dass mit Ausnahme von Monat 11 eine sukzessive Abnahme des Auftretens von Melodieintervallen im zweiten Lebenshalbjahr vorlag.

3.2.2 Rhythmischer Charakter (Rh)

In der vorliegenden Datenanalyse wurde bei 1787 Lautäußerungen ein auffällig rhythmischer Charakter (Rh) festgestellt. Dies entspricht etwa 40 % aller analysierten Vokalisationen (Tabelle 21).

Tabelle 24: Verallgemeinertes gemischtes Modell: Rhythmischer Charakter

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, Voctypep = Vokalisationstyp

Schätzer = 0,091 ; p-Wert = 0,050; AIC = 20427,016

Modellterm	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
					Konstanter Term	-1,049		0,1841	-5,695	<0,001	-1,414	-0,683	0,350	0,243	0,505
AlterM0	0,026	0,0283	0,907	0,365	-0,030	0,081	1,026	0,971	1,085
VocTyp=BK	1,410	0,2837	4,970	<0,001	0,854	1,966	4,096	2,349	7,144
VocTyp=BM	0,344	0,1809	1,902	0,057	-0,011	0,698	1,410	0,989	2,011
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: Rh

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Das Auftreten von *Rh* schien unabhängig vom Alter des Säuglings (in Monaten) oder dessen Interaktion mit dem Vokalisationstyp zu sein. Allerdings trat der rhythmische Charakter signifikant häufiger beim Vokalisationstyp BK im Vergleich zum U-Laut auf. Im Untersuchungszeitraum gab es beim Vokalisationstyp BM eine tendenzielle Signifikanz der höheren Auftretswahrscheinlichkeit gegenüber den U-Lauten. Die beschriebenen Zusammenhänge sind im VGM in Tabelle 24 dargestellt.

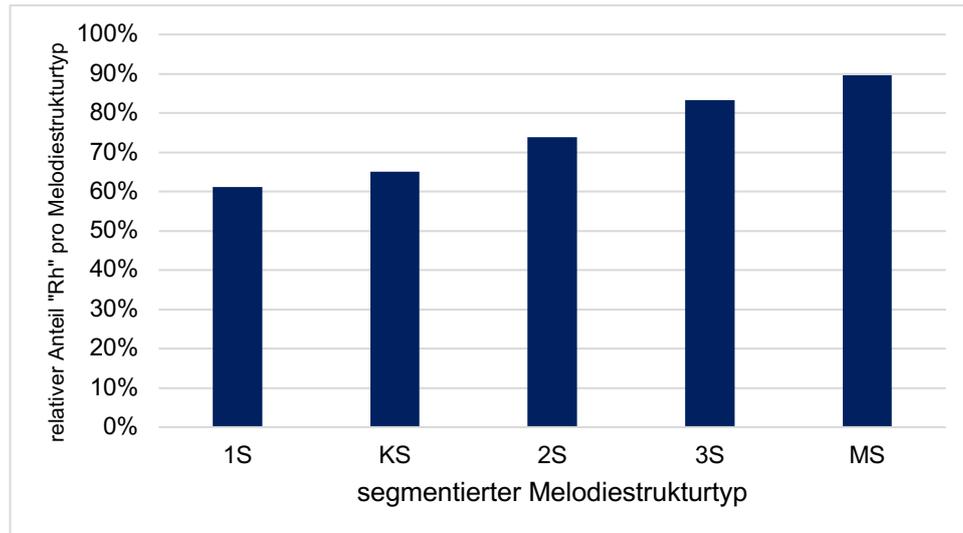


Abbildung 27: Anteil des rhythmischen Charakters in Abhängigkeit vom segmentierten Melodiestructurtyp

Das Balkendiagramm in Abbildung 27 verdeutlicht den Einfluss der Segmentierung auf die Wahrnehmung eines rhythmischen Charakters. Je mehr Segmentierungen eine Vokalisation aufwies, desto höher war der relative Anteil der als rhythmisch empfundenen und bewerteten Lautaufnahmen.

3.2.3 An- und Endlaut

Die möglichen Ein- bzw. Ausschwingungsvorgänge, die als *An- und Endlaute* bezeichnet werden (Kap. 2.4.2.5), sind mit ihrer absoluten und relativen Auftrittshäufigkeit in Tabelle 21 aufgelistet.

Sowohl bezüglich eines Alterseffekts als auch in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp ließen sich keine signifikante Veränderung im Auftreten von An- und Endlauten feststellen. Lediglich eine (im Vergleich zum U-Laut) tendenziell höhere Auftrittswahrscheinlichkeit der Ausschwingvorgänge zeigte sich im BM ($p = 0,084$). Die Ergebnisse des VGMS sind der Tabelle 25 zu entnehmen.

Tabelle 25: Verallgemeinertes gemischtes Modell: Endlaute

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp

Schätzer = 0,151; p-Wert = 0,081; AIC = 20301,473

Modellterm	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
					Konstanter Term	-0,798		0,1496	-5,335	< 0,001	-1,118	-0,479	0,450	0,327	0,620
AlterM0	< 0,001	0,0321	-0,013	0,989	-0,063	0,062	1,000	0,939	1,064
VocTyp=BK	0,044	0,1529	0,287	0,774	-0,256	0,344	1,045	0,774	1,410
VocTyp=BM	0,195	0,1129	1,726	0,084	-0,027	0,416	1,215	0,974	1,516
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: E

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

3.2.4 Vibrato

Vibrato-Elemente sind Frequenzmodulationen mit kleiner Amplitude, deren Auftrittshäufigkeit ebenfalls eine spezielle Statistik erforderte.

Wie Tabelle 26 zeigt, gab es bezüglich des Auftretens von Vibrato-Elementen eine Interaktion zwischen dem Alter der Säuglinge in Monaten und dem Vokalisationstyp BK.

Tabelle 26: Verallgemeinertes gemischtes Modell: Vibrato

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp, * = Interaktion

Schätzer = 0,158; p-Wert = 0,106; AIC = 28434,221

Modellterm	Koeffizient	Std.- Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Co- efficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
Konstanter Term	-1,923	0,4799	-4,006	<0,001	-2,865	-0,981	0,146	0,057	0,375
AlterM0	-0,096	0,1304	-0,733	0,463	-0,351	0,160	0,909	0,704	1,174
VocTyp=BK	-0,422	0,5480	-0,770	0,441	-1,496	0,653	0,656	0,224	1,920
VocTyp=BM	-0,468	0,3843	-1,217	0,224	-1,221	0,286	0,626	0,295	1,331
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.
AlterM0* [VocTyp=BK]	-0,667	0,1611	-4,144	<0,001	-0,983	-0,352	0,513	0,374	0,703
AlterM0* [VocTyp=BM]	-0,070	0,1194	-0,583	0,560	-0,304	0,164	0,933	0,738	1,179
AlterM0* [VocTyp=U]	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: Vibrato

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Da die Interaktion eine Interpretation der Haupteffekte verfälschen würde, wurde auch hier das statistische Auftreten für die drei Vokalisationstypen separat ausgewertet.

3 Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle 27 sind die Ergebnisse des VGMs bezüglich des Auftretens von Vibrato-Elementen in den Vokalisationstypen U, BM und BK aufgelistet.

Tabelle 27: VGM: Vibrato in den Vokalisationstypen U, BM, BK

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, Voctyp = Vokalisationstyp

Voc Typ	Parameter	Koeffizient	Std.-fehler	T	Sig.	95% Konfidenz-Intervall		Akaike [AIC]	Zufälliger Konstanter Term	
						Untergrenze	Obergrenze		Koeffizient	Sig.
						U	Konstanter Term		-2,027	0,5143	-3,941	<0,001	-3,072	-0,983	3817,359	0,841	0,567
	AlterM0	-0,014	0,1161	-0,118	0,906	-0,242	0,214			
BM	Konstanter Term	-2,403	0,2524	-9,520	<0,001	-2,904	-1,902	18755,918	0,096	0,079
	AlterM0	-0,171	0,0827	-2,072	0,038	-0,334	-0,009			
BK	Konstanter Term	-2,753	0,2396	-11,491	<0,001	-3,223	-2,283	4126,883	Parameter ist redundant	
	AlterM0	-0,173	0,0674	-2,567	0,010	-0,306	-0,041			

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit

a. Ziel: Vibrato

Bei Betrachtung des negativen Koeffizienten kann eine signifikante Abnahme der Auftrittswahrscheinlichkeit von Vibrato-Elementen im Laufe des Untersuchungszeitraum angenommen werden.

Anders als beim Babbeln zeigte der p-Wert bei den Übergangslauten ($p = 0,908$) keinen signifikanten Alterseffekt.

3.2.5 Konstriktionen (KA / KE)

In den folgenden verallgemeinerten gemischten Modellen für die Konstriktionen am Bogenanfang (KA) (Tabelle 28) und am Bogenende (KE) (Tabelle 29) zeigte sich für beide Elemente ein signifikanter Einfluss der Vokalisationstypen. Für keines der beiden Konstriktionselemente konnte eine Interaktion zwischen Vokalisationstyp und Alter festgestellt werden.

Die Auftrittswahrscheinlichkeit von Konstriktionen war sowohl am Bogenanfang (KA) als auch am Bogenende (KE) im BM und BK signifikant geringer im Vergleich zu den U-Lauten.

Tabelle 28: Verallgemeinertes gemischtes Modell: KA

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, Voctypep = Vokalisationstyp

Schätzer = 0,742; p-Wert = 0,443; AIC = 25457,385

Modellterm	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
					Konstanter Term	-1,606		0,3159	-5,084	<0,001	-2,311	-0,901	0,201	0,099	0,406
AlterM0	-0,154	0,0594	-2,601	0,009	-0,271	-0,038	0,857	0,763	0,963
VocTyp=BK	-1,133	0,2567	-4,412	<0,001	-1,636	-0,629	0,322	0,195	0,533
VocTyp=BM	-0,585	0,2149	-2,723	0,007	-1,006	-0,164	0,557	0,366	0,849
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit^a

a. Ziel: KA

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Für KA konnte zusätzlich das Alter (in Monaten) als signifikanter Einflussfaktor identifiziert werden (Tabelle 28), wohingegen bei KE kein signifikanter Alterseffekt festgestellt wurde (Tabelle 29).

3 Ergebnisse

Tabelle 29: Verallgemeinertes gemischtes Modell: KE

AlterM0 = Alter in Monaten, BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Exp (Coefficient) = $e^{\text{Koeffizient}}$, Koeffizient = Schätzer, Sig. = Signifikanz, Std.-Fehler = Standardfehler, T = Teststatistik, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp

Schätzer = 0,458; p-Wert = 0,269; AIC = 29932,751

Feste Koeffizienten ^a									
Modellterm	Koeffizient	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall		Exp (Coefficient)	95% Konfidenzintervall für Exp (Coefficient)	
					Unterer	Oberer		Unterer	Oberer
Konstanter Term	-2,446	0,2844	-8,601	< 0,001	-3,047	-1,844	0,087	0,047	0,158
AlterM0	-0,119	0,1079	-1,105	0,269	-0,331	0,092	0,888	0,718	1,097
VocTyp=BK	-1,759	0,3377	-5,208	< 0,001	-2,421	-1,097	0,172	0,089	0,334
VocTyp=BM	-0,637	0,2140	-2,976	0,003	-1,057	-0,217	0,529	0,348	0,805
VocTyp=U	0 ^b	.	.	.	.	.	.	.	.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Binomial

Verknüpfungsfunktion: Logit

a. Ziel: KE

b. Dieser Koeffizient wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

3.2.6 Konsonanten in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp

Für die Analyse der Konsonanten wurden beim Babbeln alle Konsonanten (CA) und beim marginalen Babbeln zusätzlich die Vorstufe Protokonsonant (C?A) am Bogenanfang dokumentiert und in der Statistik deskriptiv ausgewertet. Aus diesem Grund sind in Tabelle 30 beide Konsonantenformen im Vokalisationstyp BM enthalten.

Tabelle 30: (Proto-)Konsonanten im Babbeln (BM & BK)

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, CA = Konsonant am Bogenanfang, C?A = Protokonsonant am Bogenanfang; Voctypep = Vokalisationstyp

100 % entsprechen allen Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

Anmerkung: Im Vokalisationstyp U-Laut wurden CA/C?A nicht bestimmt

	VocTyp			Gesamt
	BK	BM		
(Proto-)Konsonant	CA	CA	C?A	
Anzahl	478	219	176	873
% vom Voctypep	64,2%	6,8% + 5,2% = 12,0%		21,9%
Gesamt	745	3235		3980

Insgesamt waren bei 22 % aller Lautäußerungen (Proto-)Konsonanten am Bogenanfang zu beobachten. Wie aus Tabelle 30 hervorgeht, lag der relative Anteil im kanonischen Babbeln bei 65 %, während er inklusive Einbeziehung der (Proto-)Konsonanten im marginalen Babbeln 12 % betrug.

3.2.7 Auftrittshäufigkeit der Feinstrukturmerkmale in einfachen Melodiestructuren (1B)

In diesem Kapitel werden die Vokalisationstypen hinsichtlich verschiedener Feinstrukturmerkmale miteinander verglichen. Dabei werden zur Vereinfachung ausschließlich einbogige Melodiestructurtypen (1B) betrachtet. Den relativen Anteil der einbogigen Melodien am Gesamtdatenkorpus visualisiert Abbildung 28.

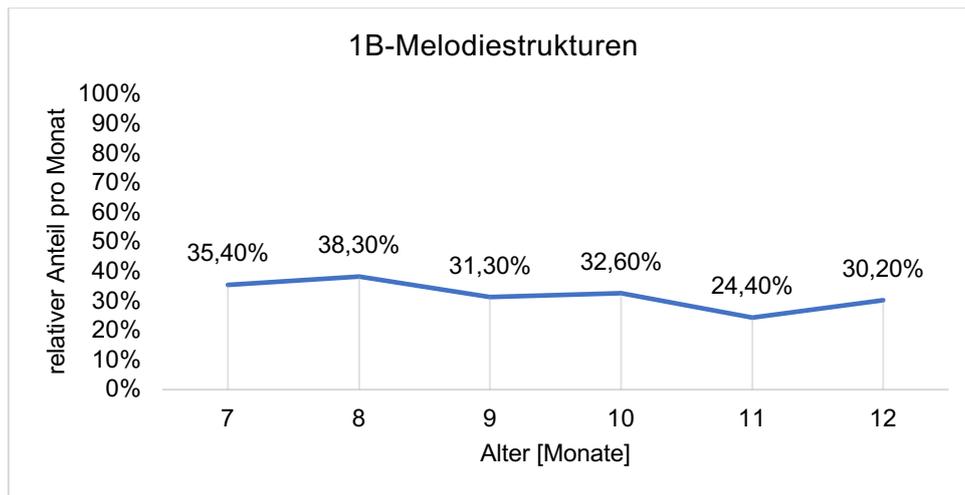


Abbildung 28: Monatlicher Anteil der 1B-Melodiestructuren von Monat 7-12

Die Abbildung veranschaulicht ein relativ konstantes Vorkommen der 1B Strukturen über den gesamten Untersuchungszeitraum. Der Anteil fällt bis zum 11. Monat etwas ab, liegt aber im zweiten Lebenshalbjahr im Schnitt etwa bei jeder dritten Lautaufnahme (31,3 %).

Tabelle 31 zeigt äquivalent zum vorherigen Kapitel das Vorkommen der zuvor analysierten Feinstrukturmerkmalen in den einbogigen Melodiestructurtypen.

3 Ergebnisse

Tabelle 31: *Perzeptiv wahrgenommene Elemente in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp)*

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, IV = Melodieintervall,
Rh = rhythmischer Charakter, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp

100 % entsprechen allen 1B-Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

		VocTyp			
		BK	BM	U	Gesamt
IV	Anzahl	48	619	104	771
	% von VocTyp	40,3%	54,1%	50,5%	52,5%
Rh	Anzahl	44	152	13	209
	% von VocTyp	37,0%	13,3%	6,3%	14,2%
Anlaut	Anzahl	39	396	77	512
	% von VocTyp	32,8%	34,6%	37,4%	34,9%
Endlaut	Anzahl	54	523	84	661
	% von VocTyp	45,4%	45,7%	40,8%	45,0%
vibrato	Anzahl	3	37	11	51
	% von VocTyp	2,5%	3,2%	5,3%	3,5%
Gesamt	Anzahl	119	1144	206	1469

An- und Endlaute

Das Vorkommen von Anlauten der Melodiestrukturkategorie 1B trat in etwa bei jedem dritten Laut auf. In Abhängigkeit vom Vokalisationstyp war eine leichte Abnahme von den Übergangslauten (37,4 %) über das marginale Babbeln (34,6 %) hin zum kanonischen Babbeln (32,8 %) zu beobachten. Im Gegensatz dazu traten Endlaute im Babbeln häufiger auf als bei den Übergangslauten, wie Tabelle 31 zeigt. Endlaute waren bei Vokalisationen mit 1B-Struktur in 45 % der Fälle und damit häufiger als Anlaute zu finden.

Rhythmus (Rh)

Während knapp 40 % der Lautäußerungen des Gesamtdatenkorpus (Tabelle 21) rhythmisch wahrgenommen wurden, wiesen weniger als 15 % der einbogigen Lautmelodien ein analysiertes Rhythmusselement auf (14,2 %).

Dabei wurden die kanonischen Babbellaute (37 %) deutlich rhythmischer empfunden als die marginalen Babbellaute (13,3 %) und Übergangslaute (6,3 %).

Konstriktionsanfang-/ende

Konstriktionen können am Bogenanfang (KA) oder am Bogenende (KE) auftreten. Die Tabelle 32 listet das Auftreten beider Merkmale in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp auf.

Tabelle 32: Konstriktionen am Bogenanfang bzw. -ende in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp)

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, KA = Konstriktion Bogenanfang, KE = Konstriktion Bogenende, U = Übergangslaut, VocTyp = Vokalisationstyp;

100 % entsprechen allen 1B-Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

		VocTyp			Gesamt
		BK	BM	U	
KA	Anzahl	9	96	28	133
	% von VocTyp	7,6%	8,4%	13,6%	9,1%
KE	Anzahl	0	32	16	48
	% von VocTyp	0,0%	2,8%	7,8%	3,3%
Gesamt	Anzahl	119	1144	206	1469

Die Konstriktionen am Bogenanfang (9,1 %) waren in den einbogigen Lautäußerungen fast dreimal häufiger als die am Bogenende (3,3 %). Dabei fiel zudem auf, dass die meisten Konstriktionen im Übergangslaut vorkamen, während sie im kanonischen Babbeln am seltensten auftraten.

3.2.7.1 Intervallstrukturen in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp

Zur Verdeutlichung der bereits in Kap. 3.2.1 beschriebenen Veränderung der Intervallstrukturen mit zunehmendem Alter zeigt die nachfolgende Abbildung 29 die relative Auftrittshäufigkeit in einbogigen Melodien pro Vokalisationstyp.

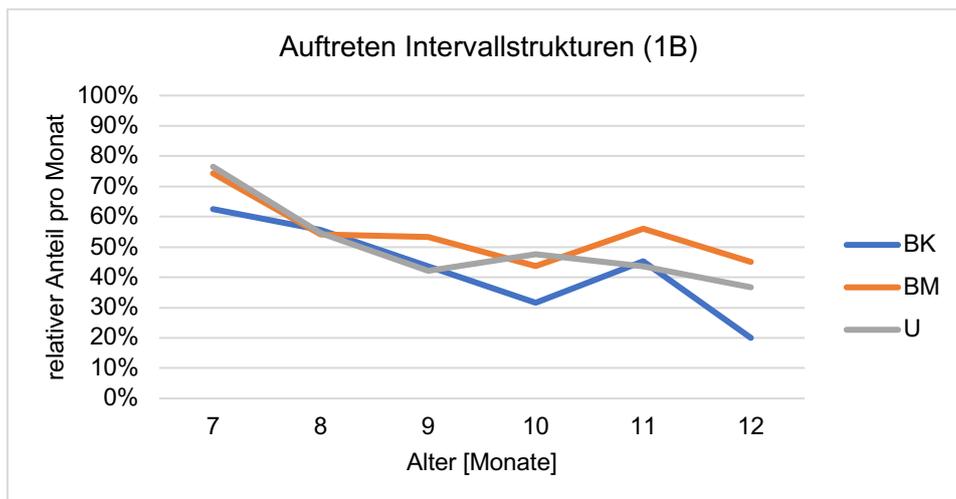


Abbildung 29: Relativer Anteil von Intervallstrukturen in 1B-Melodien von Monat 7-12

Es zeigt sich, dass die kanonischen Babbellaute im zweiten Lebenshalbjahr, mit Ausnahme des 11. Lebensmonats, sukzessive weniger Intervallstrukturen in den einbogigen Melodien aufwiesen. Die beiden anderen Vokalisationstypen zeigten eine ähnliche Tendenz, die auch in Abbildung 26 (unabhängig vom Melodiestructurtyp) zu erkennen ist.

Das Auftreten unterscheidet sich bei den 1B-Melodien im Vergleich zum Gesamtdatenkorpus nur geringfügig.

3.2.7.2 Konsonanten in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp

Die Konsonanten bzw. Protokonsonanten (nur in BM) wurden zusätzlich in den einbogigen Melodien detailliert betrachtet.

Tabelle 33: (Proto-)Konsonanten am Bogenanfang in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp)

BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Voctyp = Vokalisationstyp
 Anmerkung: Im Vokalisationstyp U-Laut wurde CA/C?A nicht bestimmt

100 % entsprechen allen 1B-Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

(Proto-)Konsonant	VocTyp			Gesamt
	BK	BM		
	CA	CA	C?A	
Anzahl	57	29	32	118
% vom Voctyp	47,9%	5,3%		9%
gesamt	119	1144		1263

Von den insgesamt 9 % aller 1B-Lautäußerungen, die einen (Proto-)Konsonanten am Bogenanfang aufwiesen, begannen etwa 5 % der marginalen Babbellaute (proto-)konsonantisch, während von den 119 kanonischen Babbellauten fast die Hälfte konsonantisch begann.

3.2.8 Zusammenhang auditiv wahrgenommener Silben und Melodiestructur

Die vierte Fragestellung dieser Arbeit bezog sich auf die Silbenstrukturen, die vor allem das kanonische Babbeln charakterisieren. Wie verhalten sich Melodiebögen zu den Silben? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Melodiebögen und der Silbenstruktur?

Die Autorin hat für jede Lautaufnahme, die der Kategorie des Babbelns zugeordnet wurde, die auditiv wahrgenommene Silbenanzahl vermerkt. Bei den Übergangslauten wurde dies zwar in einigen eindeutigen Fällen ebenfalls notiert, die Methodik sah jedoch die Analyse der Silbenzahl beim Babbeln vor, sodass nur diese vollständig vorlagen und entsprechend berichtet werden. Es wurden sowohl marginale Babbellaute mit silbenähnlichen Äußerungen (Protosilben) als auch klare Silben, wie sie im kanonischen Babbeln vorkommen, auf Silbenstrukturen untersucht. Im Folgenden werden unter dem Begriff der Silbe ebenfalls die Protosilben verstanden.

Die Werte in Tabelle 34 zeigen die Häufigkeit der 1-, 2-, 3- bzw. mehrsilbigen Äußerungen der Säuglinge im marginalen und kanonischen Babbeln.

Tabelle 34: *Auditive Silben (AS) in 1B-Babbel-Vokalisationen*

AS (x) = auditive Silbe (Anzahl), BM = marginales Babbeln, BK = kanonisches Babbeln, Voctyp = Vokalisationstyp;

Anmerkung: Im Vokalisationstyp U-Laut wurden AS nicht bestimmt

100 % entsprechen allen 1B-Lautaufnahmen pro Vokalisationstyp

		VocTyp		Gesamt
		BK	BM	
AS(1)	Anzahl	47	836	1011
	% von VocTyp	39,5%	73,1%	68,8%
AS(2)	Anzahl	53	240	311
	% von VocTyp	44,5%	21,0%	21,2%
AS(3)	Anzahl	17	55	75
	% von VocTyp	14,3%	4,8%	5,1%
AS(>3)	Anzahl	2	13	72
	% von VocTyp	1,7%	1,1%	95,1%
Gesamt	Anzahl pro Voctyp	119	1144	1263

3 Ergebnisse

Da bereits bei drei auditiven Silben nur noch eine geringe Gesamtzahl zu verzeichnen war, werden die Ergebnisse bei mehr als drei auditiven Silben unter $AS(>3)$ zusammengefasst. In der Literatur wird sogar häufig nur zwischen ein-, zwei- und mehrsilbig unterschieden (Vihman et al., 1985).

Während fast 75 % aller einbogiger marginaler Babbellaute einsilbig waren, wiesen über die Hälfte aller Aufnahmen des einbogigen kanonischen Babbelns zwei oder mehr Silben auf. Abbildung 30 zeigt beispielhaft einen solchen einbogigen BK-Laut, der zwei Silben enthält.

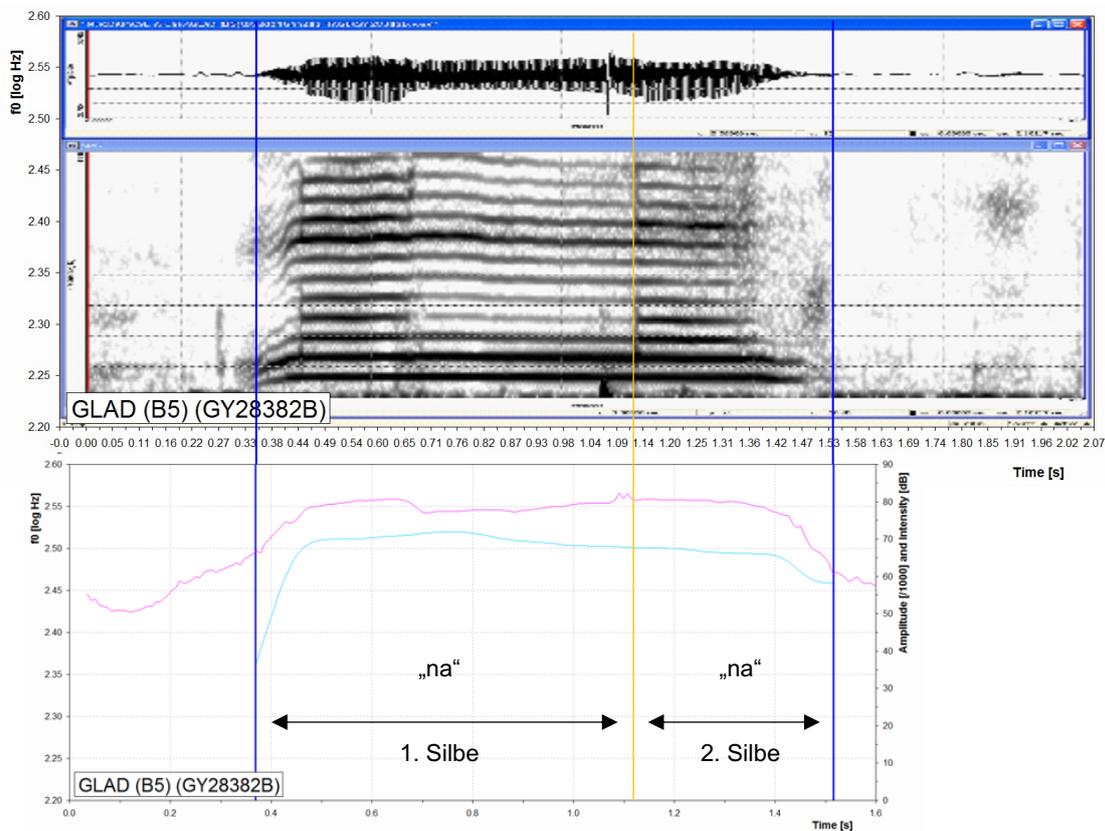


Abbildung 30: Zwei auditive Silben bei einbogiger Melodie (1B)

Vertikale Linie (gelb) bei etwa 1,12 s = Silbengrenze; „na-na“ – rhythmischer Laut mit 2 CV-Silben (Konsonant-Vokal); Ein vermessener Bogen (blau = Boma-Grenzen), wodurch ein Konsonant am Anfang und einer in der Mitte des Lautes und Bogens auftritt.

Spektrogramm mit zugehörigem Melodie-Intensitäts-Diagramm: x-Achse = Zeit [s], y-Achse = Frequenz [log Hz], hellblau = Grundfrequenzverlauf/Melodie, magenta = Energie [dB]

3 Ergebnisse

Die Veränderung des relativen Anteils einsilbiger Babbellaute (AS(1)) der beiden Vokalisationstypen über den Untersuchungszeitraum ist in Abbildung 31 für die 1B-Melodien grafisch dargestellt.

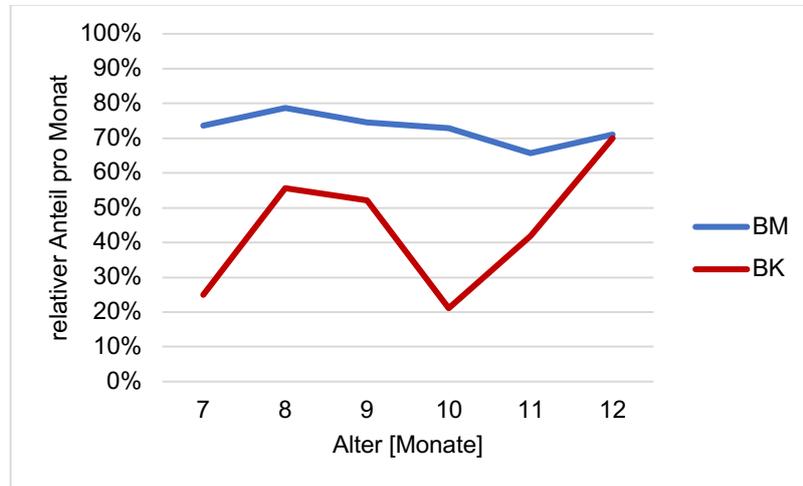


Abbildung 31: Liniendiagramm: Relativer Anteil einer auditiven Silbe (AS(1)) pro Monat im Verlauf des zweiten Lebenshalbjahres in 1B-Melodien

Die Ergebnisse beziehen sich auf alle 1B-Melodien der Vokalisationstypen BM und BK von Monat 7 bis 12 (100 % entsprechen allen 1B-Vokalisationen pro Vokalisationstyp und pro Monat). Die rote Kurve zeigt den relativen Anteil im kanonischen Babbeln, während die blaue Kurve die Veränderung im marginalen Babbeln zeigt.

Die Grafik veranschaulicht eine signifikante Zunahme der einbögigen Vokalisationen mit einer Silbe im Vokalisationstyp BK am Ende des zweiten Lebenshalbjahres. Demgegenüber war der relative Anteil von AS(1) im einbögigen marginalen Babbeln über den gesamten Untersuchungszeitraum nur geringen Schwankungen unterworfen und wies tendenziell einen leichten Rückgang auf.

Die nachfolgende Abbildung 32 bietet einen Überblick über die Silbenstruktur im zweiten Lebenshalbjahr, unabhängig vom Melodiestructurtyp. Das Säulendiagramm veranschaulicht dabei die relative Auftrittshäufigkeit der auditiv wahrgenommenen Silbenanzahl (AS 1, 2, 3, >3) in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp.

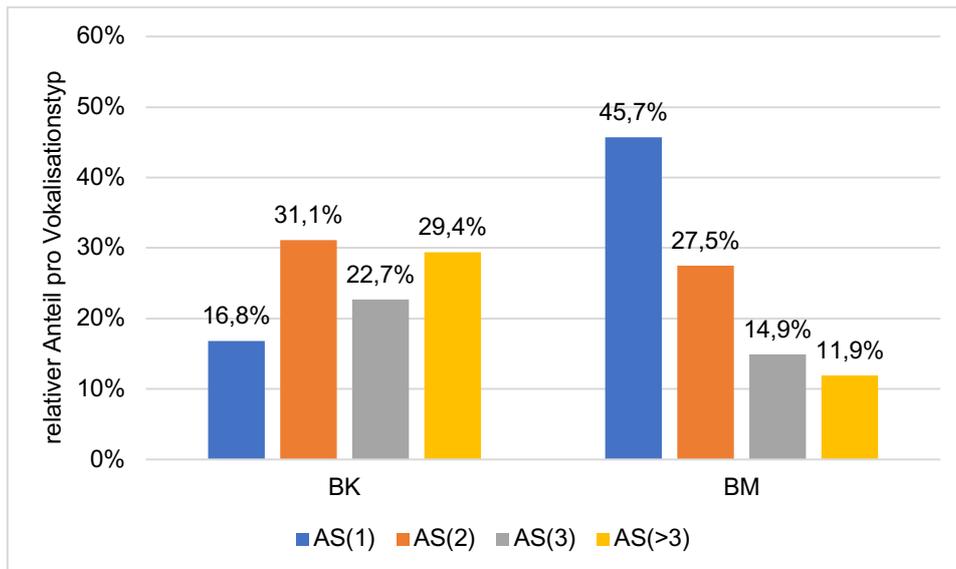


Abbildung 32: Säulendiagramm: Prozentuale Verteilung der auditiven Silbenanzahl in BM & BK

Das Säulendiagramm zeigt links die prozentuale Verteilung im kanonischen Babbeln (BK), rechts die im marginalen Babbeln (BM).

100 % entsprechen allen BK- bzw. allen BM-Lauten (dabei gingen alle Melodiestrukturtypen mit ein)

Blau = 1 auditiv wahrgenommene Silbe AS(1), Orange = 2 auditiv wahrgenommene Silben AS(2), Grau = 3 auditiv wahrgenommene Silben AS(3), gelb = mehr als 3 auditiv wahrgenommene Silben (AS>3)

Während im kanonischen Babbeln die meisten einbogigen Vokalisationen zwei oder mehr Silben aufwiesen, dominierten im marginalen Babbeln einbogige Vokalisationen mit einer Silbe (45,7 %). Des Weiteren lässt sich anhand des Säulendiagramms ableiten, dass mit steigender Silbenanzahl der relative Anteil im Vokalisationstyps BM abnahm.

4 Diskussion

Dieses Kapitel befasst sich mit der Interpretation der Ergebnisse der im Rahmen der Dissertation durchgeführten Analysen unter Einbeziehung des aktuellen Forschungsstandes. Die Gliederung orientiert sich an der Struktur der Ergebniskapitel. Neben den Vokalisationstypen und den klassischen Melodiestrukturtypen sowie deren Komplexität werden auch die Feinstrukturmerkmale als Teil der Prosodie berücksichtigt. Am Ende der Diskussion werden die Ergebnisse zur Silbenstruktur und zum Segmentierungsindex interpretiert.

Die Analyse und Beschreibung einer Sprache folgt in der Regel einem klaren Ordnungskonzept, das auf unterschiedlichen Elementen, wie z.B. Phrasen, Sätzen, Wörtern basiert. Es stellt sich die Frage, ob und wie ein solches Konzept auf vorsprachliche Lautäußerungen angewendet werden kann, da diese noch keine linguistischen Strukturen aufweisen. Laut Oller (2000) können selbst phonetische Analysen der Erwachsenensprache nicht für Säuglingslauten angewendet werden, da es sich um noch „unreife“ Lautproduktionen handle. Aus Sicht der Autorin ist die Definition von „Unreife“ zu relativieren, da sie nur in Bezug auf linguistische Einheiten zutrifft. Die Lautproduktionen des vorsprachlichen Alters sind aus der Perspektive der neurophysiologischen Kontrollfähigkeit durchaus als „reif“ anzusehen.

Im hier untersuchten Zeitraum des zweiten Lebenshalbjahres beginnen sich linguistische Einheiten und Strukturen erst langsam zu entwickeln. Im Gegensatz zu den Artikulationsmechanismen sind die laryngealen Produktionssysteme (Phonation) bereits von Geburt an relativ ausgereift und können daher auch bei jungen Säuglingen detailliert untersucht werden. In der vorliegenden Arbeit wurden beide Aspekte berücksichtigt, da etwa ab dem 7. Monat die Artikulationsmechanismen regulärer Bestandteil der Lautproduktionen sind. Darüber hinaus bildet die Melodieentwicklung (Phonation) das Baugerüst für die Entwicklung der Artikulation (Wermke & Mende, 2011; Wermke & Mende, 2016b; Wermke et al., 2005).

Da es sich um relativ neue Konzepte handelt, auf denen die vorliegende Arbeit basiert, war der Umfang der verfügbaren Fachliteratur begrenzt.

4.1 Entwicklung der Melodiekontur

Das Melodieentwicklungsmodell („MD-Model“ = Melody Development Model) wurde ursprünglich von Wermke und Mende vorgeschlagen und konnte in anderen Arbeiten bei der Analyse frühkindlicher Lautäußerungen mehrfach bestätigt werden (Armbruster et al., 2021; Birr, 2009; Denner, 2008; Lind, 2007; Prochnow, 2013; Wermke et al., 2021).

„The theoretical concept of melody development (MD-Model) contends that melody complexification is an important building block on the path towards language.“
(Wermke et al., 2021, S. 1)

Das Modell postuliert, dass die Entwicklung frühkindlicher Lautäußerungen einem universellen Konzept auf dem Weg zur Sprache folgt. Die Entwicklung beginnt mit zunächst einfachen Melodiekonturen im natürlichen Weinen, die aus einem melodischen Einfachbogen (auf- und absteigender Grundfrequenzverlauf) bestehen (Wermke & Mende, 2011). Dieser wird als Modul oder Grundbaustein angesehen, der im Laufe der Zeit dupliziert bzw. multipliziert wird, sodass die Melodien zunehmend komplexer werden. Die Bögen können durch unterschiedlich lange Anstiegs- und Abstiegsflanken verschiedene Formen annehmen (Melodietypen). (Wermke, 2002) Die Kombinationen der Melodietypen und Ausführungen der Gesamtgestalt sind variabel, weisen verschiedene Stabilitäten und individuelle Unterschiede auf. Obwohl die Säuglinge in mehreren Registern lautieren (Buder et al., 2008; Kent & Murray, 1982; Pachtner, 2016; Robb & Saxman, 1988), mit oder ohne Rauschelemente, Konstriktionen und Segmentierungen in die Melodiekontur einbauen und andere Substrukturen erzeugen, ist das Grundprinzip der Komplexitätszunahme bei allen erkennbar. Selbst bei einer Malformation des Vokaltraktes zeigt sich eine Regelmäßigkeit der Melodiebaustein-kombinationen: Auch bei Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS) konnte das universelle Entwicklungsprogramm beobachtet werden (Birr, 2009; Wermke et al., 2011).

Das Erlernen eines so komplexen Systems wie des Sprechens bzw. der Sprache erfordert neben genetischen Dispositionen zusätzlich unterschiedliche Lernmechanismen (Wermke et al., 2021). Das rasche postnatale Wachstum des Gehirns (Dubois et al., 2014; Holland et al., 2014) ermöglicht dabei die vergleichsweise schnell ablaufenden neurophysiologischen Prozesse bei der Lautproduktion. Auch hormonelle Einflüsse sind an der Reifung des Gehirns beteiligt, insbesondere während der sogenannten *Minipubertät* (Becker & Hesse, 2020; Lucaccioni et al., 2020; Schaadt et

al., 2015). Es wird diskutiert, ob diese nicht nur für die Sprache, sondern auch für die Melodieentwicklung im Säuglingsalter relevant sind (Wermke et al., 2018). Ein linearer Zusammenhang zwischen ungebundenem (bioaktivem) Östradiol im Blut (E2/SHBG) und dem MCI konnte bereits bei Säuglingen in der 4. Lebenswoche nachgewiesen werden (Wermke et al., 2014).

Über eine mögliche weitere Komplexitätszunahme der Melodiestructur im zweiten Lebenshalbjahr und deren explizite Untersuchung wurde in der Fachliteratur bisher kaum berichtet. Kent und Murray (1982) analysierten die Komplexität bei Nicht-Schrei-Vokalisationen von 3, 6 und 9 Monate alten Säuglingen. Die Betrachtung einfacher und komplexer Melodiekonturen erfolgte dabei anhand visueller Frequenzspektren. Es zeigte sich eine Abnahme der komplexen Melodietypen zwischen dem 6. und 9. Lebensmonat, nachdem sie zuvor angestiegen waren (ebd.). Dies scheint zunächst dem MD-Modell zu widersprechen.

Das MD-Modell von Wermke und Mende postuliert eine Komplexitätszunahme melodisch-rhythmischer Strukturen auch im zweiten Lebenshalbjahr, entsprechende Datenanalysen dazu fehlten jedoch bislang. Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, vor dem theoretischen Hintergrund des MD-Modells erstmals systematische Analysen der Melodiestructurveränderungen im zweiten Lebenshalbjahr durchzuführen. Es wurde die gleiche Methodik angewandt, wie sie bereits für die Untersuchungen im ersten Lebenshalbjahr verwendet wurde (Armbruster et al., 2021; Birr, 2009; Kottmann, 2023; Prochnow, 2013; Wermke, 2002; Wermke & Mende, 1992).

Die bisher fehlenden Untersuchungen des zweiten Lebenshalbjahres bedingten die Frage, ob die Zunahme komplexer Melodiestructuren möglicherweise nur im ersten Lebenshalbjahr stattfindet und danach eher artikulatorische Prozesse im Vordergrund stehen. Die Anwendung eines verallgemeinerten gemischten statistischen Modells in der vorliegenden Arbeit ergab, dass BM, verglichen mit U und BK, über den gesamten Untersuchungszeitraum eine signifikant geringere Auftrittswahrscheinlichkeit für komplexe Strukturen aufwies. Auch die deskriptiven Analysen zeigten vom 7. bis zum 12. Monat jeweils relativ mehr komplexe Strukturen für die Vokalisationstypen U und BK im Vergleich zu BM. Zwischen BK und U gab es hingegen keine signifikanten Unterschiede. Der Anteil komplexer Formen dominierte bei beiden zwischen 60 und 87 %. Dieser Befund wird in Kapitel 4.2 ausführlicher diskutiert.

Bei keinem Vokalisationstyp konnte ein signifikanter Alterseffekt für die dichotome Variable der Melodiekomplexität (MK) festgestellt werden. Das bedeutet, dass im hier untersuchten Datensatz keine signifikante Veränderung des Anteils komplexer Melodiekonturen vom 7. bis zum 12. Lebensmonat beobachtet werden konnte. Die Aussage von Kent und Murray (1982), dass im zweiten Lebenshalbjahr keine Zunahme komplexer Formen in vokalischen Komfortlauten zu beobachten ist, stimmt mit den hier beschriebenen Ergebnissen überein. Eine weitere signifikante Zunahme der Komplexität im zweiten Lebenshalbjahr konnte also nicht beobachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bereits im 7. Lebensmonat mehr als die Hälfte der Lautäußerungen aller Vokalisationstypen komplexe Strukturen aufwiesen. Eine weitere Zunahme zeigte sich insbesondere beim Vokalisationstyp BK: Die deskriptive Analyse, die sich jedoch in der hier untersuchten Stichprobe als statistisch nicht signifikant herausstellte, sowie die Analyse der Korrelation des MCI mit dem Alter, deren Signifikanz ebenfalls auf BK zurückzuführen war.

Im ersten Lebenshalbjahr ist die melodische Entwicklung bereits weit fortgeschritten und komplexe Melodiekonturen wurden geübt. Darauf aufbauend können im zweiten Lebenshalbjahr zusätzliche Strukturelemente die Melodiekontur überformen, unterbrechen oder an den Rändern ergänzen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um artikulatorische, also konsonantische Elemente – die Melodie bildet das Baugerüst für die Artikulationsentwicklung. Auf diese Weise werden Phonation und Artikulation neurophysiologisch zusammenschaltet, es entstehen Silbensequenzen und damit Vorstufen späterer linguistischer Einheiten. Die Ergebnisse stimmen mit den allgemeinen Querschnittsbeobachtungen von Wermke et al. (2021) überein.

Die Berechnung des MCI zeigte im Gegensatz zu den Ergebnissen des VGM (MK) einen signifikanten Anstieg mit dem Alter. Der MCI variierte bei Kind-Mittelung zwischen 0,6 und 0,76. Dies bedeutet, dass 60 bis 76 % aller Lautaufnahmen komplexer Natur waren. Der im Monat 7 ermittelte Durchschnittswert lag bei einem MCI von 0,69 und fügt sich damit sehr gut in die Entwicklungsreihe der Vormonate (Kottmann, 2023) ein: Im 6. Monat wurde ein Wert von circa 0,6 berichtet (ebd.). Um die verschiedenen Ergebnisse zusammenzuführen, ist es wichtig, den Anteil der segmentierten Formen genauer zu betrachten. Insbesondere der Vokalisationstyp BK zeichnet sich durch eine hohe Segmentierungshäufigkeit aus, die aus den die Melodie „zerschneidenden“ konsonantischen Elementen resultiert. Der SCI* stieg ebenfalls mit dem Alter an und war im kanonischen Babbeln deutlich höher als in den Vokalisationstypen U und BM. Damit

zeigt sich die Gültigkeit des MD-Modells über das gesamte erste Lebensjahr mit der hier gefundenen Spezifizierung, dass die Komplexitätszunahme vor allem durch die Segmentierungen im zweiten Lebenshalbjahr erfolgt. Damit wird die Brücke zu den ersten linguistischen, nämlich silbischen Strukturen geschlagen.

Weitere Stichproben könnten die Kontinuität oder ein Vorliegen von durchlaufenden Trainings- und Regressionsphasen prüfen. Es wird angenommen, dass nach einer Reorganisation und Umstrukturierung des Gehirns eine neue Entwicklungsstufe erreicht wird (Wermke & Mende, 1992; Wermke & Mende, 1994). Damit erklären Wermke et al. (2005) auch die Zunahme des vorsprachlichen Repertoires im 4./5. Lebensmonat bei gleichzeitig leichtem Rückgang der Komplexität.

Die Entwicklung über das gesamte erste Lebensjahr im Längsschnitt wurde bereits publiziert (Kottmann et al., 2023).

Stufenmodelle

Vergleichbar mit dem eindrucksvoll untersuchten und vorgeschlagenen MD-Modell gibt es andere sogenannte „Stufenmodelle“ der Lautproduktion, die in der Literatur häufig erwähnt werden. Verschiedene Autoren haben bereits eine Kontinuität in den Lautäußerungen von Säuglingen und deren Entwicklung mit zunehmendem Alter festgestellt (z.B. Menn & Stoel-Gammon, 2017). Während sich die Terminologie und die Zeitpunkte unterschieden, sind die Stufen per se recht ähnlich. Die vier bekanntesten Modelle lieferten Untersuchungen von Oller (1980), Stark (1980), Koopmans-van Beins und Stelt (1986) und Roug et al. (1989). Für jede Stufe wurden von den Autoren charakteristische phonologische und artikulatorische Merkmale benannt. Die Wissenschaftler sind sich einig, dass es eine geordnete – zeitlich relativ klar definierte – Abfolge der vorsprachlichen Entwicklung gibt (ebd.).

Nach Kent und Murray (1982) können die Stufen nicht als absolut angesehen werden, aber als ein Konzept mit klinischem Nutzen. Sie sprechen von einer Überlagerung der Entwicklungsstufen je nach Definition. Die Phasen stellen vielmehr einen zeitlichen Rahmen dar, der individuell mit unterschiedlichen Lautäußerungen gefüllt wird. (ebd.)

Weiterhin ist anzumerken, dass Schreibvokalisationen in den Stufenmodellen in der Regel nicht berücksichtigt werden, da ihre Bedeutung für die Sprachentwicklung meistens keine Erwähnung findet (Wermke, 2002). Entsprechend dieser Methodenkritik und

hinsichtlich der kritischen Annahme einer eindeutigen Entwicklungsphase ist anzumerken, dass die Übergänge zwischen den Vokalisationstypen fließend sind. Die Autorin kommt zu dem Schluss, dass es für eine Analyse sinnvoller ist, die Vokalisationen nicht in Phasen einzuteilen, sondern einzeln nach dem Höreindruck zu beurteilen und den verschiedenen Vokalisationstypen zuzuordnen. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit jede Aufnahme einzeln kategorisiert, unabhängig von Alter und vermeintlichem Entwicklungsstand.

4.2 Differenzierte Betrachtung der Melodieentwicklung in den einzelnen Vokalisationstypen

Wie in Kapitel 2.4.2.1 beschrieben, erfolgte die Zuordnung der Vokalisationstypen für jeden geäußerten Einzellaute nach dem subjektiven Höreindruck unter zusätzlicher Berücksichtigung der Energieverteilungen der Harmonischen in den Frequenzspektren.

Übergangslaute (U-Laute), die in ihrer Charakteristik zwischen dem natürlichen Weinen und den Komfortvokalisationen liegen, konnten deutlich vom Babbeln abgegrenzt werden. Eine Studie von Oller et al. (2001) belegte, dass insbesondere kanonische Babbellaute auditiv sehr gut erkennbar sind. Von den befragten Eltern wurden mindestens 90 % der kanonischen Babbler richtig identifiziert: Die Eltern wurden gebeten, die Lautäußerungen ihrer Säuglinge den verschiedenen Vokalisationstypen zuzuordnen. Anhand von Laboruntersuchungen, die von Mitarbeitern und von Oller selbst durchgeführt wurden, wurden die elterlichen Einschätzungen überprüft (ebd.). Eine recht zuverlässige Identifizierung der kanonischen Babbellaute sei demnach durch eine auditive Analyse gegeben (vgl. Koopmans-van Beinum und Stelt (1986), Oller et al. (1994), Lewedag (1995)).

Hinsichtlich einer Einordnung anhand verschiedener Vokalisationsformen, wie sie in diversen vokalen Phasenmodellen (vgl. Kap. 4.1 Stufenmodelle) unterschieden werden, stimmt die Autorin im Ergebnis ihrer Arbeit mit der Existenz akustisch verschiedener Lautarten überein. Insbesondere nach der monatelangen Arbeit mit Säuglingslauten war es relativ einfach, per Höreindruck eindeutig zu unterscheiden, welchem Vokalisationstyp eine einzelne Lautäußerung zuzuordnen war. Auch im Sinne Ollers (2001) könnte im klinischen Kontext durchaus begleitend eine Fragebogenerhebung eingesetzt werden, die möglichst auditive Beispiele enthält. Gerade mit der inzwischen weit entwickelten multimedialen Technik dürfte dies relativ einfach realisierbar sein, ersetzt aber nicht die individuelle quantitative Analyse im Einzelfall für die *Vorsprachliche*

Diagnostik. Da die Autorin alle Aufnahmen selbst und nach einem einheitlichen Vorgehen kategorisiert hat und zudem eine gewisse Erfahrung durch das Hören einer Vielzahl von Lauten vorhanden war, kann auch in der vorliegenden Arbeit von einer reliablen Zuordnung zu den Vokalisationstypen ausgegangen werden.

Die analysierte Stichprobe zeigte, dass das marginale Babbeln (BM) im Untersuchungszeitraum den dominierenden Vokalisationstyp ausmachte (69 % des gesamten Lautrepertoires). Demnach könnte dem marginalen Babbeln im Rahmen der vokalen Entwicklung im zweiten Lebenshalbjahr eine besondere Bedeutung zukommen. Dieser Befund erschien zunächst unerwartet, da in einer Vielzahl von Publikationen für dieses Alter insbesondere das kanonische Babbeln als relevantester Vokalisationstyp hervorgehoben und beschrieben wird (z.B. Cychosz et al., 2021; Nathani et al., 2006). In der Literatur wird im Zusammenhang mit dem zweiten Lebenshalbjahr meist von wohlgeformten kanonischen Silben gesprochen (z.B. Buder et al., 2013; Lee et al., 2018), während in den ersten sechs Lebensmonaten „unreife Protophone“ dominieren (Oller, 2000). Nur diese werden von der Arbeitsgruppe um Oller als sprachähnlich und damit als willentlich erzeugt angesehen (Buder et al., 2013), während vegetative Laute, Lachen oder Weinen als nicht relevant ausgeschlossen werden. Dem natürlichen Weinen wird dabei fälschlicherweise die eigentliche Bedeutung für die Melodie- und Sprachentwicklung abgesprochen. Umfangreiche Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Wermke und Mende (z.B. Wermke et al., 2002) haben gezeigt, dass natürliches Weinen zwar nicht „sprachähnlich“, aber dennoch für die Sprachentwicklung bedeutsam ist. Rein vegetative Kurzlaute wurden jedoch in allen bisherigen Modellen generell ausgeschlossen (Koopmans-van Beinum & Stelt, 1986; Stark, 1980).

Vokalisationstyp U-Laut

Der Vokalisationstyp der Übergangslaute dominierte bei den hier untersuchten Säuglingen im ersten Lebenshalbjahr (Kottmann, 2023). Während sie dabei fast die Hälfte aller analysierten Vokalisationen ausmachten (ebd.), fanden sich bei denselben Säuglingen im hier untersuchten zweiten Lebenshalbjahr nur noch 15 % U-Laute. Kottmann zeigte mit Ausnahme des dritten Lebensmonats ein auffallend konstantes Verhältnis von 4 zu 6 zwischen einfachen und komplexen Melodiestrukturtypen.

Bei den Übergangslauten im zweiten Lebenshalbjahr waren einfache Strukturen mit etwa 30 – 40 % deutlich seltener als die komplexen Formen. Der Anteil der komplexeren Formen war im 10. Lebensmonat höher, ging aber gegen Ende des zweiten

Lebenshalbjahres wieder auf den alten Wert zurück. Die Autorin vermutet, dass im Alter von 11/12 Monaten bereits erste wortähnliche Lautbildungen (Protowörtern) erzeugt werden, die sich zunächst in einfachen (einbogigen) Melodiestructuren und in dieser Form unter anderem auch in U-Lauten zeigen. Dies unterstützt die Hypothese, dass der U-Laut von Säuglingen zunächst mit einer einfachen Melodiestructur produziert wird und später zunehmend komplexer wird. In ähnlicher Weise werden fortgeschrittenere Vokalisationstypen zunächst wieder in einfachen Melodiestructurtypen geübt. Das Auftreten einfacher Melodiestructuren als neuer Entwicklungsschritt kann einerseits mit dem „Regressionsmodell“ (vgl. S. 84) von van de Rijt und Plooij (1994, S. 251) erklärt werden, andererseits ist es wahrscheinlich auf das primäre Erlernen einfacher Strukturen des neuen Vokalisationstyps (Protowörter) zurückzuführen. Dieser Prozess wurde auch bei den anderen Vokalisationstypen beobachtet. Der Zuwachs an einfachen 1B-Melodien zwischen dem 10. und 12. Lebensmonat wurde jedoch bei den beiden anderen Vokalisationstypen nicht beobachtet.

Damit konnte gezeigt werden, dass U-Laute im gesamten ersten Lebensjahr einen wichtigen Vokalisationstyp darstellen. In der Fachliteratur tauchte dieser Lauttyp bisher nur in den Arbeiten des ZVES auf, da sich die Wissenschaftler in der Regel an das sehr rigide Stufenmodell halten. Im Gegensatz dazu haben sowohl die Arbeit von Kottmann als auch die vorliegende Arbeit gezeigt, dass es gerade dieser Vokalisationstyp ist, bei dem spielerisch prosodierelevante Übungen zu beobachten sind. Die Verknüpfung mit konsonantischen Elementen erfolgt dann in den „sprachähnlicheren“ marginalen und kanonischen Babbellauten. Obwohl die U-Laute als solche bislang nur am ZVES einen etablierten Begriff und Vokalisationstyp darstellen, scheint es, dass in diesen bereits über viele Monate geübten, modifizierten und stabilisierten Lautäußerungen die meisten Veränderungen zu beobachten sind. Dies deutet auf die besondere Stellung der U-Laute im Rahmen vokaler Entwicklungsmodelle hin und sollte in zukünftigen Untersuchungen noch systematischer untersucht werden.

Babbeln allgemein

Das Babbeln ist der dominierende Vokalisationstyp von Säuglingen im zweiten Lebenshalbjahr. So machten die Babbellaute insgesamt (BM und BK) im untersuchten Zeitraum 85 % aller Lautäußerungen aus. Es zeigte sich ein gleichzeitiges, synchrones Auftreten dieser Lautäußerungen im gesamten zweiten Lebenshalbjahr und nicht, wie

teilweise in der Literatur beschrieben, in zwei leicht zu differenzierenden Entwicklungsstadien.

Zur Abfolge der vokalen Entwicklungsphasen (*bezüglich des Babbelns*) finden sich in der Literatur verschiedene Ansätze. Einige Autoren vertreten die Ansicht, dass das mehrsilbige Babbeln zwei aufeinanderfolgende Stadien darstelle: Das marginale Babbeln gehe dabei dem reduplizierten und dem „bunten/variablen“, kanonischen Babbeln voraus (Elbers, 1982; Oller, 1980; Roug et al., 1989; Stark, 1980). Das reduplizierte Babbeln besteht aus einer Folge ähnlicher Silben (z.B. ma-ma), während das variable Babbeln per Definition mindestens zwei kanonische Silben erfordert, die vom Hörer als unterschiedlich wahrgenommen werden (z.B. ma-pa) (Buder et al., 2013). Die komplexeren variablen Babbellaute seien Zeichen einer zunehmenden Kontrolle des Vokaltraktes und der motorischen Koordination. Oller postuliert das Auftreten des marginalen Babbelns ab dem 5./6. Lebensmonat und das *reduplizierte* kanonische Babbeln zwischen dem 7. und 10. Lebensmonat, das dann zwischen dem 11. und 12. durch das *variable* Babbeln abgelöst werde. (ebd.) Auch andere Studien stützen diese These durch eine Zunahme des *reduplizierten* Babbelns bis zum 12. Lebensmonat (Fagan, 2009; MacNeillage et al., 1997; Rome-Flanders & Cronk, 1995; Smith et al., 1989), das danach wieder abnimmt (Fagan, 2009; Rome-Flanders & Cronk, 1995; Smith et al., 1989). Dieser Rückgang geht dabei zeitlich mit dem Auftreten der ersten Wörter einher (Fagan, 2009; Rome-Flanders & Cronk, 1995; Smith et al., 1989).

Elbers (1982) sieht in den komplexeren variablen Babbelvokalisationen eine Kombination von zuvor geübten Einzellaute, was im Einklang mit dem MD-Modell stünde. Die Idee der vokalen Trainingsphasen findet sich auch beim Babbeln wieder (Mende & Wermke, 1992). Das Melodieentwicklungsmodell geht von einem vokalisationstypübergreifenden Konzept aus (Wermke & Mende, 2011).

Im Gegensatz zu den U-Lauten, die bereits im ersten Lebenshalbjahr intensiv trainiert werden, ist das Babbeln als eine im zweiten Lebenshalbjahr relativ neu auftretende Entwicklungsstufe anzusehen, die vor allem im marginalen Babbeln zunächst erprobt und ausprobiert wird. Die Säuglinge verbessern in den Trainingsphasen die laryngeale und supralaryngeale Koordination sowie die kontinuierliche Abstimmung der orofazialen motorischen Bewegungen mit dem reifenden und sich dadurch verändernden Vokaltrakt. Ausdruck dieser Prozesse ist die Veränderung der Babbelqualität, die nach einiger Zeit kanonisch wird (Oller, 1980; Papoušek, 1994; Stark, 1980). Neben dem Training der

Feinabstimmung aller beteiligten Systeme für das spätere Sprechen lernt der Säugling mit Betonungen zu spielen und artikulatorische Abläufe auszuprobieren (Pachtner, 2016).

Die Auffassung einiger Autoren, es handle sich um zwei aufeinander folgende Phasen, konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass – entgegen der These von Oller – sowohl reduplizierte als auch variable Babbellaute von Anfang an im BK auftauchen (Holmgren et al., 1986; Levitt & Utman, 1992; Mitchell & Kent, 1990; Nathani et al., 2007; Roug et al., 1989; Smith et al., 1989). Darüber hinaus ist die relative Häufigkeit der beiden Formen ähnlich (Davis & MacNeilage, 1995; Mitchell & Kent, 1990; Smith et al., 1989). Smith hielt die zwei Arten des kanonischen Babbels zwar für existent, schlug jedoch zumindest eine andere Darstellung ihres zeitlichen Auftretens vor. Damit stimmen sie mit Morgan und Wren (2018) überein, die ebenfalls ein späteres Auftreten als Oller und Stark vorschlugen. Da zwischen den genannten Studien mehr als 30 Jahre liegen (1980 - 2013), ist es nachvollziehbar, dass sich die Methodik in diesem Zeitraum kontinuierlich weiterentwickelt hat und die Studien dementsprechend zu unterschiedlichen Ergebnissen gekommen sind.

Ein weiterer Grund der unterschiedlichen Definitionen von Babbellauten in der Literatur könnte sein, dass Säuglingslaute i.d.R. phonetisch, in Anlehnung an die Erwachsenensprache, transkribiert wurden. Da sich die Strukturen der Lautproduktion jedoch von denen der Erwachsenen unterscheiden, ist diese Vorgehensweise fehlerbehaftet, wie bereits angemerkt wurde (z.B. Buder et al., 2013). Insbesondere die prosodischen Eigenschaften frühkindlicher Vokalisationen könnten durch eine rein phonetische Sichtweise übersehen werden.

Vokalisationstyp Marginales Babbeln

Das marginale Babbeln als größte Gruppe im untersuchten Datenkorpus spielt bei der Analyse und deren Interpretation eine entscheidende Rolle. Bei den Melodiestrukturtypen war der Anteil der einfachen, einbogigen Melodien (1B) auffallend konstant und relativ hoch (ca. 50 %). Die komplexen Strukturen veränderten sich in ihrem relativen Anteil demzufolge ebenfalls kaum. BM zeigte eine signifikant geringere Auftrittswahrscheinlichkeit komplexer Melodien im Vergleich zu U und BK. Dies könnte bedeuten, dass die marginalen Babbellaute eine Art Stabilisierungsphase

repräsentieren, die Wermke und Mende (2016a) auch schon für frühere Altersstufen postulieren. Die Zunahme der Komplexität, die das MD-Modell beschreibt, bezieht sich also nicht auf einen bestimmten Vokalisationstyp, sondern auf das gesamte Lautrepertoire im jeweiligen Alter. Ähnlich wie der Schrei im ersten Lebenshalbjahr eine melodische Vorübung für die U-Laut-Konturen ist (Kottmann, 2023), wird auch beim marginalen Babbeln durch das Üben einfacher Melodien die Basis für komplexere Strukturen gelegt. Sobald einfache Melodien sicher erzeugt werden können, werden mit zunehmender Kontrolle der Zungenmotorik und Stabilisierung der stimmphysiologischen Abläufe vermehrt komplexere Konturen unter Einbau konsonantischer Elemente, also kanonische Silben, erzeugt.

Wie bereits in der Literatur beschrieben (Eiband, 2018; Koopmans-van Beinum & Stelt, 1986; Oller, 1980, 2000; Oller et al., 1999; Roug et al., 1989; Stark, 1980), hat auch die Autorin der vorliegenden Arbeit beobachtet, dass marginale Babbellaute sehr unterschiedliche akustische Eigenschaften haben können. Dies hat dazu geführt, dass in der Fachsprache verschiedene Begriffe für Varianten des marginalen Babbelns verwendet werden, wie z.B. „Raspberries, Clicks, Goos“ (z.B. Buder et al., 2013).

Vokalisationstyp Kanonisches Babbeln

Das kanonische Babbeln wird häufig als *Meilenstein* auf dem Weg zur Sprache bezeichnet (z.B. Buder et al., 2013; Holowka & Petitto, 2002; Oller, 2000; Oller et al., 1999; Oller et al., 2006). Die ersten kanonischen Babbellaute treten laut Literatur meist etwa ab dem 8. Lebensmonat auf und nehmen gegen Ende des ersten Lebensjahres zu (Fagan, 2009; Holmgren et al., 1986; Koopmans-van Beinum & Stelt, 1986; Nathani et al., 2007; Oller, 1980, 1986, 2000; Roug et al., 1989; Stark, 1980).

Im Allgemeinen wird das kanonische Babbeln als ein robuster Vokalisationstyp angesehen, auf dessen Auftreten externe Faktoren wie ein niedriger sozioökonomischer Status (Eilers et al., 1993; Oller, 2000; Oller et al., 1994; Oller, Levine, et al., 1998) oder der Kontakt mit mehr als einer Sprache (Oller et al., 1997) keinen oder nur einen geringen Einfluss zu haben scheinen.

Nicht zuletzt deshalb wird ein verzögerter Beginn der BK-Phase als klinisch relevanter Indikator für mögliche Sprachentwicklungsstörungen und Entwicklungsstörungen im Allgemeinen diskutiert (Oller, Eilers, et al., 1998). So trat bei Säuglingen mit hochgradiger Hörschädigung (Oller et al., 1994; van den Dikkenberg-Pot et al., 1998),

Autismus (Patten et al., 2014), Down-Syndrom (Lynch et al., 1995), Williams-Syndrom (Masataka, 2001), fragilem X-Syndrom (Belardi et al., 2017) und bei Säuglingen mit Gaumenspalte (Chapman, 2004; Chapman et al., 2003; Chapman et al., 2001) der BK-Beginn verspätet auf.

Bei den Vokalisationen der hier analysierten gesunden Probanden war zu erwarten, dass im untersuchten Zeitraum, der den postulierten typischen BK-Beginn einschließt, zunehmend kanonische Babbellaute auftreten. Über den gesamten Untersuchungszeitraum lag der relative Anteil ähnlich wie bei den U-Lauten bei 16 %. Auffällig war jedoch, dass der Anteil am Gesamtrepertoire von Monat 7 (5 %) bis Monat 12 (21 %) kontinuierlich zunahm. Die Ergebnisse bezüglich der Melodiestrukturen stimmen mit früheren Studien überein, die eine Zunahme der Komplexität der Vokalisation mit zunehmendem Alter nahelegen (Oller, 1978, 1980; Roug et al., 1989; Stark, 1980; Stark, Ansel, & Bond, 1988). Der von Stoel-Gammon (1989) berichtete Anteil kanonischer Silbenstrukturen in den Monaten 9 - 12 lag mit 25 - 40 % über dem der hier kategorisierten kanonischen Babbellaute: Da in der hier verwendeten Methodik nicht das Auftreten einer einzelnen kanonischen Silbe das entscheidende Kriterium für die Identifizierung des Vokalisationstyps BK war, sondern der dominierende akustische Eindruck der Lautäußerung dafür kanonisch sein musste, war ein vergleichsweise geringerer Anteil zu erwarten.

Als entscheidendes Erkennungsmerkmal kanonischer Babbellaute findet sich in der Literatur neben der „Sprachähnlichkeit“ (Mitchell & Kent, 1990; Oller, 2000) die typische Silbenstruktur (Holowka & Petitto, 2002). Wie bereits im Material- und Methodenteil erwähnt (vgl. S. 31), gibt es darüber hinaus weitere Merkmale, wie die Charakteristik der konsonantischen und vokalischen Elemente (Nathani et al., 2003; Oller, 2000) sowie der rhythmische Wechsel zwischen beiden (Davis & MacNeilage, 1994).

Während diese Ansätze die Grundlage für die Klassifikation der hier analysierten Vokalisationen bildeten, war es in anderen Punkten notwendig von dieser Definition abzuweichen. So fand beispielsweise das von Oller (1980, 1986, 2000) ursprünglich beschriebene Kriterium der *normalen Phonation (periodische Schwingung der Stimmlippen)* in der vorliegenden Arbeit keine Anwendung. Vorsprachliche Vokalisationen im Allgemeinen können entweder teilweise oder auch vollständig in anderen Registern ausgeübt werden (Buder et al., 2008; Kent & Murray, 1982; Robb & Saxman, 1988). Damit erscheint das Kriterium auch für zukünftige Untersuchungen

hinfällig, wie Oller selbst in neueren Arbeiten bereits einräumt hat (Buder et al., 2013). Dennoch ist eine Definition an sich sinnvoll und notwendig, um die Vokalisationen und die Ergebnisse einer Signalanalyse verifizierbar zu machen (vgl. ebd.). Die rein akustische Erkennung und Identifizierung von BK scheint allerdings sehr zuverlässig zu sein (Lewedag, 1995; Oller et al., 2001; Oller, Levine, et al., 1998).

Wie bei den anderen Vokalisationstypen fand sich auch im kanonischen Babbeln das Konzept der Bögen als Grund- oder Einzelbausteine. Das Auftreten von sich wiederholenden Strukturen über das gesamte erste Lebensjahr der Säuglinge stützt folglich die Kontinuitätstheorie und das MD-Modell. Auffallend dominierend im BK waren segmentierten Melodiestructuren, die in jedem Monat etwa die Hälfte aller kanonischen Lautäußerungen ausmachten und das Maximum im 12. Monat aufwiesen. Der hohe Anteil komplexer Strukturen (90 %) ging mit einem vergleichsweise geringen Anteil einbogiger Melodien einher. Dieser war im BK am geringsten und hatte sein Minimum im 8. Monat. Aufgrund der charakteristischen Silbensequenzen würde man im BK primär nicht erwarten, dass etwa 10 % einbogige Melodien zu finden sind. Eine Erklärung liefert das Auftreten von einsilbigen Protowörtern („da“). Eine weitere Differenzierung der kanonischen Babbellaute zur Verifizierung war nicht möglich, da hierfür Kontextinformationen in Form von Videos oder ähnlichem notwendig gewesen wären. Die Hypothese konnte jedoch durch ein erneutes Anhören der einbogigen kanonischen Babbellaute bestätigt werden.

Segmentierte Melodien sind typisch für das kanonische Babbeln – zum einen als Ausdruck der Rhythmisierung der Laute, zum anderen als Charakteristik der Silbenstruktur, die zunächst vor allem durch das Segmentieren der Lautäußerungen entsteht. Der bereits im natürlichen Weinen und in den U-Lauten durch innermelodische Segmentierungen gelegte Grundstein für das Auftreten rhythmisierter Elemente im späteren Babbeln beobachtete auch Steck-Walter (2007). Die Autorin untersuchte die vorsprachlichen Lautäußerungen im zweiten Lebenshalbjahr von Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung (OFS). Ihre Arbeit lieferte Erkenntnisse über die „intentionalen Segmentierungen, [die] eine essentielle Voraussetzung für die Produktion von Babbellaute[n] [darstellen]“ (Steck-Walter, 2007, S. 70). Im weiteren Sinne findet sich hier die Reduplikations-Theorie wieder, die besagt, dass BK meist mit Verdoppelungen bzw. Wiederholungen einzelner Silben (*Ba-ba*, *Ma-ma-ma*) beginnt. Das kanonische Babbeln stellt auch die Vorstufe zu den ersten Wörtern dar, die häufig im Alter von etwa 12 Monaten auftreten (z.B. Yankowitz et al., 2022).

Vom kanonischen Babbeln zum (Proto-)Wort

Die Arbeitsgruppe um Lang et al. (2019), die sich vor allem mit dem Auftreten des kanonischen Babbeln bei Säuglingen mit Entwicklungsstörungen befasste, beschreibt das Babbeln als ein Übungsfeld für verschiedene Aspekte der Kommunikation. So werden zum einen die motorischen Fähigkeiten für die zielgerichtete Sprache trainiert (Iverson et al., 2007), grundlegende linguistische Komponenten der eigenen Sprache ausgebildet (Petitto et al., 2004) und darüber hinaus die kommunikative Interaktion mit den Mitmenschen geübt (Albert et al., 2018; Gros-Louis et al., 2006).

Der Übergang vom Babbeln zur Sprache bzw. zu den ersten Wörtern war bereits Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (z.B. Thevenin et al., 1985; Vihman et al., 1986; Vihman et al., 1985). Das Alter des Säuglings bei BK-Beginn ermöglicht eine Vorhersage des Zeitpunkts der ersten Wortproduktionen sowie der späteren Sprachfähigkeiten (mit 18 Monaten) (McGillion et al., 2017).

Die Stetigkeit der phonetischen Eigenschaften zwischen dem kanonischen Babbeln und den ersten bedeutungstragenden Wörtern zeigte sich in mehreren Studien am Ende des ersten Lebensjahres (Elbers & Ton, 1985; Kent & Bauer, 1985; Locke, 1989; Majorano & D'Odorico, 2011; Stoel-Gammon & Cooper, 1984; Vihman et al., 1986; Vihman et al., 1985). Das hohe Maß an Kontinuität konnte z.B. in der Längsschnittstudie von Vihman et al. (1985) bestätigt werden, in der Säuglinge im Alter von 9 bis 16 Monaten in der Entwicklung ihres Babel- und Wortrepertoires untersucht wurden. Die Ähnlichkeit zwischen BK und den ersten Wörtern zeigt sich beispielsweise in den dominierenden Silbenstrukturen (z.B. Bredel, 2007) oder auch bezüglich der verwendeten Vokale (z.B. Singleton & Ryan, 2004) und Konsonanten (z.B. Locke & Studdert-Kennedy, 1983; Oller et al., 1976). Der prägende Einfluss der Muttersprache auf die Lautproduktion von Säuglingen (z.B. Chen & Kent, 2010; de Boysson-Bardies & Vihman, 1991) spielt eine entscheidende Rolle bei diesem Prozess. Nach dem Erwerb der artikulatorisch-motorischen Fähigkeiten greifen Säuglinge auf kontinuierlich gespeicherte Lautmuster zurück (Levelt et al., 1999; Vihman et al., 2004), für deren Wahrnehmung sie von Geburt an sensibel sind (Jusczyk et al., 1994; Sambeth et al., 2008). Dies zeigt sich in ihrer klaren Präferenz für Lautäußerungen, die der vertrauten Umgebungssprache ähneln (Jusczyk et al., 1993). Eine wesentliche Rolle bei der Vertrautheit und Präferenz der Muttersprache kommt ihren prosodischen Merkmalen zu (Byers-Heinlein et al., 2010; Mehler et al., 1988; Moon et al., 1993). Die Prosodie umfasst die rhythmisch-

musikalischen Eigenschaften einer Sprache und einzelner Lautäußerungen, wie beispielsweise die Dauer der Vokalisation, die Lautstärke oder die Tonhöhe (Cruttenden, 1997).

Die Autorinnen Vihman (1996) und de Boysson-Bardies (2001) beschreiben eindrucksvoll, wie der Einstieg in die Muttersprache über die Prosodie erfolgt. Bereits in vorsprachlichen Lautäußerungen bauen Säuglinge typische prosodische Merkmale ihrer Muttersprache ein (z.B. de Boysson-Bardies, 2001; Fernald & Simon, 1984; Mampe et al., 2009). Auch die Autor:innen Christophe et al. (2003) befassten sich mit der Thematik und postulieren ein sogenanntes „prosodic bootstrapping“, das besagt, dass sich Säuglinge die Sprache und ihre grammatikalischen Prinzipien über prosodische Eigenschaften erschließen (vgl. Demuth & Morgan, 1996; Mazuka, 2014; Wanner et al., 1982). Wie sich diese Beobachtungen in den verschiedenen Vokalisationstypen widerspiegeln, ist bisher jedoch kaum untersucht worden.

4.3 Prosodie & Feinstrukturmerkmale

4.3.1 Intonation

Die Intonation umfasst sämtliche melodischen und prosodischen Eigenschaften einer Sprache, die sich insbesondere im hier analysierten Grundfrequenzverlauf, der Melodiekontur, zeigen. Sie ist vor allem in der späteren Sprache ein wichtiges sogenanntes suprasegmentales Element, das zum Verständnis des Gesprochenen beiträgt und neben dem Inhalt auch Absichten und Stimmungen vermittelt. Somit hat die Intonation beim Sprechen neben linguistischen Funktionen auch einen starken emotionalen Charakter (Crystal & Quirk, 2021; Goldbeck et al., 1988; Gussenhoven, 2002; Ladd et al., 1985; Remez et al., 1981; Scherer, 1986, 2003) und spielt eine entscheidende Rolle bei der Interaktion und Kommunikation mit Säuglingen (Fernald, 1989; Fernald & Simon, 1984; Stern et al., 1982). In der Literatur findet häufig die sogenannte *infant-directed speech* (IDS) Erwähnung, die sich durch eine höhere Tonlage, zeitlich gedehnte Silben und einen breiteren Frequenzbereich auszeichnet (Fernald, 1985; Fernald, 1992). Als Funktion der IDS wird das Erregen von Aufmerksamkeit (Sullivan & Horowitz, 1983) und vor allem auch das Erlernen einer Sprache angesehen (Farran et al., 2016; Liu et al., 2007). Säuglinge bevorzugen diesen speziellen, an sie gerichteten Sprechstil gegenüber der „Erwachsenensprache“ (Consortium, 2020). Sowohl Fernald (1992) als auch Katz et al. (1996) sehen den Hauptgrund dafür in der Intonation. Die Vermittlung emotionaler Inhalte erfolgt in der an die Säuglinge gerichteten Sprache (*IDS*) nicht über Worte, sondern über die Melodie (Wermke et al., 2021).

Pränatal, im letzten Trimenon der Schwangerschaft, beginnt der Fötus die charakteristischen Intonationsmerkmale (Melodiekonturen) der mütterlichen Sprache wahrzunehmen und abzuspeichern (Liu et al., 2022; Mehler et al., 1978; Titze et al., 2015). Bereits in den ersten Lebenstagen eines Säuglings zeigen sich die typischen Intonationsmuster der Umgebungssprache im natürlichen Weinen (Mampe et al., 2009; Manfredi et al., 2019; Prochnow et al., 2019; Wermke et al., 2017; Wermke et al., 2016). Dieser frühe Einbau charakteristischer prosodischer Elemente spricht laut Snow (2006) für eine Kombination aus physiologischen Umständen und emotionalem Erleben. Da Emotionen potenziell auch einen physiologischen Einfluss auf den subglottalen Druck und die Kehlkopfspannung haben (ebd.), vertritt die Autorin der vorliegenden Arbeit ebenfalls die Meinung, dass die Prosodie frühkindlicher Lautäußerungen sowohl durch emotionale als auch durch physiologische Komponenten entsteht. Im zweiten

Lebenshalbjahr gibt es Untersuchungen, die sich mit dem beschriebenen Sachverhalt auseinandersetzen. Ein Zusammenhang zwischen kommunikativen Absichten und den verwendeten prosodischen Elementen bei 7 - 11 Monate alten Säuglingen wurde von der Arbeitsgruppe um Esteve-Gibert (2013) untersucht. Es zeigte sich, dass bei Ausdruck der Unzufriedenheit und Bitten die Lautäußerungen länger und höher waren als bei Aussagen oder Antworten auf Fragen. Darüber hinaus konnten Grossmann et al. (2005) anhand von ereigniskorrelierten Hirnpotentialen bei Säuglingen im Alter von 7 Monaten zeigen, dass die Unterscheidung zwischen positiven und negativen Emotionen bei ihnen nicht über die Mimik, sondern über die Prosodie erfolgt. Den prosodischen Merkmalen wird zugeschrieben, dass sie zum Eindruck der Wohlgeformtheit vom BK im zweiten Lebenshalbjahr beitragen (Davis et al., 2000; Kent et al., 1991; Roug et al., 1989). Dies zeigen die Analysen von Davis et al. (2000), in denen frühkindliche Vokalisationen über einen Zeitraum von drei bis vier Monaten nach BK-Beginn untersucht wurden. Neben der Silbenbetonung und der Silbenposition wurden als weitere Parameter der Analyse die zugehörige Grundfrequenz (F0), die Intensität und die Dauer der Lautäußerungen erfasst.

Der in der hier vorliegenden Arbeit untersuchte Zeitraum erscheint daher geeignet, die Melodiekontur im Zusammenhang mit der Prosodie und ihren Feinstrukturmerkmalen zu analysieren.

4.3.2 Feinstrukturmerkmale der Melodie

4.3.2.1 Melodieintervalle

Melodieintervalle (IV) sind Sprünge in der Tonfrequenz, wie sie für die Musik typisch sind. Während die Musik erst durch die Veränderung der Tonhöhe entsteht, ist das Verständnis beim Sprechen in nicht-tonalen Sprachen (Zatorre & Baum, 2012) prinzipiell unabhängig von Frequenzwechsellern. Aber auch hier tragen sie als Element der emotionalen und linguistischen Prosodie entscheidend zur sozialen Interaktion und sprachlichen Kommunikation bei.

Melodieintervalle können bereits in den frühesten Lautäußerungen beobachtet werden: Analysen frühkindlicher Lautäußerungen aus den ersten vier Lebensmonaten ergaben, dass etwa 80 % aller Lautäußerungen Melodieintervalle aufwiesen (Armbrüster, 2020; Armbruster et al., 2021; Ehlert, 2019). Während die Autorinnen die Intervalle vermessen haben, wurde in der vorliegenden Arbeit wie bei Kottmann (2023) lediglich das Auftreten von Melodieintervallen dokumentiert. Die Identifikation erfolgte nach einem auditiv

wahrgenommenen Tonhöhenwechsel und einer zusätzlichen visuellen Kontrolle anhand der Schmalbandspektrogramme. Die musikalischen Kenntnisse der Autorinnen erleichterten dieses methodische Vorgehen.

Das Auftreten von Intervallstrukturen bei Säuglingen könnte einen spielerischen Effekt (*vocal play*) darstellen. Eine physiologische Erklärung lieferte Armbrüster (2020): Als stimmphysiologisches Phänomen könnten Intervalle durch „zu steile Melodiebogenflanken bei ganz bestimmten Intensitätsverhältnissen [entstehen] und eine Art Verzögerung der Stimmlippenschwingung reflektieren“ (Armbrüster, 2020, S. 136). Demnach würde die mit dem Alter zunehmende Reifung und Kontrolle über den Vokaltrakt eine Abnahme der Melodieintervall-Häufigkeit vermuten lassen. Dagegen spricht, dass im Gegensatz dazu in allen bisherigen Arbeiten eine signifikante Zunahme der Intervallstrukturen mit dem Alter beobachtet wurde (Armbrüster, 2020; Armbruster et al., 2021; Ehlert, 2019). Eine rein physiologische Argumentation wird auch dadurch unwahrscheinlich, dass Melodieintervalle nicht nur im natürlichen Weinen, sondern auch in „fortgeschritteneren“ Lautäußerungen, wie sie in der vorliegenden Arbeit untersucht wurden, vorkommen. Obwohl immer noch mehr als die Hälfte aller Lautäußerungen des Datenkorpus im zweiten Lebenshalbjahr Intervallstrukturen aufwies, gab es einen entscheidenden Unterschied zu den früheren Arbeiten. Im zweiten Lebenshalbjahr kam es mit zunehmendem Alter zu einer signifikanten Abnahme der Auftrittswahrscheinlichkeit von IV-Elementen in den Vokalisationstypen BM und U. Es scheint einen Wendepunkt zu geben, ab dem die Häufigkeit von IV abnimmt. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Kottmann (2023) lässt sich dieser etwa im 5. Monat vermuten. Im Längsschnitt zeigte sich eine Abnahme der relativen Häufigkeit der Intervallstrukturen vom 5. bis zum 9. Monat von ca. 10 % pro Monat. Zwischen dem 10. und 11. Monat kam es allerdings zu einem erneuten geringfügigen Anstieg, der sich vorrangig im Vokalisationstyp BK zeigte. Interessanterweise stellten D’Odorico und Franco (1991) fest, dass 10 - 11 Monate alte Säuglinge im Vergleich zu jüngeren weniger Höhen und Tiefen in ihre Vokalisationen einbauen, d.h. Registerwechsel vermeiden. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Registerwechsel, der eine Extremform des Tonhöhenwechsels darstellt, ebenfalls mit der Variablen IV erfasst. Obwohl in der vorliegenden Arbeit ein erneuter Anstieg in der Auftrittshäufigkeit von IV in diesem Alter zu verzeichnen war, lag der relative Anteil bei etwa 50 % aller Lautäußerungen und damit deutlich niedriger als im ersten Lebenshalbjahr (75 %, Kottmann 2023). Eine Erklärung für den beobachteten Einbruch der linearen Abnahme im zweiten Lebenshalbjahr könnte eine von Levitt (1993) postulierte „Regressionsphase“ bezüglich der Intonation liefern

(vgl. D'Odorico & Franco, 1991), die die Melodieintervalle mit einschließt. Der Beginn der intentionalen Kommunikation im Alter von etwa 10 Monaten (Bates et al., 1975) und die damit einhergehende Veränderung der Intonation (Snow, 2006) stützen diese Annahme.

4.3.2.2 *Rhythmischer Charakter*

Ein weiterer Aspekt der Prosodie ist der rhythmische Charakter des vokalen Lautstroms. Der Rhythmus wird bereits vom Fötus im Mutterleib wahrgenommen und bildet die Grundlage für das postnatale Erkennen der Muttersprache (DeCasper & Spence, 1986; Granier-Deferre et al., 2011; James et al., 2002). Die bei Säuglingen von Anfang an vorhandene Rhythmussensibilität zeigt auch eine Untersuchung von Winkler et al. (2009). Die Autor:innen wiesen nach, dass Neugeborene in einfachen rhythmischen Sequenzen (musikalischer Takt) eine Abweichung vom zuvor präsentierten Standardtakt erkennen (ebd.).

Die Identifikation des perzeptiv wahrgenommenen Rhythmus erfolgte in der vorliegenden Arbeit über den auditiven Höreindruck der Autorin. Dieser entsteht – wie in Kapitel 2.4.2.7 beschrieben – unter anderem durch die Intonation, den Einbau von Segmentierungen oder einen Wechsel der Silben hinsichtlich Länge und Betonung. Einen besonders starken rhythmischen Charakter erzeugen innermelodische Pausen, die anhand festgelegter Kriterien (z.B. Intensitätsabfall) zuverlässig erkannt werden können. Sie werden bereits in Schrei-Vokalisationen eingebaut und stellen Vorläufer rhythmischer Babbellaute dar (Birrr, 2009; Steck-Walter, 2007). In den herkömmlich verwendeten Kriterien zur Identifizierung kanonischer Silben taucht ebenfalls der rhythmische Charakter in Form des Wechsels zwischen Konsonant und Vokal auf (Davis & MacNeilage, 1994; Oller, 2000). Darüber hinaus wird die rhythmische Struktur als eine Gemeinsamkeit zwischen kanonischen Babbellauten und reifer Erwachsenensprache angesehen (Kent & Bauer, 1985; Kent et al., 1991; Kent & Murray, 1982). Die Ergebnisse der hier vorliegenden Arbeit untermauern diese Hypothese, da die Auftrittswahrscheinlichkeit signifikant vom Vokalisationstyp abhing. Auch deskriptiv zeigte sich im BK ein relativer Anteil des rhythmischen Charakters von über 60 %, während dieser bei den U-Lauten unter 30 % lag.

Hinsichtlich der Rhythmik wird in der Literatur häufig ein Zusammenhang zwischen rhythmischen Körperbewegungen und dem Beginn des rhythmisch geprägten kanonischen Babbelns diskutiert. So stellten Ejiri und Masataka (2001) fest, dass der

Zeitpunkt der am stärksten rhythmisch beobachteten Körperbewegungen mit dem Auftreten der erster BK-Laute zusammenfällt (vgl. Cobo-Lewis et al., 1996; Ejiri, 1998; Iverson et al., 2007; Locke et al., 1995; Thelen, 1981). Die Autoren konnten außerdem zeigen, dass die Vokalisationen signifikant kürzer waren, wenn sie von rhythmischen Körperbewegungen begleitet wurden. Sie vermuten, dass die Bewegungen die Säuglinge in ihren artikulatorisch-motorischen Fähigkeiten und damit auch in ihrer Lautproduktion rhythmischer (kanonischer) Silben unterstützen (Ejiri & Masataka, 2001). Auch Locke et al. (1995) stellten fest, dass rhythmische Handbewegungen mit dem Auftreten der ersten Silben beobachtet werden konnten.

4.3.2.3 *Laryngeale Konstriktionen und Konsonanten*

Neben den Melodieintervallen und dem rhythmischen Charakter gab es weitere Feinstrukturmerkmale, die in den Vokalisationen der vorliegenden Arbeit im Längsschnitt beobachtet wurden.

Auch die Auftrittswahrscheinlichkeit von laryngealen Konstriktionen hing signifikant vom Vokalisationstyp ab. Laryngeale Konstriktionen erzeugen innermelodische Segmentierungen, sofern sie nicht am Anfang oder am Ende einer Lautäußerung auftreten. Sie wurden daher bereits in den Segmentierungen erfasst. Zusätzlich wurden hier die Anfangs- und Endphänomene erfasst, die durch laryngeale Konstriktionen entstehen. Sowohl am Bogenanfang (KA) als auch am Bogenende (KE) traten die laryngealen Konstriktionen am häufigsten im Vokalisationstyp U-Laut und am seltensten bei den kanonischen Babbellauten auf. Die deskriptive Statistik erfolgte anhand der 1B-Melodien, sodass Bogenanfang bzw. Bogenende auch jeweils den Beginn bzw. das Ende der Lautäußerung bedeuteten. Sie traten zu Beginn einer Lautäußerung (KA) fast dreimal häufiger auf als am Ende (KE). Eine Erklärung dafür könnte die für das Deutsche typische laryngeale Konstriktion beim Anlaut vokalisches beginnender Wörter sein (Wagner, 2004). Die laryngeale Konstriktion zu Beginn einer Lautäußerung würde demnach ein linguistisches Element der späteren deutschen Sprache darstellen.

Eine weitere Ursache dafür könnte die Regulation der Stimmlippenschwingungen sein, die zu Beginn einer Vokalisation (in Nicht-Schreilauten) weicher erfolgen soll, wodurch die Konstriktion entsteht. Aufgrund der damit verbundenen Regulation des Luftstroms können laryngeale Konstriktionsphänomene als eine Art Atemkontrollübung angesehen werden. Für diese Hypothese spricht, dass mit zunehmendem Alter und besserer Kontrolle die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von laryngealen Konstriktionen am

Bogenanfang (KA) signifikant abnahm. Ein Rückgang laryngealer Konstriktionen im zweiten Lebenshalbjahr (7. Lebensmonat) beschrieben auch Robb et al. (2020) in ihrer Lautanalyse von 1 bis 7 Monate alten Säuglingen. Sie interpretieren dies als Abnahme laryngealer Konstriktionen zugunsten supralaryngealer Konstriktionen (Konsonanten). Diese Interpretation basiert auf dem Larynx-Artikulations-Modell von Esling. Esling (2005) postuliert, dass erste Erfahrungen mit laryngealen Konstriktionsphänomenen eine Grundlage für das Erlernen von Silben im zweiten Lebenshalbjahr darstellen.

Ein Feinstrukturmerkmal, das in der vorliegenden Arbeit ausschließlich im marginalen und kanonischen Babbeln untersucht wurde, waren die supralaryngealen Konstriktionen in Form von (Proto-)Konsonanten (C?A) bzw. reifen Konsonanten (CA) am Bogenanfang. Dabei zeigte sich auch in Übereinstimmung mit der Interpretation von Robb et al. (2020) die in der Literatur beschriebene zunehmende Produktion von Konsonanten (Stoel-Gammon, 1998; Vihman, 1996). Insbesondere die im BK dominierenden, sogenannten *CV-Silben*, die sich aus einem Konsonanten (C) und einem nachfolgenden Vokal (V) zusammensetzen, charakterisieren den Vokalisationstyp (Kent & Bauer, 1985; Locke & Studdert-Kennedy, 1983; Oller & Eilers, 1982; Oller et al., 1976; Stoel-Gammon & Cooper, 1984; Vihman et al., 1985).

CA und C?A bilden die Grundlage für diese typische CV-Struktur, auf die später näher eingegangen wird. Die darin enthaltenen Konsonanten werden in der Regel supralaryngeal produziert (Oller & Eilers, 1988) und sind nach Snow (2006) bereits im Vokalisationsrepertoire von Säuglingen im Alter von 9 bis 10 Monaten fest etabliert. Auch die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen deutlich, wie die Konsonanten im zweiten Lebenshalbjahr kontinuierlich im kanonischen Babbeln eingebaut werden. Obwohl im marginalen Babbeln neben den Konsonanten auch „Protokonsonanten“ in die Analyse einbezogen wurden, waren die relativen Anteile deutlich geringer als im BK (ausschließlich „echte“ Konsonanten). Während im marginalen Babbeln insgesamt nur 12 % aller Vokalisierungen einen Protokonsonanten (C?A) oder einen echten Konsonanten (CA) aufwiesen, begannen im kanonischen Babbeln fast 65 % aller Lautäußerungen mit einem Konsonanten. Auch bei Betrachtung der einbogigen Melodien war ein (Proto-)Konsonantenanfang bei fast jedem zweiten BK-Laut und nur bei etwa 5 % der BM-Laute zu beobachten. So waren mit zunehmendem Alter und bei vermeintlich der Erwachsenensprache ähnlicheren Lautäußerungen (BK) deutlich mehr Konsonanten festzustellen. Dies belegt die zunehmende Reifung der Artikulationsmechanismen und steht auch im Einklang mit einer Untersuchung von

Fagan (2009), in der Babbellaute vom 3. Lebensmonat bis hin zu den ersten Wortproduktionen analysiert wurden. Die Autorin stellte mit dem Beginn des kanonischen Babbelns eine signifikante Zunahme von supraglottalen Konsonanten und CV-Silben fest.

Das Konsonantenrepertoire von Säuglingen in der Sprachentwicklung ist auch von klinischer Bedeutung. So konnten bereits mehrere Studien zeigen, dass bei Säuglingen mit orofazialen Spaltbildungen (OFS) diesbezügliche Defizite bereits in frühkindlichen Vokalisationen wie dem Babbeln beobachtet werden können (Chapman et al., 2001; Kempf, 2009; Lohmander et al., 2004; Scherer et al., 2008; Steck-Walter, 2007). Chapman et al. (2001) verglichen spontane Vokalisationen von 9 Monate alten Säuglingen mit orofazialen Spalten mit den Lautäußerungen einer Kontrollgruppe. Während sich 93 % der Kontrollgruppe und nur 57 % der Säuglinge bereits in der BK-Phase befanden, wurde bei den Säuglingen mit OFS zudem ein geringeres Konsonantenrepertoire festgestellt.

4.3.2.4 *Vibrato-Elemente*

Ähnlich wie die Abnahme der laryngealen Konstriktion hier als zunehmende Reife der Regelmechanismen interpretiert wurde, scheint auch das seltenere Auftreten von Vibrato-Elementen im kanonischen Babbeln bzw. mit zunehmendem Alter ein Reifezeichen zu sein – die Frequenzregulation wird stabiler. Bei den U-Lauten konnte zwar kein signifikanter Alterseffekt festgestellt werden, betrachtet man jedoch die Ergebnisse im Längsschnitt über das erste Lebensjahr, so relativiert sich dieses Ergebnis etwas: Während der Anteil von Vibrato-Elementen in einbogigen Melodiestructuren der U-Laute im ersten Lebenshalbjahr noch bei über 15 % lag (Kottmann, 2023), betrug er im zweiten Lebenshalbjahr nur noch bei etwa 5 %. Somit können Vibrato-Elemente (wie auch laryngeale Konstriktionen) als Indikator für eine noch nicht vollständig ausgereifte Vokaltrakt-Kontrolle und limitierte Stabilität in der Lautproduktion interpretiert werden. Dies erklärt, warum das kanonische Babbeln, das mit zunehmendem Alter vermehrt auftritt und als näher an der Zielsprache beschrieben wird, weniger „unreife“ Feinstrukturmerkmale aufweist.

4.3.2.5 *An- und Endlaute*

Um die Entwicklung im Längsschnitt über das gesamte erste Lebensjahr beurteilen zu können, wurden neben dem statistischen Modell (VGM) des Gesamtrepertoires zusätzlich die hier aufgetretenen An- und Endlaute in den einbogigen Vokalisationen

(1B) separat untersucht. Die deskriptive Statistik zeigt, dass der Anteil der Einschwingvorgänge in jedem Vokalisationstyp relativ konstant bei knapp 30 % lag, wie bereits im ersten Lebenshalbjahr (Kottmann, 2023).

Sowohl für die An- als auch für die Endlaute konnten keine signifikanten Korrelationen zwischen ihrer Auftrittswahrscheinlichkeit und dem Alter oder dem Vokalisationstyp festgestellt werden. Beide Elemente traten in einbogigen Melodiestructuren häufiger auf als in mehrbogigen Melodien, was die Hypothese nahelegt, dass die Stabilität der Bögen in einfachen Melodien erworben wird, bevor sie in komplexeren Strukturen modifiziert und weiterentwickelt gezielt produziert werden können. Allerdings sind weder An- noch Endlaute eine physiologische Voraussetzung für die Lautproduktion und das Bogensystem der Melodiekontur, sondern stellen vielmehr eine temporäre Instabilität dar. Es wäre außerdem denkbar, dass diese Ein- und Ausschwingvorgänge in Einzelbögen bereits Vorstufen weiterer Bögen andeuten oder dass der Endlaut einen Hinweis auf die im Deutschen häufig vorkommenden Schwa-Laute (Hall, 2011; Piroth & Skupinski, 2011) geben könnte. Die Ergebnisse des ersten Lebenshalbjahres der hier untersuchten Säuglinge zeigen, dass der relative Anteil der Endlaute mit Ausnahme des 4. Monats stetig zunahm (Kottmann, 2023). Der Anteil zu Beginn des zweiten Lebenshalbjahres knüpfte mit etwa 30 % zunächst nahtlos daran, blieb dann aber über die Monate 7 bis 12 relativ konstant (31 - 39 %). Im Gegensatz dazu zeigte sich für die Entwicklung des Vokalisationstyps U-Laut eine Verdoppelung des relativen Anteils der Endlaute vom ersten zum zweiten Lebenshalbjahr (1B U-Laute: 20 % → 40 %). Da Silben vor allem im zweiten Lebenshalbjahr zunehmend eine Rolle spielen, untermauert dieser Aspekt die Hypothese der sich entwickelnden und zunehmend integrierten Schwa-Laute bei den deutschen Probanden. Auch Sendelmeier und Sendlmeier (1991) stellten in ihren Untersuchungen ebenfalls fest, dass Schwa-Laute die zweithäufigsten produzierten Vokale unter den Vokalisationen von 8 - 14 Monate alten Säuglingen ausmachten.

4.4 (Proto-)Silben und CV-Struktur

Im zweiten Lebenshalbjahr verändert sich die Kommunikation der Säuglinge und die Artikulation spielt bei der Lautproduktion eine immer größere Rolle. Auch die Eltern nehmen die kanonische Babbelphase deutlich wahr. Grund dafür sind die in der hier vorliegenden Arbeit sowie in der Literatur als BK-Kriterium beschriebenen Silben und ihr schneller Wechsel zwischen Konsonanten (C) und Vokalen (V). Da gerade die bereits erwähnten CV-Silben charakteristisch für BK sind, wird in diesem Kapitel (4.4) sowohl auf die CV-Strukturen als auch auf die (Proto-)Silben im Allgemeinen eingegangen. Die Interpretationen sollen als Grundlage für die Beantwortung der Frage dienen, ob es einen Zusammenhang zwischen den (Proto-)Silben und der Melodie bzw. den Melodiebögen gibt.

4.4.1 CV-Struktur

Während die Prosodie den Einstieg in die muttersprachliche Umgebungssprache liefert, zeigen die Säuglinge durch Silbenpräferenzen wie Konsonant-Vokal-Kombinationen (CV-Silben) (Davis & MacNeilage, 1995) im Babbeln Lautproduktionen, deren Ähnlichkeit zur Zielsprache zunehmend auch von den Eltern wahrgenommen werden kann. Den Einfluss der Muttersprache auf die ersten Silben und die CV-Strukturen belegte eine Studie von Boysson-Bardies (1993), in der die Vokalisationen von 10 bis 12 Monate alten Säuglingen analysiert wurden. Es stellte sich heraus, dass die Babbellaute von Säuglingen, die im Raum der Yoruba-Sprache (Westafrika) aufwuchsen, sehr häufig ein für die Muttersprache typisches VCV-Muster aufwiesen. Säuglinge mit englischer, französischer oder schwedischer Umgebungssprache zeigten dagegen sprachspezifische CV-Strukturen. Kawasaki-Fukumori (1992) sieht in den sich häufig wiederholenden silbenartigen Strukturen, insbesondere im CV-Muster, eine wahrnehmungsbezogene Komponente. Er beschreibt sprachübergreifend, dass akustische Muster effizienter wahrgenommen und entsprechend bevorzugt werden, wenn die spektralen Veränderungen innerhalb der Silben groß sind (ebd.). Ein solcher wahrnehmbarer Wechsel zwischen Konsonant und Vokal, der zudem häufig als Kriterium für den Vokalisationstyp BK angeführt wird (z.B. Buder et al., 2013), findet sich auch im Deutschen wieder (vgl. Pachtner, 2016). In der vorliegenden Arbeit wurde die Konsonanten- und Vokalstruktur nicht explizit analysiert – die Ergebnisse der Konsonanten am Bogenanfang (CA / C?A), die vor allem im kanonischen Babbeln auftraten, gaben jedoch Hinweise auf eine CV-Struktur. Die signifikante Zunahme von CV-Silben mit Beginn des kanonischen Babbelns konnte auch Fagan (2009) zeigen und

deutete dabei auf eine weitgehende Entkopplung vom chronologischen Alter hin. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die CV-Präferenz unabhängig vom Konsonantenrepertoire zu sein scheint und auch bei Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung (OFS) auftritt (Chapman et al., 2001).

4.4.2 Analyse der Silbenanzahl

Die Silbe als kleinste sprachliche Einheit, die artikulatorisch produziert werden kann (Röber, 2013), fungiert als eine Form der Akzentuierung (O'Connor & Trim, 1953), durch die auch die im Deutschen typische trochäische Betonung eines Wortes entsteht. Eine Silbe kann beispielsweise durch eine längere Dauer, einen rhythmischen Charakter, eine Veränderung der Stimmqualität oder durch eine höhere Intensität betont werden (Dogil & Williams, 1999; Heuft & Portele, 1994; Heuft et al., 1995; Jessen et al., 1995; Pompino-Marschall, 2010; Tamburini & Wagner, 2007).

Lecanuet et al. (2013) untersuchten fetale Herzfrequenzen und zeigten, dass Säuglinge bereits im Mutterleib auf Silben reagieren. Auch beim Spracherwerb, bei dem sich die Säuglinge an der Melodie orientieren, werden segmentale Eigenschaften wie Silben bereits in den ersten Lebensmonaten wahrgenommen (Friederici et al., 2007; Sansavini et al., 1997; Trehub et al., 1984; Vihman, 1996).

Auf dieser Grundlage stellte sich die Frage, inwiefern sich diese Wahrnehmung in der Lautproduktion der Säuglinge widerspiegelt und ob es einen erkennbaren Zusammenhang zwischen den Melodiebögen und der Silbenstruktur gibt. Die Silbenanalyse der hier vorliegenden Arbeit erfolgte bei den Lautaufnahmen der Vokalisationstypen BM und BK, die in der Literatur als „syllable-like patterns“ (Buder et al., 2013, S. 110) beschrieben werden. Auffällig waren Unterschiede bezüglich der Silbenanzahl zwischen marginalem und kanonischem Babbeln. Während im marginalen Babbeln einsilbige Äußerungen (AS(1)) mit ca. 75 % aller 1B-Vokalisationen dominierten, überwogen im kanonischen Babbeln 1B-Melodien mit zwei auditiv wahrgenommenen Silben (AS(2)). Auch die Untersuchungen von Pachtner (2016) zu kanonischen Babbellauten haben bereits gezeigt, dass im zweiten Lebenshalbjahr besonders häufig Doppelsilben (AS(2)) produziert werden.

Passend zum hier analysierten Untersuchungszeitraum der frühkindlichen Vokalisationen lieferte die Studie von Whalen et al. (1991) Ergebnisse zum kanonischen Babbeln von Säuglingen im Alter von 0;5 bis 1;1 Jahren (durchschnittlich 0;7 - 1;3). Die Arbeitsgruppe konnte zeigen, dass die Lautäußerungen der Probanden im kanonischen

Babbeln die Charakteristika der muttersprachlichen Lautmelodie (Intonation als Teil der Prosodie) aufwiesen. Da dieses Ergebnis erzielt wurde, obwohl das reduplizierende (kanonische) Babbeln ärmer an prosodischen Hinweisen ist als das Babbeln im Allgemeinen (de Boysson-Bardies et al., 1984, S. 10), sehen sie darin einen weiteren Beleg für den Einfluss der sprachlichen Umgebung.

Auch hinsichtlich der Silbenstruktur kann als Interpretation der Unterschiede zwischen BM und BK ein Übungskonzept postuliert werden, das zu dem MD-Modell von Wermke und Mende (1992; 2002) passt. Die Silbenbausteine werden zunächst primär im marginalen Babbeln in einsilbigen Lautäußerungen erworben und im kanonischen Babbeln zu komplexeren Mehrfach-Silbenproduktionen kombiniert. Bredel (2007) beschreibt die Silbenbildung im kanonischen Babbeln bereits als sehr zielsprachenähnlich. Betrachtet man die Silbenzahl der deutschen Umgangssprache, fällt auf, dass deutsche Wörter unabhängig von der Wortlänge häufig zwei- oder dreisilbig sind (*Ku-chen, Spiel-zeug, glück-lich, To-ma-te*). Mit Blick auf die Ergebnisse der wahrgenommenen Silbenanzahl im hier vorliegenden Datenkorpus kann die vorherrschende Mehrsilbigkeit im kanonischen Babbeln als Ähnlichkeit zur Zielsprache gedeutet werden.

Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang stellt die Veränderung der Silbenanzahl im Untersuchungszeitraum dar. Der in der Literatur erwähnte Rückgang der Silbenanzahl in der Übergangsphase zu den ersten Wörtern (de Boysson-Bardies, 2001) konnte auch in der vorliegenden Arbeit festgestellt werden. So wies der 12. Monat den geringsten relativen Anteil an dreisilbigen und gleichzeitig den höchsten relativen Anteil an einsilbigen Lautäußerungen im gesamten Untersuchungszeitraum auf. Wie bereits in Kapitel 4.2 beschrieben, fand die Arbeitsgruppe um Vihman et al. (1985) in Bezug auf die Silbenanzahl eine auffällige Kontinuität zwischen BK und den ersten Wörtern. Dies wird, zunächst unerwartet, durch die Produktion einsilbiger Lautäußerungen am Ende des ersten Lebensjahres gestützt. Bei Säuglingen, die von der englischen Sprache umgeben sind (de Boysson-Bardies et al., 1992; Snow, 2006), einer indogermanischen Sprache wie dem Deutschen, dominieren zunächst einsilbige Wortproduktionen. Die Einfachheit der Strukturen ermöglicht dem Säugling zudem eine sorgfältigere Artikulation der ersten (Proto-)Wörter. Untermauert wird der Zusammenhang des Rückgangs der Silbenanzahl in der Übergangsphase damit, dass die erneute Zunahme einsilbiger Vokalisationen in der vorliegenden Arbeit fast ausschließlich auf die den BK zugeordneten Vokalisationen zurückzuführen ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen,

dass die Abgrenzung bzw. der Übergang dieser kurzen einsilbigen Vokalisationen zwischen reifen kanonischen Babbellauten und (Proto-)Wörtern fließend und damit nur schwer möglich war. Dennoch muss der vermeintliche Rückschritt zu einfacheren, einsilbigen Lautäußerungen als ein Erfolg und eine Weiterentwicklung der frühkindlichen Sprache in Richtung erster Wörter und der Zielsprache interpretiert werden.

Um der Frage nachzugehen, inwieweit eine Aussage über die Silbenherkunft getroffen werden kann, wurden in der vorliegenden Arbeit einige Lautaufnahmen hinsichtlich ihrer Silbengrenzen, die die Melodiebögen unterteilten, analysiert. Abgesehen von aufgetretenen innermelodischen Segmentierungen, auf die im folgenden Kapitel eingegangen wird, konnten keine Übereinstimmungen festgestellt werden, die auf eine Abhängigkeit der Silbenbausteine von der Melodiekontur schließen lassen. Stattdessen stellte sich die Frage, ob es einen Zeitpunkt gibt, an dem der Melodiebogen zur Intonationskurve wird, wie sie in der Erwachsenensprache vorkommt. Es fiel auf, dass die Säuglinge im kanonischen Babbeln zunehmend mehrere Silben in einem Melodiebogen produzierten, worauf bereits die Ergebnisse der Silbenanzahl in den 1B-Melodien hindeuteten. Eine Entwicklung, die parallel zum Erlernen der gezielten Artikulation stattfindet, stellt somit möglicherweise auch die zunehmende Bedeutung einer Intonationskurve sein.

4.5 Zusammenhang zwischen Segmentierungen und Silbenbildung, insbesondere bei Säuglingen mit OFS

Segmentierungen sind ein fester Bestandteil der frühkindlichen Lautproduktion (z.B. Birr, 2009; Koopmans-van Beinum & Stelt, 1986; Ostermann, 2010; Wermke & Mende, 2011) und treten spätestens ab der zweiten Lebenswoche regelhaft auf (Wermke, 2002). Während sie zu Beginn vor allem durch laryngeale Konstriktionen hervorgerufen werden (Robb et al., 2020), werden sie im zweiten Lebenshalbjahr zusätzlich auch durch supralaryngeale Konstriktionen (Konsonanten) erzeugt. Sie spielen im zweiten Lebenshalbjahr zunehmend eine Rolle bei der Rhythmisierung und im Zusammenhang mit der Silbenbildung (Kap. 4.4.2). Gezielte Segmentierungen gelten als Ausdruck des Erwerbs bestimmter phonotaktischer Regeln der frühkindlichen Sprache und können demnach als Fortschritt im Spracherwerb gewertet werden (Juszyk et al., 1993; Nazzi et al., 2006).

Segmentierungen fungieren im hier untersuchten Alter der Säuglinge, in dem die vokale Entwicklung bereits weiter fortgeschritten ist, häufig als zeitliche Unterbrechungen, die Silben voneinander trennen oder in die ein (Proto-)Konsonant eingebaut wird. So beschreiben auch Buder et al. (2013) Konstriktionsmechanismen, die die Äußerungen von Säuglingen in silbenähnliche Abschnitte unterteilen, sodass durch supralaryngeale und laryngeale Konstriktionen bereits im Babbeln Artikulation und Silbenbildung entstehen können. Diese hörbaren Pausen wurden bereits 1986 von Koopmans-van Beinum und van der Stelt mit dem Mechanismus der Silbentrennung in Verbindung gebracht.

Da Silben im kanonischen Babbeln und im zweiten Lebenshalbjahr im Fokus stehen, überraschte es nicht, dass die Komplexitätszunahme im BK vor allem auf den hohen Anteil an Segmentierungen zurückzuführen war. Der Vergleich zum marginalen Babbeln ist ebenfalls eindrucksvoll: Während segmentierte Laute im BM nur etwa 20 % des Gesamtrepertoires ausmachten, enthielten etwa die Hälfte aller BK-Laute Segmentierungen. In Kombination mit dem häufigen Auftreten von Mehrfachsilben scheinen die Ergebnisse einen Zusammenhang zwischen Segmentierungen und Silben zu bestätigen.

Segmentierungen stellen außerdem einen interessanten Aspekt in der Entwicklung von Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung (OFS) dar, deren frühkindliche Vokalisationen

bereits in mehreren Arbeiten am ZVES untersucht wurden (Birr, 2009; Dokou, 2007; Eiband, 2018; Kempf, 2009; Ostermann, 2010; Steck-Walter, 2007).

Die Analysen haben gezeigt, dass segmentierte Melodien in den ersten Lebensmonaten typisch für Säuglinge mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten (LKGS) sind und diese häufiger auftreten als in den Kontrollgruppen (Birr, 2009; Eisenmann, 2021; Fuamenya, 2011; Ostermann, 2010; Wermke et al., 2011). Eine mögliche Erklärung wird darin gesehen, dass die Säuglinge eher Segmentierungen als komplexe Mehrfachbogenstrukturen produzieren (Birr, 2009). Neuere Arbeiten zum Auftreten von Segmentierungen bei Säuglingen mit OFS im ersten Lebenshalbjahr beobachteten zudem einen deutlich höheren Anteil an laryngealen Konstriktionen als bei Säuglingen ohne Spaltbildung (Hammerstädt, 2023; Mack, 2023). Darüber hinaus spielen glottale Stopps auch in der späteren Sprache von Kindern mit orofazialer Spaltbildung eine wichtige Rolle (Pamplona et al., 1999). Da diese glottalen Stopps eine Grundlage für die Segmentierungen bilden, erscheint der frühe Einbau von Segmentierungen in die frühkindlichen Vokalisationen begründet.

Während in den ersten Lebensmonaten auffallend viele Segmentierungen produziert werden, berichtete Steck-Walter (2007) anhand ihrer Vokalisationsanalyse von Säuglingen (mit OFS) im Alter von 6 bis 14 Monaten, von einer Segmentierungsschwäche. Der Rückgang der Segmentierungen im zweiten Lebenshalbjahr lässt sich möglicherweise damit erklären, dass das Babbeln mit dem Erlernen artikulatorischer Fähigkeiten einhergeht, deren Einsatz in zusammenhängenden Melodien als einfacher gilt (Kempf, 2009). Außerdem tritt, wie bereits erwähnt, die BK-Phase bei Säuglingen mit OFS später ein (Chapman et al., 2001). Einen interessanten Ansatz beschrieben Wermke et al. (2002), die einen Grund in einer dysfunktionalen laryngealen Regulation bei Säuglingen mit OFS sehen. Die frühen Lautäußerungen weisen häufig unvollständige Segmentierungen auf, die eine Produktion von CV-Silben unmöglich machen oder zumindest erschweren (ebd.).

Insbesondere Mehrfachsegmentierungen „als schwierigste Stufe einer Segmentierung“ (Steck-Walter, 2007, S. 69) treten bei Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung selten auf. Bereits in den Lebensmonaten 4 bis 6 war dies bei allen untersuchten Spalttypen festzustellen (Hammerstädt, 2023). Steck-Walter (2007) verglich Vokalisationen des zweiten Lebenshalbjahrs von Säuglingen mit orofazialer Spaltbildung (OFS) mit einer Kontrollgruppe. Dabei stellte sie in Übereinstimmung mit den hier vorliegenden

Ergebnissen für beide Gruppen fest, dass Mehrfachsegmentierungen im zweiten Lebenshalbjahr selten produziert werden.

4.5.1 Maßzahl für die Segmentierungshäufigkeit (SCI*)

Aufgrund der Bedeutung der Segmentierung in der vorsprachlichen Entwicklung von Säuglingen mit OFS (Kap. 4.5) haben Wermke et al. bereits 2011 eine Maßzahl für die Segmentierungshäufigkeit ausgedrückt (SCI) vorgeschlagen. Dies erfolgte analog zum Melodiekomplexitätsindex (MCI). Interessanterweise ist der SCI bei Säuglingen mit OFS aussagekräftiger als der MCI (ebd.). Allerdings fanden diese Untersuchungen im natürlichen Weinen der ersten Lebensmonate statt. Die vorliegende Arbeit zeigt die Bedeutung der Segmentierungen und die Eignung des SCI zur Beschreibung der vokalen Entwicklung im zweiten Lebenshalbjahr bei Nicht-Spalträgern. Eine vergleichbare Untersuchung bei Säuglingen mit OFS liegt bisher nicht vor.

Der ursprünglich eingeführte SCI wurde in der vorliegenden Arbeit modifiziert, um die Art der Segmentierung noch spezifischer beschreiben und auswerten zu können (Kapitel 2.6). Der hier verwendete SCI* gibt den Anteil der mehrfach segmentierten Vokalisationen an allen segmentierten Vokalisationen an, während der ursprüngliche SCI den Anteil aller Segmentierungen am gesamten Lautrepertoire ausdrückte. Um eine mögliche Entwicklung innerhalb der segmentierten Lautäußerungen feststellen zu können, wurden diese in einfach (1S) und komplex (2S, 3S, MS, KS) segmentiert eingeteilt. Mithilfe der so kategorisierten Vokalisationen konnte der Segmentierungskomplexitäts-Index* (SCI*) sowohl monatlich als auch für die einzelnen Vokalisationstypen berechnet werden. Anhand dieser Werte, die Aussagen über die Komplexität der Segmentierungen zulassen, sollte die Frage beantwortet werden, ob sich der SCI* über den Untersuchungszeitraum hinweg verändert und inwiefern Unterschiede zwischen den Vokalisationstypen bestehen. Es zeigte sich, dass der SCI* im kanonischen Babbeln deutlich höher war als in den Vokalisationstypen BM und U. Die Ergebnisse im Verlauf der Untersuchungsmonate zeigten mit einer Ausnahme in Monat 10 einen kontinuierlichen Anstieg der Segmentierungskomplexität von 50 % auf etwa 75 %. Da das kanonische Babbeln am Ende des ersten Lebensjahres eine zunehmend bedeutsame Rolle und damit einen größeren relativen Anteil am Gesamtrepertoire ausmachte, ist die Steigerung der Komplexität auch mit dem höheren Anteil von BK zu begründen. Der SCI* am Ende des ersten Lebensjahres war jedoch höher als der SCI* des Vokalisationstyps BK und kann daher nicht allein durch dessen Häufigkeit erklärt werden.

4.6 Limitationen + Ausblick

Trotz intensiver Vorarbeit und theoretischer Überlegungen zur Methodik der hier vorliegenden Arbeit sind gewisse Limitationen nicht zu vermeiden. Nachfolgend sollen Aspekte dargestellt werden, die aufgrund dessen kritisch zu bewerten sind, gleichzeitig aber auch Empfehlungen für weitere Untersuchungen ermöglichen.

Die Auswahl der Probanden erfolgte anhand der im ZVES-Datenarchiv vorhandenen Datensätze. Da erstmals eine Längsschnittstudie durchgeführt werden sollte, war eine möglichst homogene Verteilung der Lautaufnahmen über das gesamte erste Lebensjahr entscheidend. Monatliche Aufnahmen aus dem zweiten Lebenshalbjahr standen für die Analyse nicht von allen Säuglingen zur Verfügung. Dies wurde zwar bei der Auswahl der statistischen Methoden berücksichtigt, könnte aber dennoch einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben.

Aufgrund der Verteilung und der hierarchischen Struktur der Daten wurden in der vorliegenden Arbeit verallgemeinerte gemischte Modelle für die statistische Auswertung der melodischen Eigenschaften und anderer untersuchter Merkmale verwendet. Bei einer Weiterführung dieser Arbeit mit einer größeren Stichprobe wäre zu überlegen, ob andere, möglicherweise besser geeignete statistische Auswertungsmethoden angewendet werden könnten.

Es muss eingeräumt werden, dass die vorliegende Untersuchung aufgrund der vergleichsweise geringen Probandenzahl eher einen Pilotcharakter hat und eine Überprüfung der Ergebnisse anhand eines größeren Probandenkollektivs wünschenswert wäre. Dadurch könnten auch Tendenzen vermieden werden, bei denen bestimmte Vokalisationstypen in ihrer Häufigkeit überwiegen, wie dies in der vorliegenden Untersuchung beim BM der Fall war. Da bisher keine vergleichbaren Untersuchungen zu frühkindlichen Lautäußerungen im zweiten Lebenshalbjahr vorliegen, liefert diese Arbeit eine erste Grundlage für weiterführende Untersuchungen mithilfe der entwickelten Methodik und den aufgestellten Hypothesen.

Mit Blick auf die Objektivität stellten die Kategorisierung der Vokalisationstypen sowie das vorwiegend auditive Beurteilen einzelner innermelodischer Merkmale aus klinischer Sicht eine weitere Limitation dar. Die Analyse wurde für alle Vokalisationen der vorliegenden Arbeit von der Autorin selbst und nach gleicher Vorgehensweise durchgeführt, sodass grundsätzlich von einer Konstanz und Validität innerhalb der

Methodik ausgegangen werden kann. Insbesondere bei der Identifikation des Vokalisationstyps BK wird in der Literatur häufig von einer reliablen Kategorisierung berichtet (Oller et al., 2001).

Wie bereits im Material- und Methodenteil erwähnt, wird in der vorliegenden Arbeit von der BK-Definition Ollers abgewichen. Bei dem hier verwendeten Datenkorpus fiel auf, dass viele marginale Babbellaute zwar eine kanonische Silbe aufwiesen, den Gesamteindruck der Wohlgeformtheit jedoch noch nicht erfüllten. Die Autorin ist der Überzeugung, dass der gewählte Ansatz zur Klassifikation BM / BK bzw. deren Unterscheidung sinnvoll war.

Ein interessanter Ansatz für weitere Studien stellt der Übergang vom BK zu den ersten Wörtern dar. Insbesondere im Hinblick auf die in der vorliegenden Arbeit untersuchte Melodiestructur schlägt die Autorin vor, die Hypothese zu untersuchen, dass der Melodiebogen zunehmend zur Intonationskurve wird.

Darüber hinaus ist vor allem der klinische Aspekt relevant, wobei die in der Arbeit untersuchten Entwicklungstendenzen differenzierter betrachtet werden sollten. Ein daraus resultierender Vorschlag für das diagnostische Vorgehen könnte Möglichkeiten zur Früherkennung von Sprachentwicklungsstörungen und Interventionen im Sinne einer Förderung bieten. Dazu sollten objektive Analysen von Lautaufnahmen gesunder Säuglinge mit Aufnahmen von Säuglingen verglichen werden, bei denen bereits von Geburt an eine die Sprachentwicklung beeinflussende Erkrankung diagnostiziert wurde. Darüber hinaus dürfen Effekte und Einflüsse externer Faktoren auf interindividuelle Unterschiede nicht außer Acht gelassen werden. Es ergibt sich hierbei ebenfalls eine Fragestellung, der in folgenden Arbeiten nachgegangen werden soll.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Melodiestrukturentwicklung im zweiten Lebenshalbjahr, exemplarisch an zehn gesunden Säuglingen mit deutscher Umgebungssprache, untersucht. Zusammen mit den zuvor erhobenen und vorliegenden Ergebnissen der ersten sechs Lebensmonate (Kottmann, 2023) war erstmalig eine systematische Längsschnittanalyse über das gesamte erste Lebensjahr möglich. Mithilfe des Lautanalyseprogramms CDAP wurden für die vorliegende Arbeit 4686 frühkindliche Lautaufnahmen bezüglich ihres Melodiekonturverlaufs sowie ihrer auditiv und visuell wahrnehmbaren Feinstrukturmerkmale detailliert analysiert und ausgewertet. Der Datensatz spiegelt repräsentativ das typische Lautrepertoire von Säuglingen im zweiten Lebenshalbjahr mit den hier untersuchten Komfort-Vokalisationstypen wider: Übergangslaute, marginale und kanonische Babbellaute. In Übereinstimmung mit dem von Wermke und Mende postulierten MD-Modell, das eine vokalisationstypübergreifende Komplexitätszunahme frühkindlicher Lautäußerungen beschreibt, konnten erstmals die regelhaften Entwicklungsverläufe im zweiten Lebenshalbjahr gezeigt und ausführlich benannt werden. Dabei scheint die Zunahme der Komplexität vor allem im Zusammenhang mit artikulatorischen Reifeprozessen zu stehen. In der Melodie selbst fiel diesbezüglich vor allem der Einbau von Segmentierungen auf. Diese innermelodischen Unterbrechungen können wiederum als Vorläufer linguistischer Strukturen, wie beispielsweise Silben, angesehen werden. Der Übergang von einfachen zu fortgeschritteneren Vokalisationen, bis hin zu den ersten Wörtern, ist fließend. Zukünftig wäre für weitere empirische Untersuchungen interessant, inwiefern sich der Grundfrequenzverlauf zunehmend zur suprasegmentalen Intonationskurve entwickelt, was sich bereits in den durchgeführten Analysen angedeutet hat. Die kontinuierlich wachsende Kontrolle des Säuglings über den Vokaltrakt mit zunehmend gezielter Reproduktion erlernter Lautstrukturen wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit belegt. Sie liefert einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Sprachentwicklung von Säuglingen und ermöglicht durch die Erkenntnisse der physiologisch ablaufenden Prozesse eine *vorsprachliche Diagnostik*, eine frühzeitige Intervention und Förderung der Sprache. Vor allem der Beginn des Babbelns scheint hierbei eine wichtige Evaluationsgröße zu sein.

6 Literaturverzeichnis

- Albert, R. R., Schwade, J. A., & Goldstein, M. H. (2018). The social functions of babbling: acoustic and contextual characteristics that facilitate maternal responsiveness. *Developmental Science*, 21(5), e12641.
- Armbrüster, L. (2020). *Melodieintervalle als Kenngröße der laryngealen Regelleistung bei der Lautproduktion von Säuglingen ohne orofaziale Spaltbildung in den ersten vier Lebensmonaten*, Universität Würzburg.
- Armbruster, L., Mende, W., Gelbrich, G., Wermke, P., Gotz, R., & Wermke, K. (2021). Musical Intervals in Infants' Spontaneous Crying over the First 4 Months of Life. *Folia Phoniatr Logop*, 73(5), 401-412.
- Aslin, R. N., Jusczyk, P. W., & Pisoni, D. B. (1998). Speech and auditory processing during infancy: Constraints on and precursors to language.
- Bates, E., Camaioni, L., & Volterra, V. (1975). The acquisition of performatives prior to speech. *Merrill-Palmer quarterly of behavior and development*, 21(3), 205-226.
- Becker, M., & Hesse, V. (2020). Minipuberty: why does it happen? *Hormone Research in Paediatrics*, 93(2), 76-84.
- Belardi, K., Watson, L. R., Faldowski, R. A., Hazlett, H., Crais, E., Baranek, G. T., McComish, C., Patten, E., & Oller, D. K. (2017). A retrospective video analysis of canonical babbling and volubility in infants with fragile X syndrome at 9–12 months of age. *Journal of autism and developmental disorders*, 47(4), 1193-1206.
- Birr, M. (2009). *Melodiekomplexität – ein geeigneter Frühindikator potentieller Sprachentwicklungsstörungen bei Säuglingen mit orofazialen Spalten? Melodiestrukturanalysen in Lautäußerungen der ersten zwölf Lebenswochen*, Universität Würzburg].
- Boersma, P., & Weenink, D. (2018). Praat: Doing phonetics by computer (6.0. 42) [Software]. 16.06.2023 retrieved from <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
- Boysson-Bardies, B. d. (1993). Ontogeny of language-specific syllabic productions. In *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 353-363). Springer.
- Bredel, U. (2007). *Sprachbetrachtung und Grammatikunterricht*. utb GmbH.
- Buder, E. H., Chorna, L. B., Oller, D. K., & Robinson, R. B. (2008). Vibratory regime classification of infant phonation. *Journal of Voice*, 22(5), 553-564.
- Buder, E. H., Warlaumont, A. S., Oller, D. K., Peter, B., & MacLeod, A. (2013). An acoustic phonetic catalog of prespeech vocalizations from a developmental perspective. *Comprehensive perspectives on child speech development and disorders: Pathways from linguistic theory to clinical practice*, 4, 103-134.
- Byers-Heinlein, K., Burns, T. C., & Werker, J. F. (2010). The roots of bilingualism in newborns. *Psychological science*, 21(3), 343-348.

- Chapman, K. L. (2004). Is presurgery and early postsurgery performance related to speech and language outcomes at 3 years of age for children with cleft palate? *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(4-5), 235-257.
- 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 & 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.
- Chen, L.-M., & Kent, R. D. (2010). Segmental production in Mandarin-learning infants. *Journal of child language*, 37(2), 341-371.
- Christophe, A., Nespor, M., Teresa Guasti, M., & Van Ooyen, B. (2003). Prosodic structure and syntactic acquisition: the case of the head-direction parameter. *Developmental Science*, 6(2), 211-220.
- Clement, C. J. (2004). *Development of vocalizations in deaf and normally hearing infants*. Netherlands Graduate School of Linguistics.
- Cobo-Lewis, A. B., Oller, D. K., Lynch, M. P., & Levine, S. L. (1996). Relations of motor and vocal milestones in typically developing infants and infants with Down syndrome. *American journal of mental retardation: AJMR*, 100(5), 456-467.
- Consortium, M. (2020). Quantifying sources of variability in infancy research using the infant-directed-speech preference. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 3(1), 24-52.
- Cooper, R. P., & Aslin, R. N. (1990). Preference for infant-directed speech in the first month after birth. *Child development*, 61(5), 1584-1595.
- Cruttenden, A. (1997). *Intonation*. Cambridge University Press.
- Crystal, D., & Quirk, R. (2021). Systems of prosodic and paralinguistic features in English. In *Systems of Prosodic and Paralinguistic Features in English*. De Gruyter Mouton.
- Cychosz, M., Cristia, A., Bergelson, E., Casillas, M., Baudet, G., Warlaumont, A. S., Scaff, C., Yankowitz, L., & Seidl, A. (2021). Vocal development in a large-scale crosslinguistic corpus. *Developmental Science*, 24(5), e13090.
- D'Odorico, L., & Franco, F. (1991). Selective production of vocalization types in different communication contexts. *Journal of child language*, 18(3), 475-499.
- Davis, B. L., & MacNeilage, P. F. (1994). Organization of babbling: A case study. *Language and speech*, 37(4), 341-355.
- Davis, B. L., & MacNeilage, P. F. (1995). The articulatory basis of babbling. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 38(6), 1199-1211.

- Davis, B. L., MacNeilage, P. F., Matyear, C. L., & Powell, J. K. (2000). Prosodic correlates of stress in babbling: An acoustical study. *Child Development*, 71(5), 1258-1270.
- de Boysson-Bardies, B. (2001). *How language comes to children: From birth to two years*. Mit Press.
- de Boysson-Bardies, B., Sagart, L., & Durand, C. (1984). Discernible differences in the babbling of infants according to target language. *Journal of child language*, 11(1), 1-15.
- de Boysson-Bardies, B., & Vihman, M. M. (1991). Adaptation to language: Evidence from babbling and first words in four languages. *Language*, 67(2), 297-319.
- de Boysson-Bardies, B., Vihman, M. M., Roug-Hellichius, L., Durand, C., Landberg, I., & Arao, F. (1992). Material evidence of infant selection from the target language: A cross-linguistic phonetic study. *Phonological development: Models, research, implications*, 369-391.
- DeCasper, A. J., & Spence, M. J. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant behavior and Development*, 9(2), 133-150.
- Demuth, K., & Morgan, J. L. (1996). *Signal to syntax: Bootstrapping from speech to grammar in early acquisition*. L. Erlbaum Associates.
- Denner, M. B. (2008). *Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften vorsprachlicher Laute von Säuglingen mit einer familiären Disposition für eine spezifische Spracherwerbsstörung*, Universität Würzburg.
- Dogil, G., & Williams, B. (1999). The phonetic manifestation of word stress. *Word prosodic systems in the languages of Europe*, 4, 273-334.
- Dokou, P. (2007). *Über die Bedeutung von Melodie und Rhythmus in der vorsprachlichen Entwicklung von Säuglingen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Bedürfnisse von Kindern mit orofazialen Spalten - ein Beitrag zur Entwicklung geeigneter Frühförderkonzepte*, Universität Würzburg.
- Dubois, J., Dehaene-Lambertz, G., Kulikova, S., Poupon, C., Hüppi, P. S., & Hertz-Pannier, L. (2014). The early development of brain white matter: a review of imaging studies in fetuses, newborns and infants. *Neuroscience*, 276, 48-71.
- Ehlert, H. (2019). *Eigenschaften von Tonintervallen in Melodien von Babylauten als Referenzgrößen für vokale Regelleistungen in der Vorsprachlichen Diagnostik*, Universität Würzburg.
- Eiband, D. (2018). *Charakterisierung vorsprachlicher Komfortvokalisationen von Kindern mit orofazialen Spaltbildungen vor und nach operativem Gaumenverschluss*, Universität Würzburg.

- Eilers, R. E., Oller, D. K., Levine, S., Basinger, D., Lynch, M. P., & Urbano, R. (1993). The role of prematurity and socioeconomic status in the onset of canonical babbling in infants. *Infant Behavior and Development*, 16(3), 297-315.
- Eisenmann, M. S. (2021). *Entwicklung, Testung und Anwendung von PRAAT Skripten zur semi-automatischen Vokalisationsanalyse im Rahmen der Vorsprachlichen Diagnostik am ZVES*, Universität Würzburg.
- Ejiri, K. (1998). Relationship between rhythmic behavior and canonical babbling in infant vocal development. *Phonetica*, 55(4), 226-237.
- Ejiri, K., & Masataka, N. (2001). Co-occurrences of preverbal vocal behavior and motor action in early infancy. *Developmental Science*, 4(1), 40-48.
- Elbers, L. (1982). Operating principles in repetitive babbling: A cognitive continuity approach. *Cognition*, 12(1), 45-63.
- Elbers, L., & Ton, J. (1985). Play pen monologues: The interplay of words and babbles in the first words period. *Journal of child language*, 12(3), 551-565.
- Esling, J. H. (2005). There are no back vowels: The laryngeal articulator model. *Canadian Journal of Linguistics/Revue canadienne de linguistique*, 50(1-4), 13-44.
- Esteve-Gibert, N., & Prieto, P. (2013). Prosody signals the emergence of intentional communication in the first year of life: Evidence from Catalan-babbling infants. *Journal of child language*, 40(5), 919-944.
- Fagan, M. K. (2009). Mean Length of Utterance before words and grammar: longitudinal trends and developmental implications of infant vocalizations. *J Child Lang*, 36(3), 495-527.
- Farran, L. K., Lee, C.-C., Yoo, H., & Oller, D. K. (2016). Cross-cultural register differences in infant-directed speech: An initial study. *PloS one*, 11(3), e0151518.
- Fernald, A. (1985). Four-month-old infants prefer to listen to motherese. *Infant behavior and development*, 8(2), 181-195.
- Fernald, A. (1989). Intonation and communicative intent in mothers' speech to infants: is the melody the message? *Child development*, 1497-1510.
- Fernald, A. (1992). Human maternal vocalizations to infants as biologically relevant signals. *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*.
- Fernald, A., & Simon, T. (1984). Expanded intonation contours in mothers' speech to newborns. *Developmental psychology*, 20(1), 104.
- Friederici, A. D., Friedrich, M., & Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Current Biology*, 17(14), 1208-1211.
- Friedl, J. (2007). *Wie kommt das Kind zur Sprache*. Ravensburger Verlag.

- Fuamenya, N. A. (2011). *Quantitative Analyse von subharmonischen und Geräuschphänomenen in Vokalisationen junger Säuglinge: Vergleich von Säuglingen mit und ohne orofaziale Spaltbildungen*, Universität Würzburg.
- Garnica, O., Snow, C. E., & Ferguson, C. A. (1977). Talking to children: language input and acquisition. In: London: Cambridge University Press.
- Gervain, J., & Werker, J. F. (2013). Prosody cues word order in 7-month-old bilingual infants. *Nature communications*, 4(1), 1490.
- Goldbeck, T., Tolkmitt, F., & Scherer, K. R. (1988). Experimental studies on vocal affect communication.
- Granier-Deferre, C., Bassereau, S., Ribeiro, A., Jacquet, A.-Y., & DeCasper, A. J. (2011). A melodic contour repeatedly experienced by human near-term fetuses elicits a profound cardiac reaction one month after birth. *PLoS One*, 6(2), e17304.
- Gros-Louis, J., West, M. J., Goldstein, M. H., & King, A. P. (2006). Mothers provide differential feedback to infants' prelinguistic sounds. *International Journal of Behavioral Development*, 30(6), 509-516.
- Grossmann, T., Striano, T., & Friederici, A. D. (2005). Infants' electric brain responses to emotional prosody. *Neuroreport*, 16(16), 1825-1828.
- Gussenhoven, C. (2002). Intonation and interpretation: phonetics and phonology. *Speech Prosody 2002, International Conference*,
- Hall, T. A. (2011). *Syllable structure and syllable-related processes in German* (Vol. 276). Walter de Gruyter.
- Hammerstädt, P. (2023). *Quantitative und qualitative Analyse laryngealer Konstriktionsphänomene in vorsprachlichen Vokalisationen der Lebensmonate 4 bis 6 von Säuglingen mit angeborenen orofazialen Spalten* [Dissertation - eingereicht], Universität Würzburg.
- Heuft, B., & Portele, T. (1994). Zur akustischen Realisierung des Wortakzents. *Elektronische Sprachsignalverarbeitung*, 95, 197-204.
- Heuft, B., Portele, T., Höfer, F., Meyer, H., Rauth, M., & Sonntag, G. (1995). Betonungsstufen von Silben und ihre Beziehung zum Sprachsignal. *Fortschritte der Akustik* 21, 999-1002.
- Holland, D., Chang, L., Ernst, T. M., Curran, M., Buchthal, S. D., Alicata, D., Skranes, J., Johansen, H., Hernandez, A., & Yamakawa, R. (2014). Structural growth trajectories and rates of change in the first 3 months of infant brain development. *JAMA neurology*, 71(10), 1266-1274.
- Holmgren, K., Lindblom, B., Aurelius, G., Jailing, B., & Zetterström, R. (1986). On the phonetics of infant vocalization. In *Precursors of early speech* (pp. 51-63). Springer.

- Holowka, S., & Petitto, L. A. (2002). Left hemisphere cerebral specialization for babies while babbling. *Science*, 297(5586), 1515-1515.
- Hsu, H. C., Fogel, A., & Cooper, R. B. (2000). Infant vocal development during the first 6 months: Speech quality and melodic complexity. *Infant and Child Development: An International Journal of Research and Practice*, 9(1), 1-16.
- Iverson, J. M., Hall, A. J., Nickel, L., & Wozniak, R. H. (2007). The relationship between reduplicated babble onset and laterality biases in infant rhythmic arm movements. *Brain and Language*, 101(3), 198-207.
- James, D. K., Spencer, C., & Stepsis, B. (2002). Fetal learning: a prospective randomized controlled study. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 20(5), 431-438.
- Jessen, M., Marasek, K., Schneider, K., & Claßen, K. (1995). Acoustic correlates of word stress and the tense/lax opposition in the vowel system of German. Proceedings of the international congress of phonetic sciences,
- Jusczyk, P. W., Friederici, A. D., Wessels, J. M., Svenkerud, V. Y., & Jusczyk, A. M. (1993). Infants' sensitivity to the sound patterns of native language words. *Journal of memory and language*, 32(3), 402-420.
- Jusczyk, P. W., Luce, P. A., & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language*, 33(5), 630-645.
- Katz, G. S., Cohn, J. F., & Moore, C. A. (1996). A combination of vocal f0 dynamic and summary features discriminates between three pragmatic categories of infant-directed speech. *Child Development*, 67(1), 205-217.
- Kawasaki-Fukumori, H. (1992). An acoustical basis for universal phonotactic constraints. *Language and Speech*, 35(1-2), 73-86.
- Keller, D. <https://www.statistik-akademie.de>
- Kempf, A. (2009). *Untersuchung des Beginns artikulatorischer Vorgänge in den Lautproduktionen von Säuglingen mit orofazialen Spalten*, Universität Würzburg.
- Kent, R. D., & Bauer, H. R. (1985). Vocalizations of one-year-olds. *Journal of child language*, 12(3), 491-526.
- Kent, R. D., Mitchell, P. R., & Sancier, M. (1991). Evidence and role of rhythmic organization in early vocal development in human infants. In *Advances in psychology* (Vol. 81, pp. 135-149). Elsevier.
- 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.

- Koopmans-van Beinum, F. J., & Stelt, J. M. (1986). Early stages in the development of speech movements. In *Precursors of early speech* (pp. 37-50). Springer.
- Kottmann, T. (2023). *Längsschnittanalyse von Stimmparametern bei gesunden Säuglingen im ersten Lebenshalbjahr* [Dissertation - eingereicht], Universität Würzburg.
- Kottmann, T., Wanner, M., & Wermke, K. (2023). Fundamental Frequency Contour (Melody) of Infant Vocalizations across the First Year. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 75(3), 177-187.
- Krishnan, A., & Gandour, J. T. (2009). The role of the auditory brainstem in processing linguistically-relevant pitch patterns. *Brain and language*, 110(3), 135-148.
- Krishnan, A., Xu, Y., Gandour, J., & Cariani, P. (2005). Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 161-168.
- Kuhl, P. K. (2000). A new view of language acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(22), 11850-11857.
- Ladd, D. R., Silverman, K. E., Tolkmitt, F., Bergmann, G., & Scherer, K. R. (1985). Evidence for the independent function of intonation contour type, voice quality, and F0 range in signaling speaker affect. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 78(2), 435-444.
- Lang, S., Bartl-Pokorny, K. D., Pokorny, F. B., Garrido, D., Mani, N., Fox-Boyer, A. V., Zhang, D., & Marschik, P. B. (2019). Canonical babbling: A marker for earlier identification of late detected developmental disorders? *Current Developmental Disorders Reports*, 6(3), 111-118.
- Lecanuet, J.-P., Granier-Deferre, C., & Busnel, M.-C. (2013). Human fetal auditory perception. In *Fetal Development* (pp. 251-274). Psychology Press.
- Lee, C.-C., Jhang, Y., Relyea, G., Chen, L.-m., & Oller, D. K. (2018). Babbling development as seen in canonical babbling ratios: A naturalistic evaluation of all-day recordings. *Infant Behavior and Development*, 50, 140-153.
- Levelt, W. J., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, 22(1), 1-38.
- Levitt, A. G. (1993). The acquisition of prosody: Evidence from French-and English-learning infants. In *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 385-398). Springer.
- Levitt, A. G., & Utman, J. G. A. (1992). From babbling towards the sound systems of English and French: A longitudinal two-case study. *Journal of child language*, 19(1), 19-49.
- Lewedag, V. L. (1995). *Patterns of onset of canonical babbling among typically developing infants*. University of Miami.

- Lind, K. (2007). *Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften von Säuglingsschreien. Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklungsstudie*, Biologische Fakultät, Humboldt-Universität Berlin.
- Liu, H.-M., Tsao, F.-M., & Kuhl, P. K. (2007). Acoustic analysis of lexical tone in Mandarin infant-directed speech. *Developmental Psychology*, 43(4), 912.
- Liu, L., Götz, A., Lorette, P., & Tyler, M. D. (2022). How Tone, Intonation and Emotion Shape the Development of Infants' Fundamental Frequency Perception. *Frontiers in Psychology*, 13.
- Locke, J. L. (1989). Babbling and early speech: Continuity and individual differences. *First Language*, 9(6), 191-205.
- Locke, J. L., Bekken, K. E., McMinnlarsen, L., & Wein, D. (1995). Emergent control of manual and vocal-motor activity in relation to the development of speech. *Brain and Language*, 51(3), 498-508.
- Locke, J. L., & Studdert-Kennedy, M. (1983). *Phonological acquisition and change*. Academic Press New York.
- Lohmander, A., Lillvik, M., & Friede, H. (2004). The impact of early infant jaw-orthopaedics on early speech production in toddlers with unilateral cleft lip and palate. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 18(4-5), 259-284.
- Lucaccioni, L., Trevisani, V., Boncompagni, A., Marrozzini, L., Berardi, A., & Iughetti, L. (2020). Minipuberty: Looking Back to Understand Moving Forward. *Front Pediatr*, 8, 612235.
- Lynch, M. P., Oller, D. K., Steffens, M. L., & Levine, S. L. (1995). Onset of speech-like vocalizations in infants with Down syndrome. *American Journal on Mental Retardation*.
- Mack, J. (2023). *Quantitative und qualitative Analyse laryngealer Konstriktionsphänomene in vorsprachlichen Vokalisationen der Lebensmonate 1 bis 3 von Säuglingen mit angeborenen orofazialen Spalten* [Dissertation - eingereicht], Universität Würzburg.
- MacNeilage, P. F., Davis, B. L., & Matyear, C. L. (1997). Babbling and first words: Phonetic similarities and differences. *Speech Communication*, 22(2-3), 269-277.
- Majorano, M., & D'Odorico, L. (2011). The transition into ambient language: A longitudinal study of babbling and first word production of Italian children. *First Language*, 31(1), 47-66.
- Mampe, B., Friederici, A. D., Christophe, A., & Wermke, K. (2009). Newborns' cry melody is shaped by their native language. *Curr Biol*, 19(23), 1994-1997.
- Mampe-Keller, B. A. (2012). *Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodie - Ein Vergleich zwischen Neugeborenen mono- und bilingualer Mütter*, Universität Würzburg.

- Manfredi, C., Viellevoye, R., Orlandi, S., Torres-García, A., Pieraccini, G., & Reyes-García, C. (2019). Automated analysis of newborn cry: relationships between melodic shapes and native language. *Biomedical Signal Processing and Control*, 53, 101561.
- Masataka, N. (2001). Why early linguistic milestones are delayed in children with Williams syndrome: late onset of hand banging as a possible rate-limiting constraint on the emergence of canonical babbling. *Developmental Science*, 4(2), 158-164.
- Mazuka, R. (2014). Can a grammatical parameter be set before the first word? Prosodic contributions to early setting of a grammatical parameter. In *Signal to syntax* (pp. 325-342). Psychology Press.
- McCune, L., & Vihman, M. M. (2001). Early phonetic and lexical development.
- McGillion, M., Herbert, J. S., Pine, J., Vihman, M., DePaolis, R., Keren-Portnoy, T., & Matthews, D. (2017). What paves the way to conventional language? The predictive value of babble, pointing, and socioeconomic status. *Child development*, 88(1), 156-166.
- Mehler, J., Bertoncini, J., Barriere, M., & Jassik-Gerschenfeld, D. (1978). Infant Recognition of Mother's Voice. *Perception*, 7(5), 491-497.
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoncini, J., & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29(2), 143-178.
- Mende, W., Herzel, H., & Wermke, K. (1990). Bifurcations and chaos in newborn infant cries. *Physics Letters A*, 145(8-9), 418-424.
- Mende, W., & Wermke, K. (1992). Über die Strategie der Komposition komplexer Laute aus einfachen Schreien und Nichtschreilaute während der frühen Sprachontogenese. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Reihe Medizin*, 41(2), 31-39.
- Menn, L., & Stoel-Gammon, C. (2017). Phonological development. *The handbook of child language*, 335-360.
- Mitchell, P. R., & Kent, R. D. (1990). Phonetic variation in multisyllable babbling. *Journal of child language*, 17(2), 247-265.
- Moon, C., Cooper, R. P., & Fifer, W. P. (1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant behavior and development*, 16(4), 495-500.
- Morgan, L., & Wren, Y. E. (2018). A Systematic Review of the Literature on Early Vocalizations and Babbling Patterns in Young Children. *Communication Disorders Quarterly*, 40(1), 3-14.
- Nathani, S., Ertmer, D. J., & Stark, R. E. (2006). Assessing vocal development in infants and toddlers. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20(5), 351-369.

- Nathani, S., Oller, D. K., & Cobo-Lewis, A. B. (2003). Final Syllable Lengthening (FSL) in infant vocalizations. *J Child Lang*, 30(1), 3-25.
- Nathani, S., Oller, D. K., & Neal, A. R. (2007). On the robustness of vocal development: An examination of infants with moderate-to-severe hearing loss and additional risk factors.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, S., & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language*, 54(3), 283-299.
- Newport, E., Gleitman, H., & Gleitman, L. R. (1977). Mother I'd rather do it myself: The contribution of selected child listener variables'.
- O'Connor, J. D., & Trim, J. L. M. (1953). Vowel, consonant, and syllable—a phonological definition. *Word*, 9(2), 103-122.
- Oller, D. K. (1980). The emergence of the sounds of speech in infancy in Yeni-Komshian, Kavanagh, Ferguson, *Infant phonology*, V 1: Production. In (pp. 93-112): Academic Press: New York.
- Oller, D. K. (1986). Metaphonology and infant vocalizations. In *Precursors of early speech* (pp. 21-35). Springer.
- Oller, D. K. (2000). *The emergence of the speech capacity*. Psychology Press.
- Oller, D. K., & Eilers, R. E. (1982). Similarity of babbling in Spanish-and English-learning babies. *Journal of child language*, 9(3), 565-577.
- Oller, D. K., & Eilers, R. E. (1988). The role of audition in infant babbling. *Child development*, 441-449.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., & Basinger, D. (2001). Intuitive identification of infant vocal sounds by parents. *Developmental Science*, 4(1), 49-60.
- 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. *Am J Ment Retard*, 103(3), 249-263.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., Neal, A. R., & Schwartz, H. K. (1999). Precursors to speech in infancy: The prediction of speech and language disorders. *Journal of Communication Disorders*, 32(4), 223-245.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., Steffens, M. L., Lynch, M. P., & Urbano, R. (1994). Speech-like vocalizations in infancy: an evaluation of potential risk factors [*]. *Journal of child language*, 21(1), 33-58.
- Oller, D. K., Eilers, R. E., Urbano, R., & Cobo-Lewis, A. B. (1997). Development of precursors to speech in infants exposed to two languages. *Journal of child language*, 24(2), 407-425.

- Oller, D. K., Levine, S., Cobo-Lewis, A. B., Eilers, R. E., & Pearson, B. Z. (1998). Vocal precursors to linguistic communication: How babbling is connected to meaningful speech. *Exploring the speech-language connection*, 8, 1-25.
- Oller, D. K., Wieman, L. A., Doyle, W. J., & Ross, C. (1976). Infant babbling and speech. *Journal of child language*, 3(1), 1-11.
- Oller, J., Oller, S., & Badon, L. (2006). Milestones. *Normal speech and language development across the life span*. San Diego: Plural Pub.
- Ostermann, T. (2010). *Die Analyse segmentierter vorsprachlicher Melodiestrukturen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im Alter von 2-3 Monaten*, Universität Würzburg.
- Pachtner, S. (2016). *Quantitative Charakterisierung akustischer und phonetischer Eigenschaften kanonischer Babblers von gesunden Kindern mit deutscher Umgebungssprache*, Universität Würzburg.
- Pamplona, M. C., Ysunza, A., & Espinosa, J. (1999). A comparative trial of two modalities of speech intervention for compensatory articulation in cleft palate children, phonologic approach versus articulatory approach. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 49(1), 21-26.
- Papoušek, M. (1994). *Vom ersten Schrei zum ersten Wort: Anfänge der Sprachentwicklung in der vorsprachlichen Kommunikation*. Huber.
- Papousek, M., Papousek, H., & Bornstein, M. H. (1985). The naturalistic vocal environment of young infants: On the significance of homogeneity and variability in parental speech. *Social perception in infants*, 269-297.
- Patten, E., Belardi, K., Baranek, G. T., Watson, L. R., Labban, J. D., & Oller, D. K. (2014). Vocal patterns in infants with autism spectrum disorder: Canonical babbling status and vocalization frequency. *Journal of autism and developmental disorders*, 44(10), 2413-2428.
- Petitto, L. A., Holowka, S., Sergio, L. E., Levy, B., & Ostry, D. J. (2004). Baby hands that move to the rhythm of language: hearing babies acquiring sign languages babble silently on the hands. *Cognition*, 93(1), 43-73.
- Piroth, H. G., & Skupinski, P. (2011). On the Realization of Schwa in Two Varieties of Standard German. ICPhS,
- Pompino-Marschall, B. (2010). *Die Silbenprosodie: Ein elementarer Aspekt der Wahrnehmung von Sprachrhythmus und Sprechtempo* (Vol. 247). Walter de Gruyter.
- Prochnow, A. (2013). *Der Erwerb melodisch-rhythmischer Grundbausteine im Rahmen der vorsprachlichen Entwicklung – eine vergleichende Analyse der Schreie von schwedischen und deutschen Neugeborenen*, Universität Würzburg.
- Prochnow, A., Erlandsson, S., Hesse, V., & Wermke, K. (2019). Does a 'musical' mother tongue influence cry melodies? A comparative study of Swedish and German newborns. *Musicae Scientiae*, 23(2), 143-156.

- Remez, R. E., Rubin, P. E., Pisoni, D. B., & Carrell, T. D. (1981). Speech perception without traditional speech cues. *Science*, 212(4497), 947-950.
- Robb, M. P., & Saxman, J. H. (1988). Acoustic observations in young children's non-cry vocalizations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(5), 1876-1882.
- Robb, M. P., Yavarzadeh, F., Schluter, P. J., Voit, V., Shehata-Dieler, W., & Wermke, K. (2020). Laryngeal Constriction Phenomena in Infant Vocalizations. *J Speech Lang Hear Res*, 63(1), 49-58. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-19-0205
- Röber, C. (2013). *Die Leistungen der Kinder beim Lesen-und Schreibenlernen: Grundlagen der Silbenanalytischen Methode. Ein Arbeitsbuch mit Übungsaufgaben.* wbv.
- Rome-Flanders, T., & Cronk, C. (1995). A longitudinal study of infant vocalizations during mother-infant games. *Journal of child language*, 22(2), 259-274.
- Roug, L., Landberg, I., & Lundberg, L.-J. (1989). Phonetic development in early infancy: A study of four Swedish children during the first eighteen months of life. *Journal of child language*, 16(1), 19-40.
- Sambeth, A., Ruohio, K., Alku, P., Fellman, V., & Huotilainen, M. (2008). Sleeping newborns extract prosody from continuous speech. *Clinical Neurophysiology*, 119(2), 332-341.
- Sansavini, A., Bertoncini, J., & Giovanelli, G. (1997). Newborns discriminate the rhythm of multisyllabic stressed words. *Developmental Psychology*, 33(1), 3.
- Schaadt, G., Hesse, V., & Friederici, A. D. (2015). Sex hormones in early infancy seem to predict aspects of later language development. *Brain and Language*, 141, 70-76.
- Schenk, J. (2022). *Vergleich laryngealer Konstriktionsphänomene in Komfortvokalisationen normalhörender und hochgradig hörbeeinträchtigter Säuglinge im 3.-5. Lebensmonat*, Universität Würzburg.
- Scherer, K. R. (1986). Vocal affect expression: a review and a model for future research. *Psychological bulletin*, 99(2), 143.
- Scherer, K. R. (2003). Vocal communication of emotion: A review of research paradigms. *Speech communication*, 40(1-2), 227-256.
- Scherer, N. J., Williams, A. L., & Proctor-Williams, K. (2008). Early and later vocalization skills in children with and without cleft palate. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 72(6), 827-840.
- Sendlmeier, W. F., & Sendlmeier, U. M. (1991). Vom Lallen zum Sprechen—Die Entwicklung der Lautproduktion im Alter von 8 bis 14 Monaten. *Sprache & Kognition*, 10(3), 162-170.
- Singleton, D. M., & Ryan, L. (2004). *Language acquisition: The age factor* (Vol. 9). Multilingual Matters.

- Smith, B. L., Brown-Sweeney, S., & Stoel-Gammon, C. (1989). A quantitative analysis of reduplicated and variegated babbling. *First Language*, 9(6), 175-189.
- Snow, D. (2006). Regression and reorganization of intonation between 6 and 23 months. *Child development*, 77(2), 281-296.
- Stark, R. E. (1980). Stages of speech development in the first year of life. In *Child phonology* (pp. 73-92). Elsevier.
- Steck-Walter, S. M. (2007). *Quantitative Strukturanalyse vorsprachlicher Vokalisationen von Säuglingen mit orofazialen Spalten im zweiten Lebenshalbjahr bei kieferorthopädischer Frühbehandlung*, Universität Würzburg.
- Stern, D. N., Spieker, S., & MacKain, K. (1982). Intonation contours as signals in maternal speech to prelinguistic infants. *Developmental Psychology*, 18(5), 727.
- Stoel-Gammon, C. (1989). Prespeech and early speech development of two late talkers. *First language*, 9(6), 207-223.
- Stoel-Gammon, C. (1998). Role of babbling and phonology in early linguistic development. *Transitions in prelinguistic communication*, 7, 87-110.
- Stoel-Gammon, C., & Cooper, J. A. (1984). Patterns of early lexical and phonological development. *Journal of child language*, 11(2), 247-271.
- Streeter, L. A. (1976). Language perception of 2-month-old infants shows effects of both innate mechanisms and experience. *Nature*, 259(5538), 39-41.
- Sullivan, J. W., & Horowitz, F. D. (1983). The effects of intonation on infant attention: The role of the rising intonation contour. *Journal of child language*, 10(3), 521-534.
- Tamburini, F., & Wagner, P. (2007). On automatic prominence detection for German. Eighth Annual Conference of the International Speech Communication Association,
- Thelen, E. (1981). Kicking, rocking, and waving: Contextual analysis of rhythmical stereotypies in normal human infants. *Animal Behaviour*, 29(1), 3-11.
- Thevenin, D. M., Eilers, R. E., Oller, D. K., & Lavoie, L. (1985). Where's the drift in babbling drift? A cross-linguistic study. *Applied Psycholinguistics*, 6(1), 3-15.
- Titze, I. R., Baken, R. J., Bozeman, K. W., Granqvist, S., Henrich, N., Herbst, C. T., Howard, D. M., Hunter, E. J., Kaelin, D., & Kent, R. D. (2015). Toward a consensus on symbolic notation of harmonics, resonances, and formants in vocalization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(5), 3005-3007.
- Trehub, S. (1990). Human infants' perception of auditory patterns. *International journal of comparative psychology*, 4(1).

- Trehub, S. E., Bull, D., & Thorpe, L. A. (1984). Infants' perception of melodies: The role of melodic contour. *Child development*, 821-830.
- van de Rijt, H., & Plooij, F. X. (1994). *Oje, ich wachse!* Dt. Blindenstudienanst.
- van den Dikkenberg-Pot, I., Koopmans-van Beinum, F., & Clement, C. (1998). Influence of lack of auditory speech perception on sound productions of deaf infants. Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences Amsterdam,
- Vihman, M. M. (1996). *Phonological development: The origins of language in the child*. Blackwell Publishing.
- Vihman, M. M., Ferguson, C. A., & Elbert, M. (1986). Phonological development from babbling to speech: Common tendencies and individual differences. *Applied psycholinguistics*, 7(1), 3-40.
- Vihman, M. M., Macken, M. A., Miller, R., Simmons, H., & Miller, J. (1985). From babbling to speech: A re-assessment of the continuity issue. *Language*, 397-445.
- Vihman, M. M., Nakai, S., DePaolis, R. A., & Hallé, P. (2004). The role of accentual pattern in early lexical representation. *Journal of Memory and Language*, 50(3), 336-353.
- Voigt, M. (1994). Untersuchungen und Vorschläge zur Verbesserung der Klassifikation des somatischen Entwicklungsstandes Neugeborener unter besonderer Berücksichtigung des Geburtsgewichtes: Mehrdimensionale Analyse der Beziehungsstruktur zwischen anthropometrischen Maßen der Eltern – besonders der Mütter und ihrer Neugeborenen. *Dokumentation erarbeitet für den Vorstand der Gesellschaft für Perinatale Medizin*.
- Wagner, K. H. (2004). Einführung in die Phonetik und Phonologie: Der Phonationsprozess.
- Wanner, E., Gleitman, L., & Gleitman, L. R. (1982). Language acquisition: The state of the art.
- Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant behavior and development*, 7(1), 49-63.
- Wermke, K. (2002). Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten.
- 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. *Cleft Palate Craniofac J*, 48(3), 321-330.
- Wermke, K., Hain, J., Oehler, K., Wermke, P., & Hesse, V. (2014). Sex hormone influence on human infants' sound characteristics: melody in spontaneous crying. *Biology letters*, 10(5), 20140095.

- 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. (1994). Ontogenetic development of infant cry-and non-cry vocalizations as early stages of speech abilities. Proceedings of the 3rd congress of the ICPLA, 9.-11.8. 93, Helsinki/Finland,
- Wermke, K., & Mende, W. (2000). Developmental changes of infant cries during the first months of life: the evolution of complex vocalizations. Workshop "Development and Interaction of Linguistic and Non-Linguistic Cognition in Infants,
- Wermke, K., & Mende, W. (2006). Melody as a primordial legacy from early roots of language. *Behavioral and Brain Sciences*, 29(3), 300-300.
- Wermke, K., & Mende, W. (2009). Musical elements in human infants' cries: in the beginning is the melody. *Musicae Scientiae*, 13(2_suppl), 151-175.
- Wermke, K., & Mende, W. (2011). From emotion to notion: The importance of melody. In *The Oxford handbook of social neuroscience*. (pp. 624-648). Oxford University Press.
- Wermke, K., & Mende, W. (2016a). Chapter 3 from melodious cries to articulated sounds: Melody at the root of language acquisition. *Melodies, rhythm and cognition in foreign language learning*, 24.
- Wermke, K., & Mende, W. (2016b). From Melodious Cries To Articulated Sounds: Melody at the Root of Language Acquisition. In *Melodies, rhythm and cognition in foreign language learning* (pp. pp. 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., Mende, W., Stellzig-Eisenhauer, A., Manfredi, C., Brusciaglioni, P., & Kempf, A. (2005). Interaction patterns between melodies and resonance frequencies in infants' pre-speech utterances. *Interaction Patterns between Melodies and Resonance Frequencies in Infants' Pre-Speech Utterances*, 1000-1004.
- Wermke, K., Pachtner, S., Lamm, B., Voit, V., Hain, J., Kärtner, J., & Keller, H. (2013). Acoustic properties of comfort sounds of 3-month-old Cameroonian (Nso) and German infants. *Speech, Language and Hearing*, 16(3), 149-162.
- 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.

- Wermke, K., Robb, M. P., & Schluter, P. J. (2021). Melody complexity of infants' cry and non-cry vocalisations increases across the first six months. *Sci Rep*, *11*(1), 4137.
- Wermke, K., Ruan, Y., Feng, Y., Dobnig, D., Stephan, S., Wermke, P., Ma, L., Chang, H., Liu, Y., & Hesse, V. (2017). Fundamental frequency variation in crying of Mandarin and German neonates. *Journal of Voice*, *31*(2), 255. e225-255. e230.
- Wermke, K., Teiser, J., Yovsi, E., Kohlenberg, P. J., Wermke, P., Robb, M., Keller, H., & Lamm, B. (2016). Fundamental frequency variation within neonatal crying: Does ambient language matter? *Speech, Language and Hearing*, *19*(4), 211-217.
- Wettig, J. (2009). *Schicksal Kindheit*. Springer Verlag.
- Whalen, D. H., Levitt, A. G., & Wang, Q. (1991). Intonational differences between the reduplicative babbling of French-and English-learning infants. *Journal of child language*, *18*(3), 501-516.
- Winkler, I., Háden, G. P., Ladinig, O., Sziller, I., & Honing, H. (2009). Newborn infants detect the beat in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(7), 2468-2471.
- Yankowitz, L., Petrulla, V., Plate, S., Tunc, B., Guthrie, W., Meera, S., Tena, K., Pandey, J., Swanson, M., & Pruett, J. (2022). Infants later diagnosed with autism have lower canonical babbling ratios in the first year of life. *Molecular Autism*, *13*(1), 1-16.
- Zatorre, R. J., & Baum, S. R. (2012). Musical melody and speech intonation: Singing a different tune.

Appendix

I Abkürzungsverzeichnis

AS	Auditive Silbe
B	Bogen
BERA	Brainstem Electric Response Audiometry
BK	Kanonisches Babbeln (Vokalisationstyp)
BM	Marginales Babbeln (Vokalisationstyp)
Boma	Bogenmaß
CDAP	Cry Data Analysis Program
CSL	Computer-Speech-Lab
CV	Konsonant-Vokal
dB	Dezibel
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
ELFRA	Eltern-Fragebogen
ES	Einfache Strukturen
F ₀	Grundfrequenz
GLaD-Study	German Language Aquisition Development Study
HT	Halbton
Hz	Hertz
IV	(Melodie-)Intervall
KL	Kurzlaut
KS	Komplexe Strukturen
KSeg	Komplexe Segmentierung(en)
MB	Mehrfachbögen
MCI	Melody-Complexity-Index
ms	Millisekunden
N	Anzahl
OAE	Otoakustische Emissionen
OFS	Orofaziale Spaltbildung
s	Sekunden
SCI	Segmentierungs-Komplexitäts-Index
SD	Standardabweichung
SEG	Segmentierte Laute
SW	Schwangerschaft
SSW	Schwangerschaftswoche
U	Übergangslaut (Vokalisationstyp)
VGM	Verallgemeinertes gemischtes Modell
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Sprachentwicklung und Entwicklungsstörung

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schmalbandspektrogramm einer Vokalisation einer einfachen Melodie mit nachfolgender Inspiration.....	18
Abbildung 2:	Übersicht der aussortierten Lautäußerungen.....	20
Abbildung 3:	Beispielbild Spektrogramm „Rauschen ganz“	21
Abbildung 4:	Schmalbandspektrogramm mit zugehörigem Melodie-Intensitäts-Diagramm: instabiler Grundfrequenzverlauf.....	22
Abbildung 5:	Anzahl der analysierten und aussortierten Lutaufnahmen pro Säugling	23
Abbildung 6:	Ablauf Datenverarbeitung.....	25
Abbildung 7:	Verwendetes PRAAT Ausgabefenster	26
Abbildung 8:	Zeitbereichsdarstellung, Spektrogramm und Melodie im PRAAT-Ausgabefenster	27
Abbildung 9:	CDAP-Ausgabefenster mit Melodie-Intensitäts-Diagramm und Dokumentationsmaske.....	29
Abbildung 10:	Hubkriterium Babbeln vs. U-Laut	34
Abbildung 11:	CDAP Dokumentationsmaske (a) und Flussdiagramm zur Bestimmung des Melodiestructurtyps (b).....	36
Abbildung 12:	Schematische Darstellung von An- und Endlaut.....	37
Abbildung 13:	Melodie-Intensitäts-Diagramm einer Melodie mit An- und Endlaut, Struktur A-B-E.....	38
Abbildung 14:	Vollständige vs. unvollständige Pause.....	39
Abbildung 15:	Melodieintervalle	41
Abbildung 16:	Vibrato-Struktur	41
Abbildung 17:	Schmalbandspektrum einer Lutaufnahme mit rhythmischem Charakter	42
Abbildung 18:	Datenhierarchie VGM.....	46
Abbildung 19:	Flächendiagramm der Melodiestructurentwicklung für den Vokalisationstyp U-Laut (Monat 7 - 12).....	49
Abbildung 20:	Flächendiagramm der Melodiestructurentwicklung für den Vokalisationstyp Marginales Babbeln (BM) (Monat 7 - 12).....	50
Abbildung 21:	Flächendiagramm der Melodiestructurentwicklung für den Vokalisationstyp Kanonisches Babbeln (BK) (Monat 7 - 12)....	51
Abbildung 22:	Liniendiagramm des MCI pro Monat	55
Abbildung 23:	Relative Verteilung der segmentierter Melodiestructurtypen....	56
Abbildung 24:	Liniendiagramm des SCI* pro Monat	57

Abbildung 25: Relative Auftrittshäufigkeit von Melodieintervallen pro Monat (Gesamtdatenkorpus).....	60
Abbildung 26: Relative Auftrittshäufigkeit von Melodieintervallen pro Monat und Vokalisationstyp	63
Abbildung 27: Anteil des rhythmischen Charakters in Abhängigkeit vom segmentierten Melodiestructurtyp	65
Abbildung 28: Monatlicher Anteil der 1B-Melodiestructuren von Monat 7-12	72
Abbildung 29: Relativer Anteil von Intervallstrukturen in 1B-Melodien von Monat 7-12	75
Abbildung 30: Zwei auditive Silben bei einbogiger Melodie (1B)	77
Abbildung 31: Liniendiagramm: Relativer Anteil einer auditiven Silbe (AS(1)) pro Monat im Verlauf des zweiten Lebenshalbjahres in 1B-Melodien	78
Abbildung 32: Säulendiagramm: Prozentuale Verteilung der auditiven Silbenanzahl in BM & BK	79

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anthropometrische Daten zum Geburtszeitpunkt der zehn untersuchten Säuglinge.....	13
Tabelle 2:	Auswahlkriterien der GLaD-Studie (Lind (2007), S. 8 - 9) Deutsche Sprachentwicklungsstudie & med. Teilprojekt, Prof. Dr. med. Volker Hesse.....	14
Tabelle 3:	Somatische & entwicklungsdiagnostische relevante Untersuchungen anderer Teilprojekte ⁷ im Rahmen der GLaD-Studie (Lind (2007), S. 11).....	15
Tabelle 4:	Zuordnung der Aufnahmetage in Monat 7 - 12	16
Tabelle 5:	Monatliche Verteilung der Anzahl der Vokalisationen pro Kind – Rohdatenkorpus.....	17
Tabelle 6:	Ausschlusskriterien der Vorselektion für die Analyse geeigneter Lautäußerungen	19
Tabelle 7:	Anzahl analysierter Lautaufnahmen pro Kind und Monat	24
Tabelle 8:	Standardwerte CDAP	28
Tabelle 9:	Grundtypen der Lautmelodien nach Wermke (2002)	35
Tabelle 10:	Kürzel auditiver Parameter.....	40
Tabelle 11:	Kürzel visueller Parameter	42
Tabelle 12:	Übersicht MCI.....	43
Tabelle 13:	Übersicht SCI*	44
Tabelle 14:	Monatliche Verteilung der analysierten Lautaufnahmen auf die Vokalisationstypen.....	48
Tabelle 15:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: Melodiekomplexität (MK) ohne Interaktion.....	52
Tabelle 16:	Auftrittshäufigkeiten komplexer Strukturen in den Vokalisationstypen U, BM, BK.....	53
Tabelle 17:	VGM: MK in U, BM und BK	54
Tabelle 18:	Pearson-Korrelationen MCI mit dem Alter.....	55
Tabelle 19:	SCI* in Abhängigkeit vom Vokalisationstyp.....	57
Tabelle 20:	Pearson-Korrelation SCI* mit dem Alter	58
Tabelle 21:	Häufigkeiten der perzeptiv wahrgenommenen Elemente pro Vokalisationstyp	59
Tabelle 22:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: Melodieintervalle.....	61
Tabelle 23:	VGM: Melodieintervalle in U, BM, BK.....	62
Tabelle 24:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: Rhythmischer Charakter.....	64

Tabelle 25:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: Endlaute	66
Tabelle 26:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: Vibrato	67
Tabelle 27:	VGM: Vibrato in den Vokalisationstypen U, BM, BK	68
Tabelle 28:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: KA.....	69
Tabelle 29:	Verallgemeinertes gemischtes Modell: KE.....	70
Tabelle 30:	(Proto-)Konsonanten im Babbeln (BM & BK)	71
Tabelle 31:	Perzeptiv wahrgenommene Elemente in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp).....	73
Tabelle 32:	Konstriktionen am Bogenanfang bzw. -ende in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp).....	74
Tabelle 33:	(Proto-)Konsonanten am Bogenanfang in 1B-Melodien (pro Vokalisationstyp).....	75
Tabelle 34:	Auditive Silben (AS) in 1B-Babbeln-Vokalisationen	76

IV Danksagung

Mein größter Dank gilt Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke, Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Ihre Betreuung, ihr Wissen und ihre Begeisterung für die *Vorsprachliche Diagnostik* sind einzigartig und gleichermaßen beeindruckend. Vielen Dank für die fachliche und persönliche Unterstützung, für gute Gespräche und eine unvergessliche Zeit am ZVES.

Ebenso möchte ich Frau Prof. Dr. Wafaa Shehata-Diehler und Herrn Prof. Dr. Johannes Wirbelauer für die Überlassung des Promotionsthemas und die Betreuung herzlich danken.

Peter Wermke danke ich für die Bereitstellung von CDAP sowie die Datentabellen, für die Hilfe bei technischen Fragen und Problemen. Mit viel Zeit und Geduld kümmert er sich um das Datenarchiv und um die mühsame Aufbereitung der Daten, wodurch die Analysen und deren Auswertung erst möglich wurden.

Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Kindern und Familien bedanken, die an der GLaD-Studie teilgenommen und sich bereit erklärt haben, die Daten für Untersuchungen zur Verfügung zu stellen.

Ein großes Dankeschön geht an Tabea, auf die ich mich sowohl fachlich als auch freundschaftlich immer verlassen konnte. Danke für deine sorgfältige Arbeit und die Entwicklung der Methodik, dein Engagement und die gemeinsame Zeit, die durch deine freundliche, humorvolle und angenehme Art sehr bereichert wurde.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Dr. Sebastian Will bedanken, der mir neben dem angenehmen Berufsstart stets den zeitlichen Freiraum zur Fertigstellung der Dissertation ermöglicht hat.

Ich möchte mich bei meinem Partner bedanken, der immer ein offenes Ohr hatte, für mich da war und stets an mich geglaubt hat.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinem Bruder für die Unterstützung, den Rückhalt, die Motivation und den Optimismus während der gesamten Zeit des Studiums und der Promotion. Danke für alles.

V Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

Kottmann, T., Wanner, M., & Wermke, K. (2023). Fundamental Frequency Contour (Melody) of Infant Vocalizations across the First Year. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 75(3), 177-187.